

RÉSULTATS OBTENUS SUR LES BACS ÉVAPORATOIRES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST D'EXPRESSION FRANÇAISE

par

Marcel ROCHE

Ingénieur hydrologue à Electricité de France

et

Pierre DUBREUIL

Hydrologue, Maître de Recherches à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Dans les pays tropicaux et équatoriaux, l'évaporation prend à l'intérieur du bilan hydrologique une place très importante. Des divers aspects que peuvent revêtir les pertes d'eau par restitution sous forme de vapeur à l'atmosphère, nous ne retiendrons ici que le plus simple, l'évaporation proprement dite d'une nappe d'eau libre.

La mesure d'une telle évaporation peut se concevoir de deux manières différentes. Tout d'abord, la méthode directe, qui consiste à calculer les divers éléments du bilan hydrologique d'une retenue (ou d'un lac) pour connaître le terme « évaporation » par soustraction, est évidemment la méthode la plus séduisante ; mais elle se heurte aux difficultés de calcul de ces éléments : les apports superficiels et l'infiltration étant souvent indéterminables. L'idéal est un réservoir imperméable dans une région à évaporation assez forte, pour que cet élément soit important en regard des erreurs sur le calcul des autres facteurs du bilan. — Le Lac TCHAD remplit sensiblement ces conditions et A. BOUCHARDEAU a pu en calculer l'évaporation directe avec une bonne précision.

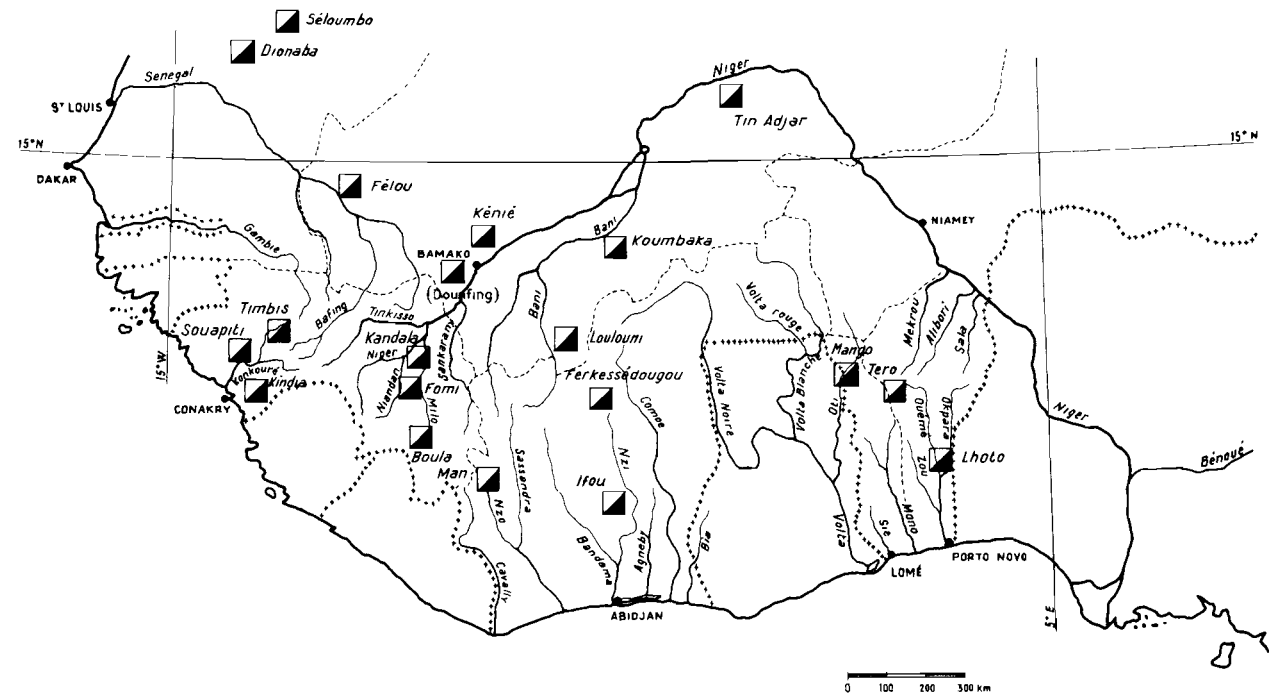
La seconde méthode consiste à mesurer l'évaporation sur des réservoirs de faible capacité, appelés « cuves » ou « bacs évaporatoires » spécialement construits pour cet usage. Les résultats de ces bacs ne donnent pas l'évaporation réelle d'une grande nappe d'eau libre ; il y a un coefficient de correction à déterminer, ce qui ne peut guère se faire qu'en réalisant des études comparatives entre les évaporations sur retenues et sur bacs implantés dans les mêmes sites.

Cette méthode du bac évaporatoire a été généralement employée dans l'AFRIQUE d'expression française. Les premiers appareils ont été implantés, dès 1949, par des chefs de mission d'aménagements hydroélectriques le long des grands fleuves. Ce n'est qu'en 1957 qu'Electricité de France et le Service hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. ont décidé de normaliser les installations de mesures d'évaporation. On compte aujourd'hui 37 stations d'évaporation réparties dans les zones tropicales et équatoriales de l'AFRIQUE d'expression française (voir cartes n^{os} 1 et 2) ; certaines sont exploitées de façon continue ; d'autres l'ont été provisoirement et sont aujourd'hui abandonnées, elles ont fonctionné quelques mois ou quelques années sur un chantier d'aménagement ou un bassin versant expérimental.

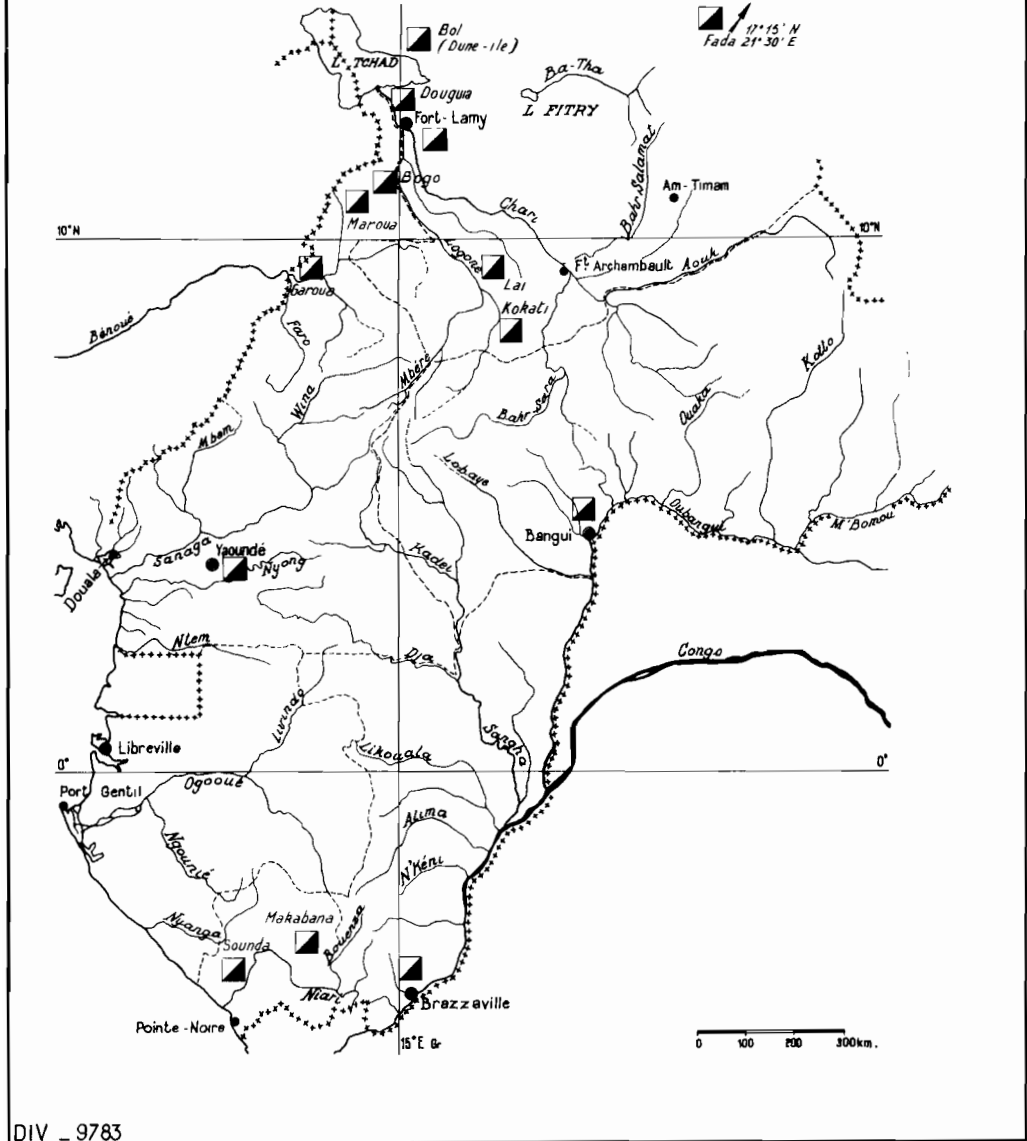
Ces stations sont équipées d'un bac évaporatoire en tôle, de section carrée horizontale (1 m²) et de 0,60 m de profondeur. Ce bac, peint d'une couleur neutre et mate, est généralement enterré. Nous n'avons, en effet, pas de sols corrosifs dans ces pays, ce qui enlève toute crainte quant aux fuites des bacs détériorés par la corrosion, d'ailleurs dans les stations suivies de façon continue le bac est changé tous les trois ou quatre ans.

Nous avons, en outre, préféré ce bac d'un mètre carré aux autres formes généralement utilisées pour sa facilité de construction, de transport et d'installation, facilité non négligeable quand la plupart des stations sont implantées en brousse au gré des études de retenues ou de bassin versant. Lorsqu'une rivière se trouve à proximité de la station on installe un second bac, flottant celui-là ; son exploitation est très délicate, ce qui est dommage car le passage à l'évaporation sur une grande retenue est, évidemment, plus facile avec un tel bac.

SITUATION DES STATIONS D'ÉVAPORATION EN AFRIQUE DE L'OUEST



SITUATION DES STATIONS D'ÉVAPORATION EN AFRIQUE CENTRALE



Les observations sont effectuées en mesurant le volume nécessaire pour ramener le niveau de l'eau dans la cuve à affleurer une pointe fixée à 10 cm du bord supérieur ; ce procédé permet le maintien d'une même quantité d'eau dans le bac et limite les erreurs de mesure par compensation d'un jour sur l'autre. La mesure de la pluie qui atteint le bac est réalisée à l'aide d'un pluviomètre au sol, installé de telle sorte que sa bague de réception soit au niveau des bords du bac, ou à l'aide d'un second bac recouvert d'huile qui, n'étant pas sujet à l'évaporation, joue le rôle de pluviomètre.

Tous les résultats des mesures d'évaporation à ces différentes stations ont été groupés en tableaux. On y trouvera l'évaporation moyenne journalière, en millimètres, calculée sur la période d'observations du bac, ainsi que les totaux annuels moyens, obtenus sur cette période. Les stations sont classées par aridité décroissante, notion dans laquelle les valeurs moyennes de l'humidité relative et de la température au cours de l'année interviennent autant que la hauteur des précipitations.

En comparant les résultats obtenus à des stations situées dans des régions analogues, on constate certaines divergences qui sont toutes imputables à l'implantation des bacs, dont l'influence est considérable. L'exemple frappant est celui des bacs de BOL, en bordure du Lac TCHAD. Entre le premier qui est enterré dans une dune de sable à moins d'un kilomètre du rivage, mais pratiquement en dehors du microclimat du lac, et le second placé dans une île proche de ce rivage, il y a 700 mm d'écart, soit de 2 611 à 3 313 mm. Ces chiffres montrent, en outre, qu'en zone aride le microclimat créé par un réservoir ne s'étend pratiquement pas au-delà des limites de celui-ci.

L'influence du site se retrouve avec les deux bacs de SOUAPITI, en zone tropicale de transition, sur lesquels l'évaporation passe de 1 275 mm dans la vallée du fleuve à 1 564 mm à la cote 200 ; la différence est encore plus accusée avec le bac de KINDIA qui, sur une colline balayée par des vents violents, est l'objet d'une évaporation de 2 037 mm.

Les appareils implantés dans les vallées, soumis au microclimat d'une rivière ou d'un lac, sont évidemment beaucoup plus intéressants pour permettre le passage à l'évaporation sur une grande retenue que les bacs placés sur des collines ou des plateaux loin de toute nappe d'eau.

A l'inverse, il convient d'examiner avec beaucoup de prudence les résultats des régions boisées aux bacs trop abrités ; c'est le cas de ceux du DOUNFING et de l'IFOU bien protégés par les arbres des galeries forestières bordant les rivières étudiées. Ces bacs donnent des résultats certainement inférieurs à ceux auxquels conduirait une grande retenue, dont l'aire bien dégagée serait mieux ventilée et directement atteinte par le rayonnement solaire.

L'abaissement de température que l'on enregistre avec l'altitude diminue notablement l'évaporation. Ainsi aux TIMBIS, sur les hauts plateaux du FOUTA DJALON, le total annuel est de 1 500 mm alors qu'il se situe entre 1 800 et 2 000 mm à la TERO et à FERKESSÉDOUGOU, stations de plaine soumises à des climats analogues.

La lecture de tous ces résultats groupés en tableaux, permet d'esquisser, compte tenu des écarts dus aux microclimats, l'allure des variations de l'évaporation moyenne annuelle avec la latitude.

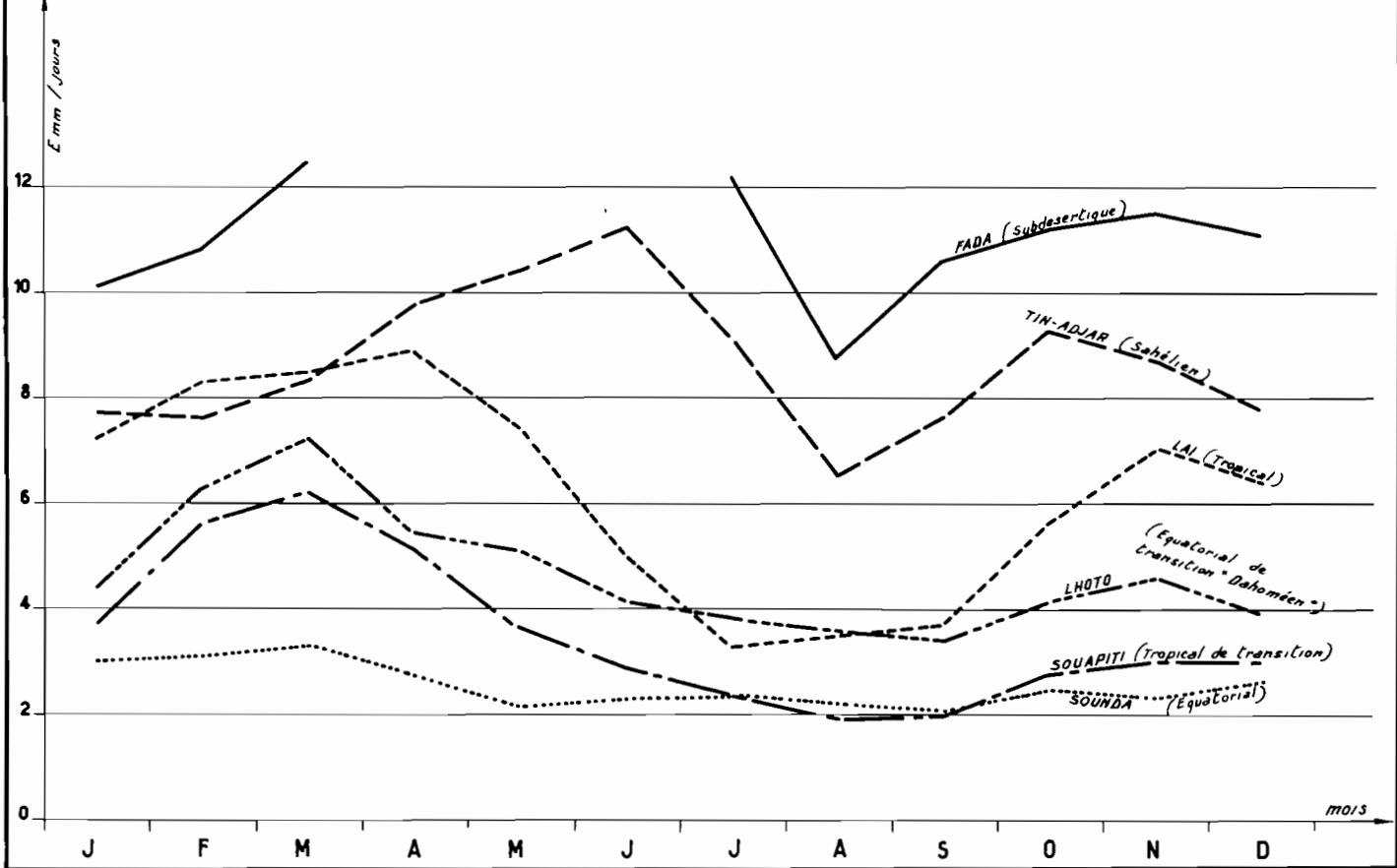
Les valeurs extrêmes trouvées pour le climat subdésertique sont voisines de 4 m ; on observe encore 3 m et 3,50 m dans les zones sahéliennes. La décroissance est très rapide quand on passe aux régions tropicales, où l'évaporation n'est plus que de 2,20 m à 2,50 m ; on descend lentement vers des valeurs de 1,60 m à 1,80 m observées sous climat tropical de transition. Enfin, les climats équatoriaux jouissent de la plus faible évaporation qui se place entre 1,20 m et 1,00 m ; des résultats inférieurs au mètre peuvent être notés dans des cas particuliers d'abri (IFOU) ou d'humidité (SOUNDA).

Les variations de l'évaporation journalière au cours de l'année sont rendues plus suggestives par un graphique donnant les moyennes mensuelles à six stations représentant des climats variés.

Les courbes relatives aux climats subdésertique, sahélien et tropical, avec des intensités différentes admettent des variations parallèles. Le centre de la saison pluvieuse conditionne le minimum d'août (6 à 9 mm), qui est suivi d'un maximum secondaire en octobre et novembre par suite de la diminution de l'humidité et d'une légère hausse de température. La fraîcheur des mois de décembre à février entraîne une baisse de l'évaporation plus nette vers le nord puisque TIN ADJAR n'évapore alors pas plus que LAÏ. Les températures montent ensuite régulièrement et les maximums d'évaporation sont atteints avec le retour de l'humidité, avant-signes précurseurs des pluies ; ce phénomène survient en avril en climat tropical (9 mm/j) et seulement en mai et juin en zones sahélienne et subdésertique (11,3 mm/j à TIN ADJAR et plus de 12,5 mm à FADA).

DIV_9785

VARIATIONS DE L'ÉVAPORATION JOURNALIÈRE MOYENNE MENSUELLE SUR BAC
AU COURS DE L'ANNÉE POUR DIVERS CLIMATS D'AFRIQUE DE L'OUEST



Pour des climats humides, les courbes sont beaucoup plus aplaties : l'évaporation passe de 6 mm en mars à 2 mm en août à SOUAPITI ; à ce climat tropical de transition, on comparera avec intérêt les résultats de la LHOTO, où une sécheresse relative caractéristique du DAHOMEY entraîne une évaporation plus élevée sous un climat déjà équatorial.

Le climat équatorial sud avec SOUNDA, présente une courbe presque plate autour de 2,5 mm/j, les deux mois les plus faibles, mai et septembre, correspondant aux deux saisons des pluies.

Le réseau de nos stations d'évaporation n'est pas assez dense pour permettre d'évaluer directement l'évaporation en un point quelconque d'AFRIQUE de l'Ouest. C'est pourquoi nous avons fait procéder en chaque station à des mesures sur les facteurs climatologiques influençant l'évaporation. Nous n'avons tenu compte que de la température, de l'humidité et de la vitesse du vent, ces trois facteurs étant généralement observés depuis longtemps, dans un grand nombre de stations météorologiques, ce qui favorisera la mise en œuvre d'une formule de corrélation et son extension. Un essai a été tenté sur 15 des principales stations d'évaporation pour ajuster une loi du type de celle de DALTON ; nous avons obtenu :

$$E = 0,358 (1 \times 0,580 V) D$$

formule où :

E est l'évaporation journalière en millimètres

V la vitesse moyenne du vent en m/s

D le déficit de saturation en millibars.

Ce résultat de corrélation, bien que satisfaisant, ne s'appuie que sur de trop faibles données pour prétendre à la généralisation. Nous n'avons pas, en outre, étudié l'influence de la pression, ni celle du rayonnement pourtant considérable comme certaines expériences comparatives entre bacs sous couvert et bac à l'air libre nous l'ont montré.

La conclusion pratique de ce genre d'étude serait de pouvoir fournir les coefficients de passage aux grandes nappes d'eau. Les travaux de A. BOUCHARDEAU sur le bilan du Lac TCHAD permettent de dire que ce coefficient prend des valeurs variables suivant l'implantation du bac : 0,85 à 0,90 si celui-ci est en microclimat (BOL ILE) et 0,66 s'il reste hors de l'influence de la retenue en microclimat sec (BOL DUNE). Ces coefficients sont évidemment valables pour des bacs enterrés, en climat subdésertique.

Quelques autres études nous ont permis de penser que ces coefficients tendaient vers 1 au fur et à mesure que le climat devient plus humide (l'unité correspond aux régions équatoriales humides telles que les parties boisées du GABON), à partir de 0,66, limite inférieure, semble-t-il, pour les bacs enterrés en microclimat sec. Cette limite correspond en AFRIQUE de l'Ouest aux régions suivantes : sud de la MAURITANIE, boucle du NIGER, Lac TCHAD. Quant aux bacs implantés dans le microclimat humide de la vallée, la variation de 0,85 à 1 est évidemment plus faible ; l'évaporation ainsi calculée sera moins sujette à erreur, c'est pourquoi l'utilisation de ces implantations est recommandée dans la mesure du possible.

EVAPORATION

Moyenne mensuelle journalière en mm

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Hauteur totale annuelle mm	Années
FADA	10,1	10,8	12,5	10,6			12,2	8,8	10,6	11,2	11,5	11,1	4 106	1957 à 1959
SELOUMBO (MOUDJERIA) .							15,9	9,9	10,2	13,6				1957 à 1959
DIONABA						13,3	12,3	7,5	7,6	9,3				1958-1959
TIN ADJAR	7,7	7,6	8,3	9,8	10,4	11,3	9,2	6,5	7,6	9,3	(8,7)	7,8	3 170	1956 à 1958
BOL (Dune).....	9,1	10,0	12,3	11,8	10,1	8,7	7,0	6,0	6,5	9,6	9,5	8,4	3 313	1956 à 1959
BOL (Ile)	6,3	7,4	8,9	9,0	7,5	8,4	7,6	4,8	5,3	7,2	7,3	6,2	2 611	1957 à 1959
Lac TCHAD	4,3	3,6	5,9	4,7	6,2	7,0	4,7	5,5	5,2	10,5	8,8	4,6	2 285	1953 à 1956
FORT-LAMY	5,8	7,8	7,8	7,9	7,1	5,5	3,5	3,2	4,9	8,3	5,9	6,9	2 265	1956
KOKATI	4,5										5,0	5,3		1959-1960
KOUMBAKA						9,1	5,8	4,1	4,2					1957
FELOU					8,4	6,3	4,5							1952
DOUGUIA	6,6	8,3	10,2	10,5	9,4	8,4	5,3	3,1	4,0	5,8	7,3	7,2	2 614 (1)	1954 à 1958
BOGO	8,0	8,8	10,1	10,5	10,7	6,3	4,1	2,8	4,7	5,9	7,5	7,6	2 650	1954 à 1956
MAROUA	6,8	7,4	9,4	10,1	9,1	6,1	4,4	2,8	3,4	6,2	5,7	7,4	2 420	1954 à 1956
GAROUA	8,5	10,6	9,5	11,5	10,1	7,3	6,8	4,6	4,4	6,2	9,2	8,9	2 970 (1)	1955 à 1956
LOULOUNI						6,0	5,4	3,8	4,0	5,6	5,2			1959
KENIE	7,4	8,9	9,7	10,7	9,7	7,7	4,7	3,5	4,2	5,0	6,4	6,4	2 550	1954-1955
LAÏ	7,2	8,3	8,5	8,9	7,4	5,0	3,3	3,5	3,7	5,6	7,0	6,4	2 270	1954 à 1957
DOUNFING	6,7	8,2	9,7	8,3	(7,5)	(7,0)	(4,5)	(3,5)	4,2	(5,0)	6,6	6,3	2 360 (2)	1955 à 1957
FERKESSEDOU- GOU	5,8	7,3	7,7	7,8	5,9	5,7	5,0	3,7	3,5	4,5	4,7	5,0	2 018	1957 à 1959

(1) Site particulièrement exposé au vent.
 (2) Le site du DOUNFING est nettement plus abrité que celui du KÉNIÉ.

EVAPORATION

(suite)

Moyenne mensuelle journalière en mm

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Hauteur totale annuelle mm	Années
TERO	6,2	7,6	7,9	7,0	5,1	4,4	3,8	2,7	3,0	4,1	4,8	5,2	1 874	1957-1958
LHOTO	4,4	6,3	7,2	5,4	5,1	4,1	3,8	3,6	3,4	4,1	4,6	3,9	1 697	1956 à 1959
MANGO	8,4			(9,0)	8,5	5,8	3,8	3,4	3,4	3,9	7,3	7,5		1959-1960
KANDALA	6,1	7,0	7,3	6,7	5,1	3,5		3,6		5,0		6,1		1957-1958
FOMI					5,6	4,8	3,2							1952
KINDIA	6,2	9,1	9,3	6,9	6,2	4,6	3,8	3,2	4,0	4,6	3,9	5,4	2 037	1953 à 1955
SOUAPITI (Fond de Vallée)	3,7	5,6	6,2	5,1	3,6	2,9	2,3	1,9	2,0	2,8	3,0	3,0	1 275	1954 à 1958
SOUAPITI (Bac à la cote 200)	4,7	6,9	7,4	6,0	5,1	3,4	2,7	2,3	2,5	3,2	3,7	3,7	1 564	1954 à 1958
TIMBIS	4,5	5,7	6,3	5,3	3,9	3,2	2,9	1,9	2,9	3,5	3,8	4,2	1 590	1957-1958
BOULA (Ht MILO)	3,9	5,0	5,3	4,5	4,7	4,0	3,0		3,4	2,8	3,0	3,7		1957-1958
BANGUI							2,3	2,9	4,0	3,5	3,5	3,8		1954
MAN	3,4	3,5	4,0	3,6	3,5	2,9	2,2	1,6	1,9	2,7	2,8	3,3	1 076	1957 à 1959
YAOUNDÉ	2,7	2,9	2,7	2,8	3,0	2,1	2,1	1,9	1,6	2,3	2,5	2,7	891	1954 à 1959
IFOU	2,9	2,2	1,6	1,7	1,5	1,4	1,4	1,5	1,3	1,7	2,5	2,9	690 (3)	1956
KOUILOU à SOUNDA	3,0	3,1	3,3	2,7	2,1	2,3	2,4	2,2	2,1	2,5	2,3	2,6	936	1956 à 1959
MAKABANA	3,4	2,5	3,8	4,0	3,6	3,2	3,2	3,4	3,7	4,3	3,4	3,2	1 271	1958-1959
BRAZZAVILLE ..	3,0	3,4	3,7	3,6	3,1	2,8	2,7	3,4	4,1	3,4	3,2	2,7	1 191 (1)	1956 à 1959

(1) Site particulièrement exposé au vent.

(3) Cuve sous très léger couvert forestier.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

ANNUAIRE HYDROLOGIQUE
DES ÉTATS D'OUTRE-MER DE LA COMMUNAUTÉ
DES TERRITOIRES ET DÉPARTEMENTS FRANÇAIS
D'OUTRE-MER
DU CAMEROUN ET DU TOGO

ANNÉE

1958

publié avec le concours de
L'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE

et de la
SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
24, Rue Bayard
PARIS-VIII^e
1961