

DOCUMENTATION

UTILISATION des BASSINS EXPERIMENTAUX
POUR le CALCUL des DEBOUCHES de PONTS de la LIGNE
de CHEMIN de FER C.F.C.O. - M'BINDA

par Jacques HERBAUD

Ingénieur Hydrologue
à l'Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

ORSTOM
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

70 521

Août 1960

Fonds Documentaire ORSTOM



010007182

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B * 7182 Ex:

CONFERENCE INTERAFRICAINNE

sur l'HYDROLOGIE

(NAIROBI, 16 - 26 Janvier 1961)

UTILISATION des BASSINS EXPERIMENTAUX
pour le CALCUL des DEBOUCHES de PONTS de la LIGNE
de CHEMIN de FER C.F.C.O. - M'BINDA

L'emploi de bassins expérimentaux existants et l'aménagement de bassins supplémentaires a permis de fournir rapidement les données fondamentales pour le calcul des débouchés de ponts de la ligne de chemin de fer devant évacuer le minerais de manganèse du GABON sur le port de POINTE-NOIRE.

Cinq bassins expérimentaux : deux en forêt, trois en savane ont été observés pendant des périodes variant de deux à trois ans. L'équipement de ces bassins a prévu un large emploi des venturi. Parallèlement à ces études des observations étaient effectuées sur des stations de jaugeages contrôlant des bassins de plus grandes superficies et un réseau d'échelles à maximums a été installé.

Dès l'achèvement des études sur le terrain en 1959, une étude poussée des données pluviométriques a permis de définir la crue décennale. Grâce à l'emploi des méthodes analytiques appliquées aux données d'observations hydrologiques de l'ensemble décrit plus haut, on a pu déterminer les crues décennales des bassins de superficie variant de 3 à 100 km² (1.2 to 39 sq. miles) en forêt et de 1 à 30 km² (.4 to 12 sq. miles) en savane.

INTRODUCTION -

Les études effectuées par l'O.R.S.T.O.M., dans le cadre d'une Convention passée avec la COMLOG, pour le calcul des débouchés de ponts de la ligne de chemin de fer C.F.C.O. - N'BINDA, constituent une application importante de la méthode des bassins expérimentaux.

Le choix de cette méthode a été déterminé par diverses raisons :

- Existence d'installations déjà en place dans les régions à étudier,
- Existence des résultats de plusieurs campagnes d'observations,
- Expérience des agents de l'O.R.S.T.O.M. à BRAZZAVILLE dans ce genre d'études, les premiers aménagements de bassins expérimentaux dans le pays datant de 1954,
- Nécessité d'obtenir très rapidement des données dans un domaine mal connu ; les caractéristiques de l'écoulement en forêt d'une part, et, d'autre part, en savane congolaise, celle-ci n'étant pas forcément comparable aux savanes d'A.O.F. déjà étudiées.

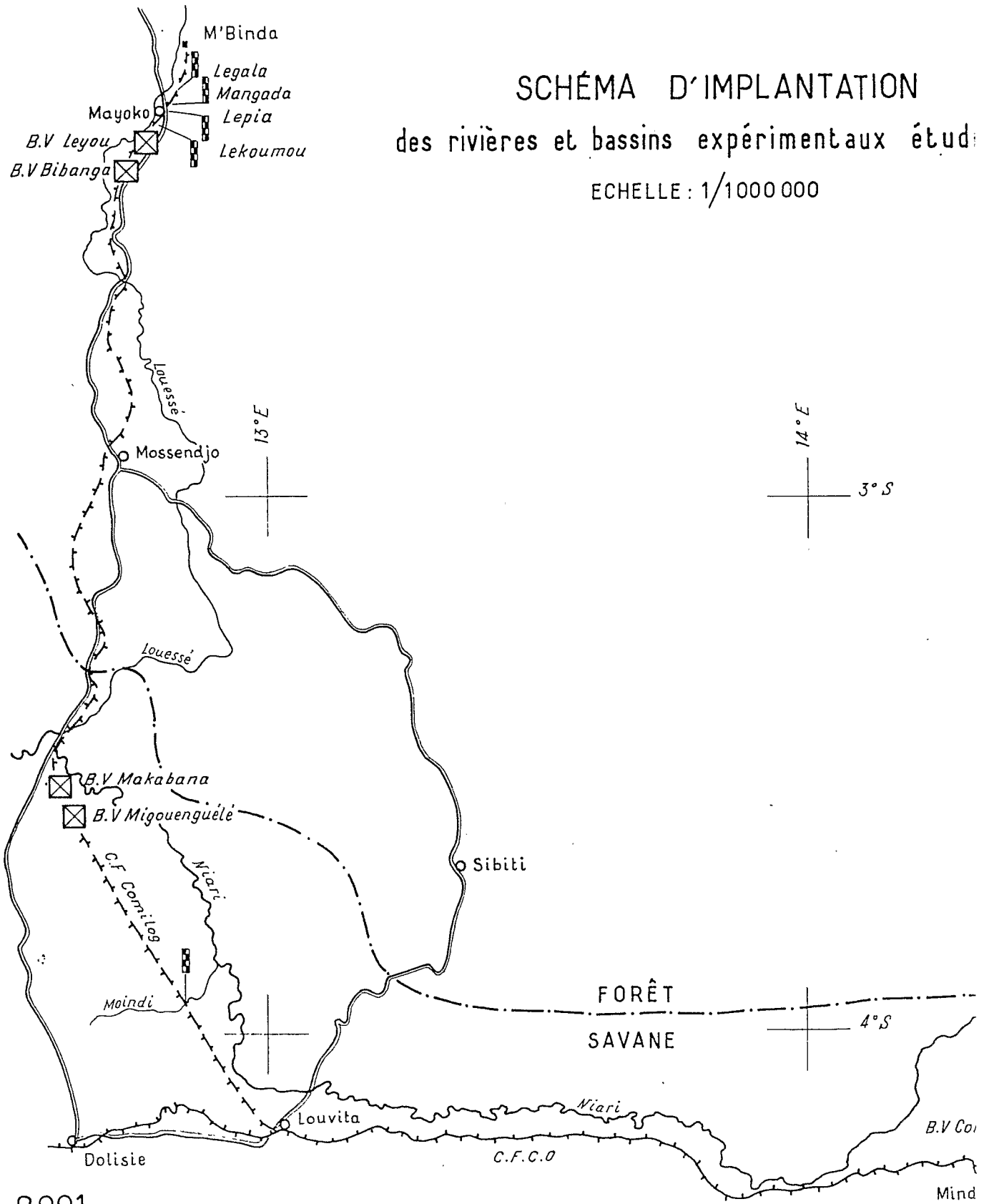
HISTORIQUE des ETUDES en FORET (région de MAYOKO) -

En 1958, l'OLTHANS, chargé d'une partie des études pour la construction de la ligne de chemin de fer C.F.C.O. - N'BINDA, avait demandé à l'O.R.S.T.O.M. d'observer les crues de la BIBANGA, de la LEGALA et d'un petit bassin au Sud du bac de BIYAMBA, en plus du bassin du LEYOU étudié depuis 1957 dans le cadre de la recherche fondamentale.

C'est ce qui a été fait au cours de la campagne 1957-1958 : les crues de la BIBANGA, de la LEGALA et de la LEKOUNOU ont été déterminées grâce à des échelles à maximums. Ces résultats ont été difficiles à exploiter vu la sécheresse exceptionnelle de l'année 1958 ; cependant, l'O.R.S.T.O.M. a publié un rapport intitulé "Etude sommaire des petits cours d'eau du bassin de la Haute-LOUESSE" (Décembre 1958).

SCHÉMA D'IMPLANTATION des rivières et bassins expérimentaux étudiés

ECHELLE: 1/1000 000



NGO 8991

La COMILOG ayant insisté pour que ces études soient poursuivies et une Convention avec l'O.R.S.T.O.M. ayant été conclue à cet effet, le bassin du LEYOU a été remis en service au début de 1959, et celui de la BIRANGA équipé en un temps record. De plus, des échelles ont été placées sur la MANGADA et la LEPIA, et, comme en 1958, sur la LEGALA et la LLEKOUNGU.

HISTORIQUE des ETUDES en SAVANE -

La première en date de ces études a débuté en 1957 sur le ranch de la COMBA : le bassin de La COMBA est situé près de la ferme de MPASSA, à 14 km (9 miles) à l'ouest de MINDOULI. Il y a eu deux campagnes en 1957 et 1958.

La seconde a débuté, à la demande du B.C.F.O.M., en Février 1958, à MAKABANA, au confluent du NIARI et de la LOUESSE. Il y a eu également deux campagnes, en 1958 et 1959. De plus, en Février 1959, on aménageait à proximité de MAKABANA le bassin de la NIGUENGUELE.

ORGANISATION des ETUDES sur le TERRAIN -

L'aménagement d'un bassin expérimental et son exploitation pour une campagne d'observations nécessitent la présence sur le terrain, en permanence, d'un agent hydrologue chevronné.

Il faut en premier lieu choisir, en s'inspirant des cartes ou photos aériennes qui peuvent exister, et surtout en observant le terrain, un bassin dont les caractéristiques soient représentatives d'une région assez étendue. Ce choix est si important que le Chef du Service Hydrologique lui-même a profité d'une mission en Afrique pour faire des reconnaissances préliminaires pour la campagne 1959.

Une fois les bassins choisis, leur aménagement pose de nombreux problèmes pratiques :

1°)- Installation d'une station de jaugeages, permettant de déterminer les pointes des crues les plus rapides.

a) quand il s'agit d'un cours d'eau dont les crues présumées ne doivent pas excéder quelques m³/s (100 cu^{ft}/sec), on peut construire un jaugeur en forme de venturi : le débit est alors donné par une formule $Q = A \times H^{3/2}$, H étant la charge au-dessus du seuil du canal, mesurée à l'amont du rétrécissement. Les matériaux utilisés pour la construction des venturis sont soit le bois (cas du LEYOU), soit une maçonnerie sommaire (cas du grand bassin de MAKABANA).

Il faut apporter un soin particulier à la construction de ce jaugeur si on veut pouvoir déterminer sa formule par le calcul. En pratique, comme il a été fait en 1958 pour le LEYOU et en 1959 pour MAKABANA, il est bon de faire quelques mesures de débit au moulinet pour vérifier la validité de ces formules, surtout dans le cas où l'on constate de petites déformations des parois du canal par la poussée des terres, ou encore des dépôts de pierres sur le radier. L'idéal serait d'entretenir le canal et de veiller à sa stabilité pendant toute la durée de la campagne, mais on n'a pas le temps matériel de le faire entre les crues qui se succèdent souvent à la cadence d'une par jour. Il faut remarquer d'ailleurs que l'hydrologue surveille en moyenne deux ou trois bassins expérimentaux à la fois et qu'il doit, en priorité, veiller au bon fonctionnement des appareils enregistreurs.

Dans le cas du grand venturi de MAKABANA, on a dû attendre la fin de la campagne 1959 pour faire quelques jaugeages de vérification de la formule dans la zone des faibles débits car les fortes crues du début de la campagne avaient roulé des éboulis au milieu du radier jusqu'à l'amont du rétrécissement du canal. Les corrections que l'on a trouvées pour le calcul des débits étant négligeables, on peut dire qu'à plus forte raison, l'application de la formule du venturi était justifiée sans réserves dans la zone des forts débits où les irrégularités du radier perdent de leur importance relative. Cette déduction est intéressante car la rapidité des crues rend impossible toute opération de jaugeage au moulinet à la pointe de ces crues : après un temps de montée de 15 à 60 minutes, le débit de pointe ne se maintient constant à 5 % près que pendant environ 3 à 4 minutes, et on ne pourrait en faire une mesure correcte qu'au moyen d'une batterie de moulinets, équipement trop onéreux pour ce genre d'études.

b) La nécessité de connaître par le calcul la relation hauteurs-débits ou au moins de pouvoir l'extrapoler aux fortes valeurs des pointes de crues, disparaît lorsque ces pointes sont assez étalées pour permettre l'exécution de jaugeages classiques au moulinet. Il est alors inutile de construire un canal venturi, opération toujours coûteuse et délicate, et on peut se contenter de régulariser les berges et le fond du cours d'eau, que l'on transforme en canal prismatique sur une longueur environ dix fois égale à sa longueur.

C'est ce qui a été fait pour la station de la BIBANGA avec des matériaux économiques, en l'espèce des bambous et des lianes. Le cours d'eau ainsi canalisé présente une courbe de

tarage d'allure parabolique avec une faible dispersion des résultats et la répartition régulière des vitesses dans la section rend l'exécution des jaugeages très aisée.

c) Pour les cours d'eau dont les crues peuvent atteindre plusieurs dizaines de m^3/s (10^3 *cu sec*), il ne peut être envisagé de construire un venturi. Un déversoir, bien que de conception plus simple, serait encore beaucoup trop onéreux.

Dans le cas de la COMBA, où une crue de $50 m^3/s$ (1770 *cu sec*) a été observée, la station comportait une installation téléférique permettant de faire les mesures de vitesses à partir de la rive gauche, en n'importe quel point de la section. Avant la mise au point définitive de ce matériel, on avait utilisé une passerelle qui fut emportée au cours d'une crue, manquant de peu de provoquer un grave accident pour l'hydrologue et pour ses instruments.

2°) Mise en place du limnigraphe à la station de jaugeages et d'un ensemble de pluviomètres ordinaires et enregistreurs répartis régulièrement sur toute la surface du bassin

L'installation du limnigraphe ne pose pas en général de graves problèmes, mais le choix de l'emplacement des pluviomètres est limité par les possibilités d'accès, notamment en zone forestière : sur les bassins du LEYOU et de la BIBANGA, il a fallu faire tracer des kilomètres de pistes pour pouvoir atteindre certains points isolés où des observations étaient nécessaires.

Une fois les appareils en place et les observateurs recrutés, ces derniers doivent être surveillés de près car ils ne sont généralement pas préparés à ce genre de travail délicat, et il est bien moins difficile de déceler une erreur sitôt qu'elle est commise que plusieurs semaines après, lors des dernières opérations de dépouillement qui n'ont pu être faites sur place.

D'autre part, la moindre panne d'un appareil enregistreur doit être réparée immédiatement si on veut éviter de manquer justement les plus intéressantes des averses et des crues de la saison.

Une difficulté supplémentaire a surgi au cours de la campagne 1959 à MAKABANA, où plusieurs pluviomètres type Association ont été volés, pour servir sans doute d'ustensiles de cuisine. Il a fallu se résoudre à utiliser des supports spéciaux à cadenas.

PRESENTATION des RESULTATS BRUTS -

La masse d'observations recueillies au cours de plusieurs mois de campagne ne peut être exploitée sans être soumise à un dépouillement sévère, qui élimine les données anormales, établit un ordre de préférence parmi celles qui seront examinées avec le plus d'attention.

Enfin, on ne peut entreprendre la rédaction d'un rapport avant que l'ensemble des données ne soit consigné sous une forme définitive et facile à reproduire. On a choisi un modèle-type de présentation sous forme de calques où sont reproduits, pour chaque averse, la carte du bassin avec les isohyètes, les hyétogrammes enregistrés en deux ou trois points du bassin, le hyétogramme moyen déduit des précédents par une méthode qu'il serait superflu d'exposer ici et, enfin, l'hydrogramme de la crue correspondante.

EXPLOITATION des RESULTATS -

Les résultats obtenus au cours des diverses campagnes citées plus haut ont servi à rédiger le rapport définitif de l'O.R.S.T.O.M. intitulé : "Etude des crues décennales des petits cours d'eau traversés par la ligne de chemin de fer C.F.C.O. - M'BINDA " (Janvier 1960).

Ce rapport a été remis à la COMILOG en un temps record, si l'on considère que ses conclusions ne s'appuient que sur trois ans d'observations de crues et que ces études avaient commencé seulement dans un but de recherche fondamentale.

A - ALLURE des CRUES :

L'étude des crues les plus importantes enregistrées a permis de déterminer leur allure générale, concrétisée par l'hydrogramme unitaire qui, rapporté à un volume de ruissellement de 10 000 m³ (8 acre-feet), donne les débits moyens par tranches successives de 15 à 30 minutes, par exemple, entre le début et la fin de la crue.

B - COEFFICIENTS de RUISSELLEMENT :

La dispersion rencontrée dans les valeurs de ce coefficient est due, comme on pouvait s'y attendre, aux différences de saturation du sol, dont on a une idée par la connaissance du débit de base et de l'intervalle de temps écoulé depuis la pluie précédente. Mais les résultats obtenus en forêt ont mis en évidence deux faits nouveaux :

1°) Le coefficient de ruissellement varie beaucoup moins qu'en savane en fonction de la répartition de la pluie dans le temps et dans l'espace.

2°) Par contre, il augmente avec la hauteur totale de précipitation moyenne, la corrélation étant la plus nette pour les fortes averses.

C - BILANS d'ÉCOULEMENT :

Bien qu'il soit impossible de donner une valeur précise du coefficient d'écoulement pour une période d'observation inférieure à une année (le bilan devant comporter l'état des réserves souterraines), on a calculé le rapport de la lame d'eau équivalant au débit moyen du cours d'eau, à la pluviométrie moyenne du bassin pendant la même période.

On trouve 54,5 % entre le 16 Mars et le 26 Mai 1959 pour le LEYOU, dont la pente moyenne du bassin est de 3 %. Pour la BIBANGA, dont la pente n'est que de 0,3 %, le rapport est de 24 %.

En ce qui concerne les bassins de savane, on a trouvé pour MAKABANA des résultats comparables à ceux du bassin de la LHOTO au DAHOMEY : très faible coefficient d'écoulement pour les années de pluviométrie inférieure à 1200 mm (47 inches). En 1957-1958 à MAKABANA, on trouve 0,05 % pour 900 mm (35 in. -), et, en 1958, à LHOTO, 0,1 % pour 900 mm (35 in. -). Par contre, le coefficient estimé pour une année de pluviométrie moyenne (soit 1400 mm) sur le bassin de la COMBA, est de 20 à 25 %.

D - DETERMINATION des CRUES ANNUELLES et DECENNALES :

C'est là le résultat essentiel de l'ensemble de ces études qui permettent de calculer les débouchés de ponts dans toute la zone traversée par le chemin de fer C.F.C.O. - M'BINDA, tant en forêt qu'en savane, en fonction des caractéristiques des cours d'eau rencontrés et du degré de sécurité recherché.

On a déterminé les valeurs des précipitations exceptionnelles par l'examen de 400 années de relevés choisies selon la méthode dite des "stations-années" dans les archives météorologiques du CONGO. Puis on a appliqué à ces précipitations les conditions de ruissellement théoriques déduites des études de bassins expérimentaux et cela a fourni des hydrogrammes de crue théoriques, et, en particulier, leurs débits de pointe.

Exemple de calcul pour le bassin du LEYOU :

	Crue annuelle	Crue décennale
Maximum ponctuel de précipitation	85 mm (3.3 in.)	130 mm (5.1 in.)
Coefficient de réduction	80 %	90 %
Pluie moyenne sur le bassin	68 mm (2.7 in.)	117 mm (4.6 in.)
Intervalle de la pluie précédente	2 à 3 j)	3 j)
Coefficient de ruissellement	9 %	11 %
Volume de ruissellement	36 700 m ³ (1.04 10 ⁶ cu.ft)	77 000 m ³ (2.18 10 ⁶ cu.ft)
Débit maximum ruisselé	3 200 l/s (113 cuft/sec)	6 150 l/s (218 cusec)
Débit maximum (y compris le débit d'origine hypodermique)	3 450 l/s (122 cusec)	6 500 l/s (230 cusec)
Débit spécifique maximum	550 à 600 l/s.km ² (7.5 to 8.2 cusec/sq.mile)	1000 à 1100 l/s.km ² (13.6 to 15 cusec/mi ²)

Récapitulation des résultats pour les crues décennales :

1° - En forêt :

	Pente moyenne très forte (30 à 60 m/km) (158 to 317 ft/mile)	Pente moyenne (10 à 20 m/km) (52.7 to 105 ft/mi)	Pente très faible (3 à 5 m/km) (15.8 to 26.4 ft/mi)
Bassins de 3 à 10 km ² (1.2 to 4 sq.mile)	1000 à 1100 l/s.km ² (13.6 to 15 cusec/sq.mile) (LEYOU)	600 à 800 l/s.km ² (8.2 to 10.5) (MANGADA)	250 à 300 l/s.km ² (3.4 to 4.1) (LEKOUKOU)
Bassins de 15 à 30 km ² (6 to 12 sq.mile)	600 à 700 l/s.km ² (8.2 to 9.5)	400 à 500 l/s.km ² (5.4 to 6.8)	200 l/s.km ² (2.7 cusec/sq.mile) (BIBANGA)
Bassins de 50 à 100 km ² (19 to 39 sq.mile)	400 à 500 l/s.km ² (5.4 to 6.8)	250 à 300 l/s.km ² (3.4 to 4.1)	120 à 200 l/s.km ² (1.6 to 2.7)

2° - En savane :

Pente moyenne très forte (30 à 60 m/km) (158 to 317 ft/mile)	Pente de 30 à 60 m/km (158 to 317 ft/m), sol imperméable et végétation dégradée	Pente faible (moins de 10 m/km) (52,7 ft/mile)
--	---	--

Bassins de moins de 1 km ² (.4 sq mile)	10 000 à 20 000 l/s.km ² (136 to 273) cu sec/sq. mile - (petit bassin de MAKABANA)
--	---

Bassins de 2 à 10 km ² (.8 to 3.8 sq mi)	6 000 à 8 000 l/s.km ² (82 to 109) (grand bassin de MAKABANA)
---	--

Bassins de 15 à 30 km ² (5.8 to 11.6 sq mi)	3 000 à 4 000 l/s.km ² (41 to 54)	4 500 à 5 500 l/s.km ² (61 to 75) (COMBA)	500 à 1000 l/s.km ² (6.8 to 13.6) (NIGUENGOULE)
--	--	--	--

Ces chiffres doivent être appliqués avec prudence, notamment pour des bassins qui présentent des particularités, comme des pentes locales très fortes ou la présence d'affluents tout près de l'extrémité aval du bassin.

CONCLUSION -

Outre l'intérêt évident que ces études présentent au point de vue économique pour les utilisateurs, il faut remarquer leur importance sur le plan de la recherche fondamentale en Hydrologie.

Elles peuvent, à ce titre, avoir un jour ou l'autre de nouvelles applications.

Cette fois, l'O.R.S.T.O.M. n'ayant qu'à interpréter les données générales connues, pourra comme il se doit aider à la solution des problèmes particuliers sans avoir à demander en échange une aide financière importante.