

**PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT
DES NATIONS UNIES
(FONDS SPÉCIAL)**

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

ETUDE HYDROLOGIQUE SUR LA RIVIERE BELI

- République de HAUTE-VOLTA -

JANVIER 1970

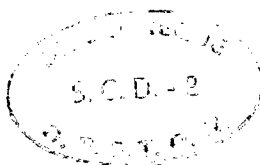
ys
EIV

3553

PROGRAMME de DEVELOPPEMENT
des NATIONS UNIES
(FONDS SPECIAL)

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

ETUDE HYDROLOGIQUE sur la RIVIERE BELI
(République de HAUTE-VOLTA)



Janvier 1970

- 6 1970 1970

D8
ETU

9553

S O M M A I R E

	Page
Introduction	1
I - <u>Le bassin versant du BELI</u>	4
1. Généralités	4
2. Caractéristiques physiques et géomorphologiques du BELI	5
3. Topographie	8
4. Pluviométrie	9
5. Evaporation	11
II - <u>La Mare de FADAR-FADAR</u>	14
1. Observations	14
2. Remplissage et vidange	14
III - <u>La Mare de TIN-AKOF</u>	15
1. Observations et mesures	15
2. Ecoulement en 1969	17
3. Années antérieures	18
4. Bilan de la mare	18
IV - <u>La Mare de KABIA</u>	19
1. Observations et mesures	19
2. Ecoulement en 1969	20
3. Années antérieures	21
4. Bilan moyen	21
5. Mesures et observations sur le GOROUOL	21
V - <u>Conclusions</u>	24
1. Mare de FADAR-FADAR	24
2. Mare de TIN-AKOF	24
3. Mare de KABIA	25
Annexes	

Le développement économique du Nord-Est de la HAUTE-VOLTA implique la mise en valeur de toutes les ressources hydrauliques de cette région. Or le bassin versant du BELI offre à cet égard des potentialités appréciables qui pourraient être utilisées non seulement pour le développement de l'élevage et accessoirement de l'agriculture et de la pisciculture, mais aussi pour de nouvelles activités industrielles : cimenterie de TIN-HRASSAN, exploitation du manganèse de TAMBAO et peut-être même évacuation du minerai par voie d'eau jusqu'au NIGER.

L'utilisation rationnelle des ressources hydrauliques du BELI exige cependant une connaissance suffisante de son régime hydrologique, faute de quoi l'on aboutirait à de sérieux mécomptes, comme l'a déjà montré l'expérience des quelques barrages de retenue créés depuis 1954. Ces barrages ont souffert de l'action des crues et n'ont pas donné de résultats très satisfaisants.

Les données hydrologiques dont on disposait au début de l'année 1969, se réduisaient essentiellement à des observations sporadiques sur les niveaux d'eau des principales mares du BELI. Les premières observations avaient été effectuées en 1963, 1964 et 1965 dans le cadre des "Etudes hydrologiques" dans les régions du Nord-DORI et de DJIBO" que le Ministère de l'Economie Nationale de HAUTE-VOLTA avait confiées à l'ORSTOM (1). Une quatrième campagne d'observations sommaires avait également été organisée par l'ORSTOM en 1968 à la demande du Ministère du Plan et des Travaux Publics. Des difficultés d'accès pratiquement insurmontables pendant une grande partie de la saison des pluies n'avaient pas permis d'entreprendre des observations hydrométriques plus détaillées.

Conscient de la grave insuffisance des connaissances sur le régime hydrologique du BELI, le Programme de Développement des Nations Unies a demandé à l'ORSTOM d'entreprendre en 1969 une nouvelle campagne d'observations qui soit nettement plus intensive que les précédentes, compte tenu des possibilités offertes par les liaisons aériennes régulières entre OUAGADOUGOU et TAMBAO. Le BELI est en effet pratiquement toujours accessible par véhicule tout-terrain à partir de TAMBAO.

(1) Nota : Ces études ont fait l'objet de deux rapports *interimaires* pour les campagnes 1963 et 1964 et d'un rapport définitif à la suite de la campagne 1965, que le lecteur intéressé pourra consulter.

Le Contrat 48/69 souscrit le 29 Mai 1969 entre les Nations-Unies et l'ORSTOM et reproduit en annexe, a prévu le programme d'étude suivant :

"Le contractant collectera et analysera les données obtenues par ses précédentes études exécutées pour le compte du Gouvernement en 1963, 1964, 1965 et 1968".

"Le contractant entreprendra d'autres travaux de terrain pour assurer les services suivants :

- a) fourniture et installation aux stations hydrologiques de TIN-AKOF et KABIA, pour la durée des études, de :
 - 3 limnigraphes
 - 3 pluviographes
 - instruments hydrométriques et topographiques, tels que niveau, moulinets et accessoires;
- b) fonctionnement des deux stations mentionnées en a);
- c) mesure des niveaux d'eau à BAMBAKARI et KABIA et mesure de débit, y compris profils en travers précis ;
- d) mesure de l'évaporation sur bacs évaporatoires et directement sur les mares de la rivière BELI ;
- e) amélioration et fonctionnement du réseau de jaugeage ;
- f) nivellement des seuils dès arrêt de l'écoulement, afin de déterminer le profil en long de la rivière entre TIN-AKOF et le confluent du GOROUL.

Le contractant fournira pour l'exécution du travail ci-dessus un total d'environ quatre mois de service d'un hydrologue et d'un hydrométriste....".

Les travaux de terrain prévus par le Contrat ont été réalisés entre le 15 Juin et le 30 Septembre 1969, par M. BRUNET-MORET, ingénieur hydrologue confirmé, M. IBIZA, chercheur hydrologue, et M. THOUROUDE, hydrométriste. M. BRUNET-MORET est venu spécialement de PARIS en mission d'inspection et a séjourné onze jours sur le BELI au début de Septembre. MM. IBIZA et THOUROUDE se sont chargés de l'installation des appareils, du contrôle des observations et de l'exécution des mesures. Ils ont effectué à partir de OUAGADOUGOU de nombreuses tournées, de façon que le dispositif de mesure ne soit pas laissé sans surveillance pendant plus de sept jours consécutifs. Ils disposaient à TAMBAO

d'un campement de base où séjournait le personnel africain (trois manoeuvres) et où étaient entreposés, dans l'intervalle des tournées, un véhicule Land-Rover, ainsi que le matériel de mesure mobile (moulinets, perches, niveau, mires, etc...).

Le limnigraphe installé en 1968 sur la mare de KABIA, à 5 km en amont du gué, a été remis en service en 1969. Deux nouveaux limnigraphes ont été installés cette année, l'un sur la mare de TIN-AKOF et l'autre à 2 km en aval du gué de KABIA où il arrive assez fréquemment que le sens d'écoulement s'inverse.

Une station climatologique munie d'un pluviographe, d'un pluviomètre de contrôle et d'un bac d'évaporation a été installée à TIN-AKOF. Elle était placée sous la surveillance permanente d'un observateur africain. On a renoncé à installer sur le bassin versant du BELI d'autres pluviographes ou des pluviomètres totalisateurs, l'expérience ayant montré que sans surveillance constante, ils étaient l'objet de rapides dégradations qui en rendaient les résultats inutilisables.

Le présent rapport expose les résultats obtenus pendant la campagne 1969 et les analyse en tenant compte des maigres données recueillies au cours des campagnes précédentes. Les principales données hydrologiques auxquelles on aboutit en 1969 pour l'exutoire des mares de TIN-AKOF et de KABIA, les deux plus importantes, sont les suivantes :

- Débit maximal : 10,5 m³/s à TIN-AKOF
9,5 m³/s à KABIA
- Volume écoulé (issu du bassin amont) : 14,5 x 10⁶ m³ à TIN-AKOF
13 x 10⁶ m³ à KABIA

Les suggestions pratiques que l'on peut en tirer pour l'aménagement du BELI visent à la création ou à la reconstruction de barrages de retenue pour augmenter la capacité des mares naturelles de FADAR-FADAR, de TIN-AKOF et de celle de KABIA, pour laquelle deux solutions peuvent être envisagées.

En conclusion, la campagne 1969 a fourni, sur le régime hydrologique du BELI, des données nouvelles que l'on peut qualifier de substantielles, surtout si l'on considère les sérieuses difficultés pratiques d'une telle étude. L'irrégularité considérable du régime de ce cours d'eau sahélien exigerait cependant que les observations hydrométriques soient poursuivies dans les années à venir.

I - Le BASSIN VERSANT du BELI

I.1. - GENERALITES

Situé dans l'extrême Nord de la HAUTE-VOLTA et débordant largement sur le territoire du MALI, le bassin versant du BELI est encadré approximativement par les méridiens 0° 50' W et 0° 25' E et par les parallèles 14° 40' N et 15° 30' N.

Ce bassin constitue avec la région du GOURMA, située plus au Nord, une vaste pénéplaine précambrienne qui a été usée et fortement rabotée à l'Est. Du Sud au Nord-Est se succèdent les formations suivantes : grès du BELI, série de HOMBORI-DOUENTZA, série dolomitique d'IRMA, schistes d'YDOUBAN et schistes de LABEZZENGA.

Des placages de sables éoliens recouvrent l'extrémité méridionale du bassin du BELI qui est encombrée de systèmes dunaires peu propices au ruissellement et donnant lieu à de petits bassins endoréïques.

Le relief est dans l'ensemble assez peu marqué. Le lit du BELI suit d'Ouest en Est une dépression d'une dizaine de kilomètres de largeur, axée approximativement suivant le 15ème parallèle et dont le fond est à une altitude voisine de 250 mètres. Le système dunaire, situé au Sud de la dépression, oscille entre les altitudes 275 et 295 m. La partie beaucoup plus étendue du bassin versant, qui est située au Nord de la dépression et d'où proviennent presque tous les affluents importants, a un relief moins mou et comporte des collines qui culminent vers 400 m. L'envolement par des sables éoliens n'y est toutefois pas négligeable.

Le bassin du BELI est marqué par une nette "dégradation hydrographique", comme celui de la plupart des cours d'eau de l'Afrique tropicale lorsqu'il reçoit moins de 700 mm de pluie annuelle. La dégradation hydrographique se caractérise par un écoulement discontinu de l'amont vers l'aval ou par des débordements dans des plaines sans relief, le réseau hydrographique encombré de sédiments n'étant plus capable d'écouler adéquatement les eaux de ruissellement. Les causes de la dégradation hydrographique dans les régions à faible relief sont l'assèchement du climat au cours des derniers millénaires, la disparition d'une couverture végétale capable de freiner efficacement l'érosion, l'envahissement éventuel de sables éoliens et finalement le déséquilibre entre les écoulements liquides et les transports solides.

Dans le cas du bassin versant du BELI où la couverture végétale est constituée par une savane arbustive clairsemée (acacias, mimosés) alternant avec des étendues désertiques (dunes, reg), la dégradation hydrographique a provoqué la formation de mares séparées par des seuils sableux. Ces mares présentent un grand intérêt pour les populations locales car les plus importantes d'entre elles conservent de l'eau toute l'année, même après six ou sept mois de sécheresse absolue.

Les populations qui séjournent sur le bassin du BELI, appartiennent à différents groupes ethniques : Peulhs qui vivent essentiellement de l'élevage et se déplacent d'un point d'eau à l'autre suivant les possibilités de pâturage ; Touaregs semi-nomades qui reviennent à leurs villages lorsque l'eau n'y fait point défaut ; Bellhas, anciens esclaves de Touaregs sédentaires, qui s'adonnent à la culture du mil près des points d'eau importants. On doit encore mentionner des immigrants venus du MALI qui vivent le long du BELI mais ne sont pas profondément enracinés dans le pays.

L'élevage est actuellement la principale ressource du pays. Les possibilités agricoles paraissent extrêmement limitées à cause de la légèreté des sols sableux et de leur manque d'humus, à l'exception de petites surfaces fertilisées par des inondations annuelles.

I.2. - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES et GEOMORPHOLOGIQUES du BELI -

Le BELI est un cours d'eau de direction Ouest-Est que suit, à quelques kilomètres au Nord, la frontière entre la HAUTE-VOLTA et le MALI. Ses affluents de rive gauche se trouvent en entier en territoire malien. Le bassin versant du BELI se situe en zone sahélienne et reçoit en année moyenne un peu moins de 400 mm de pluie (cf. carte).

De RAFNAMAN, dont la traduction est "tête de l'eau", jusqu'au confluent avec le GOROUOL, le BELI montre des caractères de rivière fossile ; il occupe une dépression sans rapport avec son débit actuel : lit mineur d'une largeur de 300 à 1 000 m, se présentant sous l'aspect d'une succession de mares allongées relativement profondes et séparées par des seuils boisés peu marqués, dont la hauteur par rapport au fond de la mare précédente ne dépasse pas 2 mètres.

MM. BOUGARDEAU, expert ONU, et IBIZA, hydrologue de l'ORSTOM, ont pu visiter le confluent du GOROUOL et du BELI : le lit du GOROUOL, juste à l'aval du confluent, semble marqué par une reprise d'érosion sensible qui pourrait confirmer l'hypothèse selon laquelle le GOROUOL aurait été capté par un affluent du NIGER à une époque relativement récente et aurait auparavant coulé dans le lit du BELI, d'Est en Ouest.

A RAFNAMAN, début de la mare de FADAR-FADAR (cf. carte) de 16 km de long sur 2 à 300 m de large à son plein, le bassin versant réel est nul. Les photographies aériennes de l'IGN montrent deux lits se rejoignant à RAFNAMAN : l'un venant de l'Ouest, de la mare de SOUM, est ensablé depuis cette mare sur une longueur de 90 km avec un bassin versant propre nul ; l'autre, venant du Sud, a bien un bassin versant de 50 km² à 35 km en amont de RAFNAMAN, mais ensuite, il traverse plusieurs systèmes de dunes sans qu'il puisse être régénéré, le bassin versant intermédiaire se réduisant aux berges. De mémoire d'homme, aucun de ces deux lits n'auraient amené d'eau à RAFNAMAN, et leurs aspects semblent bien confirmer ce dire. La mare de FADAR-FADAR se termine pratiquement à un barrage construit en 1956 par le Service de l'Hydraulique de HAUTE-VOLTA et détruit de main d'homme au début du premier hivernage suivant sa construction.

De RAFNAMAN au confluent de l'Oued IN SELOUMAN (21 km), le bassin versant du BELI se réduit pratiquement aux berges ensablées : 40 km².

Le bassin versant théorique de l'IN SELOUMAN, affluent de rive gauche, serait de 2 990 km². Il n'est pas sûr que la partie située au Nord d'une dune qui traverse le bassin d'Est en Ouest contribue à l'alimentation du BELI. Le bassin utile devrait, semble-t-il, être réduit à la partie Sud de 1 170 km², dont la majeure partie a un relief marqué et bien drainé. Ce sont probablement les alluvions de l'IN SELOUMAN qui ont créé dans le BELI un seuil très boisé s'étendant sur 25 km, dont 5 km vers l'amont du confluent et se confondant en aval avec le seuil créé par les alluvions de l'Oued IN HABAKAR. Quelques mares peu profondes existent dans cette région. Entre les confluent de l'IN SELOUMAN et de l'IN HABAKAR, le bassin versant intermédiaire est de 90 km² situé presque uniquement en rive gauche.

L'Oued IN HABAKAR (ou DOULBANGA), affluent de rive gauche, conflue à 34 km en aval de RAFNAMAN. Son bassin est de 530 km², entièrement drainé.

Sur 16 km de long (de 41 à 57 km de RAFNAMAN) s'étendent les mares de TIN KACHAM et de TIN RHASSAM. Leur bassin versant propre est de 120 km² depuis le confluent de l'IN HABAKAR. Ces deux mares sont séparées par un petit seuil où se jetait le marigot provenant de MANSIFIGUI (ou MANSOUFOUGA), à 49 km de RAFNAMAN. Le bassin versant théorique de ce marigot, affluent de rive droite, serait de 490 km² d'après la carte, dans une zone bien ensablée. Il ne semble pas qu'à notre époque le marigot puisse traverser les 10 km de dune qui séparent la mare de MANSIFIGUI du BELI.

Un petit seuil boisé se trouve entre la mare de TIN RHASSAN et celle de TIN-AKOF en aval. Le bassin versant du marigot qui a créé ce seuil est entièrement situé en rive gauche et a une surface de 60 km². Il draine des collines qui dominent le BELI de 160 mètres.

La mare de TIN-AKOF qui fut fermée en aval par les barrages de BAMBAKARI édifiés en 1955 par le Service de l'Hydraulique de HAUTE-VOLTA, s'étend sur 16 km de long, de 59 à 75 km de RAFNAMAN, sur une largeur de 4 à 500 m à son plein. Son bassin versant propre est de 70 km², plus les 230 km² du bassin du MINZOUROU, affluent de rive gauche qui conflue à 71 km de RAFNAMAN et draine une région de petites collines à réseau hydrographique marqué.

Le seuil sur lequel ont été construites les deux digues de BAMBAKARI se trouve au débouché d'un bassin versant de 50 km². A l'aval de ce seuil, à 78 km de RAFNAMAN, se trouve la mare d'OUASSAKORE, peu profonde, suivie d'un lit sans mares notables jusqu'à celle d'IN TANGOUN qui s'étend de 88 à 92 km de RAFNAMAN. Le bassin versant propre de cette section est de 160 km².

Un seuil, sans mares importantes, s'étend de la mare d'IN TANGOUN à celle d'OUELDI sur 9 km. Le bassin versant propre de cette section est de 120 km², auquel il faut ajouter le bassin de l'Oued venant de DEIBANGA, affluent de rive droite qui rejoint le BELI à 97 km de RAFNAMAN. Le bassin versant de cet affluent est de 390 km², non compris la superficie du bassin situé à l'amont de la mare de DARKOY qui ne déborde plus. Il traverse une région bien ensablée, à réseau hydrographique peu marqué, avec de nombreuses mares. Le bassin versant "utile" est certainement bien moins étendu, et pourrait peut-être se réduire à une centaine de km².

De 101 à 111 km de RAFNAMAN s'étendent les mares de OUELDI et de KABIA, dont le bassin versant propre est de 170 km², plus le bassin versant du SABELLEMBALO, affluent rive gauche que rejoint le BELI à 105 km de RAFNAMAN. Le bassin versant théorique de cet Oued est d'environ 3 500 km², avec une nette tendance à l'endoréisme par fragmentation, endoréisme auquel sont arrivés nombre de bassins mitoyens de celui du SABELLEMBALO qui se réduit peut-être à 1 800 km² si une dune (la même dune qui coupe le bassin de l'IN SELOUMAN) isole la partie la plus amont. Il ne semble pas que ce bassin soit bien actif, même dans sa partie la plus aval.

Le gué de KABIA, à 112 km de RAFNAMAN, est formé par un étranglement du BELI entre collines pierreuses, le fond du lit étant dur.

A 3 km à l'aval du gué de KABIA commence la mare de YUMBAM qui s'étend pratiquement jusqu'à 3 ou 4 km en aval du confluent BELI-GOROUOL. Ce confluent est situé à 137 km de RAFNAMAN et, à ce point, le GOROUOL draine un bassin de 7 600 km² recevant en moyenne 500 mm de pluie par an.

Carte du bassin du GOROUOL et du bassin du BELI



Les mares du BELI ont toutes un fond argileux ; les berges sont en pente douce et argileuse en aval d'OUASSAKORE ; en amont elles sont plus franches et sablo-argileuses avec un placage superficiel de sable. Les pertes par infiltration sont certainement réduites, comme le montrent les observations de baisse de niveau d'eau des mares lorsqu'elles ne déversent plus.

La mare de KABIA est assez profonde pour qu'elle conserve tous les ans, à la fin de la saison sèche, une tranche d'eau de quelques décimètres de profondeur. Les autres mares ne sont pas pérennes, sauf celle de TIN-AKOF depuis que les barrages de BAMBAKARI ont remonté la cote du plan d'eau en fin de saison des pluies (ces petits barrages en terre, très abîmés par le passage du bétail en saison des pluies, ont péri en 1966 ou 1967, sans que l'eau ait eu la force de déblayer complètement les anciens lits). Le barrage de la mare de FADAR-FADAR ayant été détruit dès le premier hivernage qui a suivi sa construction, nous ne savons pas si la hauteur de son déversoir aurait été suffisante pour assurer la pérennité de la mare qui s'assèche en Avril.

I.3. - TOPOGRAPHIE

Aucun lever complet du profil en long du BELI, depuis son confluent avec le GOROUOL jusqu'à RAFNAMAN et aucun lever topographique des mares importantes n'a encore été fait. Les conditions d'écoulement sont telles que ces données sont indispensables tant pour préciser l'hydrologie que pour faire des projets d'utilisation du BELI.

La pente moyenne du lit du BELI est très faible. Les cartes IGM au 1/200 000ème ne permettent pas d'établir un profil en long avec une précision suffisante : d'une part, les cotes portées sur les cartes proviennent de levés barométriques, d'autre part, les points cotés qui suivent le BELI ont été pris tantôt dans le lit, tantôt sur la berge, et nous ne savons pas les positions relatives de ces points par rapport au plan d'eau.

Une méthode correcte de travail consisterait à rattacher les points remarquables du lit à un nivellement de précision suivant un axe Est-Ouest parallèle au BELI, passant là où la végétation est la moins dense pour éviter de trop longs layonnages. Ce travail topographique dépasse largement le cadre de cette étude et nous n'avons pu que rattacher les différents plans d'eau entre eux.

Ce travail est d'ailleurs moins simple qu'il ne le paraît. La partie amont de la mare de KABIA, par exemple, est encombrée en fin d'hivernage de hautes herbes de marais sur une longueur de 10 km. Dans ces herbes la lame d'eau ne dépasse pas 10 cm et il est impossible de savoir si par endroits la mare n'est pas tronçonnée en petites mares intermédiaires déversant les unes dans les autres et créant ainsi des dénivelées par rapport au bief principal, qui échappent au nivellement.

Afin d'éliminer ces risques d'erreur, il aurait fallu n'utiliser que la partie des mares bien dégagée, mais l'économie ainsi réalisée par rapport à un cheminement continu le long du BELI out été faible pour un travail de moins bonne qualité.

Les travaux de nivellement sur le terrain ont été les suivants :

- rattachement du repère installé au seuil de BAMBAKARI au repère de la station de OUASSAKORE, en utilisant la mare intermédiaire ;
- profil en travers de la station de OUASSAKORE amont ;
- rattachement du repère de OUASSAKORE à celui de la mare d'IN TANGOUN et rattachement par cette mare au repère du seuil d'IN TANGOUN aval ;
- profil en travers de cette station ;
- rattachement du repère d'IN TANGOUN aval au plan d'eau de la mare de KABIA et rattachement par le plan d'eau du repère du seuil de KABIA à l'échelle de KABIA ;
- profil en travers du gué de KABIA ;
- rattachement du repère du gué au repère du limnigraphe aval ;
- rattachement de ce repère au plan d'eau de la mare aval qui va jusqu'au confluent du GOROUOL.

Les résultats de ces travaux de nivellement sont condensés dans le tableau et les graphiques ci-joints. Le profil en long du BELI est donné sous réserve, compte tenu des causes d'imprécision déjà mentionnées. Les altitudes ont été déterminées par rapport au zéro de l'échelle de TIN-AKOF auquel on a attribué une altitude conventionnelle de 15,00 m.

I.4. - PLUVIOMETRIE

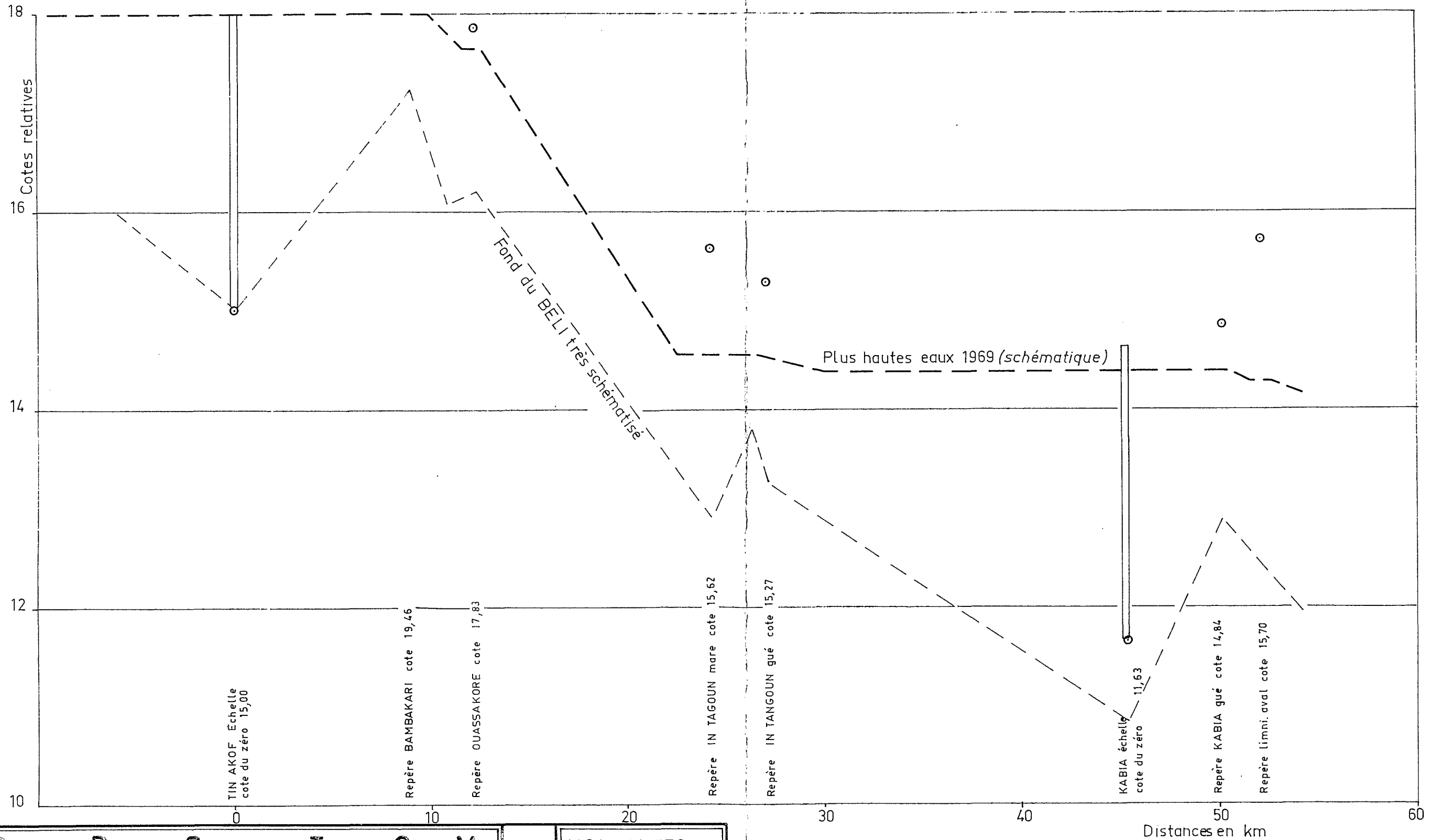
Le climat est celui de la zone sahélienne et comporte une seule saison des pluies qui dure de Juin à Septembre inclus, le mois d'Août ayant le total mensuel le plus fort (40 %, en moyenne, du total pluviométrique annuel).

Parmi les stations pluviométriques voisines du BELI, il n'y en a que trois dont le nombre d'années d'observation soit supérieur à trente. Les moyennes des pluviométries annuelles observées sont les suivantes :

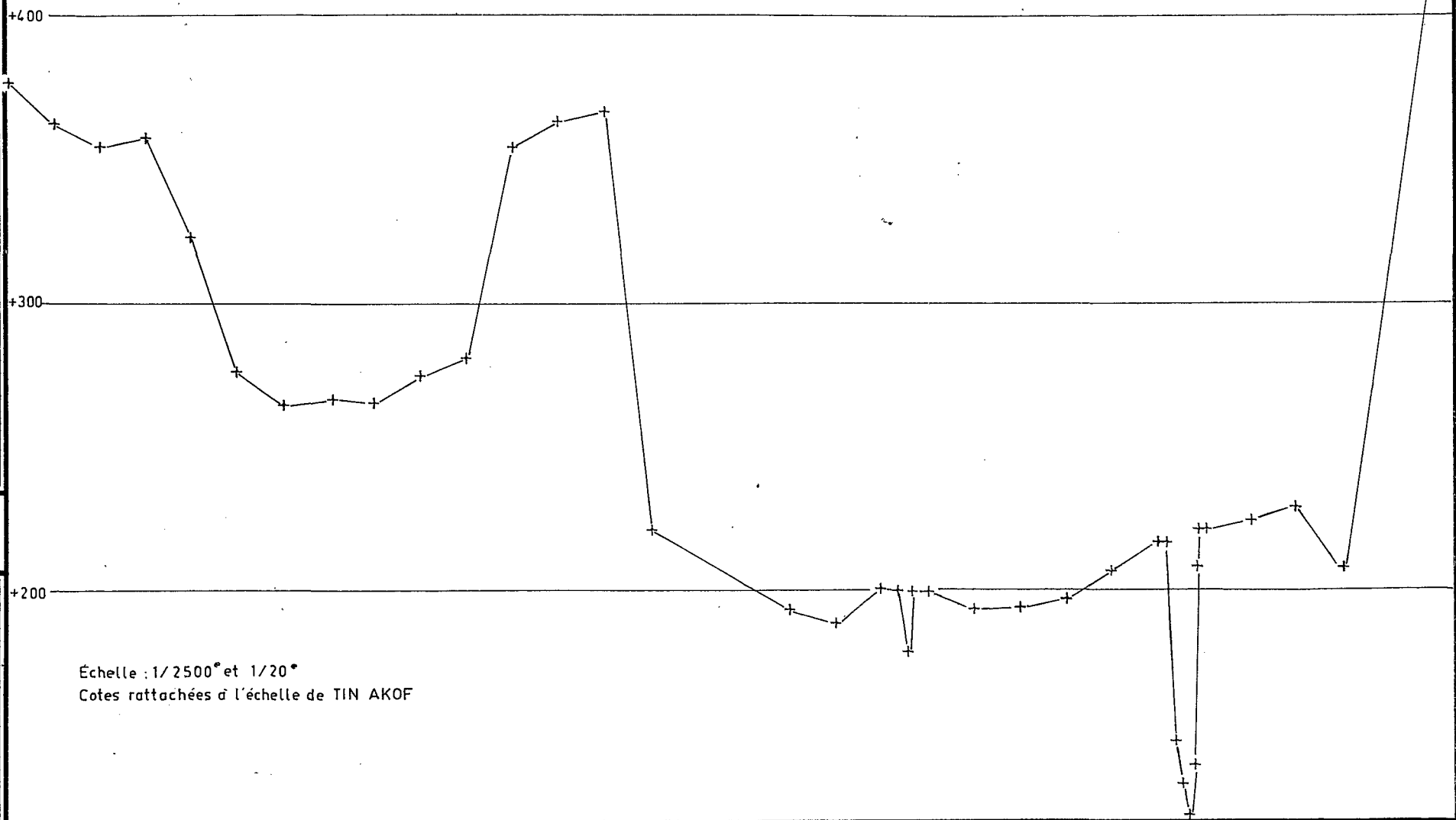
PROFIL en LONG du BELI

Désignation	Distance (km)	Altitude relative (m)
Seuil de TIN RASSAN	- 7,4	-
<u>Zéro échelle de TIN-AKOF</u>	0,0	<u>15,00</u>
Fond mare TIN-AKOF près échelle	0,0	14,96
Seuil BAMBAKARI	9,5	17,25
Repère BAMBAKARI	9,5	19,46
Piquet amont mare intermédiaire	10,8	16,83
Fond mare intermédiaire	11,3	16,03
Piquet aval mare intermédiaire	11,5	16,83
Repère OUASSAKORE	12,3	17,83
Fond du lit à OUASSAKORE	12,3	16,17
Repère mare IN TANGOUN	24,1	15,62
Repère gué IN TANGOUN	27,1	15,27
Fond du lit seuil IN TANGOUN	27,1	13,27
Piquet amont mare KABIA	28,1	13,09
Zéro échelle KABIA	45,5	11,63
Repère gué de KABIA	50,2	14,84
Seuil de KABIA	50,2	12,90
Fond mare KABIA	-	10,83
Repère limnigr. KABIA	52,2	15,70
Plan d'eau mare aval le 1/11/69	-	12,78

PROFIL EN LONG DU BELI



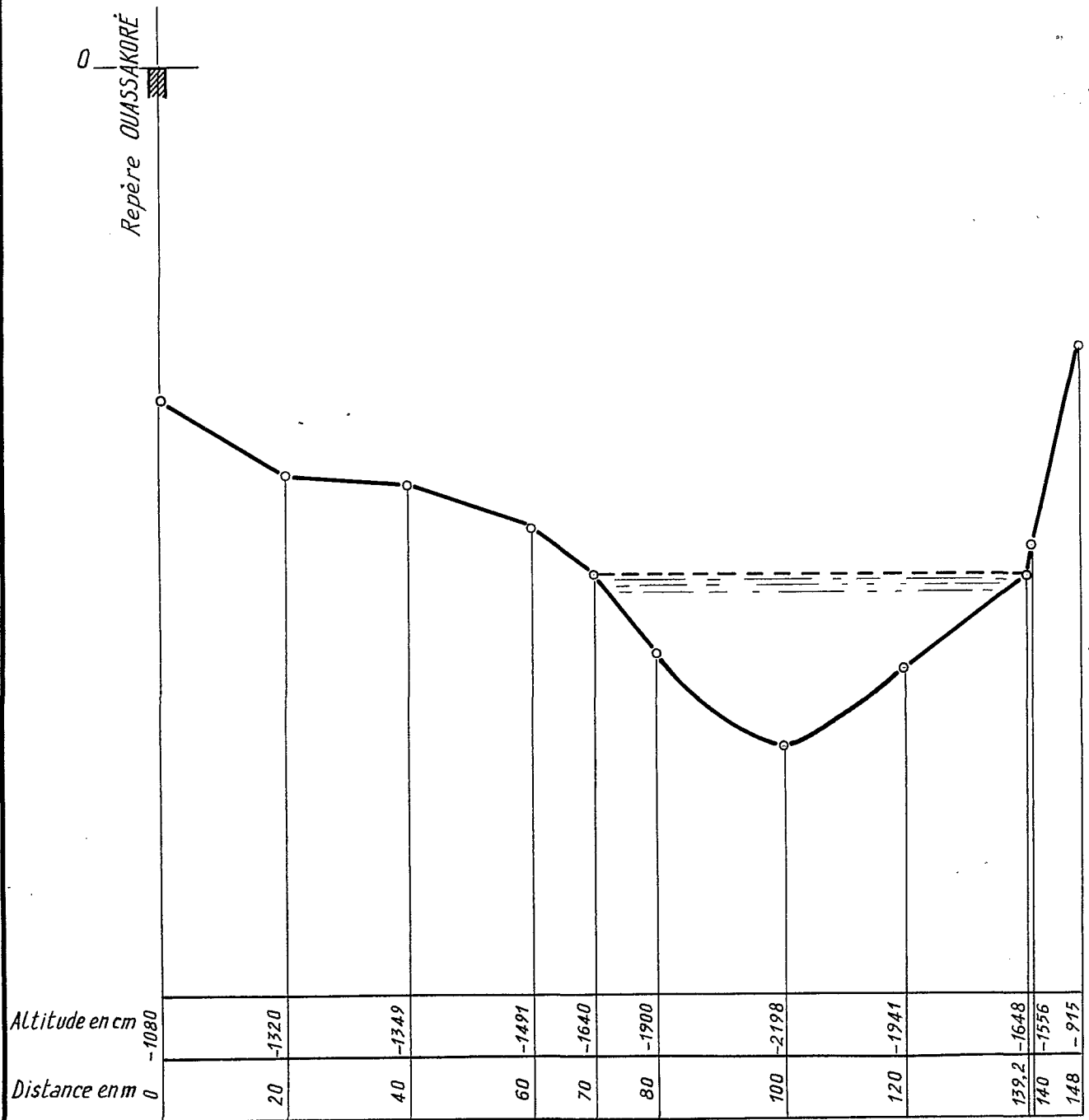
Profil en travers en amont du gué de BAMBAKARI



Échelle : 1/2500° et 1/20°
Cotes rattachées à l'échelle de TIN AKOF

Section de jaugeages de OUASSAKORÉ

PROFIL EN TRAVERS

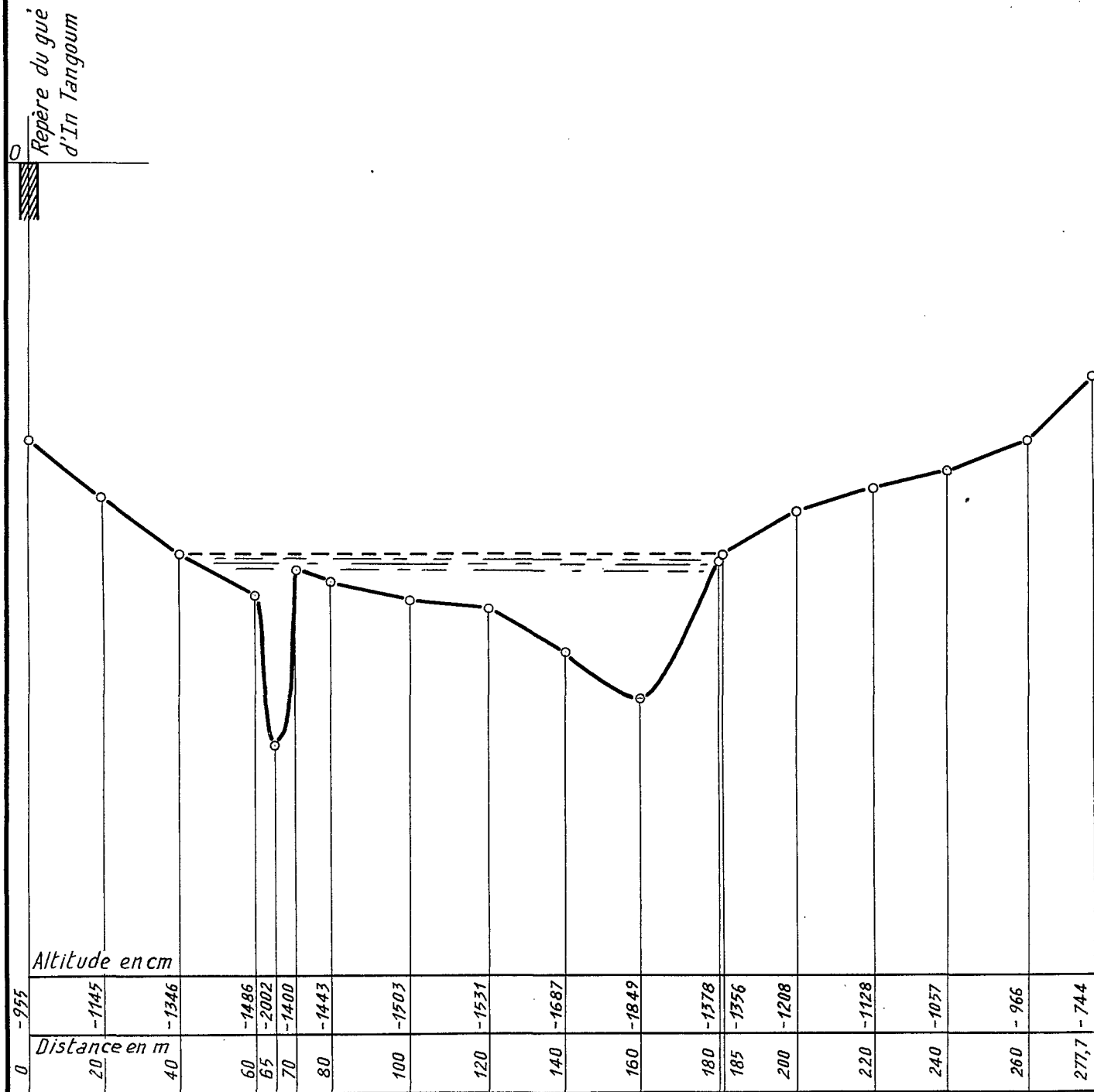


Nota: Cotes rattachées au repère de OUASSAKORÉ

*Echelle des Altitudes : 1 / 20^{ème}
Echelle des Distances : 1 / 1000^{ème}*

GUÉ D'IN TANGOUM

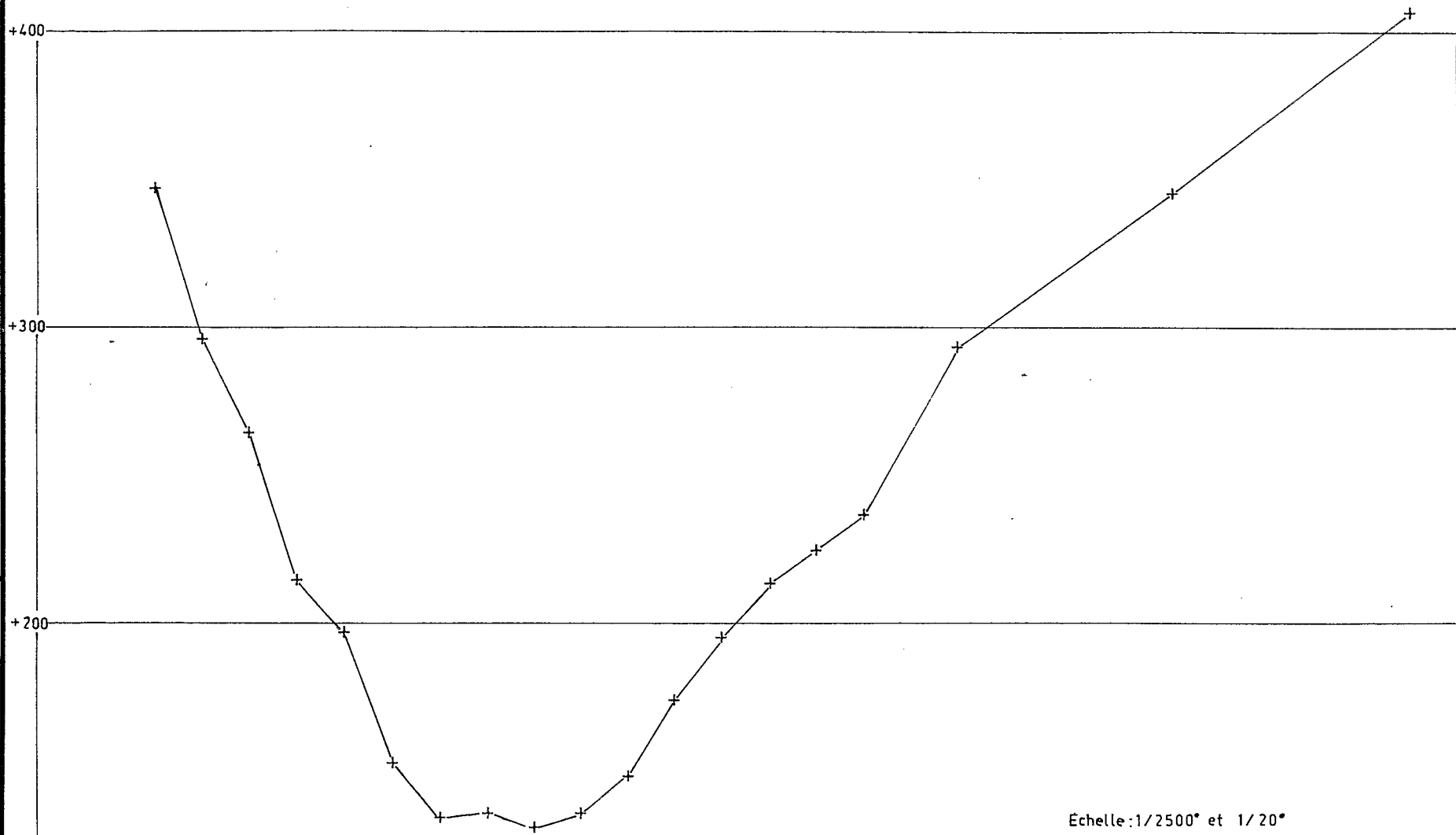
PROFIL EN TRAVERS



Nota: Cotes rattachées au repère du gué d'In Tangoum.

*Echelle des Altitudes: 1 / 20^{ème}
Echelle des Distances: 1 / 1500^{ème}*

Profil en travers du seuil de KABIA



Échelle: 1/2500° et 1/20°

Cotes rattachées à l'échelle de KABIA

- DORI : 523 mm/an
- HOMBORI : 427 mm/an
- ANSONGO : 311 mm/an

Malgré leur éloignement du sillon du BELI, on peut admettre que celui-ci reçoit en moyenne des précipitations annuelles de 400 mm environ.

Mais, dans cette région, la variabilité spatiale et temporelle des chutes de pluie est énorme : le tableau résume les totaux annuels des postes pluviométriques les plus voisins du BELI pour les années 1961 à 1969. Ce tableau montre bien l'insuffisance du réseau pluviométrique pour en déduire une pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin du BELI.

Malheureusement, il n'est pas possible de resserrer les mailles de ce réseau : le seul point d'habitation fixe, en bordure du bassin d'ailleurs, est le poste frontière de TIN-AKOF (créé après 1966) où un pluviomètre a été posé en 1968 et contrôlé par un pluviographe en 1969 (voir relevés en annexe).

Des essais ont été faits en 1963-1964 et 1965, et en 1968-1969, d'installer un réseau de pluviomètres totalisateurs à huile. L'expérience a prouvé qu'aucun n'avait échappé à la curiosité des nomades. La seule conclusion que l'on puisse tirer de ces essais est que le sillon du BELI, de FADAR-FADAR à KABIA crée un micro-climat relativement sec dans son entourage et que les relevés pluviométriques de TIN-AKOF ne sont absolument pas représentatifs de la pluviométrie qui tombe sur le bassin versant des affluents venant du Nord.

Les résultats du tableau donné en annexe montrent que l'année 1968 a été une année sèche dans toute la région et probablement une année exceptionnellement sèche, sans qu'on puisse fixer la probabilité de son apparition. L'année 1969 paraît, elle, avoir été dans l'ensemble assez voisine de la moyenne.

I.5. - EVAPORATION

Il n'a pas été possible d'installer un bac flottant sur la mare de TIN-AKOF, faute de pouvoir en assurer la surveillance, mais, en 1969, un bac Colorado enterré de 1 m x 1 m x 0,5 m a été installé et exploité à TIN-AKOF.

Les résultats obtenus sont les suivants (évaporation mensuelle en m):

	Août	Septembre	Octobre
1969 :	0,196	0,224	0,270

Un bac Colorado de même dimension avait été installé à DORI en 1963. Nous donnons ci-dessous les observations dont nous disposons (évaporation mensuelle en m) :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963:								0,186	0,211	0,243	0,214	
1964:	0,225	0,266	0,309	0,329	0,324	0,215	0,222	0,185	0,185	0,240	0,230	0,191
1965:	0,240	0,247	0,317	0,330	0,336	0,255	0,264	0,134	0,180	0,258	0,249	0,212

soit, en 1964, un total annuel de 2,921 m pour une pluviométrie de 685 mm à DORI et, en 1965, de 3,072 m pour une pluviométrie de 546 mm.

Les observations limnimétriques dans les mares nous fournissent des indications intéressantes sur la somme évaporation-infiltration après la fin de l'écoulement de vidange :

Mare	Année	Période	Baisse (cm)	Baisse moyenne (mm/jour)
TIN-AKOF	1960	3 Mars-26 Avril	36	6,7
"	1968	1er-31 Mars	20	6,5
"	1968	1er-30 Avril	22	7,3
"	1968	1er-31 Mai	26	8,4
"	1968	1er-31 Déc.	18	5,8
"	1969	31 Déc.68-13 Mars	44	6,1
"	1969	13 Mars-13 Juin	72	7,8
KABIA	1969	20 Déc.68-14 Mars	51	6,1

L'évaporation sur une grande surface d'eau libre est toujours inférieure à celle mesurée sur bac. En zone sahélienne, le coefficient de réduction est voisin de 0,75. En appliquant ce coefficient de réduction aux observations sur bacs et en négligeant les infiltrations dans les mares de TINAKOF et KABIA, on peut admettre comme évaporations mensuelles sur les mares du BELI les valeurs suivantes en année moyenne :

- Janvier	:	0,19 m	- Juillet	:	0,19 m
- Février	:	0,18 m	- Août	:	0,16 m
- Mars	:	0,20 m	- Septembre	:	0,16 m
- Avril	:	0,22 m	- Octobre	:	0,19 m
- Mai	:	0,26 m	- Novembre	:	0,19 m
- Juin	:	0,22 m	- Décembre	:	0,18 m

soit, du 1er Novembre date à laquelle les ouvrages de fermeture des mares ne déverseraient plus, jusqu'au 1er Juillet, date d'arrivée des premières eaux, une évaporation de 1,64 m. L'évaporation pendant les 4 autres mois serait d'environ 0,70 m, donc supérieure au total pluviométrique de la saison des pluies.

II - La MARE de FADAR-FADAR

II.1. - OBSERVATIONS

Deux échelles avaient été installées en 1956 par le Service de l'Hydraulique de part et d'autre du barrage, leurs zéros calés à la même cote.

Les hauteurs maximales atteintes ont été :

- en 1963	:	1,58 m
- " 1965	:	1,90 m
- " 1968	:	1,11 m
- " 1969	:	1,55 m

II.2. - REPLISSAGE et VIDANGE de la MARE

Le remplissage de la mare se fait uniquement par les apports de l'Oued IN SELOUMAN qui s'y déverse de l'aval. Un petit barrage avait été édifié par le Service de l'Hydraulique en 1956 à l'extrémité aval de la mare. La crête de ce barrage déversant en gabion (à noyau argileux) était approximativement à la cote 1,05 m de l'échelle. Il devait permettre le remplissage de la mare et conserver l'eau. En fait, le déversoir a été détruit dès la saison des pluies 1956 et la mare continue à se vider vers l'aval à la fin de la saison des pluies jusqu'à une cote inconnue, puis s'assèche en Avril par évaporation. Une bonne partie de la mare se trouve avoir son fond à environ 1 m plus bas que la hauteur du seuil actuel de fermeture.

III - La MARE de TIN-AKOF

III.1 - OBSERVATIONS et MESURES

III.1.1. En 1964, une échelle a été installée dans la mare. Cette échelle a été lue pendant l'année 1968. En 1969, un limnigraphe a été posé non loin de l'échelle. En 1963, la hauteur maximale dans la mare avait été prise par rapport à un repère rattaché ensuite à l'échelle. Les hauteurs maximales observées ont donc été :

- en 1963	:	3,10 m	(altitude relative : 18,10 m)
- " 1965	:	3,32 m	(" " : 18,32 m)
- " 1968	:	2,63 m	(" " : 17,63 m)
- " 1969	:	2,99 m	(" " : 17,99 m)

Le seuil de fermeture était, avant 1966 ou 1967, constitué par les digues de BAMBAKARI à la cote 2,40 m de l'échelle environ (alt. 17,40). Depuis la rupture de ces digues, le seuil semble être reporté un peu à l'aval, à la cote 2,25 m (alt. 17,25).

Le fond de la mare est à la cote 0,04 m (alt. 15,04). La superficie de la mare à la cote 2,44 m (alt. 17,44) est de 3,3 km², d'après les photographies aériennes. La superficie de la mare de TIN RHASSAN était de 1,1 km² au moment de la prise de ces photographies.

Nous donnons, en annexe, les hauteurs d'eau relevées à TIN-AKOF en 1968 et 1969.

III.1.2. En 1969, des jaugeages ont été effectués, d'une part à KACHAM, au gué de la piste d'IN TILIT, à l'amont de TIN RHASSAN, pour avoir une idée des débits entrant dans le système de mares de TIN RHASSAN et de TIN-AKOF, d'autre part, au seuil de la mare d'OUASSAKORE pour avoir une idée des débits sortants. Les résultats de ces jaugeages sont donnés dans les tableaux ci-après.

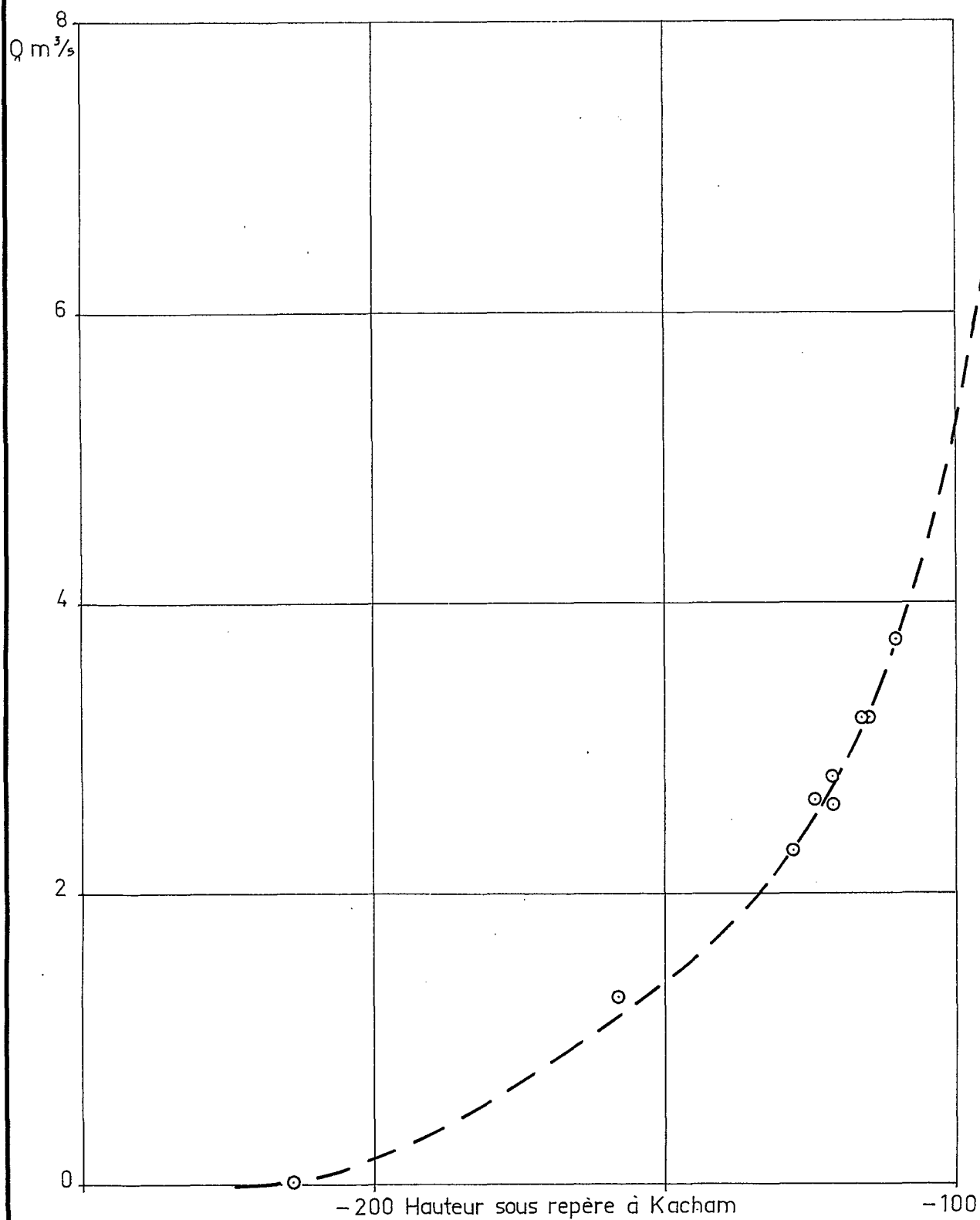
Jaugeages à KACHAM

Date	Hauteur sous repère (m)	Débit (m ³ /s)
25-7-1969	1,21	2,8
1-8-1969	1,21	2,6
3-8-1969	1,28	2,3
21-8-1969	1,10	3,74
28-8-1969	1,15	3,2
31-8-1969	1,145	3,2
3-9-1969	1,24	2,64
11-9-1969	1,58	1,27
13-9-1969	2,14	0,2

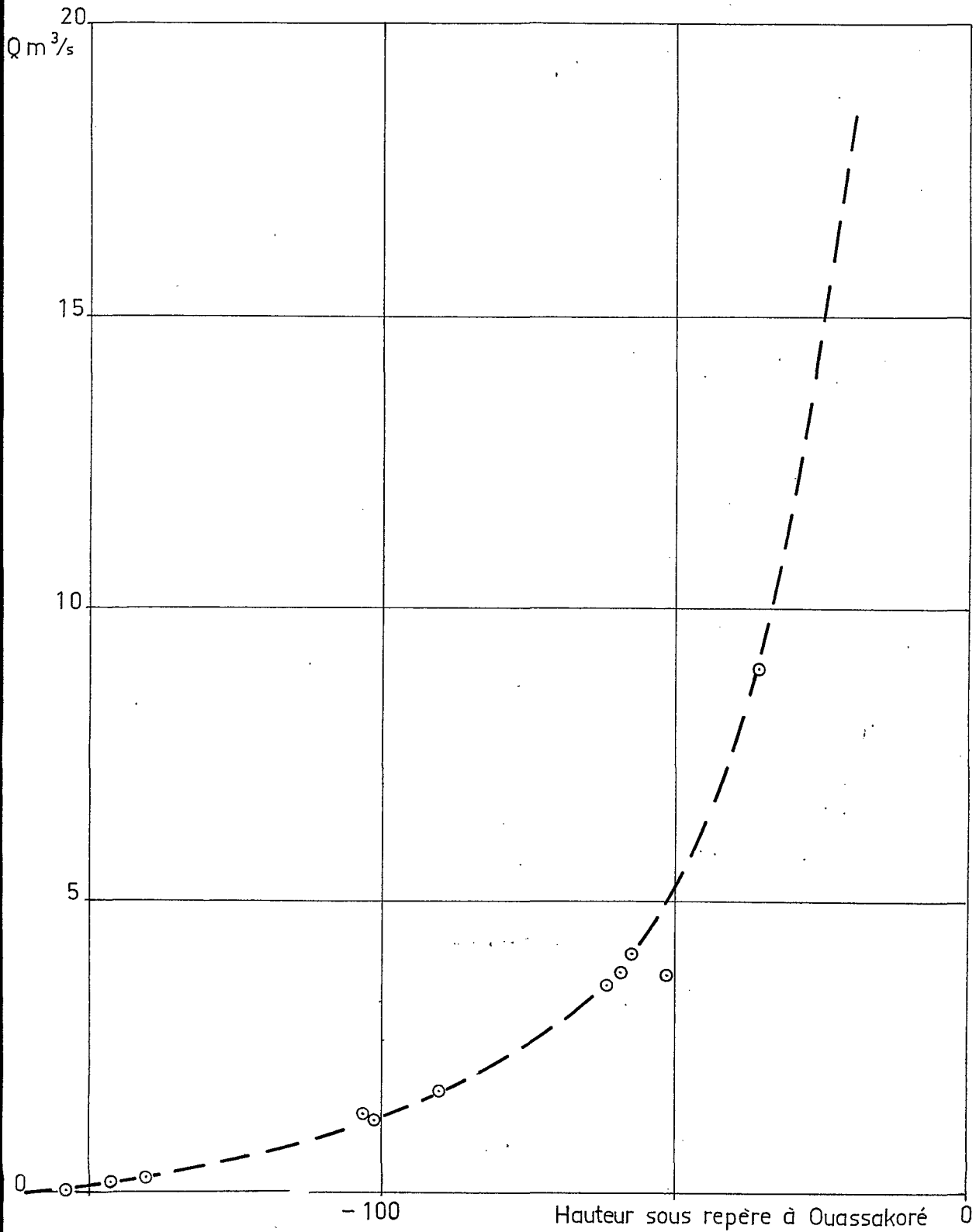
Jaugeages à OUASSAKORE

Date	Hauteur sous repère (m)	Altitude relative (m)	Hauteur échelle TIN-AKOF (m)	Débit (m ³ /s)
3-8-1969	1,46	16,37	2,41	0,13
20-8-1969	0,51	17,32	2,77	3,8
24-8-1969	0,36	17,47	2,96	9,0
28-8-1969	0,57	17,26	2,81	4,1
31-8-1969	0,59	17,24	2,84	3,8
3-9-1969	0,61	17,22	2,79	3,6
11-9-1969	0,90	16,93	2,68	1,8
15-9-1969	1,03	16,80	2,63	1,32
24-9-1969	1,01	16,82	2,59	1,23
14-10-1969	1,40	16,43	2,54	0,25
31-10-1969	1,54	16,29	2,44	0,08

Courbe de tarage
Station de Kacham

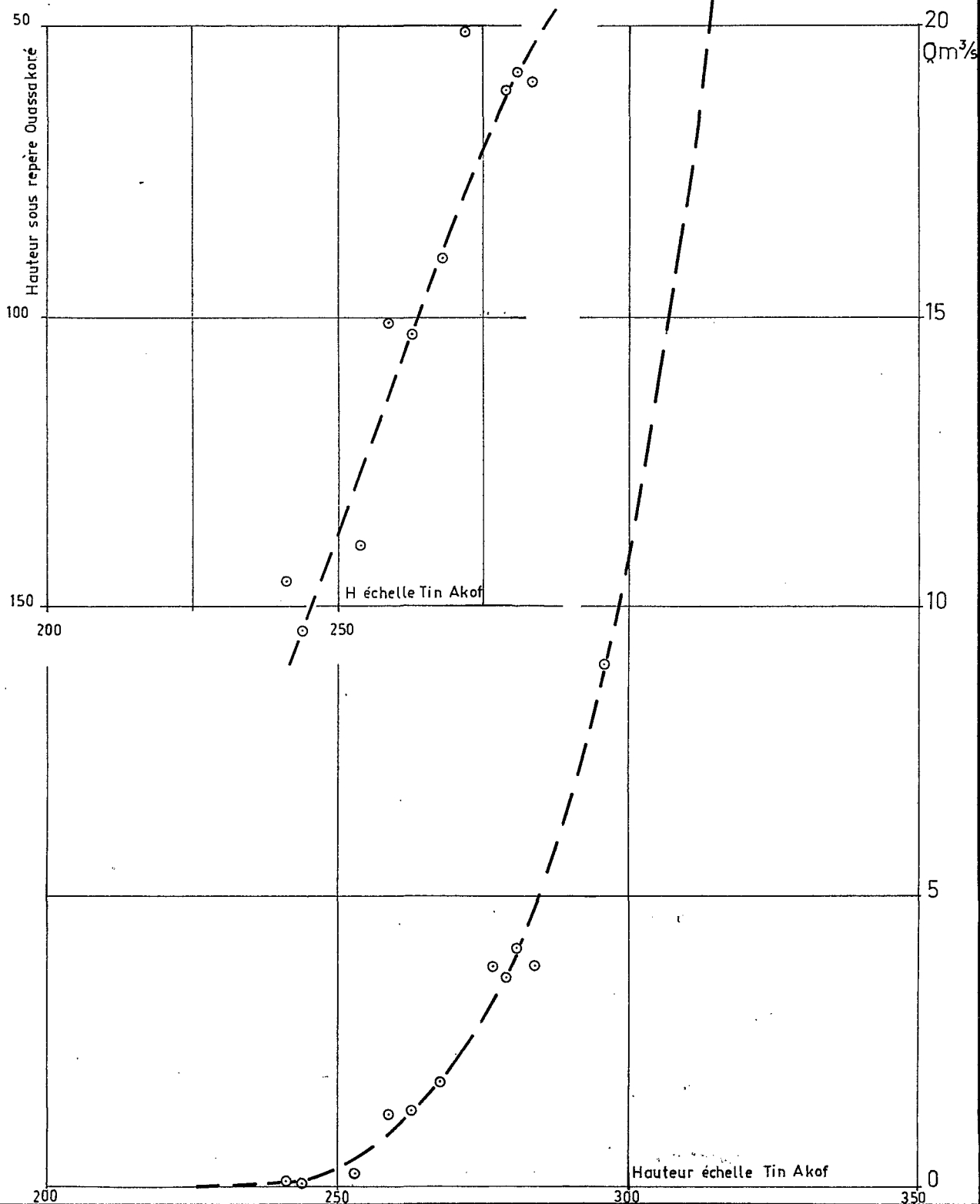


Courbe de tarage
Station de Ouassakoré



Tarage du déversement

Mare de Tin Akof



A KACHAM, un premier écoulement, peu important, a eu lieu peu avant le 10 Juillet, mais le lit était à sec à cette époque. La cote maximale atteinte, d'après les délaissés, a été de 0,93 m sous repère entre le 21 et le 24 Août, soit un débit maximal de 7 m³/s. Le 31 Octobre, l'écoulement n'était pas complètement terminé.

A OUASSAKORE, l'écoulement a dû commencer au début de Juillet, peu avant le 9. La cote maximale atteinte, d'après les délaissés, a été de 0,20 m sous repère (alt. 17,63) entre le 20 et le 24 Août, soit un débit maximal d'environ 18 m³/s.

On remarque qu'il n'y a pas une relation très rigoureuse entre les hauteurs d'eau relevées simultanément à TIN-AKOF et à OUASSAKORE. Ce fait est dû à l'écoulement intermittent d'un petit affluent intermédiaire.

III.2. - ÉCOULEMENT en 1969

Le 13 Juin, la mare de TIN-AKOF conservait encore de l'eau à la cote 0,80 m à l'échelle (alt. 15,80). Le 14 Juin, il n'y avait pas encore eu d'écoulement à KACHAM. Le 15 au matin, l'oued IN HABAKAR débitait. A son confluent avec le BELI, l'eau s'écoulait à la fois vers l'aval et vers l'amont, et le débit à KACHAM était de l'ordre de 1 m³/s vers TIN RHASSAN.

Le 10 Juillet, la mare de KACHAM était pleine, sans déborder vers l'aval, et ne recevait presque plus d'eau de l'amont. Le 25 Juillet, l'oued IN SELOUMAN débitait dans le BELI jusqu'à la mare de TIN-AKOF qui a commencé à déborder sur son seuil aval le 29 Juillet.

Le 28 Novembre, la cote à l'échelle de TIN-AKOF était de 2,22 (alt. 17,22) et l'écoulement à BAMBAKARI venait de s'arrêter.

III.2.1. Le contrôle des débits sortant de la mare de TIN-AKOF ne pouvant plus se faire à BAMBAKARI par suite de la rupture des digues, il a fallu reporter la section de jaugeage à 2,6 km en aval, au seuil de la petite mare de OUASSAKORE. Le bassin versant intermédiaire de la portion du BELI comprise entre BAMBAKARI et ce seuil est constitué par celui d'un affluent de rive gauche (40 km²) drainant, avec un réseau serré, des collines dont certaines dominent le lit du BELI de 100 mètres.

Comme l'effet amortisseur de la petite mare de OUASSAKORE n'est probablement pas sensible, les débits mesurés à OUASSAKORE sont très proches de ceux passant à BAMBAKARI lorsque l'écoulement du bassin versant intermédiaire est terminé, mais ils sont plus forts que ceux passant à BAMBAKARI si le jaugeage a été effectué peu de temps après une pluie importante, comme le 20 Août. Cela permet de tracer une courbe de tarage des débits sortant de la mare de TIN-AKOF en fonction de la hauteur à son échelle (voir graphique).

III.2.2. Le volume sorti de la mare de TIN-AKOF serait ainsi de $14,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ pour 1969, avec un débit maximal de $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

III.3. - ANNEES ANTERIEURES

Nous disposons, pour l'année 1968, de nombreuses lectures de l'échelle de TIN-AKOF, avec malheureusement des lacunes importantes au moment des plus hautes eaux. Comme les digues de BAMBAKARI étaient déjà rompues, on peut sans trop de risques utiliser le même barème qu'en 1969 : le volume sorti de la mare de TIN-AKOF aurait été de $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1968 avec un débit maximal de $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$, l'écoulement ayant duré du 18 Juillet au 20 Novembre.

Pour les années 1963 et 1965, nous ne disposons guère que des hauteurs maximales à l'échelle. Le tarage est inconnu, nous n'avons qu'un seul jaugeage : débit de $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ au seuil de BAMBAKARI pour une hauteur de 2,85 à l'échelle de TIN-AKOF (alt. 17,85). Ce débit est celui qui correspond à la hauteur de 2,70 m en 1969, et en osant appliquer un même décalage de 15 cm tout au long du barème, nous aurions eu en 1963 un débit maximal de $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$ et en 1965 de $23 \text{ m}^3/\text{s}$.

III.4. - BILAN de la MARE

Il n'est pas possible de l'établir avec une précision acceptable. Nous n'avons pas la relation hauteur-surface de la mare pour pouvoir tenir compte, d'une part de la pluie tombant directement sur la nappe d'eau libre, d'autre part de l'évaporation.

En 1969, les débits venant de l'amont et transitant à la station de KACHAM pour remplir les mares de TIN RHASSAN et de TIN-AKOF ont été importants, ainsi que le ruissellement du bassin versant propre de ces deux mares (450 km²).

En 1968, le remplissage de la mare de TIN-AKOF a du être assuré en presque totalité par son bassin versant propre. L'écoulement provenant de l'Oued IN SELOUMAN n'a pas été bien abondant comme le montre la cote maximale de remplissage de la mare de FADAR-FADAR, et l'écoulement provenant de l'Oued IN HABAKAR a été probablement utilisé en majeure partie pour remplir les mares de TIN KACHAM et de TIN RHASSAN.

Il semble que même en année très sèche, de fréquence inférieure à la fréquence décennale (celle-ci correspondrait à une pluviométrie annuelle ponctuelle de 270 mm sur le BELI, soit une moyenne supérieure à 300 mm sur un bassin de 300 km²), la mare de TIN-AKOF puisse se remplir et déverser au niveau actuel de son seuil de fermeture.

IV - La MARE de KABIA

IV.1. - OBSERVATIONS et MESURES

IV.1.1. En 1968, une échelle limnimétrique et un limnigraphe ont été posés dans la mare, à environ 5 km en amont du gué. En 1969, un second limnigraphe a été installé à environ 2 km en aval du gué, mais en amont de la mare de YUMBAM.

Les repères par rapport auxquels les observations de niveau maximal de la mare avaient été faites les années précédentes ont été rattachés à l'échelle, d'où les hauteurs maximales suivantes :

- en 1963	: 2,35 m	(altitude relative : 13,98)
- " 1965	: 2,59 "	(" " : 14,22)
- " 1966	: 2,80 " (peu sûr)	(" " : 14,43)
- " 1967	: 2,69 " (peu sûr)	(" " : 14,32)
- " 1968	: 2,03 "	(" " : 13,66)
- " 1969	: 2,75 "	(" " : 14,38)

Le seuil de fermeture de la mare au point bas du gué est à la cote 1,25 m à l'échelle environ et la superficie de la mare à la cote 1,48 m (alt. 13,11) est de 6 km² d'après les photographies aériennes. Le fond de la mare est à la cote 0,80 m (alt. 12,43).

IV.1.2. En 1969, des jaugeages ont été effectués au gué de KABIA, pour essayer de construire un réseau de courbes de tarage suivant les différences de hauteur entre les niveaux aval et amont au gué, afin de traduire les limnigrammes en débits. Malheureusement, le seuil de KABIA est injaugeable à partir de la cote 1,80 m à l'échelle de la mare ; l'eau coule à travers les herbes sur une largeur de 150 m sans vitesse appréciable, sauf sur une distance de moins de 20 m où la vitesse est d'environ 0,2 m/s.

Les résultats des jaugeages qui ont pu être effectués sont donnés dans le tableau ci-après.

JAUGEAGES au GUE de KABIA

Date	Hauteur sous repère du gué (m)	Hauteur à l'échelle de la mare (m)	Altitude relative (m)	Débit (m^3/s)	Sens d'écoulement
12-7-1969	1,78	1,43	13,06	3,2	vers l'amont
23-7-1969	1,46	1,75	13,38	1,0	vers l'aval
27-7-1969	1,40	1,81	13,44	2,32	"
2-8-1969	1,51	1,70	13,33	1,6	"
4-8-1969	1,58	1,63	13,26	1,4	"
12-10-1969	1,40	1,81	13,44	0,965	"
1-11-1969	1,74	1,47	13,10	0,39	"

L'étalonnage de la station est très imprécis et l'on ne peut donner pour les volumes transités qu'un ordre de grandeur.

IV.2. - ÉCOULEMENTS en 1969

Nous donnons en annexe les relevés journaliers de hauteurs d'eau d'après les limnigrammes (les interruptions sont dues aux nids bâtis par les mouches maçonnes sur le câble du flotteur).

La mare était presque à sec le 15 Juin. Le premier remplissage a commencé le 5 Juillet environ, il était dû à la crue du GOROUL pénétrant par le gué de KABIA et a duré jusqu'au 20 Juillet (cote à l'échelle : 1,60 m, altitude 13,23), le volume venant de l'aval étant de l'ordre de $2,5 \times 10^6 m^3$.

La mare s'est écoulée vers l'aval du 21 Juillet au 13 Août (cote à l'échelle : 1,84 m, altitude : 13,47), avec un volume transité au gué d'environ $3,2 \times 10^6 m^3$.

Une nouvelle crue du GOROUL a inversé le courant au gué, du 14 au 22 Août (cote à l'échelle : 2,65 m, altitude : 14,28), et le volume rentré dans la mare a été de l'ordre de $3,3 \times 10^6 m^3$.

Du 23 Août au 3 Octobre (cote à l'échelle 1,84 m, alt. 13,47), la mare s'est vidée vers l'aval de $13,0 \times 10^6 m^3$ environ.

Une nouvelle crue du GOROUOL a à nouveau inversé le sens du courant au gué, du 4 Octobre au 10 (cote à l'échelle : 1,86 m, altitude : 13,49), le volume entré étant de l'ordre de $0,4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Puis la mare n'a plus cessé de se vider : le 27 Novembre, le débit était inférieur à 0,1 l/s (hauteur à l'échelle 1,26 m, altitude : 12,89). On peut estimer ce dernier écoulement de vidange à $3,0 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Au total, la différence entre les volumes écoulés vers l'aval et vers l'amont, au gué de KABIA, aurait été de $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1969, avec toutes réserves dues à l'imprécision du tarage. Les débits maximaux au gué de KABIA auraient été de 8 m³/s vers l'amont et de 9,5 m³/s vers l'aval.

IV.3. - ANNEES ANTERIEURES

Nous donnons en annexe les hauteurs journalières en 1968 dont nous ne pouvons rien déduire pour les volumes transités. Nous ne pouvons également rien dire des volumes écoulés et des hauteurs maximales des années précédentes, ce qui ne permet pas d'en étudier, même sommairement, la distribution statistique. Nous nous hasarderons seulement à estimer en grossière approximation que le volume écoulé de l'amont en 1969 ($13 \times 10^6 \text{ m}^3$) a été, compte tenu de la pluviométrie de l'année, assez voisin de la moyenne. Mais cette estimation ne pourra être valablement vérifiée que lorsqu'on disposera de plus de dix années d'observations...

IV.4. - BILAN MOYEN de La MARE

Il est impossible de l'établir, même en supposant négligeable les pertes par infiltrations.

IV.5. - MESURES et OBSERVATIONS sur le GOROUOL

Nous avons les relevés des deux stations de DOLBEL et d'ALCONGUI sur le GOROUOL, dont nous pouvons tirer des indications intéressantes sur le remplissage des mares de YUMBAM et de KABIA.

IV.5.1. La station de DOLBEL se trouve à 35 km en amont du confluent BELI-GOROUOL et contrôle un bassin versant de $7\,500 \text{ km}^2$. Elle est en service depuis 1961 et son tarage est sûr.

Voici les principales caractéristiques des écoulements à cette station :

Année	Volume écoulé: 10 ⁶ m ³	Période	Débit maximal: (m ³ /s)	Cote maximale: échelle (m)	Date
1961	415	du 22-6 au 1-11	118,2	3,70	7-9
1962	195	du 5-6 au 18-10	73,0	3,00	1-9
1963	264	du 10-6 au 19-10	96,2	3,38	3-8
1964	270	du 2-6 au 19-10	91,3	3,31	7-9
1965	210	du 8-6 au 30-10	72,4	2,99	19-8
1966	337	du 4-5 au 14-11	117,5	3,69	10-9
1967	272	du 18-6 au 3-11	104,4	3,50	1-9
1968	138	du 1-6 au 14-10	58,6	2,74	11-8
1969	341	du 5-6 au 8-11	113,4	3,62	13-8

soit un volume moyen écoulé de $271 \times 10^6 \text{ m}^3$ (module $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$) pour une pluviométrie moyenne sur le bassin de l'ordre de 500 mm (coefficient d'écoulement de l'ordre de 6,5 %).

IV.5.2. La station d'ALCONGUI se trouve à 30 km en aval du confluent BELI-GOROUOL et à 35 km en amont du confluent GOROUOL-NIGER. Elle est en service depuis 1957. Malheureusement, son tarage n'est pas très sûr.

Voici les principales caractéristiques des écoulements à cette station :

Année	Volume écoulé 10^6 m^3	Période	Débit maximal (m^3/s)	Cote maximale échelle (m)	Date
1957		du 25-5 au 26-12	47	2,70	29-8
1958		du 13-6 au 13-1-59	74	3,15	13-9
1959		du 22-6 au 14-12		> 3,00	
1960		pas d'observation			
1961	340	du 20-6 au 13-12	82	3,26	14-9
1962		du 14-6 au 11-12	52	2,79	6-9
1963		du 16-6 au 5-12	52,5	2,80	9-8
1964	316	du 10-5 au 2-2-65	73	3,14	2-9
1965		du 7-6 au 5-2-66	(43,2 42,8	2,62 2,61	20-9 26-8
1966		du 9-5 au 26-12	83	3,27	20-9
1967		du 17-6 au 30-12	76	3,18	13-9
1968	131	du 1-6 au 10-12	27,7	2,23	4-8
1969		du 12-6 au -	70	3,10	28-8

Juste à l'amont de la station d'ALCONGUI se jette le OUANEGOU, affluent venant du Sud et drainant un bassin de $1\,300 \text{ km}^2$.

Les volumes écoulés à ALCONGUI proviennent en partie de cet affluent (qui ne doit pas être très puissant, mais dont l'écoulement a un coefficient de variation plus grand que celui du GOROUL à DOLBEL) et surtout du GOROUL. Les apports du BELI sont négligeables, semble-t-il, dans ce total. Mais comme l'écoulement se prolonge longtemps à ALCONGUI, les pertes par évaporation entre DOLBEL et ALCONGUI (y compris dans la mare de YUMBAM) sont énormes.

IV.5.3. L'influence du GOROUL sur le cours inférieur du BELI est attestée par les inversions de courant observées à plusieurs reprises, en 1969, au gué de KABIA. Cette année-là les apports issus du GOROUL ont totalisé environ $6 \times 10^6 \text{ m}^3$, soit près de 50 % des apports venant de l'amont du gué. Mais il faut noter qu'en 1969 le volume écoulé par le GOROUL à DOLBEL a été supérieur à la moyenne (période de retour de trois ans ?).

On remarque une certaine concordance entre les crues du GOROUL à DOLBEL (crue du 13-8-69 notamment) et les inversions de courant au gué de KABIA (du 14 au 22-8-69), mais il n'apparaît pas de corrélation très étroite.

V - CONCLUSIONS : AMENAGEMENT du BELI

V.1. - MARE de FADAR-FADAR

Bien que l'aménagement de cette mare soit en dehors du sujet, nous préférons le citer. L'intérêt de cet aménagement est uniquement pastoral. A l'heure actuelle, les pâturages des environs de FADAR-FADAR ne sont pas pleinement exploités, faute d'abreuvoirs en fin de saison sèche, alors que ceux de TIN-AKOF sont surpâturés.

Il existerait un site possible de barrage en aval du confluent de l'IN SELOUMAN. Il y aurait un lever topographique à entreprendre en vue de vérifier si l'on pourrait caler le seuil du déversoir à une hauteur suffisante pour garder assez d'eau à FADAR-FADAR. Nous ne pouvons indiquer la cote à l'échelle correspondante, ignorant la profondeur de la mare par rapport à l'échelle et la cote du seuil actuel de fermeture de la mare.

Cet ouvrage devrait être conçu pour permettre le passage des troupeaux, car il deviendrait un point privilégié pour la transhumance.

Il serait possible que, les années très sèches, le barrage ne déverse pas vers l'aval, tout l'écoulement de l'IN SELOUMAN étant réservé pour la mare de FADAR-FADAR qui s'étendrait sur 25 km de long.

Le débit maximal à prévoir au déversoir ne peut être fixé. Si l'on déboise correctement le lit du BELI entre FADAR-FADAR et le confluent de l'IN SELOUMAN, la mare pourrait servir d'amortisseur de crue (superficie d'environ 5 km² à son plein).

V.2. - MARE de TIN-AKOF

Il serait intéressant de reconstruire les ouvrages de BAMBAKARI soit au même emplacement, soit un peu plus en aval. Le seuil naturel actuel, depuis la destruction des digues, est nettement en aval de ces digues, mais le lit s'évase vers OUASSAKORE, semble-t-il.

Le barrage devrait être conçu pour le passage des troupeaux en transhumance.

Si la cote du déversoir correspondait à la hauteur de 3 m à l'échelle (alt. 18,0), en année moyenne, il resterait environ 1,4 m d'eau au point le plus creux de la mare en fin de saison sèche.

En ne comptant que les 1 000 km² qui correspondent au bassin versant de l'IN HABAKAR et aux bassins versants propres des mares de TIN KACHAM, TIN RHASSAN, TIN-AKOF et en considérant une saison des pluies très peu abondante de 300 mm en moyenne, un coefficient d'écoulement de 5 %, plutôt faible étant donné la morphologie du terrain, suffirait pour apporter 15×10^6 m³ aux mares. Il y aurait probablement déversement à BAMBAKARI, ou au moins remplissage jusqu'à une cote très peu inférieure à 3 m (alt. 18,0). Nous croyons, sans pouvoir l'affirmer puisque la mare n'est pas cubée, qu'en 1968 la mare de TIN-AKOF aurait pu se remplir jusqu'à 3 m avec un très faible déversement.

Etant donné l'effet amortisseur des mares, il semble qu'un déversoir prévu pour une trentaine de m³/s serait suffisant pour évacuer n'importe quelle crue.

V.3. - MARE de KABIA

En supposant le barrage de BAMBAKARI réalisé, le bassin versant de la mare de KABIA se réduirait aux bassins des affluents de DEIBANGA et du SEBELAMBALE, tous deux peu actifs. Il est certain que le premier remplissage de la mare en début de saison des pluies se produirait par l'aval, les eaux du GOROUL passant au-dessus du gué de KABIA.

Deux solutions sont possibles :

- soit un barrage à clapets au gué de KABIA avec déversoir à la cote 2,5 m de l'échelle actuelle (alt. 14,15). Il semble qu'à cette cote il ne puisse y avoir contournement de l'ouvrage en rive droite. A condition que les clapets soient largement prévus pour permettre le premier remplissage par l'aval et retiennent l'eau ensuite, il est probable que même en année très sèche, les 2 600 km² du bassin versant (comptés de BAMBAKARI au gué) auraient un écoulement suffisant pour remplir les mares jusqu'à la cote 2,5 m. Il resterait alors 1,7 m d'eau au point le plus creux de la mare de KABIA en fin de saison sèche.

Le déversoir de cet ouvrage devrait être prévu pour une vingtaine de m³/s au plus.

L'ouvrage devrait permettre le passage du bétail, le gué de KABIA étant un très important point de transit pour les troupeaux qui vont vers le Sud.

- soit un barrage en aval du confluent GOROUOL-BELI, en amont d'ALCONGUI, s'il y a un site possible. La mare ainsi créée s'étendrait sur environ 65 km de long, depuis IN TANGOUN.

Il ne se poserait pas de problème de remplissage, même si la cote du déversoir était de 3 m à l'échelle actuelle de KABIA (alt. 14,65) : le volume transité par le GOROUOL en 1968 à DOLBEL (année très sèche suivant les relevés pluviométriques) a été de $140 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Le déversoir à prévoir ne serait pas important ; il faudrait tenir compte de l'effet amortisseur de la mare ainsi créée. Le débit maximal observé à ALCONGUI est de 83 m³/s, dû en partie au OUANEGORI. Il semble qu'en prévoyant un déversoir de 100 m³/s l'on serait au large.

Pour une telle cote de retenue, il faudrait prévoir au gué de KABIA une digue avec pont pour permettre le passage du bétail.

A N N E X E S

- Pluviométrie annuelle de 1961 à 1969 pour douze postes du MALI, NIGER et HAUTE-VOLTA
- Pluviométrie journalière en 1968 et 1969 à TIN-AKOF
- Hauteurs limnimétriques journalières en 1968 et 1969 à TIN-AKOF, ainsi qu'à la mare de KABIA et en 1969 seulement au limnigraphe aval de KABIA.
- Contrat entre Nations-Unies et ORSTOM

PLUVIOMETRIES ANNUELLES

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	
MALI										
ANSONGO	149	332	130	392	283	260	246	270	363	
HOMBORI	347	430	396	398	376	392	431	407		
OUADAGOUNA	265	330	318	466		339		212		
NIGER										
AYOROU	361	469	380	478	320	393	297	365	335	
DOLBEL	427	308	445	405	332	383	338	311	353	
TERA	734	426	456			402	551	369	384	
HAUTE-VOLTA										
ARIBINDA	489	571	600	565	844	567	463			
DORI	721	531	748	684	547	736	484	368	622) marque Oc-) tobre
GORUM	651	409	564	443	570	596	465	412	494	
GORGADJI	673	566	590	492	417	485			483	
MARKOYE	446	320	488	566	276	373	398	294	395	
TINAKOF								289	265	

TIN - AKOF

Pluviométrie (mm)

1968

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						0,7	21,5					
2										1,5		
3												
4							25,8	3,7				
5						0,5	3,0					
6								13,7				
7									27,7	6,7		
8												
9							1,2					
10								5,2	9,2			
11								24,5				
12							2,5					
13									0,5			
14							22,0					
15						1,5						
16												
17												
18												
19							21,7	13,5	7,2			
20												
21										1,7		
22												
23							10,0					
24								8,5				
25								2,5				
26							2,7					
27								12,7				
28								20,2				
29												
30						12,0		3,7				
31							0,7					

Tot.

12,0 2,7 111,1 108,2 44,6 9,9

Total annuel = 288,5

TIN - AKOF

Pluviométrie (mm)

1969

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1									1,5			
2									7,7			
3												
4												
5							1,8	13,0				
6												
7						1,5						
8									15,7			
9						1,7		3,7				
10												
11												
12												
13						13,0						
14												
15								23,0				
16									1,6			
17									4,8			
18												
19							18,0	24,7		11,8		
20								32,0	14,5			
21												
22							10,0	8,0				
23							10,0					
24							1,0		1,7			
25							7,0					
26									2,5			
27												
28							3,7					
29							2,5	9,7				
30							10,0					
31							9,0					

Tot.

16,2 73,0 114,1 50,0 11,8

Total annuel = 265,1

TIN - AKOF

Hauteurs limnimétriques (cm)

1968

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						122					235	
2			167		125	137	167					
3						141	168				233	210
4			165	147						251		
5					123		174				231	
6			163				188			250		209
7				144			190	251			230	
8			161		121		195		261	249		
9							197				229	
10				141	118		198			249		
11				140							227	206
12								254				
13				138		148				247	225	204
14							208					
15				136			211			246		202
16					117	158	218				223	
17							221			244		
18			158	134	115	153	222				223	201
19										243		201
20		173			114	155	238			242	222	
21							241	259			219	200
22					112	159	244			241	217	
23			155									
24		171		130	109	160	247			240		199
25						161						
26					107					239		
27												197
28		169		129	105	162		259		237		
29			151									
30										237		
31					113							194

TIN - AKOF

Hauteurs limnimétriques (cm)

1969

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1								235	282	261	244	
2								238	281	263		
3								241	279	263		
4								243	278	262		
5								249	276	260		
6								251	275	259		
7								253	273	258		
8							123	254	272	257		
9							147	255	271	257		
10							151	256	270	256		
11							152	257	268	256		
12							151	257	267	255		
13			152			80	151	261	266	255		
14							150	269	265	254		
15							150	275	263			
16							149	275	264			
17							149	273	264			
18							150	271	263			
19							151	269	263			
20							160	281	261			
21							160	289	259			
22							162	297	258			
23							185	299	258			
24							202	296	259			
25							212	293	259			
26							215	287	259			
27							218	284	260			
28							221	281	260			
29							225	284	262		222	
30							230	285	263			
31							233	284				

KABIA Mare

Hauteurs limnimétriques (cm)

1969

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1									255	188	148	
2									251	187		
3									250	184	146	
4								169	247	184		
5								173	244	183		
6								175	241	184		
7								177	238	184		
8							62	178	235	184		
9								178	233	185		
10								185	230	186		
11								184	229	185		
12							94	184	227	183		
13								184	223	182		
14			50					187	221	181		
15								192	218	178		
16								197	215	176		
17									212	173		
18									209	171		
19									206	170		
20									204	169		
21									201	167		
22									198	166		
23							183	275	196	163		
24							190	270	194			
25							190	267	191			
26							188	266	191			
27							185	264	193		126	
28							182	262	193			
29							181	260	191			
30							179	260	190			
31								258				

KABIA Limnigraphe Aval

Hauteurs journalières en cotes échelle KABIA (cm)

1969

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1								156	252	182	120	
2								154	248	182		
3								154	245	183		
4								153	243	187		
5								153	241	190		
6								156	238	192		
7								163	234	194		
8							156	162	230	194		
9							174	164	230	192		
10							177	176	227	187		
11							176	181	224	183		
12							175	186	222	179		
13							177	193	218	173		
14							182	201	214	168		
15							177	209	209	164		
16							173	224	204	160		
17							168	234	198	156		
18							166	242	191	153		
19							162	244	185	150		
20							161	250	183	147		
21							158	261	183	144		
22							171	265	182	142		
23							167	265	180	140		
24							169	263	179	137		
25							167	262	174	135		
26							166	262	186	132		
27							163	262	191	130		
28							161	261	184	128		
29							160	260	184	126		
30							159	258	182	124		
31							159	258		122		

C O N T R A T

ENTRE

LES NATIONS-UNIES

ET

L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER (ORSTOM)

POUR

DES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LA RIVIERE BELI, HAUTE - VOLTA

Ce contrat, souscrit le 28 Mai 1969 entre les Nations-Unies (ci-dessous désignées comme "UN") et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ci-dessous désigné comme "le Contractant"), dont le siège central est 24, rue Bayard - PARIS 8ème - FRANCE,

STIPULE

ETANT DONNE que le Programme de Développement des Nations-Unies (Fonds Spécial) en réponse à une demande du Gouvernement de la HAUTE-VOLTA (ci-après désigné par le "Gouvernement"), a accepté d'assister le Gouvernement en exécutant un projet dénommé "Etudes Hydrologiques sur la rivière BELI" et

CONSIDERANT que les Nations-Unies travaillant en accord avec le Fonds des Nations-Unies pour le Développement pour l'exécution du dit projet, désirent engager les services du Contractant pour exécuter le travail ci-après désigné et

CONSIDERANT que le Contractant prétend être qualifié volontaire et compétent pour accomplir un tel travail,

QUE LES DEUX PARTIES CONVIENNENT ALORS DE CE QUI SUIIT :

1.00 RESPONSABILITES DU CONTRACTANT.

1.01. Le Contractant collectera et analysera les données obtenues par ses précédentes études exécutées pour le compte du Gouvernement en 1963, 1964, 1965, et 1968 sur les sujets suivants :

- a) variation de l'écoulement selon les saisons afin de déterminer si l'écoulement observé est intermittent ou réellement permanent
- b) étalonnage des seuils de BAMBAKARI et KABIA
- c) évaporation
- d) profils en travers de la rivière BELI et en long du thalweg
- e) précipitations

1.02. Le Contractant entreprendra d'autres travaux de terrain pour assurer les services suivants :

- a) fourniture et installation aux stations hydrologiques de TIN-AKOF et KABIA pour la durée des études, de :
 - 3 limnigraphes
 - 3 pluviographes
 - d'instruments hydrométriques et topographiques, tels que niveau, moulinets et accessoires.
- b) fonctionnement des deux stations mentionnées en a)
- c) mesure des niveaux d'eau à BAMBAKARI et KABIA et mesure de débit, y compris profils en travers précis...
- d) mesure de l'évaporation sur les bacs évaporatoires et directement sur les mares de la rivière BELI.
- e) amélioration et fonctionnement du réseau de jaugeage
- f) nivellement des seuils dès arrêt de l'écoulement afin de déterminer le profil en long de la rivière entre TIN-AKOF et le confluent de GOROUOL.

1.03. Le Contractant fournira pour l'exécution du travail ci-dessus un total d'environ quatre mois de service par un hydrologue et un hydrométriste. Les experts désignés seront les suivants :

- M. BRUNET - MORET - Hydrologue
- M. IBIZA - Hydrologue
- M. THOUROUDE - Hydrométriste

1.04. Le contractant fournira toutes facilités nécessaires au personnel du Contractant en HAUTE-VOLTA. Toutes dépenses inhérentes à ce personnel seront exclusivement à la charge du Contractant y compris, mais sans limitation à ceux-ci, des frais de salaires, logements, nourriture, voyages, soins médicaux et assurances.

1.05. (a) Le Contractant désignera l'un de ses agents comme Chef d'équipe du personnel du Contractant en HAUTE-VOLTA. Le Chef d'équipe sera responsable de la planification du travail de terrain à exécuter par le Contractant en accord avec les termes du contrat.

(b) Le Chef d'équipe gardera un contact étroit et continu avec le Chef du Projet UN et le consultera pour collaborer avec lui dans l'exécution du travail ci-dessus. Il tiendra le Directeur du Projet UN constamment informé de l'avancement du travail. Le Directeur du Projet UN aura le droit d'inspecter à tous moments l'avancement du travail exécuté sous ce contrat et de consulter le personnel du Contractant sur le travail exécuté par celui-ci. Le Directeur du Projet servira d'agent de liaison entre le personnel du Contractant et les agents du Gouvernement sur tous les sujets se rapportant au contrat.

1.06. Rapports (*)

(a) Le Contractant soumettra le 15 de chaque mois au Directeur du Projet UN 5 copies en français d'un rapport d'avancement des travaux qui exposera en détail le travail effectué dans le cadre du présent contrat durant le mois précédent.

(b) Un mois après la bonne fin du projet, le Contractant soumettra un rapport final dans lequel les objectifs et l'achèvement du projet seront détaillés. Ce rapport sera en 50 exemplaires en français. 15 exemplaires seront remis au Service d'Achat des Transports des Nations-Unies et le restant au Directeur du Projet UN en HAUTE-VOLTA.

1.07. Ce contrat prendra effet le 15 Juin 1969. Le travail de terrain à exécuter dans le cadre du présent contrat débutera aux environs du 20 Juin 1969 et se terminera aux environs du 20 Août 1969.

(*) Nota : Les dates d'achèvement des travaux de terrain et de remise du rapport final ont été modifiées d'un commun accord par échange de lettres.

2.00. RESPONSABILITES DES NATIONS-UNIES

2.01. UN paiera au Contractant en contre-partie du travail exécuté la somme de 21 600 \$\$. Le mode de calcul de ce prix de contrat est joint à la présente pour information en annexe A.

2.02. (a) Des paiements fractionnés en acompte du prix total seront faits mensuellement sur la base de factures mensuelles répondant au travail effectué par le Contractant. Un original et deux copies des dites factures seront transmis directement au Directeur du Projet UN en HAUTE-VOLTA pour visa. Si la facture est approuvée par le Directeur du Projet UN, il transmettra l'original et une copie au siège des Nations-Unies, accompagnés de son visa pour paiement. Parallèlement à la soumission au Directeur du Projet UN, des factures mentionnées ci-dessus, le Contractant transmettra une copie de chaque facture directement au Siège des Nations-Unies à l'attention du Directeur du Service d'Achat et des Transports à NEW-YORK.

(b) Les Nations-Unies retiendront 10 % de chaque paiement mensuel ci-dessus mentionné jusqu'à bon achèvement des travaux du Contractant et réception et acceptation du rapport final.

(c) Le Contractant devra indiquer la destination des paiements d'acompte. Les paiements seront faits en francs français au taux UN existant de change au moment du paiement.

3.00. CONDITIONS GENERALES

Les parties acceptent d'être liées par toutes les conditions générales ci-jointes et d'en faire partie.

Toute notification faite par l'une des parties devra être adressée à l'adresse suivante :

NATIONS-UNIES
Directeur, Service d'Achats et de Transports
NEW-YORK, N.Y. 10017

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
24, rue Bayard
PARIS 8ème, FRANCE

ou à toute autre adresse qui sera notifiée ainsi qu'il est spécifié. Les notifications seront effectives dès réception. En considération de ce qui précède, les parties ont conclu ce contrat.

ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA VALLEE DU BELI
DEVIS DE LA CAMPAGNE 1969

	<u>CFA</u>	<u>TOTAL</u> <u>CFA</u>	<u>TOTAL</u> <u>US \$</u>
I. - <u>EXPERTS</u>			
- Ingénieur hydrologue 2 mois	1 000 000		
- Hydrométriste 2 mois	700 000	1 700 000	6 950
II. - <u>MAIN D'OEUVRE LOCALE</u>			
- Chauffeur	60 000		
- Assistant hydrométriste	60 000		
- Manoeuvres	25 000		
- Observateurs	20 000	165 000	675
III. - <u>MATERIEL (amortissement et location)</u>			
- Land-Rover (8 000 km à 20 F CFA)	160 000		
- Limnigraphes	150 000		
- Pluviographes	100 000		
- Instruments hydrométriques et topo- graphiques	150 000	560 000	2 280
IV. - <u>FONCTIONNEMENT</u>			
- Coûts de terrain, frais de déplacement des experts	135 000		
- Fonctionnement des véhicules	240 000		
- Fournitures consommables	50 000	425 000	1 740
V. - <u>INSTALLATIONS NON AMORTISSABLES</u>			
- Installation limnigraphe	120 000		
- Pluviomètre totalisateur	40 000		
- Aménagement des stations de jaugeage	50 000		
- Campement et outillage	300 000	510 000	2 065
VI. - <u>DEPLACEMENTS AERIENS LOCAUX</u>			
- Location d'un avion charter	1 150 000	1 150 000	4 700
VII. - <u>RAPPORTS</u>			
- y compris croquis, dessins, reliure des rapports	300 000	300 000	1 230
VIII. - <u>FRAIS ADMINISTRATIFS</u>	482 000	482 000	1 960
TOTAL		<u>5 292 000</u>	<u>21 609</u>