

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES



L'institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération

ORSTOM

EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE EN AFRIQUE SAHELIENNE ET TROPICALE

J.P. BRUNEL - B. BOURON

Etude financée par le fonds d'Aide et
Coopération de la République Française

OCTOBRE 1992

PREFACE

Dans la zone climatique de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, caractérisée par la concentration de la pluviosité annuelle sur quelques mois seulement, l'alimentation en eau des hommes, des animaux et des cultures étalée sur toute l'année nécessite des stockages de l'eau de pluie dans des retenues de barrages.

L'évaporation est un facteur climatique préoccupant car il prélève sur les réserves souvent déjà maigres, un volume non négligeable. L'ingénieur doit prendre en compte ce facteur aussi bien lorsqu'il conçoit les aménagements hydrauliques que lorsqu'il les exploite, pour connaître la part de la ressource en eau réellement utilisable.

Les hydrologues se sont depuis longtemps intéressés à la connaissance du phénomène d'évaporation et ont implanté çà et là des sites expérimentaux ou ont suivi de près les fluctuations du niveau des grandes nappes d'eau libre naturelles pour en estimer la part due à l'évaporation. Les climatologues ont, pour leur part, installé des réseaux de stations de mesure sur bacs évaporatoires afin de mettre à la disposition des divers utilisateurs des données qui, à défaut de représenter la réalité exacte des phénomènes en grandeur nature, fournissent des valeurs indicatives.

Cette synthèse, élaborée par des spécialistes de l'ORSTOM, a pour prétention de rappeler succinctement les bases physiques du phénomène de l'évaporation et surtout de rassembler les données disponibles. Le projeteur y trouvera donc, pour le site d'aménagement qu'il étudie, les valeurs de références, essentiellement sur une base de temps mensuelle, lui permettant de connaître avec plus ou moins de précision les hauteurs d'eau perdues par évaporation.

Par cette initiative, le CIEH, fidèle à sa mission de promouvoir des études d'intérêt régional, contribue certainement à faire progresser la maîtrise et la gestion des ressources en eau dans l'intérêt du développement durable de l'Afrique.

le Secrétaire Général du CIEH

Amadou DIAW./-

SOMMAIRE

PREFACE.....	3
SOMMAIRE.....	5
LISTE DES SYMBOLES UTILISES.....	9
INTRODUCTION.....	11
PREMIERE PARTIE - RAPPEL DE LA PHYSIQUE DU PHENOMENE D'EVAPORATION.....	15
1.1 Définition de quelques paramètres physiques de l'atmosphère et des lois qui les régissent.....	16
1.2 Aspect énergétique de l'évaporation.....	18
1.2.1 Facteurs énergétiques.....	18
1.2.2 Bilan d'énergie.....	21
1.3 Transfert de la vapeur d'eau.....	23
1.3.1 Approche de DALTON.....	24
1.3.2 Evaporation, phénomène de diffusion turbulente.....	25
DEUXIEME PARTIE - MESURE DIRECTE DE L'EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE.....	27
2.1 Différents types de bacs d'évaporation.....	28
2.1.1 Bac Classe A.....	28
2.1.2 Bac Colorado.....	28
2.1.3 Bac flottant.....	35
2.2 Mode opératoire, précision et présentation des mesures.....	35
2.2.1 Mesure de l'évaporation.....	35
2.2.2 Précision des mesures.....	37
2.2.3 Présentation des mesures.....	38
2.3 Comparaison bac Classe A - bac Colorado.....	41
2.4 Quelques conseils pour l'installation et la maintenance des stations de mesures de l'évaporation sur bacs d'eau libre.....	41

TROISIEME PARTIE - METHODES D'ESTIMATION INDIRECTE DE L'EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE.....	46
3.1 Méthode du bilan hydrologique.....	47
3.1.1 Présentation de la méthode.....	47
3.1.2 Exemples d'application.....	49
3.2 Ajustement de relation de type "Dalton".....	51
3.2.1 Loi de Dalton sur bac.....	51
3.2.2 Loi de Dalton sur lac.....	54
3.2.3 Formules dérivées de la loi de Dalton.....	55
3.3 Méthodes utilisant le bilan d'énergie.....	56
3.3.1 Rapport de BOWEN.....	57
3.3.2 Formule de PENMAN.....	57
3.3.3 Formule de PRIESTLEY et TAYLOR.....	59
3.4 Formules empiriques.....	60
3.4.1 Transposition entre l'évaporation des bacs et l'évaporation des nappes d'eau libre par l'utilisation d'un coefficient.....	60
3.4.2 Régressions linéaires simples entre l'évaporation des bacs et l'évaporation des nappes d'eau libre.....	62
3.4.3 Quelques améliorations.....	63
3.4.4 Relations entre l'évaporation et d'autres éléments du climat.....	64
QUATRIEME PARTIE - RECAPITULATION DES MESURES EXISTANTES.....	66
4.1 Types de site d'étude et de mesure de l'évaporation.....	67
4.1.1 Mesures en sites expérimentaux.....	67
4.1.2 Mesures des réseaux climatologiques	68
4.2 Répartition et liste des sites.....	69
4.2.1 Sites expérimentaux.....	69
4.2.2 Stations climatologiques.....	73
4.3 Présentation des mesures par pays.....	77
CINQUIEME PARTIE - SYNTHESE DES RESULTATS PRATIQUES.....	78
5.1 Pour l'ensemble de la zone Afrique de l'Ouest et du Centre.....	79
5.1.1 A l'échelle annuelle.....	79
5.1.2 A l'échelle mensuelle.....	86
5.2 Etude de quelques pays.....	90
5.2.1 Côte d'Ivoire.....	90
5.2.2 Mali.....	94
5.2.3 Mauritanie.....	98
5.2.4 Togo.....	101

CONCLUSION.....	103
BIBLIOGRAPHIE.....	105
ANNEXES.....	123
ANNEXE I	124
ANNEXE I.1 : Le bilan hydrique du lac de Bam.....	125
ANNEXE I.2 : Le bilan hydrique du lac Tchad.....	130
ANNEXE II.1 : Le lac de Bam - Calcul de E Penman et E Priestley - Taylor.....	143
ANNEXE II.2 : La Mare d'Oursi - Calcul de E Penman et E Priestley - Taylor.....	144
ANNEXE III	145
ANNEXE III.1 : Mesures d'évaporation au Bénin sur sites expérimentaux.....	150
ANNEXE III.2 : Mesures d'évaporation au Burkina Faso sur sites expérimentaux.....	154
ANNEXE III.3 : Mesures d'évaporation au Cameroun sur sites expérimentaux.....	172
ANNEXE III.4 : Mesures d'évaporation en République Centrafricaine sur sites expérimentaux.....	185
ANNEXE III.5 : Mesures d'évaporation au Congo sur sites expérimentaux.....	189
ANNEXE III.6 : Mesures d'évaporation en Côte d'Ivoire sur sites expérimentaux	194
ANNEXE III.7 : Mesures d'évaporation au Gabon sur sites expérimentaux.....	209
ANNEXE III.8 : Mesures d'évaporation au Ghana sur sites expérimentaux.....	212
ANNEXE III.9 : Mesures d'évaporation en Guinée sur sites expérimentaux.....	214
ANNEXE III.10 : Mesures d'évaporation au Mali sur sites expérimentaux.....	218
ANNEXE III.11 : Mesures d'évaporation en Mauritanie sur sites expérimentaux.....	224
ANNEXE III.12 : Mesures d'évaporation au Niger sur sites expérimentaux.....	229
ANNEXE III.13 : Mesures d'évaporation au Sénégal sur sites expérimentaux.....	234
ANNEXE III.14 : Mesures d'évaporation au Tchad sur sites expérimentaux	240
ANNEXE III.15 : Mesures d'évaporation au Togo sur sites expérimentaux.....	253
ANNEXE IV	266
ANNEXE IV.1 : Mesures d'évaporation au Bénin sur stations climatologiques.....	270
ANNEXE IV.2 : Mesures d'évaporation au Burkina Faso sur stations climatologiques.....	276
ANNEXE IV.3 : Mesures d'évaporation au Cameroun sur stations climatologiques.....	287

ANNEXE IV.4 : Mesures d'évaporation en République Centrafricaine sur stations climatologiques.....	298
ANNEXE IV.5 : Mesures d'évaporation en Côte d'Ivoire sur stations climatologiques.....	300
ANNEXE IV.6 : Mesures d'évaporation au Gabon sur stations climatologiques.....	303
ANNEXE IV.7 : Mesures d'évaporation au Ghana sur stations climatologiques.....	305
ANNEXE IV.8 : Mesures d'évaporation au Mali sur stations climatologiques.....	309
ANNEXE IV.9 : Mesures d'évaporation en Mauritanie sur stations climatologiques.....	315
ANNEXE IV.10 : Mesures d'évaporation au Niger sur stations climatologiques.....	317
ANNEXE IV.11 : Mesures d'évaporation au Sénégal sur stations climatologiques.....	330
ANNEXE IV.12 : Mesures d'évaporation au Tchad sur stations climatologiques.....	332
ANNEXE IV.13 : Mesures d'évaporation au Togo sur stations climatologiques.....	341
TABLE DES FIGURES.....	344
LISTE DES TABLEAUX.....	346

LISTE DES SYMBOLES UTILISES

A	: apports énergétiques advectifs
a	: albédo pour le rayonnement solaire
α	: coefficient de Priestley et Taylor, $\alpha \approx 1,26$
Cw	: chaleur spécifique de l'eau à volume constant
γ	: constante psychrométrique, $\gamma \approx 0,65$
Δ	: pente de la courbe de pression de vapeur d'eau saturante en fonction de la température
δ	: $0,622 / (Pa - 0,378 \cdot ed)$
E	: évaporation
Ea	: pouvoir évaporant de l'air
EBAC	: évaporation mesurée sur bac
ECLA	: évaporation sur bac Classe A
ECOL	: évaporation sur bac Colorado
ELAC	: évaporation sur lac
E nappe	: évaporation d'une nappe d'eau libre
Epa	: taux d'évaporation du bac
Epe	: évaporation de Priestley et Taylor
EPEL	: évaporation sur bac Colorado installé sur pelouse
EPEN	: évaporation calculée selon la formule de Penman
ESN	: évaporation sur bac Colorado installé sur sol nu
ETP	: évapotranspiration potentielle
ETO	: évaporation à l'équilibre
e	: pression partielle de la vapeur d'eau en millibars
ea	: pression de vapeur de l'air à une station de référence
ed	: pression de vapeur d'eau mesurée sous abri
epa	: pression de vapeur saturante à la température de la surface de l'eau du bac
es	: pression de vapeur saturante à la température de la surface évaporante
ew	: pression de vapeur d'eau saturante de l'air à la température de l'air ambiant
ez	: pression de vapeur d'eau au niveau z et à la température Tz
ϵ	: émissivité
G	: flux de chaleur dans l'eau
H	: flux de chaleur sensible
Hr	: humidité relative
I	: infiltration
Ke	: coefficient de diffusivité turbulente
Kpa	: constante empirique

k	: constante de Von Karman, $k = 0,4$
k	: rapport ELAC / ECOL
k'	: rapport ELAC / ECLA
L	: chaleur latente de vaporisation de l'eau
M	: masse molaire
P	: pression d'un gaz
P	: précipitation
Pa	: pression partielle de l'air sec
q	: humidité spécifique
ρ	: masse volumique ou densité, en kg.m^{-3}
ρ air sec	: densité de l'air sec
ρ vapeur	: densité de la vapeur d'eau
R	: ruissellement
Rd	: constante des gaz parfaits, $Rd = 8,3143 \text{ J.}^\circ\text{K}^{-1}$
Rg	: rayonnement solaire global
Rg_0	: rayonnement solaire reçu à l'entrée de l'atmosphère sur une surface horizontale
Rn	: rayonnement solaire net
Ra	: rayonnement atmosphérique descendant émis de l'atmosphère vers la surface
Rs	: rayonnement propre de la surface, émis vers l'atmosphère
σ	: constante de Stefan-Boltzmann, $\sigma = 5,6697.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.^\circ\text{K}^{-1}$
s	: durée d'insolation mesurée
s_0	: durée théorique du jour
T	: température absolue, en $^\circ\text{K}$
Ta et Tabri	: température de l'air mesurée sous abri
Tmax	: température maximale moyenne
Ts	: température de la surface évaporante
Tz	: température au niveau z
τ	: contrainte de cisaillement
u	: composante horizontale de la vitesse du vent
U ₂ et U ₂₀₀	: vitesse horizontale du vent à 2 m
u_*	: vitesse de "friction"
ΔV	: variation du volume de la retenue
z_0	: hauteur de rugosité

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Estimation du rayonnement solaire global à partir de la durée d'insolation à la station de N'djamena.....	19
Figure 2 : Diagramme schématique du bilan d'énergie au-dessus d'une surface d'eau libre.....	22
Figure 3 : Variation du coefficient de Dalton en fonction de la surface du réservoir.....	25
Figure 4 : Bac de Classe A sur pelouse.....	29
Figure 5 : Bac Colorado sur sol nu.....	29
Figure 6 : Bac flottant.....	29
Figure 7 : Bac d'évaporation de Classe A (schémas).....	30
Figure 8 : Pointe de mesure du bac de classe A.....	31
Figure 9 : Bac Colorado version ORSTOM (schéma).....	32
Figure 10 : Pointe de mesure du bac Colorado.....	33
Figure 11 : Mesure de la température de l'eau d'un bac Colorado.....	33
Figure 12 : Bac d'évaporation flottant (schéma).....	34
Figure 13 : Variation de l'écart entre les données de deux bacs identiques en fonction du nombre de jours de mesures.....	38
Figure 14 : Exemple de présentation des mesures.....	39
Figure 15 : Pluviomètre au sol (type Snowdon) avec écran de protection.....	40
Figure 16 : Station météorologique sur sol nu.....	40
Figure 17 : Températures de l'eau des bacs à différentes époques de l'année à N'Djamena.....	42
Figure 18 : Coefficient b et vitesse du vent pour les bacs enterrés "sol nu".....	52
Figure 19 : Coefficient b et vitesse du vent pour les bacs enterrés pelouse.....	52
Figure 20 : Comparaison du coefficient $E / (e_s - e_d)$ et de la vitesse du vent pour les bacs enterrés.....	53
Figure 21 : Formule de Dalton pour le bac Colorado de St-Paul.....	54
Figure 22 : Localisation des sites expérimentaux.....	70
Figure 23 : Localisation des stations climatologiques.....	74
Figure 24 : Evolution de l'évaporation sur bac Colorado avec la latitude.....	79
Figure 25 : Répartition des valeurs annuelles de $k = E_{lac} / E_{COL}$	81
Figure 26 : Evolution de l'évaporation sur bac Classe A avec la latitude.....	82

Figure 27 : Evolution de l'évaporation sur lac avec la latitude pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre.....	84
Figure 28 : Evaporation sur lac dans l'Afrique de l'Ouest et du Centre (carte).....	85
Figure 29 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado.....	86
Figure 30 : Evolution mensuelle de l'évaporation Classe A.....	88
Figure 31 : Evaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (SIRCOULON, 1966) (carte).....	91
Figure 32 : Evaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (MOLINIER, 1968) (carte).....	92
Figure 33 : Evaporation sur nappe d'eau libre au Mali (Carte).....	95
Figure 34 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans le bassin du Niger supérieur.....	96
Figure 35 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans la cuvette lacustre du Niger.....	96
Figure 36 : Localisation des lacs et mares du Sud-Est de la Mauritanie (carte).....	99
Figure 37 : Estimation de l'évaporation Piche en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	101
Figure 38 : Estimation du coefficient $R' = E_{\text{piche}} / E_{\text{Colorado}}$ en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	102
Figure 39 : Estimation de l'évaporation sur bac Colorado en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	102

•

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evaporation du lac de Bam en mm/j.....	50
Tableau 2 : Evaporation du lac Tchad.....	50
Tableau 3 : Moyennes mensuelles interannuelles de divers paramètres avec $a = 0.08$ pour le lac de Bam...	58
Tableau 4 : Moyennes interannuelles de $k = Elac / ECOL$	80
Tableau 5 : Valeurs annuelles de $k' = Elac / ECLA$	83
Tableau 6 : Valeurs mensuelles de $k = Elac / ECOL$	87
Tableau 7 : Moyennes mensuelles interannuelles de $k' = Elac / ECLA$	89
Tableau 8 : Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre des régions Nord, Centres et Sud (Bassin du Bandama, Côte d'Ivoire).....	93

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La satisfaction des besoins en eau humains, agricoles, pastoraux et énergétiques en Afrique sahélienne et tropicale nécessite souvent, lorsque les volumes d'eau en jeu sont importants, l'exploitation de plans d'eau naturels (lacs, mares) ou artificiels (retenues de barrages).

L'évaporation est un facteur climatique essentiel à prendre en compte dans les calculs des volumes des retenues à prévoir et dans les opérations d'exploitation des plans d'eau.

On n'a malheureusement pas identifié très tôt l'importance de la connaissance de cet élément du cycle de l'eau, si bien qu'une certaine anarchie a régné pendant longtemps, et continue encore parfois, concernant le type d'évaporation mesurée et les instruments utilisés. A l'inverse des précipitations pour lesquelles les pluviomètres qui recueillent passivement la pluie sont censés fournir des informations comparables, l'évaporation est mesurée à l'aide d'instruments qui font appel à différents concepts de la physique. Quelques uns seront examinés dans la première partie de ce document.

Les instruments qui mesurent l'évaporation ne fournissent donc pas des informations équivalentes : l'évaporation obtenue à partir de l'évaporomètre de Piche est différente de celle fournie par un bac, elle même différente de l'évaporation réelle d'un lac.

Les choses se compliquent encore lorsque l'on sait que pour un même instrument, les résultats seront fortement influencés par l'environnement immédiat ; un bac enterré au milieu d'une pelouse fournira des résultats différents de ceux de ce même bac entouré d'une zone de sol nu, pour ne citer qu'un exemple. La seconde partie sera consacrée aux instruments utilisés en Afrique de l'Ouest et du Centre en tentant de préciser l'influence de l'environnement.

Les mesures fournies par des instruments tels les bacs d'évaporation ne sont pas toujours utilisables dans la pratique, lorsque l'on veut estimer en particulier l'évaporation réelle des plans d'eau naturels ou artificiels. Il peut y avoir différentes raisons à cela, la plus fréquente étant l'absence de mesures dans la région considérée ou des sites de mesures trop peu représentatifs. On peut alors tenter d'utiliser des méthodes d'estimation indirecte. La troisième partie de ce document présentera les différentes méthodes. Le principal problème dans ce cas est l'existence de l'information climatologique qui permet l'utilisation de ces méthodes.

Une récapitulation non exhaustive des mesures existant en Afrique de l'Ouest et du Centre est fournie dans une quatrième partie, les tableaux détaillés de données étant en annexe.

La dernière partie présentera l'esquisse d'une synthèse établie à partir des données qui ont paru les plus dignes de confiance en notant bien qu'il n'a pas été réalisé de test de validité ni d'homogénéisation de ces données.

P R E M I E R E P A R T I E

**R A P P E L D E L A P H Y S I Q U E D U P H E N O M E N E
D ' E V A P O R A T I O N**

1- RAPPEL DE LA PHYSIQUE DU PHENOMENE D'EVAPORATION

L'évaporation est le passage de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse. Le mécanisme peut être décrit d'une manière simple : lorsque les molécules d'eau qui sont en mouvement permanent possèdent suffisamment d'énergie, elles s'échappent dans l'atmosphère sous forme de vapeur.

Ce phénomène suppose deux conditions nécessaires :

- Apport d'énergie au milieu liquide
- Existence d'un mécanisme qui transporte la vapeur formée, de telle façon que la tension de vapeur d'eau dans l'air humide situé au dessus de la surface évaporante, soit inférieure à la tension de vapeur à la température de surface du liquide, c'est à dire existence d'un gradient vertical de tension de vapeur.

Ce transfert se fait de deux façons :

- par diffusion moléculaire dans une couche très mince à la surface du liquide (quelques mm)
- par convection.

Une synthèse détaillée et complète des études théoriques sur l'évaporation a été réalisée par BRUTSAERT (1982). Le cas particulier des nappes d'eau libre a été largement développé par RIOU (1975) et par POUYAUD (1986). La consultation de ces ouvrages est recommandée aux lecteurs s'intéressant plus particulièrement à ces aspects théoriques et ne sera présenté ici que ce qui paraît essentiel pour la compréhension du phénomène.

1.1 Définition de quelques paramètres physiques de l'atmosphère et des lois qui les régissent

L'air atmosphérique étant considéré comme un gaz parfait, son état sera déterminé si l'on connaît sa pression P et sa température T ; il suit l'Equation d'Etat des gaz parfaits :

$$P = (R_d/M) \cdot \rho T$$

avec

P pression du gaz, en mb

R_d constante des gaz parfaits, $8,3143 \text{ J} \cdot \text{°K}^{-1}$

M masse molaire

ρ masse volumique ou densité, en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

T température absolue, en °K

D'autre part, l'air atmosphérique est aussi considéré comme un mélange de deux gaz parfaits, l'air sec et la vapeur d'eau, qui obéissent à la loi de DALTON. Elle indique que la pression atmosphérique P est la somme des pressions (ou tensions) partielles de l'air sec (P_a) et de la vapeur d'eau (e). Elle s'écrit :

$$P = P_a + e$$

Quelques paramètres essentiels caractérisant l'air atmosphérique sont précisés ci-dessous :

- l'humidité spécifique, q (en g.kg^{-1}).

Elle est définie par la relation suivante dans laquelle ρ désigne la densité de l'air sec ou de la vapeur d'eau.

$$q = \rho_{\text{vapeur}} / (\rho_{\text{air sec}} + \rho_{\text{vapeur}})$$

D'après la loi de DALTON et la loi des gaz parfaits, on obtient :

$$\rho_{\text{air sec}} = (P - e)/(R_d.T)$$

et

$$\rho_{\text{vapeur}} = (0,622.e)/(R_d.T)$$

De ces expressions on extrait la relation entre q et e :

$$q \approx (0,622 e) / (P - 0,378 e) = \delta e$$

- la tension de vapeur saturante, e_w (mb)

C'est la pression partielle de vapeur d'eau dans l'air (e_w) à partir de laquelle le mélange, c'est à dire l'air humide devient saturant. Cette pression est uniquement fonction de la température de l'air T à l'interface liquide-atmosphère.

La loi de variation de e_w avec T ou loi de CLAUSIUS-CLAPEYRON s'écrit :

$$de_w / dT = (0,622.L.e_w) / (R_d.T^2)$$

L est la chaleur latente de vaporisation.

Une approximation de cette loi est donnée par la formule de RICHARDS (1971) :

$$e_w = 1013,25 \exp(13,3185.t - 1,976.t^2 - 0,6445.t^3 - 0,12299.t^4)$$

$$\text{avec } t = 1 - (373,15/T)$$

$a = 0.23$ et $b = 0.46$ MONTENY (Sud de la Côte d'Ivoire)
 $a = 0.29$ et $b = 0.42$ MONTENY (Centre et Nord de la Côte d'Ivoire)
 $a = 0.25$ et $b = 0.56$ POUYAUD (Kongoussi et Oursi, Burkina Faso)
 $a = 0.26$ et $b = 0.54$ DAVIES (Kano, Nigéria)

RIOU (1975) estime que les coefficients trouvés à N'djamena peuvent être utilisés pour calculer le rayonnement global d'autres stations sahéliennes ou désertiques, sans gros risque d'erreurs.

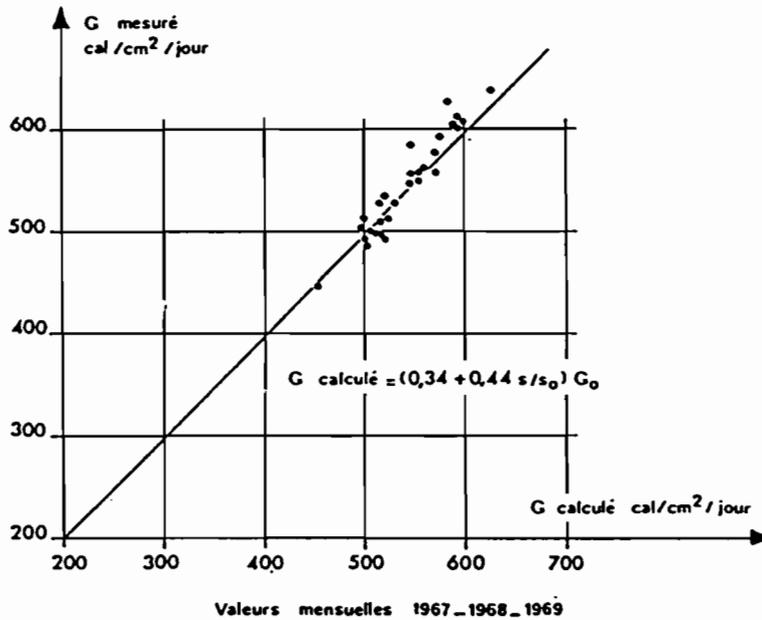


Figure 1

Estimation du rayonnement solaire global à partir de la durée d'insolation à la station de N'djamena (RIOU, 1975)

Par contre, il semble bien que dans la zone équatoriale, il ne soit pas possible d'utiliser une relation aussi simple entre R_g et s (RIOU, 1975).

b) Albédo

Une partie du rayonnement global est réfléchi vers l'atmosphère, l'albédo (a) étant le rapport du rayonnement réfléchi au rayonnement global incident.

L'albédo est de l'ordre de 0.05 pour de l'eau claire (0.04 à 0.08), mais il peut atteindre 0.10 à 0.15 avec des eaux chargées d'argile. Pour une nappe d'eau couverte de végétation, on peut atteindre 0.15 à 0.20 (POUYAUD, 1986).

- le déficit de saturation de l'air

C'est la différence entre la tension de vapeur de l'air (e_w) si le mélange était saturant à la température T de l'air ambiant et la tension de vapeur réellement mesurée sous abri (e), soit : $e_w - e$.

- l'humidité relative, Hr

C'est le rapport en % entre e et e_w .

$$Hr = e / e_w$$

1.2 Aspect énergétique de l'évaporation

La chaleur qu'il faut fournir à une masse de 1 kg d'eau pour la vaporiser à 20 °C est de $2,45 \cdot 10^6$ J.kg⁻¹. C'est la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Dans la nature, cette énergie est essentiellement fournie par le rayonnement solaire.

1.2.1 Facteurs énergétiques

a) Rayonnement solaire global

C'est le rayonnement solaire qui arrive au sol. Il est exprimé en W.m⁻². Il comporte une fraction provenant directement du soleil, le rayonnement direct , et une fraction provenant de la diffusion par les constituants de l'atmosphère, le rayonnement diffus.

Ce rayonnement peut être facilement mesuré avec des pyranomètres.

Le petit nombre de stations où le rayonnement global est mesuré a pour conséquence la nécessité de calculer celui-ci pour les autres stations ; ce calcul s'effectue par des formules empiriques basées sur la durée d'insolation.

La plus simple de ces formules est due à PRESCOTT (1940). Elle s'écrit :

$$R_g = R_{g_0} (a + b s/s_0)$$

où a et b sont des constantes, R_{g_0} le rayonnement solaire qui serait reçu à l'entrée de l'atmosphère sur une surface horizontale, s la durée d'insolation mesurée, s_0 la durée théorique du jour.

Des jeux de coefficients a et b ont été déterminés expérimentalement en de nombreux endroits du globe à l'aide d'instruments souvent très divers, si bien que la meilleure solution reste encore de les déterminer localement lorsque cela est possible, d'autant plus qu'ils varient avec le lieu, la saison et l'état de l'atmosphère. Quelques unes des valeurs rencontrées dans la littérature sont simplement données ci-après pour illustration :

$$\begin{aligned} a = 0.18 \quad \text{et} \quad b = 0.62 \quad \text{TURC (France)} \\ a = 0.34 \quad \text{et} \quad b = 0.44 \quad \text{RIOU (N'djamena, Tchad)(Cf. figure 1)} \end{aligned}$$

c) Rayonnement net

Le rayonnement net (R_n), résultat du bilan radiatif, revêt une importance de tout premier ordre dans l'approche des phénomènes d'évaporation considérés du point de vue énergétique. Il s'exprime de la façon suivante :

$$R_n = (1 - a)R_g + R_a - R_s$$

R_g désigne le rayonnement global, a , l'albédo de la surface, R_a est le rayonnement atmosphérique descendant émis de l'atmosphère vers la surface et R_s le rayonnement propre de la surface, émis vers l'atmosphère.

R_n peut être mesuré directement à l'aide d'un pyranomètre différentiel. Cet instrument délivre une tension proportionnelle au bilan radiatif de la surface au dessus de laquelle il est placé.

La mesure directe de R_a et R_s est beaucoup plus difficile que celle de R_g . Pour cette raison, de nombreuses méthodes d'estimation ont été mises au point.

* Estimation de R_s

Il peut être évalué sous la forme :

$$R_s = \epsilon \cdot \sigma T^4$$

où ϵ est l'émissivité, T la température absolue en °K de la surface et σ la constante de STEFAN-BOLTZMANN ($\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

L'émissivité de l'eau est fonction de l'épaisseur de la couche d'eau quand celle-ci est très mince ; au-dessus d'une épaisseur de 200 μ l'émissivité ne varie plus qu'avec la direction considérée ; elle est maximale pour la normale à la surface où elle atteint 0.97.

Mais dans la pratique des calculs, on prend $\epsilon = 1$ et $T = T_a$, T_a étant la température de l'air mesurée sous abri.

* Estimation de R_a

La formule la plus utilisée est celle de BRUNT :

$$R_a = \sigma \cdot T^4 (a + b \sqrt{ed})$$

où ed est la pression de vapeur d'eau mesurée sous abri et a et b sont des constantes. Comme ci-dessus, on fait l'approximation $T = T_a$.

Les coefficients a et b varient avec les auteurs et l'on relève des valeurs de a allant de 0.34 à 0.71 et des valeurs de b s'échelonnant de 0.023 à 0.110, ed étant exprimée en millibars.

$$R_a = \sigma \cdot T^4 (0.52 + 0.065 \sqrt{ed}), \text{ BRUNT (1932), Grande Bretagne}$$

$$R_a = \sigma \cdot T^4 (0.645 + 0.048 \sqrt{ed}), \text{ DE COSTER \& SCHUEPP (1957), Zaïre}$$

* Le bilan $L = R_s - R_a$:

$$\text{Il peut se mettre sous la forme : } L = \sigma T^4 (1 - a - b \sqrt{ed})$$

Différents auteurs ont proposé les relations suivantes :

$$L = \sigma T^4 (0.56 - 0.080 \sqrt{ed}) \text{ (PENMAN, 1948)}$$

$$L = \sigma T^4 (0.34 - 0.035 \sqrt{ed}) \text{ (GOSS et BROOKS, 1956)}$$

$$L = \sigma T^4 (0.52 - 0.066 \sqrt{ed}) \text{ (BULTOT, 1971)}$$

$$L = \sigma T^4 (0.40 - 0.050 \sqrt{ed}) \text{ (RIOU, 1975 ; POUYAUD, 1986)}$$

Un facteur de correction doit être introduit pour tenir compte des nuages, et la plupart des auteurs ont retenu une fonction de la durée d'insolation de la forme $(c + d s/s_0)$, si bien que la formule finale se présente sous la forme suivante :

$$L = \sigma T^4 (1 - a - b \sqrt{ed}) (c + d s/s_0)$$

RIOU (1975) propose la relation suivante :

$$L = \sigma \cdot Ta^4 (0,40 - 0,05 \sqrt{ed}) (0.50 + 0.50 s/s_0)$$

Cette relation a été également utilisée par POUYAUD (1986).

* Estimation de R_n

En remplaçant les différents termes du bilan par leurs expressions définies ci-dessus, on parvient à l'estimation suivante de R_n (dans le cas proposé par RIOU (1975) et POUYAUD (1986)) :

$$R_n = (1 - a)R_g - \sigma \cdot Ta^4 (0,40 - 0,05 \sqrt{ed}) (0.50 + 0.50 s/s_0)$$

1.2.2 Bilan d'énergie

Le bilan énergétique peut être quantifié sur un volume de référence défini comme suit : "une part élémentaire de l'interface eau-atmosphère, pellicule infiniment mince contenant à la fois les plus basses couches de l'atmosphère et les plus superficielles de l'eau" (POUYAUD, 1986).

Dans ces conditions, par application du principe de conservation de l'énergie au volume de référence, on peut écrire sous une forme très générale l'équation du bilan énergétique :

$$R_n + LE + H + G + A = \partial w / \partial t$$

Dans cette équation les flux sont positifs s'ils représentent un gain pour le volume de référence et négatifs s'il s'agit d'une perte :

- R_n est le flux du rayonnement net sur la face supérieure de la mince couche de référence. Il a été défini dans le paragraphe précédent.

- G est le flux calorifique transmis par la face inférieure à l'eau sous-jacente.

- LE et H sont les flux de chaleur latente (flux de vapeur d'eau) et de chaleur sensible émis par la face supérieure dans l'atmosphère. Ils seront précisés dans le paragraphe suivant.

Cette formulation ne prend pas en compte d'éventuelles activités biologiques liées à la photosynthèse dans la couche de référence.

Par contre, afin de donner une forme plus générale à ce bilan d'énergie, deux termes y figurent :

- A, qui représente un flux d'énergie advective, exprimé en termes de flux spécifiques, c'est à dire par unité de surface de la mince couche de référence.

- $\partial w / \partial t$, qui est la variation d'énergie stockée dans la mince couche de référence et que l'on néglige généralement dans le cas d'une interface eau-atmosphère.

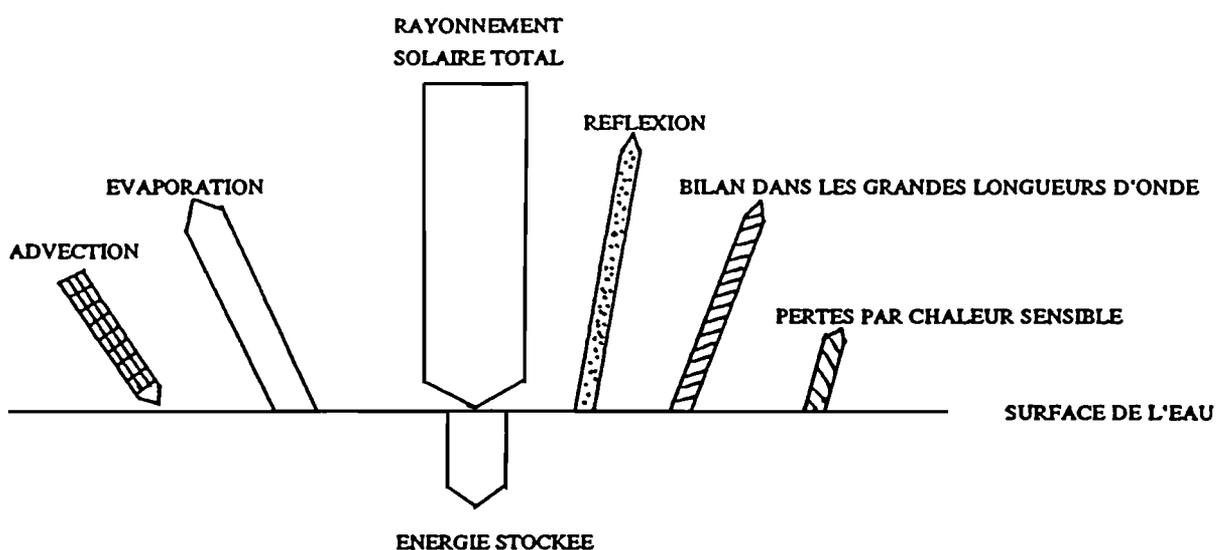


Figure 2

Diagramme schématisé du bilan d'énergie au-dessus d'une surface d'eau libre

A propos des termes G, A et $(\partial w / \partial t)$ du bilan d'énergie, il est utile de donner les précisions suivantes :

- le flux calorifique G

Dans le bilan des grandes nappes d'eau peu profondes (moins de 5 m), le flux calorifique G peut être important, ce qui est le cas des lacs et des mares soudano-sahéliennes.

De multiples travaux ont été consacrés à l'estimation ou au calcul de G. Mais la plupart des auteurs s'intéressaient d'abord à l'océan et leurs modèles sont difficilement transposables aux conditions qui nous intéressent, de surfaces évaporantes de dimensions et de profondeurs forcément limitées.

Ainsi, dans la plupart des applications de la méthode du bilan d'énergie aux larges plans d'eau, le stockage de chaleur est difficile à évaluer en raison de l'hétérogénéité possible de la structure thermique du réservoir. Théoriquement, si l'on peut découper la surface en zones de structure verticale homogène, pour chaque colonne ainsi formée, on pourrait écrire entre deux profondeurs z_1 et z_2 :

$$G(z_1) - G(z_2) = \int_{z_1}^{z_2} C_w (\partial T / \partial t) dz$$

où C_w est la chaleur spécifique de l'eau à volume constant.

Cela revient à appliquer un simple principe de calorimétrie entre deux instants t_1 et t_2 et intégrer la variation de température sur la profondeur dz .

- l'advection A

Ce terme unique renferme en fait des énergies de provenances très diverses qui peuvent s'appréhender à diverses échelles :

- le bilan thermique de grands lacs ou de réservoirs pris dans leur globalité nécessite la prise en compte de l'énergie apportée par les affluents et les précipitations, ou perdue par les déversements. Dans le cas d'un bilan énergétique sur de courtes périodes, seule l'énergie advective des précipitations n'est pas négligeable.

- lorsque la surface évaporante est entourée de surfaces dont les caractéristiques (températures, humidité de l'air, rugosité) sont très différentes, ces discontinuités induisent un transfert latéral d'énergie advective qui doit être pris en compte dans le bilan énergétique de la surface évaporante. Il s'agit là du classique effet d'oasis bien connu des latitudes qui nous intéressent.

- la variation d'énergie stockée ($\partial w / \partial t$)

Avec la définition adoptée pour la surface évaporante, il est évident que ce terme est négligeable. Si par contre on effectue le bilan énergétique d'un lac dans son ensemble, l'énergie calorifique stockée par la masse d'eau durant la période considérée doit évidemment être prise en compte. On utilisera pour ce faire les mêmes techniques que pour l'estimation du flux G , basées sur la comparaison de profils thermiques représentatifs initiaux et finaux.

1.3 Transfert de la vapeur d'eau

La couche d'air située au-dessus de la surface évaporante est le siège de transferts actifs, avec en particulier les transferts de masse ou de vapeur d'eau. Ces transferts s'effectuant par l'intermédiaire d'un fluide, on parle donc de flux de vapeur d'eau.

Le flux de vapeur d'eau dans l'atmosphère est un phénomène de diffusion turbulente.

Principalement engendrée par les mouvements aléatoires de particules d'air, cette diffusion donne naissance en tous points à une composante verticale du mouvement qui varie constamment. En présence d'un gradient vertical d'humidité, ces fluctuations s'accompagnent simultanément de celles de l'humidité de l'air.

L'air qui s'élève, tendra en moyenne à devenir plus humide ou plus sec que l'air descendant, selon le sens du gradient : d'où un transfert de vapeur d'eau le long de ce gradient.

L'approche la plus ancienne pour déterminer ce flux d'évaporation est celle proposée par DALTON.

1.3.1 Approche de DALTON

DALTON (1802) posa la première relation entre l'évaporation et la tension de vapeur de l'air sous la forme :

$$E = b (e_s - e_d)$$

où b est un coefficient empirique et e_s la tension de vapeur saturante à la température de la surface évaporante.

Cette équation ne prend pas en compte le renouvellement de l'air au-dessus de la surface sous l'influence du vent et de la turbulence aussi a-t-elle subi des modifications.

Elle s'écrit sous sa forme la plus générale :

$$E = f(u) (e_s - e_d)$$

$f(u)$ est une fonction du vent et $(e_s - e_d)$ représente le déficit de saturation de l'air.

Cette formule, quoique ancienne, est encore très utilisée pour sa simplicité et sa précision acceptable. Il est en effet indéniable que, malgré sa forme simplifiée, elle donne de bons résultats.

La fonction du vent la plus utilisée est une fonction linéaire $b_0 + bu$, où b_0 et b sont des constantes. Une revue de la littérature sur ce sujet fait apparaître un grand nombre de valeurs pour b_0 et b , cette variété ayant des causes multiples :

- unités différentes pour u et e_d ;
- mode de calcul des termes de la formule dans l'établissement de moyennes ;
- hauteur de référence pour u et e_d ;
- modèle d'anémomètre utilisé.

Il est à noter que dans les formules récentes la constante b_0 a disparu.

Les constantes b_0 et b sont en général déterminées grâce à des bacs d'évaporation. De nombreux chercheurs ont cependant appliqué la loi de DALTON à des nappes d'eau dont l'évaporation était connue par une autre méthode, notamment le bilan hydrologique ; il faut citer à ce propos les travaux américains sur le lac Hefner.

Si l'on mesure e_d sous abri, en un point de la rive d'un réservoir naturel, la constante b de la loi $E = bu (e_s - e_d)$ tend à diminuer quand la surface du réservoir augmente. C'est ce qu'ont mis en évidence des travaux comme ceux d'HARBECK qui donne un diagramme représentant la variation obtenue expérimentalement de b en fonction de la surface (Cf. figure 3).

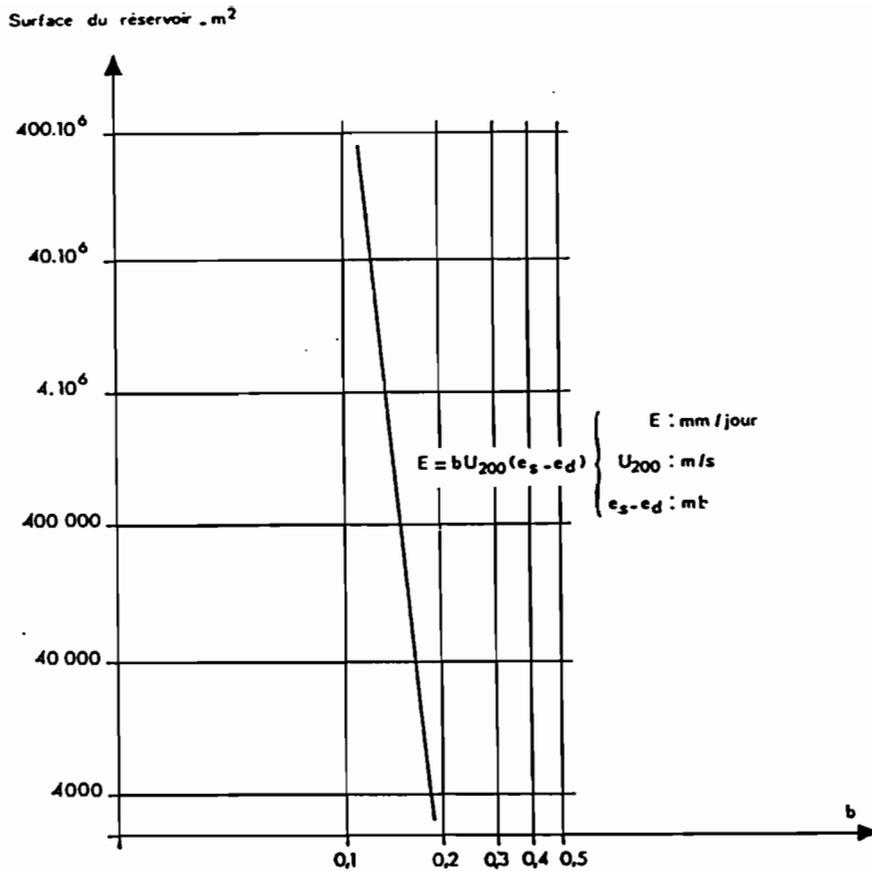


Figure 3
Variation du coefficient de Dalton en fonction de la surface du réservoir
(d'après HARBECK)

1.3.2 Evaporation, phénomène de diffusion turbulente

Soit une surface unité à un niveau horizontal z au-dessus du sol.

La quantité de vapeur d'eau traversant la surface z par unité de temps est :

$$E = - \rho K_e (\partial q / \partial z)$$

où q est l'humidité spécifique et K_e , le coefficient de diffusivité turbulente.

La capacité de l'atmosphère à transférer un flux de quantité à partir d'une surface dépend du niveau de la turbulence. En condition adiabatique (neutralité thermique), celle-ci est de nature purement mécanique (convection forcée). A l'opposé, en l'absence de toutes contraintes imposées par le vent, le mécanisme est celui de la convection libre engendrée par un réchauffement différentiel de l'air dû au transfert de chaleur sensible ou à l'existence de gradients de densité dus au transfert de vapeur. Dans la plupart des cas on se trouve dans une situation intermédiaire.

On démontre (MONIN & YAGLOM, 1971) que le gradient moyen vertical de vitesse, (du/dz) , dans un fluide de densité ρ , est déterminé par la contrainte de cisaillement τ qui s'exerce à la surface et la distance z à cette surface.

Ces variables sont rassemblées en une quantité sans dimension :

$$u_* / [z (du/dz)] = \text{cte} = k \quad (\text{constante de Von Karman, } k = 0.4)$$

où u_* est la vitesse dite de frottement : $u_*^2 = \tau / \rho$

L'intégration de cette relation entre deux niveaux de référence z_1 et z_2 est la suivante :

$$U_2 - U_1 = (u_* / k) \cdot \ln (z_2 / z_1)$$

ou bien

$$u = (u_* / k) \cdot \ln (z / z_0)$$

où z_0 , constante d'intégration ayant la dimension d'une longueur, est la hauteur de rugosité.

* En condition de neutralité thermique :

E peut s'écrire alors sous la forme suivante :

$$E = - k u_* z \rho (dq/dz) = - \rho K_e (\delta q / \delta z) \quad \text{en posant } K_e = k u_* z$$

Si on intègre entre les deux niveaux z_1 et z_2 , on obtient :

$$E = - [\rho k u_* (q_1 - q_2)] / [\ln (z_2 / z_1)]$$

où u_* peut être remplacé par la formulation définie dans ce qui précède, ou encore :

$$E = - [\delta \rho k u_* (e_1 - e_2)] / [\ln (z_2 / z_1)]$$

en remplaçant l'humidité spécifique par la tension de vapeur. Cette équation est appelée sous cette forme l'équation de THORNTHWAITE et HOLZMAN.

* En condition de non neutralité thermique

L'existence de gradients de température tend à amplifier la turbulence, l'évaporation précédente doit être modifiée à l'aide d'une fonction de stabilité.

DEUXIEME PARTIE

**MESURE DIRECTE DE L'EVAPORATION
DES NAPPES D'EAU LIBRE**

2 - MESURE DIRECTE DE L'EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE

La mesure directe de l'évaporation des nappes d'eau libre naturelles n'est généralement pas possible. On est donc contraint d'utiliser des dispositifs particuliers, les bacs d'évaporation. L'évaporation mesurée sur ces bacs est supposée représentative de celle des nappes d'eau libre ou du moins d'en permettre l'estimation.

2.1 Différents types de bac d'évaporation

Les bacs d'évaporation sont des "récipients" de dimensions et de formes variées, contenant de l'eau dont on mesure la baisse de niveau sous la seule influence de l'évaporation.

Il en existe des dizaines de modèles mais globalement on distingue trois grands types de bacs évaporatoires couramment utilisés en Afrique de l'Ouest et du Centre :

- les bacs aériens dont le modèle le plus répandu est le bac "Classe A" adopté comme bac de référence par l'Organisation Météorologique Mondiale. Il équipe la plupart des réseaux climatologiques (cf. figure 4).
- les bacs enterrés dont le prototype est le bac "Colorado" adopté par l'ORSTOM et généralisé dans ses implantations hydrologiques. C'est une version légèrement modifiée du bac Colorado américain (cf. figure 5).
- les bacs flottants, bien moins courants que les deux modèles précédents (cf. figure 6).

2.1.1 Bac de Classe A (PERLAT & PETIT, 1961)

C'est un bac circulaire avec un diamètre de 121,92 cm (4 pieds) et une profondeur de 25,4 cm (10 pouces). L'eau doit affleurer entre 5 et 8 cm du rebord de l'appareil. Celui-ci est installé sur un lit de chevrons en bois de 18 cm d'épaisseur, séparés par une distance au moins égale à leur épaisseur sur champ pour permettre une ventilation satisfaisante sous le bac. La face supérieure de l'ensemble doit être rabotée pour que le fond du bac repose d'aplomb sur toutes les surfaces de contact, sans se déformer (Cf. figure 7).

L'ensemble repose sur quatre madriers de section plus forte enterrés et disposés perpendiculairement aux chevrons. Le bac se trouve donc isolé du sol, son niveau inférieur étant situé à une hauteur de 18 cm.

2.1.2 Bac Colorado (CALLEDE, 1967)

C'est un bac américain. La surface évaporante est de forme carrée, le côté mesurant 0,925 m (3 pieds). La profondeur du bac varie de 46 à 91 cm (1,5 à 3 pieds), celui-ci étant enterré de telle façon que le rebord soit à 10 cm (4 pouces) au-dessus du sol, l'eau affleurant sensiblement le niveau du sol.

C'est une version à peine modifiée du Colorado qui a été adoptée par le service hydrologique de l'ORSTOM. La section est de 1 m² dans un carré de 1 mètre de côté (Cf. figure 9). La hauteur totale est de 60 cm, le bac dépassant du sol de 10 cm (hauteur d'eau dans le bac : 50 cm).

Fig-4-

Bac de classe A sur pelouse.
N'DJAMENA (TCHAD)

Cliché : J.CALLEDE



Fig-5-

Bac colorado sur sol nu.
BIDI (BURKINA-FASO)

Cliché : J.F.NOUVELOT

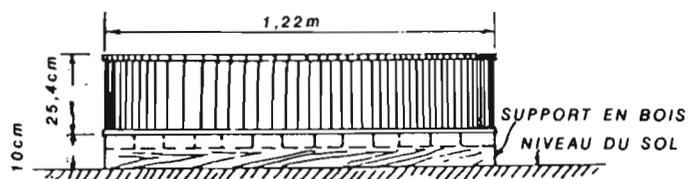


Fig-6-

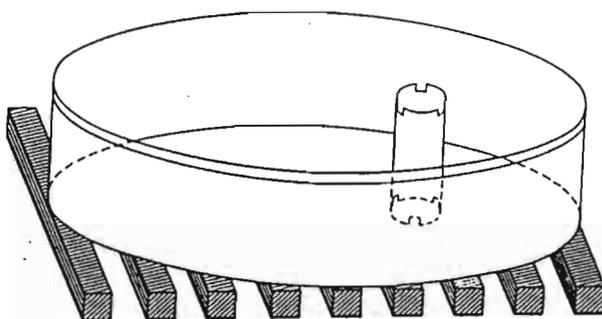
Bac flottant.
BIDI (BURKINA-FASO)

Cliché : J.M.LAMACHERE

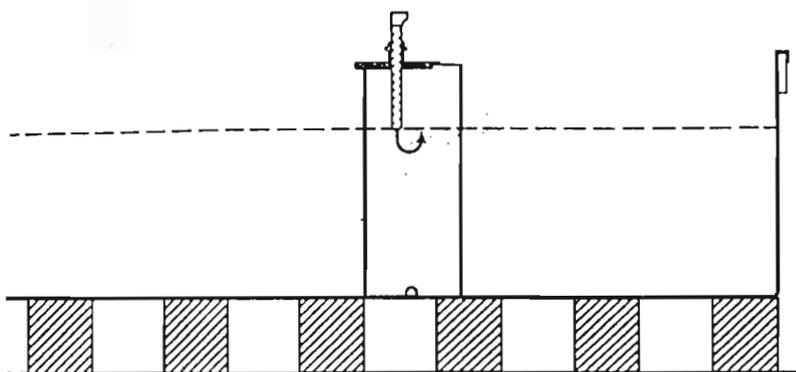




a - Dimensions du bac



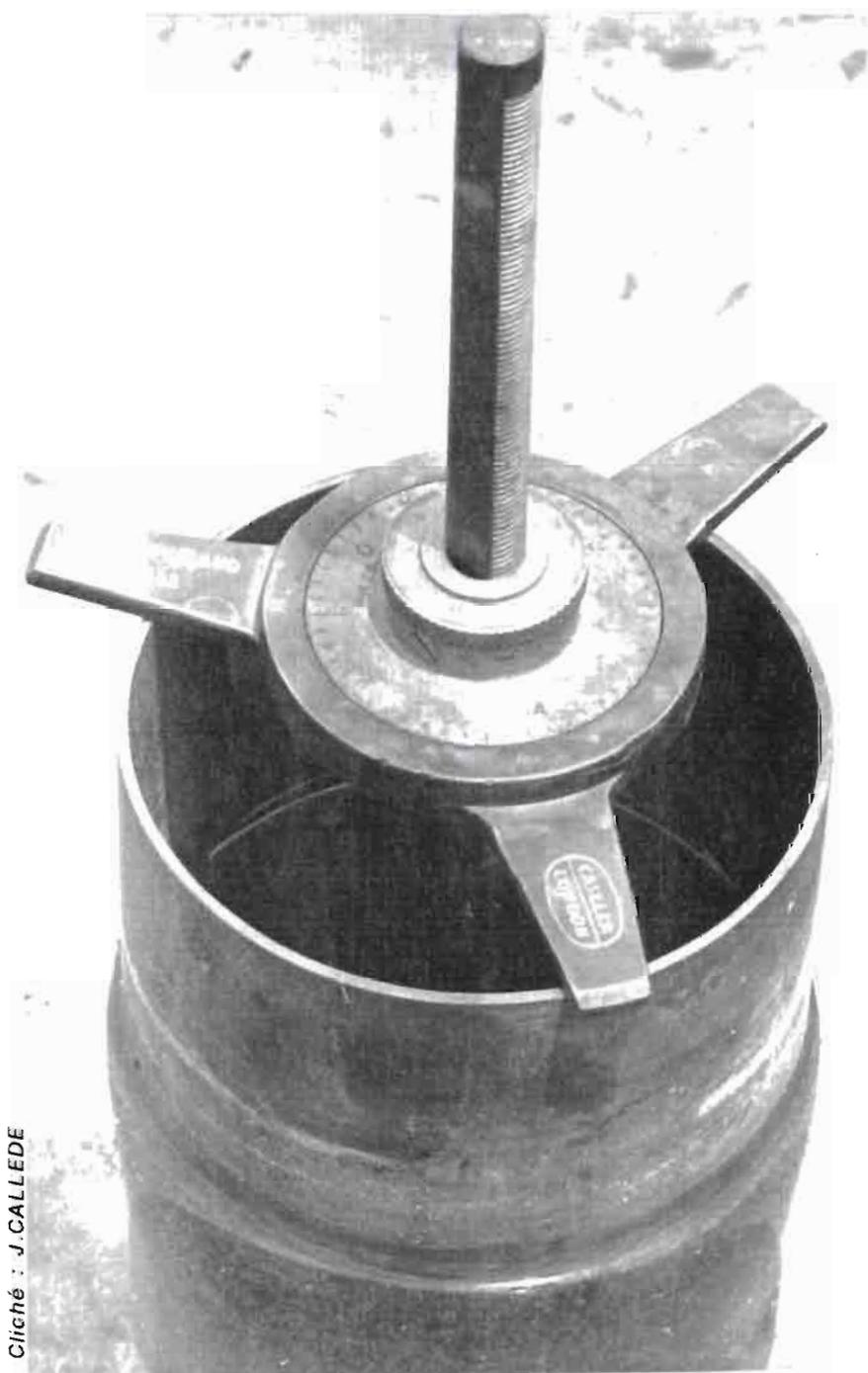
b - le bac et son puits de tranquillisation



c - Jauge à crochet placée sur le puits de tranquillisation

Fig-7 - Le bac d'évaporation de classe A

Fig-8-



Cliché : J. CALLEDE

Pointe de mesure d'un bac de classe A.

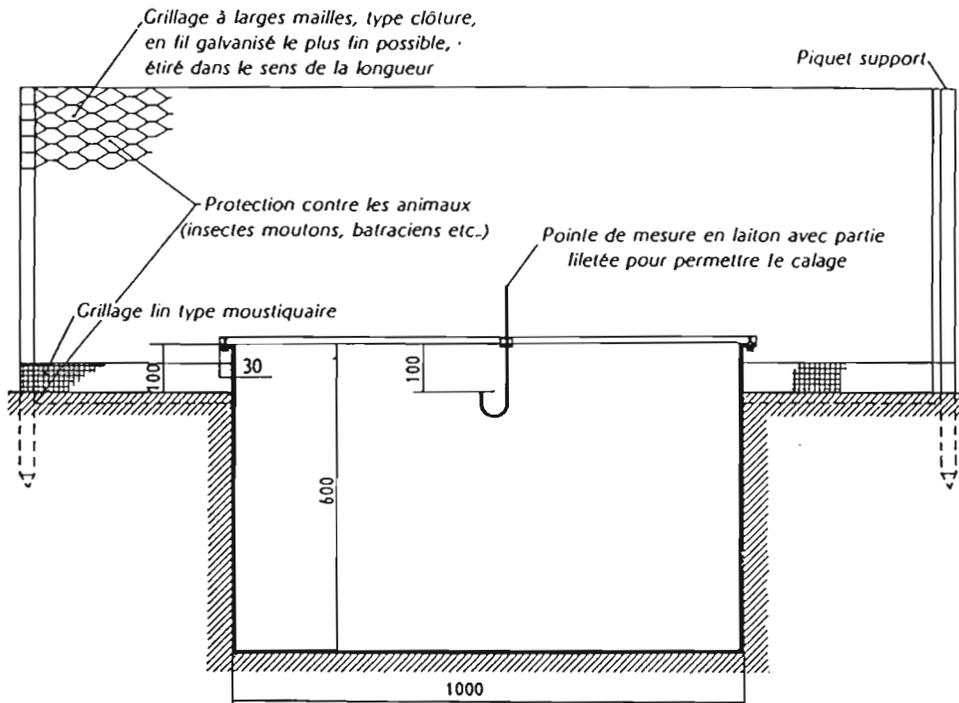


Fig-9 - Le bac Colorado version ORSTOM

Cliché : J.CALLEDE

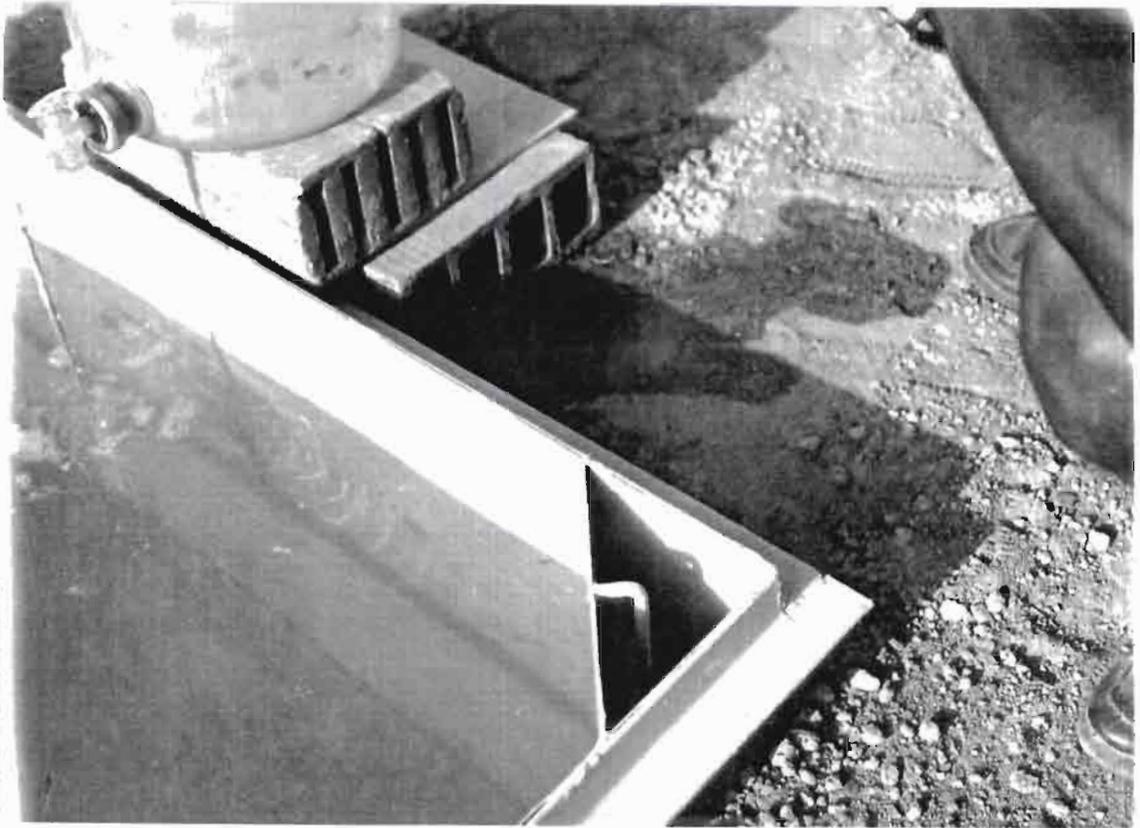


Fig-10 - Pointe de mesure du bac Colorado

Cliché : J.CALLEDE

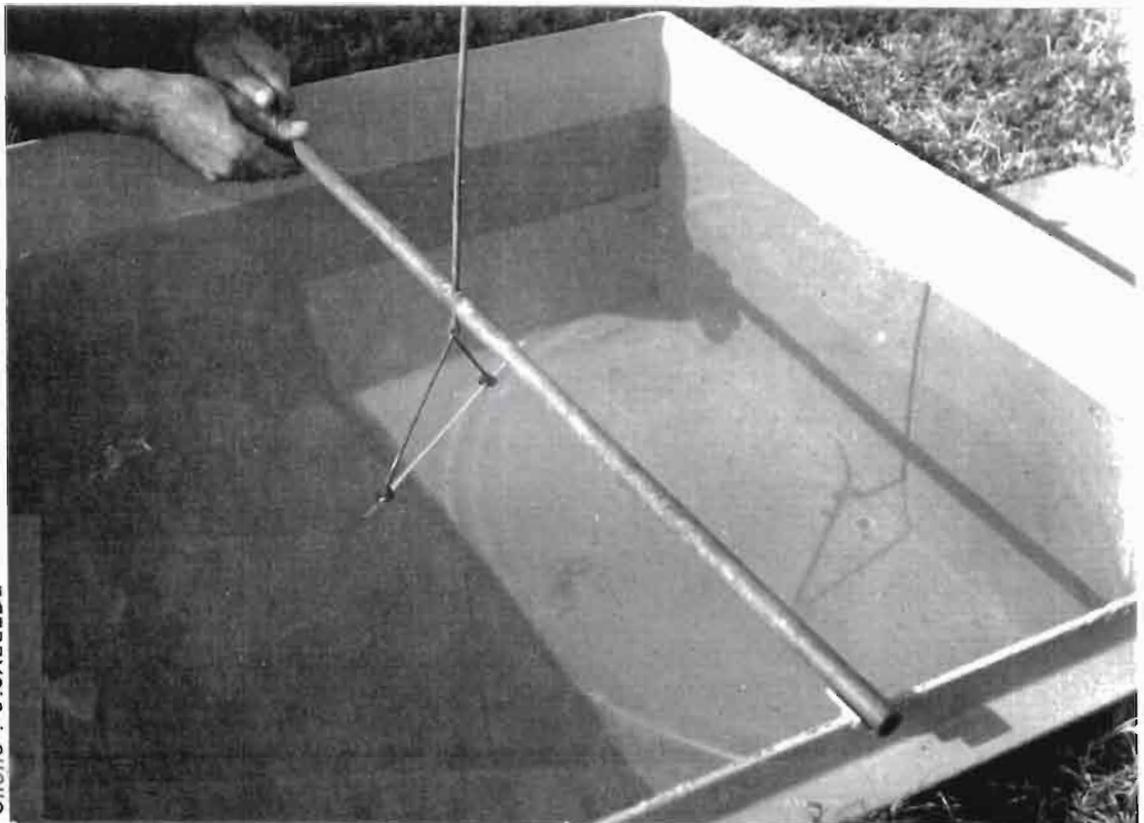


Fig-11 - Mesure de la température de l'eau d'un bac Colorado

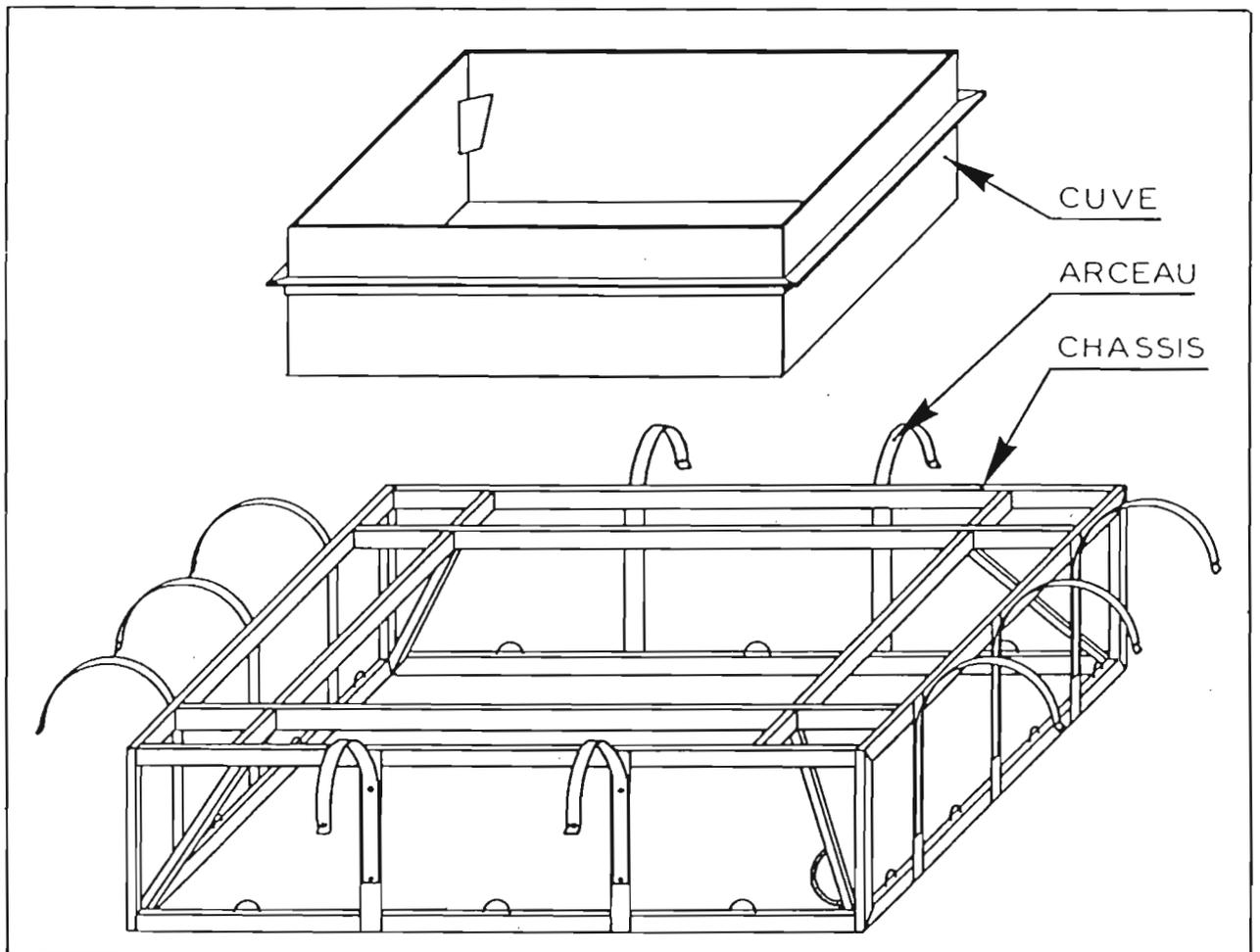


Fig-12 - Bac d'évaporation flottant (D'après A. Bernard)

Ce bac, facile à construire dès que l'on dispose d'un poste de soudure, est peint en gris mat sur au moins 2 couches de peinture anti-corrosion.

2.1.3 *Bac flottant*

C'est un bac, généralement de la dimension d'un bac de classe A, qui flotte sur des réservoirs avec des flotteurs convenables. Si le flux d'air n'est pas trop modifié par l'installation, les pertes d'eau du bac sont les mêmes que celle du lac avec une légère modification liée aux effets de bord.

Dans certains cas, c'est un bac Colorado qui est partiellement immergé dans une étendue d'eau naturelle. Le bac est muni d'un flotteur périphérique, l'ensemble ayant été calculé de telle sorte que, rempli normalement, le bac n'émerge que de 10 cm. De tels bacs ont été utilisés en Afrique : le bac flottant de Bidi au Burkina Faso par exemple.

Le modèle de bac flottant utilisé à Bidi au Burkina Faso depuis 1988 se compose de trois éléments principaux (Cf. figures 6 et 12) :

- la cuve de 1 m² de surface et d'une hauteur de 30 cm, en tôle d'acier de 20/10 mm renforcé par une corniche de 30 mm soudée à 10 cm du bord.
- le châssis, d' 1,50 m x 1,50 x 0,40, réalisé en tubes serruriers rectangulaires de 20 x 35 mm, et dix arceaux pour la fixation des flotteurs.
- les flotteurs, au nombre de 10, de forme cylindrique et en matière plastique (bidons d'huile de 29 cm de diamètre et 36 cm de hauteur).

2.2 **Mode opératoire, présentation des mesures et précision**

2.2.1 *Mesure de l'évaporation*

a) Cas du bac de classe A

A chaque observation, on repère directement la hauteur du plan d'eau dans le bac à l'aide de la jauge à crochet. C'est une tige graduée de précision, filetée et terminée par un crochet en laiton à pointe recourbée très effilée (Cf. figure 8). Une noix taraudée forme vernier de lecture. Elle est commandée par une couronne moletée à la partie supérieure et porte un disque divisé en 40 parties égales. Chaque tour du disque faisant avancer la tige graduée de 2 mm, chacune de ces divisions représente 5/100^e de millimètre.

Trois tiges cylindriques permettent de poser la jauge sur le bac en les engageant dans trois créneaux ménagés à la partie supérieure d'un puits de mesure, petit cylindre circulaire de 10 cm de diamètre soudé sur le fond du bac, qui assure la tranquillisation du niveau de l'eau pour permettre une lecture plus précise de la hauteur du plan d'eau quand la surface libre est agitée par le vent.

Deux trous percés à la partie inférieure du puits permettent au niveau d'eau de se mettre en équilibre avec celui du bac.

Le repérage du plan d'eau s'effectue en enfonçant totalement le crochet dans l'eau moins 1 cm. On tourne alors la molette en sens inverse, en faisant remonter la pointe très lentement et en suivant très attentivement sa progression.

En regardant le reflet de la lumière du ciel sur la surface de l'eau au repos, on voit apparaître le ménisque de la pointe avec une précision qui a été évaluée supérieure au 1/10^e de millimètre.

Dans le cas où, entre les mesures de début et de fin de l'observation, des précipitations interviennent, on doit en tenir compte dans le calcul du bilan d'évaporation du bac. C'est pourquoi, il importe que dans les consignes d'exploitation, les mesures de l'évaporation et des précipitations soient faites aux mêmes heures.

Soient R la hauteur d'eau recueillie pendant la période de mesure, h_1 et h_2 les lectures de la jauge en début et en fin de période. Si h_2 est inférieure à h_1 , c'est que l'évaporation E est plus grande que la précipitation R, donc

$$E = (h_1 - h_2) + R$$

mais en général, l'évaporation étant faible les jours pluvieux, R sera supérieure à E et la lecture h_2 sera plus forte que h_1 . Il faudra alors évidemment poser

$$E = R - (h_2 - h_1)$$

Si la précipitation est très forte (de l'ordre de 50 mm) on peut craindre un débordement du bac ; il est alors indispensable de faire une lecture intermédiaire, de vider une quantité d'eau suffisante pour ramener le niveau au voisinage du trait de repère inférieur et de refaire une lecture.

Comme pour le bac Colorado, deux mesures sont réalisées chaque jour à 06 h T.U. et à 18 h T.U..

b) Cas du bac Colorado

Les mesures sont volumétriques : une pointe fixe retournée, soit soudée dans un angle à l'abri d'une plaque formant pan coupé (Cf. figure 10), soit fixée sur une traverse étroite fixée aux rebords, est calée au niveau normal de l'eau (10 cm sous le rebord) (Cf. figure 9).

Deux observations sont effectuées chaque jour, à 06 h T.U. pour l'évaporation de la nuit et à 18 h T.U. pour celle de la journée.

Pour mesurer la hauteur d'eau évaporée depuis la mesure précédente, on verse un volume d'eau connu jusqu'à l'affleurement de la pointe : un litre d'eau représente 1 mm d'évaporation. Dans la plupart des stations, l'adjonction d'eau se fait par nombre entier de litres jusqu'à disparition de la pointe. Il est aussi possible de faire la mesure à 0.5 mm près avec une bouteille préalablement marquée au 1/2 litre.

Le procédé n'est pas très précis pour l'évaporation journalière ; il est largement suffisant pour l'évaporation mensuelle.

Lorsqu'il a plu entre deux mesures consécutives et que la hauteur de pluie a été supérieure à la hauteur évaporée, on enlève du bac un nombre entier de litres jusqu'à apparition de la pointe.

L'évaluation de la hauteur des précipitations se fait, soit au moyen d'un bac identique au bac évaporatoire et installé à proximité dans les mêmes conditions mais dans lequel l'eau est recouverte d'une couche d'huile empêchant l'évaporation, soit au moyen d'un pluviomètre au sol dans une fosse à côté du bac évaporatoire, sa collerette étant calée au niveau du rebord, et relevé immédiatement après chaque averse.

c) Mesure de la température de l'eau du bac

L'utilisation de formules de type "Dalton" nécessite la connaissance de la température de la surface qui évapore. A titre d'exemple un degré Celsius accroît la tension de vapeur saturante de 2,3 millibars environ, et l'évaporation de 0,8 mm par jour. Cette température doit donc être mesurée avec le plus grand soin.

La température de l'eau est généralement mesurée à la surface des bacs trois fois par jour, aux heures normales d'observation, soit à 06 h, 12 h et 18 h T.U.

La mesure se fait à l'aide d'un thermomètre ordinaire dont le réservoir est juste immergé, au centre du bac, l'opération étant facilitée par un support flottant ou aérien qui maintient le thermomètre (Cf. figure 11).

Des études réalisées par RIOU (1975) à N'djamena montrent que la température prise au centre de la surface de l'eau constitue un bon repère de la température de l'eau du bac.

Pour l'exploitation des mesures d'évaporation sur bacs, il convient d'associer, à la mesure de la température de l'eau du bac, la mesure de la vitesse du vent moyen. Cette dernière est réalisée à l'aide d'un anémomètre totalisateur situé à côté du bac. Le guide des pratiques hydrométéorologiques (1965) préconise l'installation de cet anémomètre à une hauteur de 1 à 2 mètres au dessus du bac.

2.2.2 *Précision des mesures*

A N'djamena, trois bacs enterrés ont été installés dans une parcelle sans végétation, définissant ainsi un triangle de 100 m² (RIOU, 1975). Ces trois bacs ont été comparés pendant un peu plus de deux mois.

A partir des données obtenues, la précision qu'on peut attendre de ces mesures a été déterminée, cette précision augmentant évidemment quand la durée de la période de mesures augmente.

L'erreur commise sur la mesure journalière consiste essentiellement en une erreur d'appréciation du niveau de l'eau par rapport à la pointe matérialisant le niveau de référence.

Cette erreur n'intervient que deux fois pendant une série de mesures, une fois au commencement et une fois à la fin de la période sur laquelle l'évaporation est totalisée ; les erreurs "intermédiaires" se compensent. Ce système de mesure est préférable pour cette raison à celui qui est généralement utilisé pour le bac classe A : vis micrométrique, pour laquelle toutes les erreurs absolues doivent s'ajouter.

Le calcul de la précision effectué de cette façon montre que celle-ci augmente rapidement avec le nombre de jours considérés, l'erreur absolue passant de 0.9 mm pour un jour, à 0.38 mm par jour pour une période de mesures de 5 jours et à 0.20 mm pour 10 jours (soit 4 % pour une évaporation moyenne de 5 mm par jour) (Cf. figure 13).

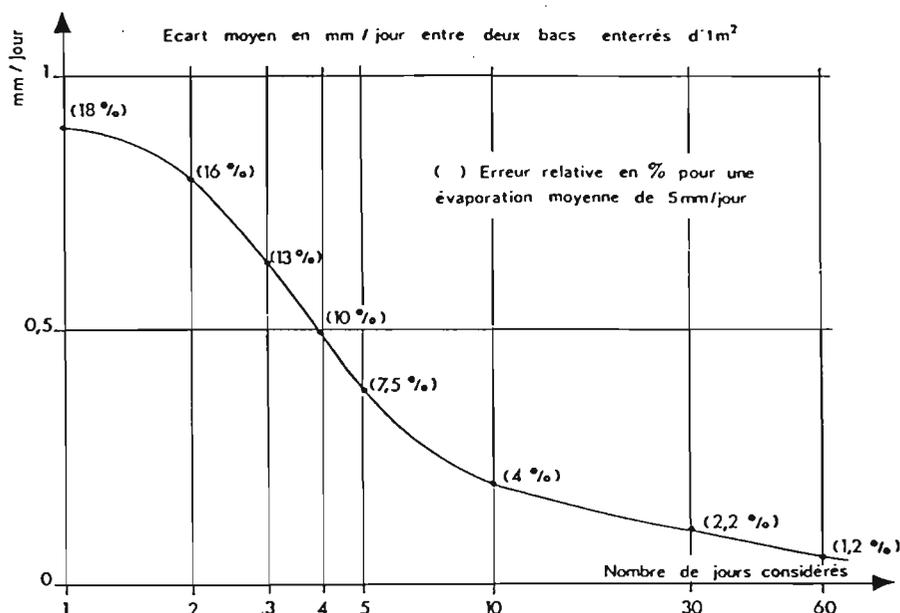


Figure 13
Variation de l'écart entre les données de deux bacs identiques en fonction du nombre de jours de mesures (RIOU, 1975)

2.2.3 Présentation des mesures

Le tableau reproduit à la figure 14 présente un exemple de relevé des mesures de hauteur d'évaporation sur un bac Classe A, de hauteurs de pluie avec un pluviomètre près du sol et de parcours du vent avec un anémomètre totalisateur (station de Tagou, bassin de Komienga au Burkina Faso). Dans cet exemple, les observations sont faites deux fois par jour, à 06h00 et à 18h00. Chaque observation comprend une première lecture avec la jauge à crochet (mesure de fin de la période qui vient de s'écouler), une addition d'eau dans le bac pour compenser l'eau évaporée et une deuxième lecture (mesure de début de la période qui commence). Les deux dernières colonnes à droite donnent les totaux journaliers.

2.3 Comparaison bac Classe A - bac Colorado

* Cette comparaison a été effectuée par RIOU (1975) pour différentes stations : Bol-Dune et N'djamena au Tchad, Bangui au Centrafrique et Brazzaville au Congo. Les bacs sont installés sur sol nu à N'djamena et à Bol, et sur pelouse à Bangui et Brazzaville.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Station	Bol	N'djamena	Bangui	Brazzaville
Période	sol nu (1965-70)	sol nu (1963-70)	pelouse (1966-70)	pelouse (1968-70)
R	1.15	1.11	1.13	1.12

R est la moyenne interannuelle des rapport E Classe A / E Colorado.

Le rapport des évaporations annuelles bac classe A / bac Colorado varie peu d'une année à l'autre pour une station donnée. Il est également peu différent d'une station à l'autre, peut-être un peu plus élevé dans les zones à très forte évaporation.

* L'évolution de la température de l'eau des bacs a été étudiée par des mesures d'heure en heure à N'djamena par RIOU (1975) (Cf. figure 17).

Les résultats mettent en évidence la très grande différence entre l'inertie du bac classe A et celle du bac enterré, l'amplitude thermique du premier étant deux fois plus grande que celle du second. Ils montrent aussi que, pendant toute la saison sèche, les bacs reçoivent de l'énergie advective, alors qu'en saison des pluies l'eau des bacs est nettement plus chaude que celle de l'air sous abri.

2.4 Quelques conseils pour l'installation et la maintenance des stations de mesure de l'évaporation sur bacs d'eau libre

* Exposition des bacs

- Au rayonnement solaire : Les bacs doivent toujours être installés dans un environnement ouvert, totalement exposé au rayonnement solaire quelque soit l'heure de la journée ou l'époque de l'année. Ceci est pratiquement impossible à obtenir. Les conséquences sur l'évaporation seront souvent négligeables si les obstacles ne provoquent des zones d'ombres qu'au lever ou au coucher du soleil. La disposition du relief et parfois de la végétation (régions forestières) ne permettant pas toujours une exposition optimale, il faut en tenir compte si l'on doit extrapoler les données d'un site qui subit une telle influence à un autre site.

Cliché : J.F. NOUVELOT

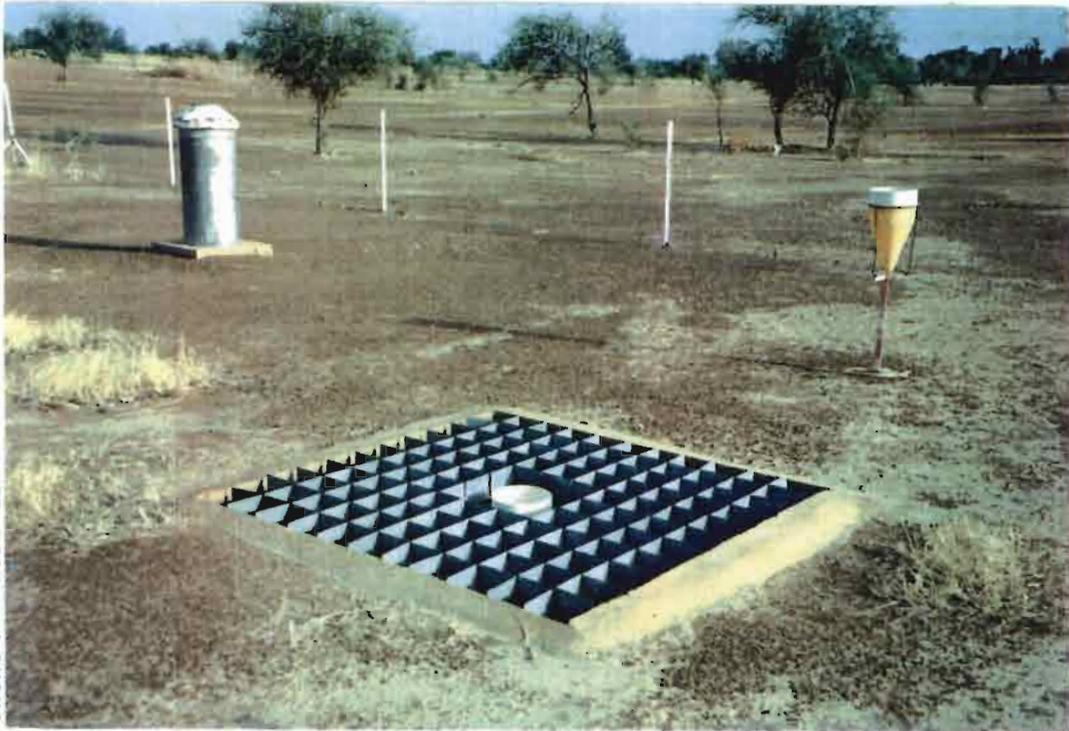


Fig-15 - Pluviomètre au sol (type Snowdon) avec écran de protection. BIDI (Burkina-Faso)

Cliché : J.F. NOUVELOT



Fig-16 - Station météorologique sur sol nu. BIDI (Burkina-Faso)

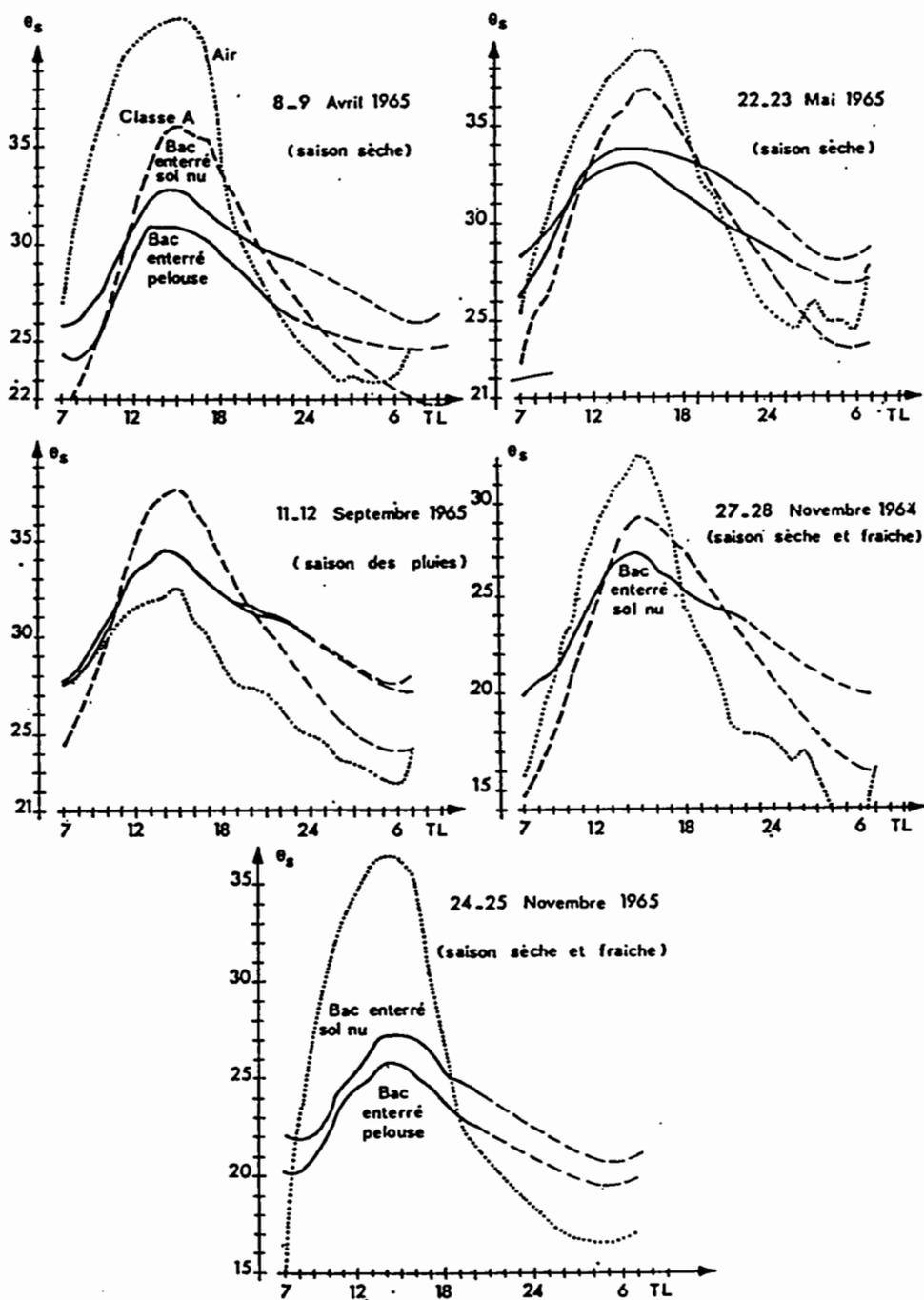


Figure 17

Température de l'eau des bacs à différentes époques de l'année à N'djamena au Tchad (RIOU, 1975)

- Au vent : L'exposition par rapport au vent n'est pas aussi critique que celle par rapport au rayonnement mais il est important que les mouvements d'air ne soient pas totalement arrêtés par des obstacles. Il faudra faire en sorte que les obstacles pouvant faire effet de brise-vent (construction, haies, groupes d'arbres) soient suffisamment éloignés des bacs afin que cet effet soit négligeable (distance d'éloignement = au moins 3 fois la hauteur de l'obstacle).
- Influence de l'environnement immédiat : L'évaporation mesurée à partir des bacs est bien entendu influencée par l'environnement immédiat. Cette influence varie selon la couverture du sol, le type de sol et son état d'humidité, et l'époque de l'année.

Lorsque le bac est enterré dans une pelouse, la plus grande partie de l'énergie solaire incidente au-dessus de cette surface est utilisée pour fournir de la chaleur latente au processus de transpiration ; d'un autre côté, avec la surface de sol nu, la plupart de cette énergie incidente pénètre dans le sol en y formant un réservoir de chaleur dont une partie parviendra jusqu'au bac lui-même et provoquera une augmentation de la température de l'eau et donc de l'évaporation. Pour de strictes raisons de standardisation, les surfaces environnant les bacs devraient toujours être les mêmes, ce qui est irréaliste.

Le guide des pratiques hydrométéorologiques (1965) précise à ce sujet que là où le climat et le sol ne permettent pas normalement de maintenir un couvert végétal approprié, la surface qui entoure les bacs doit être aussi proche que possible de la surface naturelle commune dans la région. En d'autres termes, les bacs d'évaporation ont toutes les chances d'être installés sur sol nu en région aride et sur pelouse en région humide. L'influence de la surface peut être très importante sur l'évaporation du bac.

RIOU (1975) a montré que pour un même site, à Brazzaville, l'évaporation mesurée sur bac ORSTOM - pelouse était de 1413 mm (sur une période de 1 an) pour 1785 mm sur bac ORSTOM - sol nu pour la même période.

ROCHE et DUBREUIL (1960) se sont intéressés aux bacs Colorado de Bol, sur les bords 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 humide du lac, et le second placé sur une île proche du rivage, il y a 700 mm d'écart, soit de 2611 mm/an à 3313 mm/an. 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.

** La pluie dans le bilan des bacs*

Une étude détaillée de ce problème a été réalisée par RIOU (1975). En effet, La pluie est un élément qui peut rendre difficile les mesures d'évaporation. Quand elle dépasse une dizaine de millimètres, elle est en effet supérieure à l'évaporation et peut donc, si l'apport d'eau au bac est mal estimé, être responsable d'une erreur telle que la mesure devienne aberrante.

Il s'agit donc d'évaluer au mieux l'eau "conservée" par le bac après une averse. Il vaut mieux parler d'eau conservée par le bac que de pluie reçue, ce qui reste dans le bac étant en fait la résultante de trois phénomènes : pluie reçue, eau entrant dans le bac après rebond à l'extérieur du bac, eau sortant du bac après rebond sur l'eau, ou par débordement, ou emportée par le vent.

Le pluviomètre standard a pour but d'évaluer le premier terme, mais il est placé à 1,50 m de hauteur. Il est donc nécessaire de placer d'autres pluviomètres près du sol. Pour éviter de recevoir de l'eau par rebondissement de gouttes à l'extérieur, les pluviomètres placés près du sol (0,10 m) pour évaluer ce qui arrive au bac enterré en sol nu, sont entourés d'une fosse anti-rebonds d'une trentaine de centimètres de profondeur.

Pour les bacs pelouse, l'herbe autour des bacs jouant le rôle d'amortisseur lors des chocs des gouttes de pluie, le pluviomètre est installé directement dans la pelouse.

Deux études effectuées à N'djamena et à Brazzaville conduisent aux conclusions suivantes :

- Les pluviomètres au sol donnent des résultats différents suivant leur installation. Celui qui est placé dans la pelouse reçoit moins d'eau (2 à 3 %) que le pluviomètre standard, alors que le pluviomètre placé dans une fosse anti-rebonds sur sol nu en reçoit davantage (1,5 %) du moins quand les pluies sont supérieures à 5 mm.

Si l'on prend comme pluviomètre de référence celui qui est placé au sol dans la pelouse, on constate :

- une surestimation de l'évaporation des bacs placés dans la pelouse,
- une très nette sous-estimation de l'évaporation du bac enterré sol nu,
- pour ce dernier, un pluviomètre placé à côté, dans une fosse, donne des résultats plus satisfaisants.

On voit donc la difficulté qu'il y a à évaluer la pluie effective des bacs et le peu de rigueur qu'il faut attendre de comparaisons de données de différents bacs pendant les épisodes pluvieux.

Cependant, il est quand même possible d'évaluer l'évaporation des bacs par temps pluvieux. Ainsi, lorsqu'il pleut, l'évaporation réelle d'un bac est la somme de l'évaporation mesurée et de la pluie.

L'évaporation mesurée est de signe positif si le niveau observé à la fin de la période est plus bas qu'au début et inversement.

Dans le cas du bac Colorado, il convient de mesurer la quantité d'eau à enlever du bac pour rétablir le niveau et à la déduire de la pluie pour obtenir l'évaporation.

Mais en pratique, surtout en zone tropicale, on n'appliquera cette formule que lorsque la pluie reste inférieure à l'évaporation, c'est à dire lorsque la pointe de mesure reste exondée dans le cas du bac Colorado.

Dans les autres cas, la mesure est supprimée. En effet, lors des fortes averses, la pluviométrie va représenter 10 à 20 fois la valeur de l'évaporation (quelques millimètres seulement) qui sera du même ordre de grandeur que les erreurs à craindre sur la mesure de la pluie. De plus, les fortes averses sont accompagnées d'une brusque et importante augmentation de la vitesse du vent et les vaguelettes qui se forment dans le bac occasionneront des pertes en eau par déversement par dessus le rebord.

** Maintenance des bacs*

- Propreté de l'eau et des bacs : Les opinions sur ce point divergent. Certains considérant avant tout le bac comme un instrument de mesures, recommandent de maintenir l'eau propre et de nettoyer régulièrement les bacs (en effet, le changement de couleur de l'eau, la présence de sédiments en suspension, le développement d'algues ou autre végétation aquatique sont susceptibles de modifier l'évaporation en modifiant les propriétés thermiques de l'eau et l'albédo). D'autres avancent au contraire l'argument de la représentativité par rapport aux nappes d'eau libre.

La solution de juste milieu reste la meilleure. Il faut essayer de rester le plus près possible des conditions naturelles en évitant, si le cas était, que le bac ne devienne un cloaque. Selon la situation, on peut recommander le nettoyage du bac une ou deux fois par an. On peut également recommander de vérifier, à cette occasion, l'état du bac, et la présence de points de fuite éventuels. Celles-ci sont en effet très difficiles à mettre en évidence. La solution la meilleure serait, pour le bac de type Colorado, de procéder à un décapage et à une remise de peinture (avec une peinture identique à la précédente, celle-ci devant être gris-clair neutre).

- Protection contre les animaux : certains observateurs placent des écrans grillagés au-dessus des bacs d'évaporation pour empêcher les oiseaux et autres animaux de venir s'abreuver . Ceci conduit parfois à des erreurs qui peuvent être supérieures à celle que l'on aurait en laissant boire les animaux. L'installation d'un écran peut avoir pour conséquence de diminuer l'évaporation en modifiant le régime du vent ou en arrêtant une partie du rayonnement solaire. Bien entendu dans les régions à fortes saisons sèches, lorsque les points d'eau naturels disparaissent, il est encore préférable d'utiliser de telles protections que de laisser les animaux assoiffés venir vider les bacs.

** Mesure de la température*

Certaines précautions sont à prendre lors de la mesure de la température de l'eau des bacs. Si l'on utilise un thermomètre ordinaire, il convient de l'équiper d'un flotteur de telle façon qu'une fois l'ensemble "posé" sur la nappe d'eau, le thermomètre se trouve à l'horizontale, son réservoir immergé à l'affleurement. Il est nécessaire, pendant la durée de la mesure, de protéger le réservoir du rayonnement solaire direct en créant une zone d'ombre, aussi la durée de la mesure doit-elle être suffisamment longue pour permettre la mise en équilibre thermique mais pas trop pour ne pas provoquer un refroidissement local de l'eau.

L'utilisation d'un radiomètre infra-rouge portable permet, seul, la mesure de la véritable température de surface mais son coût encore très élevé ne permet pas la généralisation de son utilisation.

Le réseau de mesure de l'évaporation sur bac (Classe A et Colorado) en exploitation sur la zone d'étude est précisé dans la partie IV de ce document. Le lecteur dispose de cartes de situation et de listes des stations, regroupées par pays.

TROISIEME PARTIE

**METHODES D'ESTIMATION INDIRECTE
DE L'EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE**

3 - METHODES D'ESTIMATION INDIRECTE DE L'EVAPORATION DES NAPPES D'EAU LIBRE

3.1 Méthode du bilan hydrologique

3.1.1 Présentation de la méthode

a) Méthode

L'eau, élément fluide, est dans l'environnement terrestre dotée d'une dynamique propre, que l'on résume sous l'appellation "cycle de l'eau". Ce cycle a l'avantage d'être à l'échelle humaine et de ce fait observable.

Les phases dynamiques du cycle de l'eau s'exercent entre les phases de stockages plus ou moins longues et stables (océans, lacs, vapeur de l'atmosphère et nuages). L'évaporation est la première des phases dynamiques du cycle, qu'elle amorce en injectant dans l'atmosphère des masses de vapeur d'eau, prises par échange énergétique à la surface des océans, des lacs, des sols ou de la végétation. Emportées par les vents, ces masses de vapeur d'eau se transformeront bientôt en nuages, puis en précipitations de pluies ou de neiges, et engendreront alors rivières et fleuves, ou moins rapidement lacs et nappes, pour aboutir finalement à l'océan et boucler ainsi le cycle hydrologique.

L'évaporation est l'élément invisible de ce cycle et bien sûr donc le plus difficilement mesurable avec précision, ce qui oblige le plus souvent à l'évaluer indirectement.

Le bilan hydrologique consiste à évaluer, pour un système déterminé (lac ou portion de bassin versant), les différents termes du cycle de l'eau sauf l'évaporation qu'on obtient alors par l'équation du bilan.

Soit R les apports par ruissellement (ou avec le signe contraire, les fournitures d'eau), I les pertes par infiltration, P la pluie, E l'évaporation, exprimés en unités de volume, on a, ΔV étant la variation du volume de la retenue :

$$R + P - E - I = \Delta V$$

I est l'élément le plus difficile à évaluer, mais sa valeur est souvent négligeable devant les autres termes, et l'équation peut alors se réduire à :

$$E = P + R - \Delta V$$

ΔV qu'on peut obtenir par des mesures de niveau d'eau n'est pas toujours d'une estimation simple, notamment pour les grands lacs dont la surface "bascule" lors du changement de régime du vent ; ce fut le cas en particulier pour le lac Tchad, dont l'évaporation est estimée par cette méthode.

Le bilan peut être fait sur une année, où l'on a souvent $\Delta V \approx 0$,
soit $E = P + R$.

Il peut être fait inversement pour les périodes où l'on a $P + R = 0$,
soit $E = \Delta V$.

b) Incertitudes sur les termes du bilan hydrique

Dans un bilan, où par définition on ajoute certains termes et retranche d'autres termes, pour obtenir finalement un résultat résiduel qui est ici l'évaporation, il apparaît à l'évidence que ce résultat ne peut être connu avec précision que dans la mesure où son amplitude est d'un ordre supérieur à l'incertitude sur les termes qui ont permis son calcul. Ainsi, avec des pertes par infiltration ou par pompage importantes (et bien souvent mal connues), l'évaporation sera mal déterminée. De même, les périodes où les précipitations sont élevées, d'un ordre de grandeur équivalent ou supérieur à celui de l'évaporation, conduisent à de mauvaises évaluations de l'évaporation par bilan hydrique.

Le pas de temps sur lequel est fait le bilan hydrologique a une influence déterminante sur la précision du bilan et de l'évaporation qui en est extraite. Ainsi un bilan sur une année sera toujours plus précis qu'un bilan mensuel et à fortiori décadaire.

Les incertitudes prévisibles de chacun des termes du bilan hydrologique sont les suivantes :

* Incertitudes sur les cotes du plan d'eau

Les variations limnimétriques du plan d'eau ne seront connues avec une précision convenable que dans la mesure où les erreurs dues aux vagues ou tout autre mouvement d'oscillation en masse affectant la surface de l'eau, resteront minimales devant l'amplitude de la variation limnimétrique elle-même. Ce ne sera plus le cas lors de changements brutaux de la force ou de la direction du vent.

On peut estimer au 1/4 de cm la précision des lectures d'échelles limnimétriques, ce qui porte au 1/2 cm l'incertitude sur l'évaluation d'une variation de niveau.

Avec une évaporation de l'ordre de 20 cm par mois, cela représente donc une erreur relative de l'ordre de 2,5 % pour un mois.

* Incertitude sur la hauteur des précipitations

Devant l'absence générale de pluviomètres situés sur le lac, la hausse du plan d'eau, due aux précipitations, ne peut s'estimer que par des observations effectuées sur des pluviomètres répartis à la périphérie du lac.

L'incertitude sur la pluviométrie peut atteindre 20 %, ce qui représente 20 mm pour une pluviométrie mensuelle de 100 mm, soit une erreur de 10 % sur une évaporation mensuelle de l'ordre de 200 mm. Ces chiffres expliquent l'imprécision qui entache les bilans hydrologiques des mois pluvieux.

* Incertitudes sur les apports

On peut distinguer trois catégories d'apports :

- Les apports par ruissellement sur la proche périphérie des lacs ; ils peuvent être importants en cas de pluies de forte intensité sur des berges souvent désertifiées par la concentration des troupeaux. Ces apports ne sont pratiquement pas mesurables.
- Les apports des cours d'eau, théoriquement identifiables et mesurables.
- Les éventuels apports de drainage de nappes amont ; ceci est relativement rare dans les régions soudano-sahéliennes.

En conclusion, on peut dire que l'importance des incertitudes sur ce terme du bilan est telle qu'il est bien souvent préférable de renoncer à effectuer un bilan hydrologique incertain, durant les périodes où les apports au plan d'eau deviennent importants tout en restant mal connus.

* Incertitudes sur les pertes

On recense diverses catégories de pertes :

- Les pertes par déversement, estimées avec précision quand les plans d'eau sont équipés de déversoirs aval dont l'étalonnage est aisé et précis,
- Les pertes par infiltration, généralement très délicates à estimer correctement (cas du lac Tchad par exemple),
- Les prélèvements par pompage ou autres moyens d'exhaure, eux aussi très difficiles à évaluer.

En conclusion, les infiltrations restent très difficiles à évaluer et le terme résiduel du bilan représente, sans les distinguer, la somme de l'évaporation et de l'infiltration. Par contre de bonnes enquêtes de terrain peuvent permettre une évaluation correcte des volumes pompés.

3.1.2 Exemples d'application

La méthode du bilan hydrologique a été utilisée par GIRARD (1966) pour estimer l'évaporation sur les réservoirs de barrages en région intertropicale semi-aride, le Nord-Est du Brésil.

En Afrique, elle a également été utilisée et notamment dans les régions concernées par cette étude. Les bilans hydrologiques effectués sur le lac de Bam au Burkina Faso et sur le lac Tchad sont développés ci-après à titre d'exemple.

a) Bilan hydrologique du lac de Bam

Les valeurs retenues de 1966 à 1970 sont tirées d'un travail réalisé par IBIZA (1972). Les mesures ont été prolongées jusqu'en décembre 1976 (POUYAUD, 1986).

Les différents termes du bilan hydrologique sont précisés dans l'annexe (I.1) pour la période allant d'octobre 1966 à juillet 1971.

Les évaluations des évaporations mensuelles sont récapitulées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Evaporation du lac de Bam estimée par bilan hydrologique en mm/j (POUYAUD, 1986)

DATE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1966								(5,2)	(4,8)	(5,5)	6,5	5,6	
1967	6,1	6,4	6,6	7,5	7,6	7,5	7,2	(5,1)	(5,7)	6,8	6,5	5,0	6,50
1968	5,4	6,5	6,8	7,1	7,6	6,0	5,6	(6,2)	5,5	5,8	5,6	5,0	6,09
1969	5,1	6,1	7,2	9,0	9,4	8,1	6,8	(5,0)	(5,2)	6,2	6,7	5,5	6,69
1970	5,6	6,3	7,2	7,6	7,5	8,1	6,0	(5,1)	6,0	6,2	6,2	4,4	6,35
1971	5,2	5,6	6,2	7,7	8,4	(6,0)	(6,8)	-	-	-	(7,1) (1)	6,4	(6,46)
1972	5,7	6,7	8,1	7,0	7,4	6,3	6,1	(5,4)	-	(7,2) (1)	6,7	5,6	(6,43)
1973	6,1	6,5	6,8	6,8	(8,1)	(7,3)	(7,4)	-	-	(7,2) (1)	(7,5) (1)	5,5	(6,58)
1974	6,3	6,7	6,8	8,0	8,1	7,7	(6,4)	-	-	(6,9) (1)	(7,2) (1)	(5,9) (1)	(6,67)
1975	6,0	6,3	7,1	8,3	7,6	7,3	(6,6)	-	-	(6,5) (1)	6,2	5,9	(6,54)
1976	5,7	6,4	7,8	7,3	(6,8)	(8,0)	(6,8)	(4,5)	(5,0)	(6,3) (1)	6,5	5,8	(6,41)
65/70 MOY.	5,6	6,3	6,9	7,8	8,0	7,4	6,4	(5,3)	(5,4)	6,1	6,3	5,1	6,38
71/76 MOY.	5,8	6,4	7,1	7,5	(7,7)	(7,4)	(6,7)	(5,0)	(5,0)	(6,6) (1)	(6,5)	(5,8)	6,47
MOYENNE 66/76	5,7	6,3	7,0	7,6	7,8	7,4	6,6	5,2	5,2	6,3	6,4	5,5	6,42

Les valeurs portées entre parenthèses traduisent une large imprécision du bilan causée par des pluies accompagnées ou non de ruissellements. Les tirets des mois de plein hivernage correspondent à des valeurs non calculées de l'évaporation par suite d'importants apports non évalués du réseau hydrographique.

La lettre (i), qui suit certaines valeurs mensuelles de l'évaporation, indique qu'elles sont certainement entachées d'erreurs dues aux infiltrations imparfaitement prises en compte.

b) Bilan hydrologique du lac Tchad

Il a été effectué à de multiples reprises par différents auteurs. A l'ORSTOM, BOUCHARDEAU et LEFEVRE (1957), TOUCHEBOEUF de LUSSIGNY (1969), CHOURET (1975) et enfin VUILLAUME (1981) proposent des bilans plus ou moins complets du lac sur diverses périodes. A titre d'illustration, l'annexe (I.2) présente les valeurs mensuelles des différents termes du bilan pour la période allant de mai 1968 à mai 1977 d'après VUILLAUME (1981).

POUYAUD (1986) propose le tableau 2 regroupant les moyennes mensuelles de l'évaporation du lac calculées sur la période allant de 1965 à 1978 :

Tableau 2 : Evaporation du lac Tchad estimée par bilan hydrologique (POUYAUD, 1986)

La méthode du bilan hydrologique a également été utilisée sur la mare d'Oursi (Burkina Faso) par POUYAUD (1986) et sur le lac de Guiers (Sénégal) par COGELS & al. (1991). Les résultats se trouvent dans les annexes (III.2) et (III.13).

3.2 Ajustement de relation de type "DALTON"

3.2.1 Loi de Dalton sur bac

La loi de Dalton a été précisée dans la première partie de ce document au paragraphe 1.3.1

* RIOU (1975) a appliqué la loi de DALTON sur des bacs d'évaporation. Ces bacs sont de deux types :

- bacs enterrés installés sur sol nu,
- bacs enterrés installés au milieu d'un anneau de garde formé de pelouse.

S'appuyant sur des mesures réalisées dans plusieurs stations d'Afrique Centrale (Tchad, République Centrafricaine, Congo), il a précisé la valeur du coefficient b et ses variations avec la vitesse du vent. Il a obtenu les résultats suivants :

- En zone sèche, où le vent est en général supérieur à 1,20 , le coefficient b est pratiquement constant pour les bacs enterrés sol nu, et égal à 0,24 avec le type d'anémomètre utilisé, et l'on peut écrire :

$$E \text{ bac enterré, sol nu} = 0,24 U_2 (es - ed)$$

U_2 est la vitesse du vent à 2 m exprimée en m/s, E est en mm/j et es et ed en mb.

- En ce qui concerne les bacs enterrés pelouse, aussi bien en zone humide qu'en zone sèche au sein d'un anneau de garde, le coefficient b est relativement sensible au vent, surtout quand la vitesse de celui-ci est inférieure à 1,80 m/s, et il augmente de 30 % quand cette vitesse passe de 1,80 m/s à 0,90 m/s.

Pour des vitesses de vent comprises entre 1,10 et 1,40 m/s, les deux coefficients, celui du bac sol nu et celui du bac pelouse, sont très proches : c'est le cas en particulier de presque toute la saison sèche à N'djamena.

Les graphiques des figures 18, 19 et 20 extraits de RIOU (1975) illustrent les résultats précédents.

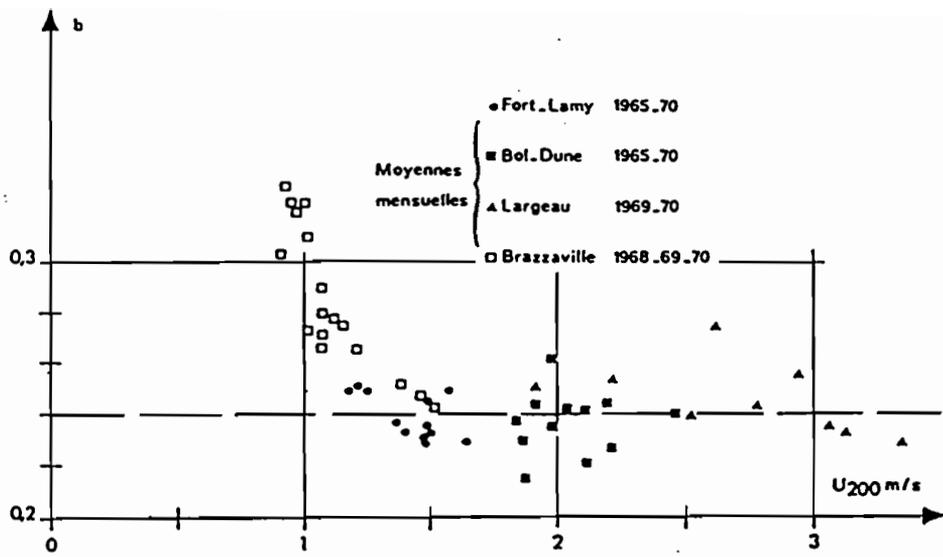


Figure 18

Coefficient b (coefficient de Dalton) et vitesse du vent pour les bacs enterrés "sol nu" (RIOU, 1975)

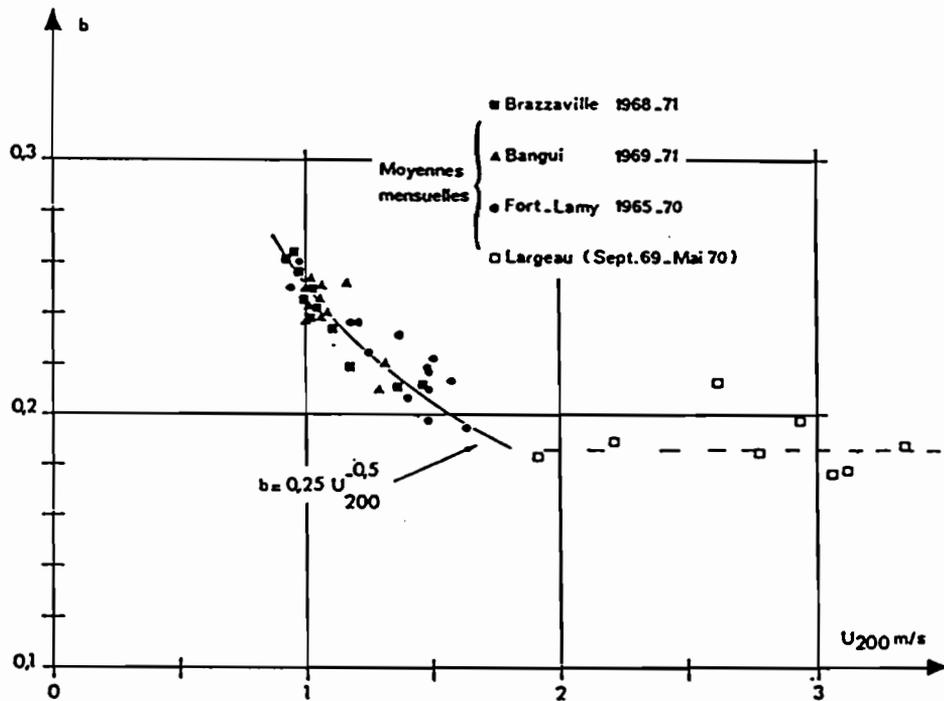


Figure 19

Coefficient b et vitesse du vent pour les bacs enterrés "pelouse" (RIOU, 1975)

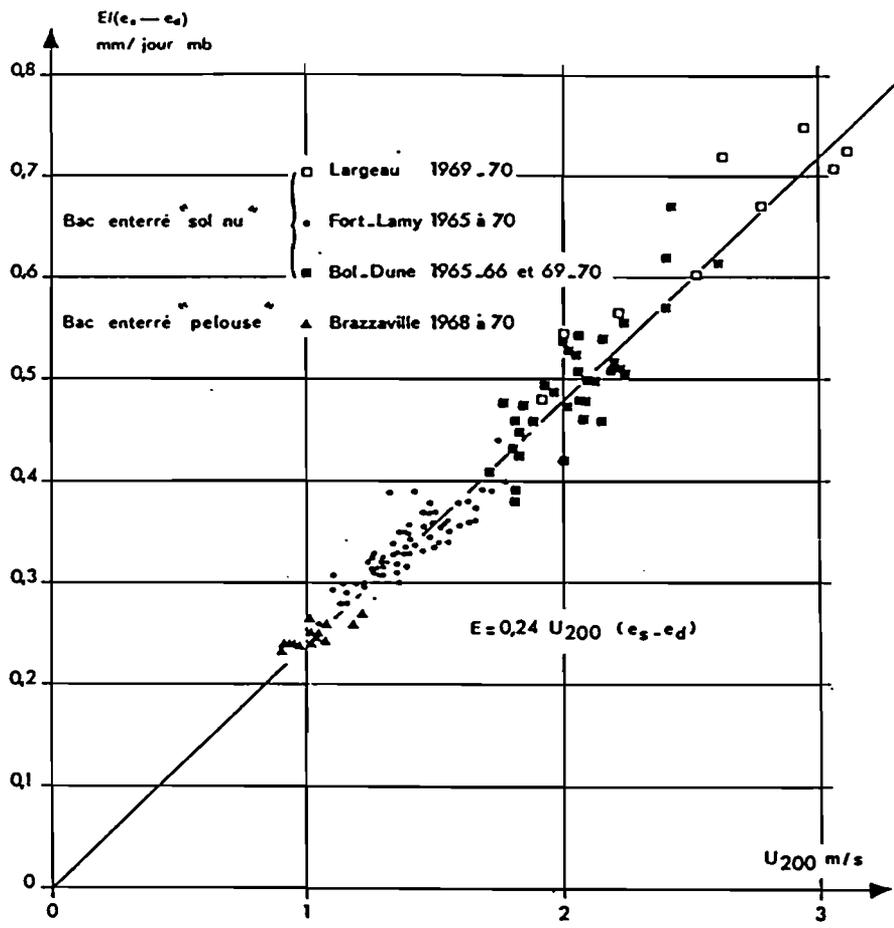


Figure 20
 Comparaison du coefficient $E/(e_s - e_d)$ et de la vitesse du vent pour les bacs enterrés (RIOU, 1975)

* POUYAUD (1986) a utilisé les mesures d'évaporation sur bac Colorado des stations de St-Paul (Lac de Bam) et de Jalafanka (Mare d'Oursi) au Burkina Faso, afin de déterminer statistiquement la fonction vent de l'équation de Dalton : $f(u) = b_0 + bu$.

Dans le cas de St-Paul, il obtient l'ajustement suivant :

$$f(u) = 0,311 + 0,094 U^2 \quad , \text{ pour 40 valeurs avec } r = 0.84$$

soit

$$E \text{ bac enterré} = (0,311 + 0.094 U^2). (e_s - e_d)$$

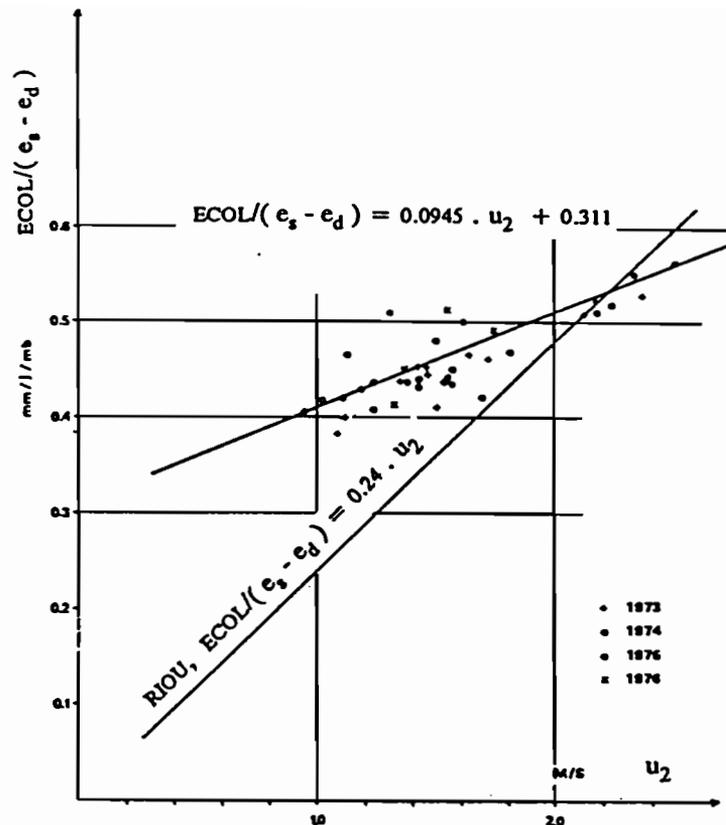


Figure 21
Formule de Dalton pour le bac Colorado de St-Paul (POUYAUD, 1986)

A la station de Jalafanka, il obtient :

$$f(u) = 0,36 + 0,101 U_2 \quad , \text{ pour 60 valeurs avec } r = 0.58$$

soit

$$E \text{ bac enterré} = (0.36 + 0.101 U_2) . (e_s - e_d)$$

Le dernier coefficient de corrélation est médiocre mais encore significatif.

3.2.2 Loi de Dalton sur lac

POUYAUD (1986) a appliqué la formule de Dalton dans le cas du lac de Bam (Burkina Faso).

Soit E LAC, l'évaporation mensuelle du lac mesurée par bilan hydrologique de 1973 à 1976, on a :

$$E \text{ LAC} = (0.266 + 0.029 U_2) (e_s - e_d) , \text{ pour 22 valeurs avec } r = 0.47$$

La régression se révèle donc décevante.

Il s'est ensuite intéressé au rapport $E / [(es - ed) \cdot U_2]$. Ce dernier s'exprime en fonction de u de façon beaucoup plus satisfaisante, sous forme de fonction en $a + \beta \cdot u$, $a + \beta/u$ ou $a \cdot u^\beta$:

$$E / [(es - ed) \cdot U_2] = 0,370 - 0,103 \cdot U_2 \quad \text{avec } r = 0,89$$

$$E / [(es - ed) \cdot U_2] = 0,0203 + (0,279 / U_2) \quad \text{avec } r = 0,95$$

$$E / [(es - ed) \cdot U_2] = 0,294 \cdot U_2 - 0,869 \quad \text{avec } r = 0,95$$

Afin de définir la formule de Dalton sous forme monôme, il a examiné les variations du rapport $E / [(es - ed) \cdot U_2]$. On constate que sa valeur moyenne approximative passe de 0,197 en 1973, à 0,207 en 1974 et 0,218 en 1975, soit une valeur moyenne interannuelle 1973-1976 de 0,204.

Une formule de Dalton sous forme monôme, applicable au lac de Bam serait :

$$E_{LAC} = 0,204 \cdot U_2 \cdot (es - ed)$$

3.2.3 Formules dérivées de la formule de DALTON

* POUYAUD (1986) a établi différentes corrélations à partir des données obtenues sur la station de St-Paul (lac de Bam, Burkina Faso).

ELAC est l'évaporation du lac obtenue par bilan hydrologique.

@ corrélations directes entre moyennes mensuelles

$$E_{LAC} = 1,47 + 0,170 (es - ed) + 1,01 U_2 \quad \text{avec } r = 0,95 \text{ (a)}$$

$$E_{LAC} = 1,22 (es - ed) + 0,520 U_2 + 0,244 \quad \text{avec } r = 0,94 \text{ (b)}$$

@ corrélations directes entre moyennes décadaires

$$E_{LAC} = 0,75 + 0,172 (es - ed) + 1,51 U_2 \quad \text{avec } r = 0,93 \text{ (c)}$$

$$E_{LAC} = 1,06 (es - ed) + 0,558 U_2 + 0,333 \quad \text{avec } r = 0,92 \text{ (d)}$$

@ corrélations directes entre moyennes interannuelles

$$E_{LAC} = 0,34 + 0,202 (es - ed) + 1,31 U_2 \quad \text{avec } r = 0,96$$

$$E_{LAC} = 0,830 (es - ed) + 0,637 U_2 + 0,321 \quad \text{avec } r = 0,94$$

Ces corrélations établies sur le lac de Bam ont été testées sur les mares d'Oursi et de Ganadaouri (petite mare située à quelques km au nord de celle d'Oursi ; elle reste toujours libre de végétation).

Il semblerait que, malgré l'imprécision des estimations et l'incertitude sur leur représentativité, une certaine concordance se dégagerait entre les valeurs de l'évaporation de la mare d'Oursi mesurées et obtenues par les formules (a) et (b).

Par contre, la concordance serait meilleure entre l'évaporation de la mare de Ganadaouri mesurée et calculée par les formules (c) et (d).

* Autres relations rencontrées dans la littérature

Dans les formules suivantes, E et e ont la même unité.

@ formule de ROHWER

$$E = 0.40 (1 + 0.27 u_0) (es - ed)$$

avec u_0 en miles/heure à la surface.

@ Formules de PENMAN (1948)

$$E = 0.40 (1 + 0.17 U2) (es - ed)$$

avec U2 en miles/heure à 2 m.

$$E = 0.35 (1 + U2/100) (es - ed)$$

avec U2 en miles/jour à 2 m.

@ évaporation du lac Hefner (USA)

$$E = (0.00304 U4) (es - e2)$$

avec $e2$ à 2 m et U4 en miles/jour à 4 m.

3.3 Méthodes utilisant le bilan d'énergie

Ces méthodes reposent toutes sur l'équation du bilan énergétique que l'on peut écrire simplement :

$$LE + H = Q_n = - R_n - G$$

avec :

- L chaleur latente de vaporisation
- E évaporation
- H chaleur transmise à l'atmosphère
- R_n rayonnement net
- G flux calorifique transmis par la face inférieure à l'eau sous jacente
- Q_n flux d'énergie utilisable

Le bilan d'énergie permet de calculer l'un des trois termes E, H ou Qn lorsque les deux autres sont connus. En pratique on peut évaluer relativement facilement le flux utilisable Qn par des mesures ou par des formules plus ou moins empiriques. Mais E et H sont difficilement mesurables directement et il faut introduire une relation complémentaire, qui permette une résolution indirecte du problème.

3.3.1 Rapport de BOWEN

Il est défini comme le rapport du flux de chaleur sensible au flux de chaleur latente.

Dans le cas des nappes d'eau libre, où l'on peut mesurer aisément la température de surface, ce rapport est souvent donné sous la forme :

$$H / LE = \gamma (T_s - T_z) / (e_s - e_z)$$

avec :

H	chaleur transmise à l'atmosphère
L	chaleur latente de vaporisation
E	évaporation
γ	constante psychométrique
e_s	pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante T_s
e_z et T_z	pression de vapeur d'eau et la température au niveau z

Malgré quelques limitations, la méthode de BOWEN rencontre un succès mérité et nombreux sont les auteurs qui l'utilisent dans leurs travaux. En ce qui concerne son application aux lacs on peut citer les travaux de ANDERSON (1954), KEIJMAN (1974), HOY et STEPHENS (1979), OMAR et EL-BAKRY (1981), etc .

3.3.2 Formule de PENMAN

a) La formule

La formule de PENMAN est dérivée de celles de BOWEN et de DALTON. Elle se présente comme la somme de deux termes :

- un terme résultant du bilan radiatif, ϕ (R_n)
- un terme advectif associé aux caractéristiques propres de la masse d'air, ϕ (E_a)

On a donc :

$$E = [\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n / L) + [\gamma / (\Delta + \gamma)] E_a$$

avec :

R_n	rayonnement net
L	chaleur latente de vaporisation
γ	constante psychométrique
Δ	pente de la courbe de pression de vapeur d'eau saturante en fonction de la température
E_a	pouvoir évaporant de l'air

Le rayonnement net peut être évidemment mesuré, mais c'est rarement le cas et il est en général estimé par une relation du type de celles examinées au paragraphe 1.2.1 c.

Le terme E_a est obtenu par la loi de DALTON, dont la fonction du vent est ajustée localement à partir des mesures en bac.

Cette formule est très utilisée et donne de bons résultats dans la pratique.

b) Exemples d'application

L'évaporation Penman a été calculée pour chaque mois :

- de janvier 1973 à avril 1976 au lac de Bam (station de St-Paul)
- de 1977 à 1981 à la mare d'Oursi (station de Jalafanka)

Les tableaux des annexes (II.1) et (II.2) présentent ces différents résultats.

Ces résultats ont été comparés aux valeurs de E_{lac} obtenues pendant les mêmes périodes par bilan hydrologique sur le lac de Bam et la mare d'Oursi (POUYAUD, 1986).

L'évaporation PENMAN calculée selon la formule classique surestime l'évaporation de nappes d'eau comparables à la mare d'Oursi, au lac de Bam, ou encore au lac Tchad. Il est nécessaire d'utiliser une formule dérivée écrite sous la forme :

$$E = [\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n / L) + [k_c / (\Delta + \gamma)] E_a$$

Cette formule donne des résultats satisfaisants à l'échelle annuelle en prenant $k = 0.59$ dans le cas du lac Tchad (RIOU, 1972) et $k = 0.76$ dans le cas du lac de Bam. A l'échelle mensuelle la valeur de k est fonction du mois considéré et de ses caractéristiques climatiques (Cf. tableau 3).

Tableau 3 : Moyennes mensuelles interannuelles de divers paramètres avec $a = 0.08$ pour le lac de Bam (POUYAUD, 1986)

3.3.3 Formule de PRIESTLEY et TAYLOR

a) La formule

SLATYER et Mc ILROY (1961) considèrent que le premier terme de la formule de Penman représente la limite inférieure de l'évaporation d'une interface évaporante lorsqu'elle est "en équilibre" avec l'atmosphère environnante et définissent ainsi l'évaporation à l'équilibre E_e :

$$E_{To} = [\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n / L)$$

Les conditions d'équilibre, définies ci-dessus, se rencontrent exceptionnellement dans les conditions naturelles, même au dessus de l'océan, car la couche limite atmosphérique n'est jamais parfaitement homogène et renferme des zones de perturbations occasionnelles. Dans ces conditions persiste constamment un déficit résiduel de saturation de l'atmosphère, y compris au-dessus de l'océan.

Ce concept de l'évaporation d'équilibre E_e peut néanmoins servir de référence à une relation empirique qui lui compare l'évaporation E_{pe} d'une interface évaporante dans les conditions minimales d'advection. PRIESTLEY et TAYLOR (1972) proposent pour cela une relation du type :

$$E_{pe} = \alpha E_{To} = \alpha [\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n / L)$$

L'analyse de données diverses portant sur l'océan et des surfaces terrestres saturées les ont conduits à proposer une valeur universelle et constante de $\alpha = 1.26$. Cette valeur a été notamment confirmée par STEWART et ROUSE (1976) pour les lacs et mares peu profonds, puis par de multiples autres auteurs.

b) Exemple d'application

L'évaporation de Priestley et Taylor a été calculée pour chaque mois :

- de janvier 1973 à avril 1976 au lac de Bam (station de St-Paul)
- de 1977 à 1981 à la mare d'Oursi (station de Jalafanka)

Les tableaux des annexes (II.1) et (II.2) présentent ces différents résultats.

Ces résultats ont été comparés aux valeurs de E_{LAC} obtenues pendant les mêmes périodes par bilan hydrologique sur le lac de Bam et la mare d'Oursi (POUYAUD, 1986).

L'évaporation de Priestley et Taylor sous-estime d'environ 10 % l'évaporation réelle de nappes d'eau comparables par la taille et la situation climatique au lac de Bam.

Pour des nappes d'eau de plus grandes dimensions (ou placées dans des conditions moins drastiques), il semble que l'évaluation de l'évaporation donnée par la formule de PRIESTLEY-TAYLOR est plus satisfaisante. C'est ce qui ressort notamment des valeurs calculées pour le lac Tchad (RIOU, 1975).

3.4 Formules empiriques

3.4.1 *Transposition entre l'évaporation des bacs et l'évaporation des nappes d'eau libre par l'utilisation d'un coefficient*

a) Comparer l'évaporation d'un bac d'évaporation et celle d'une grande retenue d'eau pose un certain nombre de problèmes (RIOU, 1981)

* Echanges de chaleur par les parois

Ces échanges sont négligeables pour les grandes retenues, non pour les petits réservoirs, en particulier pour les réservoirs placés au-dessus du sol, comme le bac classe A, dont la paroi absorbe de l'énergie solaire, malgré sa couleur argentée fortement réfléchissante.

Pour les bacs enterrés, une expérience effectuée par des journées très chaudes et très ensoleillées, en climat tropical sahélien, a montré que ces échanges étaient peu importants.

* Inertie thermique de la masse d'eau

Pour des retenues profondes, et étendues, l'échauffement de la masse d'eau ou son refroidissement sont plus longs que pour un petit réservoir, il s'en suit un déphasage entre les évaporations.

Ceci ne joue guère pour les bacs ou retenues de faible profondeur ; cette différence d'inertie intervient cependant à l'échelle de la journée quand on compare un bac enterré et un bac placé sur le sol.

* Effet du rebord

Pour des raisons pratiques un petit réservoir enterré possède un rebord qui empêche l'eau d'entrer ou de sortir, quand la surface est agitée par le vent, ou quand il y a du ruissellement.

Ce petit rebord constitue un brise vent qui perturbe la vitesse du vent à la surface de l'eau.

* Effet de la surface

Le vent aborde une grande retenue d'eau en zone sèche et chaude, en étant lui même sec et chaud ; en se déplaçant sur l'eau, l'air se charge de vapeur d'eau et perd de la chaleur ; à une certaine distance du bord d'attaque de l'eau le "micro-climat" est devenu plus frais et plus humide et l'évaporation a diminué.

Ainsi les petites surfaces évaporantes dans ces conditions évaporent davantage que les grandes ; c'est "l'effet d'oasis".

On peut ajouter, que la vitesse du vent augmente sur une surface lisse comme celle d'un bac, ce qui tend à compenser l'effet d'oasis, mais insuffisamment.

b) Transposition bac-lac par utilisation d'un coefficient

Les méthodes qui utilisent l'évaporation mesurée sur bac (EBAC) pour estimer l'évaporation (ELAC) qui se produirait dans les mêmes conditions climatiques sur une nappe d'eau étendue ont fait l'objet de nombreuses études.

Des estimations fiables d'évaporation annuelle de lac peuvent être obtenues en appliquant les coefficients appropriés à des évaporations observées sur bac. On fait l'hypothèse qu'à l'échelle annuelle, les changements de stockage de chaleur du lac sont négligeables.

Les coefficients sont déterminés en comparant les évaporations bac avec des évaporations observées sur lac. Fréquemment les coefficients sont basés sur des comparaisons avec l'évaporation de bacs très grands qui sont considérés comme des lacs très fermés.

Les coefficients bac-lac varient en fonction de la taille et du type de bac, du type d'installation (enterré ou aérien), et de facteurs climatiques.

* Le coefficient bac-lac pour un bac donné est sensible au régime climatique.

+ ROCHE (1958), lors de l'étude de l'évaporation en Afrique Noire Française propose d'adopter comme rapport EBAC (bac enterré) / ELAC les chiffres suivants :

- climat subdésertique	0.65 à 0.70
- climat sahélien	0.70 à 0.80
- climat tropical	0.75 à 0.85
- climat tropical de transition	0.85 à 0.90
- climat équatorial	0.90 à 0.95

Les bacs enterrés de référence sont supposés installés en dehors de tout microclimat humide, sinon tous ces rapport seraient à majorer.

+ Ce résultat est repris par LERIQUE (1965) qui considère que dans les régions forestières équatoriales, l'évaporation sur bac est très proche de ce qui s'évapore réellement sur une nappe d'eau libre et le coefficient de passage bac-nappe d'eau est voisin de 1.

* Le coefficient bac-lac est sensible au type de bac

+ Les valeurs types de coefficients bac-lac établies par différents auteurs (Rohwer, 1934 ; Kolher, 1954 ; Gangopadhyaya & al., 1966 ; Shnitnikov, 1974) sur des bases annuelles sont :

0.80	pour le bac Colorado,
0.70	pour le bac classe A.

+ D'après les travaux de POUYAUD (1985), selon les dimensions des nappes d'eau et le degré d'aridité, on peut retenir une valeur moyenne annuelle des rapports ELAC/EBAC :

0.68 à 0.73	pour le bac Colorado sol nu,
0.50 à 0.68	pour le bac classe A,
0.90	pour le bac Colorado pelouse.

Ces résultats permettent une estimation de l'évaporation annuelle d'un lac dans des conditions soudano-sahéliennes et compte tenu de l'ordre de grandeur de sa superficie.

+ Lors de l'étude hydrologique de la Bini à Warak (Cameroun, ANONYME, 1988), les coefficients suivants ont été proposés pour les régions africaines à régime tropical :

0.70 à 0.80	pour un bac Classe A,
0.80 à 0.90	pour un bac Colorado enterré,
0.90 à 1.00	pour un bac enterré sur pelouse permanente.

3.4.2 Régressions linéaires simples entre l'évaporation des bacs et l'évaporation des nappes d'eau libre

POUYAUD (1986) a établi des corrélations entre les valeurs de Elac obtenues par le bilan hydrologique et les mesures d'évaporation sur bacs, Ebac pour deux lacs sahéliens : le lac de Bam (Burkina Faso) et le lac Tchad.

a) Cas du lac Tchad

Les valeurs de EBAC prises en compte sont celles mesurées sur bac Colorado installé sur sol nu à la station de Bol Matafo.

La corrélation est faite avec douze couples de valeurs moyennes mensuelles interannuelles. Elle s'écrit :

$$ELAC = 0.645 EBAC + 0.318 \quad \text{avec } r = 0.91$$

b) Cas du lac de Bam

* Corrélations entre ELAC et ESN

ESN est l'évaporation mesurée sur bac Colorado installé sur sol nu à la station de St-Paul.

L'échantillon est composé de 25 couples de valeurs mensuelles. On obtient :

$$ELAC = 0.411 ESN + 2.716 \quad \text{avec } r = 0.93$$

$$ELAC = 1.755 ESN^{0.591} \quad \text{avec } r = 0.94$$

* Corrélations entre ELAC et ECLA

ECLA est l'évaporation mesurée sur bac Classe A installé sur sol nu à la station de St-Paul.

Seuls 21 couples de valeurs mensuelles sont disponibles. La régression linéaire, moins satisfaisante que pour le bac Colorado, reste néanmoins bonne, mais l'ajustement à une fonction puissance est cette fois nettement meilleur :

$$ELAC = 0.368 ECLA + 3.035 \quad \text{avec } r = 0.85$$

$$ELAC = 1.664 ECLA^{0.602} \quad \text{avec } r = 0.93$$

* Corrélations entre ELAC et EPEL

EPEL est l'évaporation mesurée sur bac Colorado installé sur pelouse à la station de St-Paul.

Cette corrélation ne repose que sur 14 couples de valeurs. La régression linéaire conduite sur cet échantillon restreint est satisfaisante, moins toutefois que l'ajustement à une fonction puissance :

$$\text{ELAC} = 0.438 \text{ EPEL} + 3.357 \quad \text{avec } r = 0.91$$

$$\text{ELAC} = 2.385 \text{ EPEL}^{0.510} \quad \text{avec } r = 0.93$$

3.4.3 Quelques améliorations

- * L'approche par les coefficients de bac permet d'obtenir une estimation approximative de l'évaporation d'un lac à l'échelle de l'année. La méthode de la "pan conversion" semble plus satisfaisante. Elle consiste à faire le rapport entre l'équation de transfert de masse du lac et du bac afin d'obtenir le taux moyen d'évaporation du lac E :

$$E = K_{pa} [(e_s - e_a)/(e_{pa} - e_a)] E_{pa}$$

avec :

E_{pa} taux d'évaporation du bac
 e_s pression de vapeur saturante à la température de la surface de l'eau du lac
 e_{pa} pression de vapeur saturante à la température de la surface de l'eau du bac
 e_a pression de vapeur de l'air à une station de référence
 K_{pa} constante empirique, déterminée pour chaque site

Cette méthode a été testée par KOLHER (1954), WEBB (1966), HOY et STEPHENS (1979) au lac Hefner (USA).

Pour cette méthode, on a seulement besoin de la température de surface de l'eau du lac ; les autres données peuvent être obtenues sur une simple station météorologique.

- * RIOU (1972) propose une approche théorique qui détermine le "coefficient de bac" par rapport à diverses grandeurs climatologiques. Ainsi il propose la formule suivante pour passer de E BAC à E nappe :

$$E_{nappe} = [(\Delta + 2\gamma)/(\Delta + \gamma)] [E_{BAC} - (2\gamma - 0.59)(\Delta + 2\gamma) E_a]$$

avec :

Δ pente de la courbe de pression de vapeur d'eau saturante en fonction de la température,
 γ coefficient psychométrique,
 E_a évaporation d'une surface dont la température serait celle de l'air mesurée sous abri.

Par cette méthode, l'évaporation du lac Tchad est estimée à 2340 mm/an contre 2350 mm/an par le bilan hydrologique.

3.4.4 Relations entre l'évaporation et d'autres éléments du climat

a) Relation entre évaporation et température

Les corrélations obtenues, à partir des valeurs mensuelles interannuelles (1973 à 1976) à la station de St-Paul, lac de Bam (Burkina Faso), sont les suivantes :

$$ELAC = 0.220 \text{ Tabri} + 0.315 \quad \text{avec } r = 0.80 \text{ (12 mois)}$$

$$ELAC = 0.206 \text{ Tabri} + 0.930 \quad \text{avec } r = 0.95 \text{ (10 mois) (sans août et septembre)}$$

avec :

ELAC évaporation du lac,
Tabri températures mesurées sous abri.

RIOU (1972) avait obtenu des résultats comparables entre l'ETP (c'est à dire l'évapotranspiration potentielle que l'on sait voisine de l'évaporation de grandes nappes d'eau) et les températures sous abri à N'djamena, Bangui et Brazzaville. La température maximale moyenne Tmax est encore plus significative, car elle intègre mieux les effets de la pluviométrie et de l'humidité de l'air.

Il n'est pas surprenant de voir, dans la relation entre Elac et Tmax, les mois de plein hivernage (août et septembre) rentrer dans la norme. Par contre les mois de saison chaude (mai, juin, juillet) paraissent s'écarter quelque peu de la droite de régression établie pour les autres mois ; les corrélations sont très significatives :

$$ELAC = 0.289 \text{ Tmax} - 3.67 \quad \text{avec } r = 0.88 \text{ (12 mois)}$$

$$ELAC = 0.286 \text{ Tmax} - 3.77 \quad \text{avec } r = 0.96 \text{ (9 mois) (sans mai, juin, juillet)}$$

A N'djamena (Tchad), RIOU (1972) proposait :

$$ETP = 0.30 \text{ Tmax} - 5.5$$

A Bol Matafo (lac Tchad), il proposait :

$$ETP = 0.30 \text{ Tmax} - 4.5$$

Ces résultats montrent que les formules empiriques anciennes, qui proposent une évaluation de l'évaporation à partir des seules températures moyennes de l'air, ne peuvent (dans le meilleur des cas) donner des résultats corrects que dans la zone climatique qui les a vu naître.

Cependant les résultats de RIOU (1972) et POUYAUD (1986) montrent une assez remarquable convergence qui devrait permettre de calculer au moins l'évaporation annuelle à partir des moyennes annuelles de températures sous abri, ou mieux encore de la moyenne annuelle des températures maximales, cela dans toute la zone soudano-sahélienne, caractérisée par la prédominance de la saison sèche sur la saison des pluies.

b) Relation entre évaporation et rayonnement

La corrélation établie sur 10 mois (août et septembre exceptés) avec les moyennes mensuelles interannuelles de la station de St-Paul (lac de Bam) est satisfaisante. Le rayonnement global R_g est exprimé en mm/j équivalents :

$$ELAC = 0.970 R_g - 2.84 \quad \text{avec } r = 0.95 \quad (10 \text{ mois}) \text{ (sans août et septembre)}$$

MAKKINK (1957) proposait une relation simple entre l'évaporation et le rayonnement global satisfaisante à l'échelle moyenne :

$$E = a \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] R_g + b$$

$$\text{avec } a = 0.61 \text{ et } b = -0.12 \text{ (en mm/j)}$$

Initialement mise au point pour un gazon bien irrigué, cette formule est aussi utilisable pour les lacs peu profonds d'après STEWART et ROUSE (1976).

La formule de MAKKINK conduit à examiner la corrélation entre ELAC et $\left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] R_g$ à St-Paul.

Si l'on excepte les valeurs d'août et de septembre, on peut établir une régression linéaire satisfaisante entre les moyennes mensuelles interannuelles :

$$ELAC = 0.83 \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] R_g + 0.35 \quad \text{avec } r = 0.96 \text{ pour 10 mois} \\ \text{(sans août et septembre)}$$

L'examen du rapport $ELAC / \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] R_g$ est aussi très significatif puisque ce rapport, dont la valeur annuelle est de 0.86, évolue entre 0.83 et 0.93 si l'on excepte les mois d'août et septembre.

Ce résultat est à rapprocher de la *formule de WALKER*, citée par RIOU, qui établit pour l'ETP :

$$ETP = 0.80 \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] R_g$$

QUATRIEME PARTIE

RECAPITULATION DES MESURES EXISTANTES

4 - RECAPITULATION DES MESURES EXISTANTES

4.1 Types de sites d'étude et de mesure de l'évaporation

4.1.1 *Mesures en site expérimental*

On peut distinguer deux grands types de sites expérimentaux : les sites d'études de l'évaporation au sens strict et les autres sites de mesures de l'évaporation.

a) Sites d'études de l'évaporation

L'évaporation de plusieurs lacs africains a fait l'objet d'études poussées. Ce sont le lac Tchad, le lac de Bam et la mare d'Oursi au Burkina Faso, et le lac de Guiers au Sénégal.

L'évaporation de ces lacs a été mesurée par plusieurs méthodes, mises en oeuvre en même temps. Par conséquent, pour un même lieu et pour une période donnée, on dispose des valeurs d'évaporation obtenues par bilan hydrologique, sur différents types de bacs et parfois par la formule de Penman. Ainsi pour le lac de Bam, les données sont disponibles sur au moins dix ans (1966 à 1976), et sur presque 15 ans pour le lac Tchad (1965 à 1978) et le lac de Guiers (1986 à 1989).

Les stations composant le dispositif mis en place par RIOU (1975) lors de son étude de l'évaporation en Afrique Centrale seront également classées dans ce paragraphe. Ces stations sont, en allant du Nord vers le Sud : N'djamena, Ba-illi et Bebedjia pour le Tchad, Bangui en République Centrafricaine et Brazzaville au Congo. Comme pour les sites précédents, on dispose pour ces stations de mesures d'évaporation sur bacs différents et de calculs d'évaporation selon la formule de Penman, et cela sur plusieurs années (cinq ans en moyenne).

Les données obtenues sur ces stations ont été étudiées, comparées entre elles. Elles constituent des données de référence. Cependant ces sites sont peu nombreux.

b) Autres sites de mesure de l'évaporation

Sur ces sites, l'évaporation est un élément mesuré parmi beaucoup d'autres. Ce n'est pas l'élément essentiel.

Parmi ces sites, il convient de séparer les sites de mesures d'autres sites où l'évaporation est seulement estimée et non mesurée.

* Sites de mesures

La plupart des sites sont des petites stations météorologiques installées par l'ORSTOM dans le cadre de l'étude hydrologique de bassins versants. Les mesures d'évaporation sont réalisées le plus souvent sur bacs évaporatoires ; parfois, la formule de Penman ($a = 0.05$) est utilisée.

Enfin, dans certains cas, l'évaporation de nappe d'eau libre, dans la région étudiée, est estimée à partir des résultats obtenus sur bacs.

Ces sites présentent l'avantage de couvrir une surface étendue. Cependant, les mesures ne sont effectuées que sur des périodes relativement courtes : une, deux ou trois années voire au mieux cinq années.

* Sites où l'évaporation est estimée

Certains sites ou bassins ne disposent pas d'appareils permettant la mesure de l'évaporation. Pour ces sites, l'évaporation est alors estimée à partir des résultats obtenus sur les bacs ou des calculs d'évaporation Penman réalisés sur les sites cités dans les paragraphes ci-dessus.

C'est le cas notamment pour l'estimation de l'évaporation de nombreux barrages ou retenues lors des études de préfaisabilité.

La liste et la localisation des sites expérimentaux est précisée au paragraphe 4.2.1.

4.1.2 Mesures des réseaux climatologiques

a) Stations de mesures

Les mesures d'évaporation réalisées sur les stations des réseaux climatologiques sont le plus souvent effectuées sur des bacs Classe A.

Les données de la période 1970-1978 ont été fournies par les bulletins mensuels de l'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique). Pour certains pays, les données des bulletins météorologiques nationaux ont été utilisées, les données ASECNA ne donnant pas de mesures d'évaporation. Mais, pour ces pays, les données sont postérieures à 1978.

b) Précision et utilisation de mesures des stations climatologiques

On trouvera dans l'annexe (IV) des tableaux de données détaillées pour chacune des stations climatologiques, regroupées pays par pays.

Des coefficients de variation ont été calculés sur les valeurs annuelles d'évaporation quand cela était possible. Sur la base des calculs identiques réalisés sur des mesures de bac Classe A en site expérimental (Lac de Guiers au Sénégal, par exemple), il a été tenté d'évaluer la qualité des résultats obtenus en stations climatologiques.

Ainsi, dans les stations où le CV est inférieur ou égal à 5 %, les résultats semblent exploitables.

Par contre, les résultats des stations où le CV est supérieur à 5 % sont trop dispersés et ne seront pas utilisés.

Enfin, pour un grand nombre de stations les données sont insuffisantes pour calculer un CV. Les résultats de ces stations devront donc être utilisés avec prudence.

La liste de ces différents types de stations est précisée dans le paragraphe 4.2.2.

4.2 Répartition et liste des sites

4.2.1 Sites expérimentaux

Tous les sites expérimentaux sont localisés sur la carte de la figure 22.

Le nom et les coordonnées géographiques de tous les sites expérimentaux sont récapitulés ci-dessous. Ces sites seront classés pays par pays ; pour un pays donné, on citera d'abord les sites d'étude de l'évaporation, puis les sites de mesures et enfin, les sites où l'évaporation est estimée.

(*) indique que le site est un site de mesure de l'évaporation

(**) indique que le site est un site d'étude de l'évaporation.

Enfin, pour les sites où l'évaporation est estimée, il n'y a pas d'astérisque.

Liste des sites expérimentaux

BENIN

1	FOUNGA	(9°39'N , 1°34'E) (*)
2	INA	(9°58'N , 2°44'E) (*)
3	MOUMOUDI	(7°50'N , 2°15'E) (*)
4	Delta de l'OUEME	

BURKINA FASO

5	Lac de BAM	(13°22'N , 1°33'W) (**)
6	Mare d'OURSI	(14°35'N , 0°35'W) (**)
7	BATIE	(9°53'N , 2°55'W) (*)
8	DIEBOUGOU	(10°58'N , 3°15'W) (*)
9	Nord-DORI	(13°45'-15°30'N , 0°30'-0°50'W) (*)
10	GAOUA	(10°20'N , 3°11'W) (*)
11	N'DOROLA-KARAMASSASSO	(11°49'N , 4°50'W) (*)
12	Bassins versants de OUAGADOUGOU	(12°22'N , 1°31'W) (*)
13	TONI	(12°30'-12°40'N , 3°50'N-4°W) (*)
14	TAGOU	(11°10'N , 0°40'E) (*)
15	Barrage de NOUMBIEL	(9°40'N , 2°55'W)
16	Retenue de SAMBISSOGO	(12°15'N , 2°22'W)
17	Région de TIKARE	(13°13'-13°23'N , 1°35'-1°43'W)

CAMEROUN

18	BABANKI	(5°58'N , 10°20'E) (*)
19	BAMBALANG	(5°54'N , 10°33'E) (*)
20	BAMENDJING	(5°42'N , 10°30'E) (*)
21	BANOK	(5°29'N , 10°17'E) (*)
22	BOGO	(10°44'N , 14°36'E)
23	GOLOZA	(10°10'-10°13'N , 13°25'-13°35'E) (*)
24	Retenue de LAGDO	(9°N , 13°40'E) (*)
25	MAROUA	(10°27'N , 14°15'E) (*)
26	Retenue de M'BAKAOU	(6°20'N , 12°49'E) (*)
27	MOKOLO	(10°44'N , 13°47'E) (*)
28	RISSO	(7°52'N , 14°40'E) (*)
29	SANGUERE	(9°15'N , 13°23'E) (*)
30	TOUBORO	(7°46'N , 15°22'E) (*)

31	YAOUNDE	(3°50'N , 11°31'E) (*)
32	projet de barrage deCHIDIFI	
33	Projet de barrage de MOKOLO	(10°47'N , 13°47'E)
34	Projet de retenue de NJOCK	(3°38'N , 10°44'E)
35	Bassin de la TSANAGA	(10°30'-10°53'N,13°42'-14°36'E)
36	Projet de retenue de WARAK	(7°30'N , 13°51'E)

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

37	BANGUI	(4°22'N , 18°34'E) (**)
38	BAKOUMA	(5°42'N , 22°47'E) (*)
39	NANA	(6°55'N , 15°24'E) (*)

CONGO

40	BRAZZAVILLE	(4°15'S , 15°14'E) (**)
41	KOUTINA NZAMBI	(3°55'S , 12°50'E) (*)
42	MAKABANA	(3°29'S , 12°37'E) (*)
43	M'PASSA	(4°16'N , 14°20'E) (*)
44	SOUNDA	(3°46'S , 11°58'E) (*)
45	Retenue de KOUILOU	(4°05'S , 12°15'E)

COTE D'IVOIRE

46	ADIOPODOUME	(5°19'N , 4°08'W) (*)
47	AYAME	(5°36'N , 3°10'W) (*)
48	BAMBOUS	(5°26'N , 4°17'W) (*)
49	BOROTOU KORO	(8°50'N , 7°30'W) (*)
50	BOORO BOROTOU	(8°28'N , 7°33'W) (*)
51	BOUNA	(9°16'N , 2°59'W) (*)
52	BOUNDIALI	(9°31'N , 6°28'W) (*)
53	FERKESSEDOUGOU	(9°36'N , 5°12'W) (*)
54	GUESSIGUE	(5°43'N , 4°14'W) (*)
55	IFOU	(7°25'N , 4°47'W) (*)
56	KORHOGO	(9°26'N , 5°37'W) (*)
57	KOTOB	(6°42'N , 4°08'W) (*)
58	MAN	(7°24'N , 7°31'W) (*)
59	SAKASSOU	(7°28'N , 5°17'W) (*)
60	TIASSALE	(5°53'N , 4°50'W) (*)
61	Retenue de BUYO	(6°35'N , 7°02'W)
62	Projet de retenue de BADALA	(7°51'N , 7°45'W)
63	Retenue de KOSSOU	(7°04'N , 5°30'W)
64	NAMBONKAHA	(9°41'-9°45'N,5°03'-5°10'W)

GABON

65	LIBREVILLE	(0°27'N , 9°25'E) (**)
66	MALA	(0°41'N , 10°14'E) (*)
67	NTOUM	(0°23'N , 9°45'E) (*)

GHANA

68	Barrage d'AKOSOMBO	(6°15'N , 0°08'E)
69	Barrage de BUI	(8°18'N , 2°13'W)

GUINEE

70	BOULA	(8°54'N , 9°09'W) (*)
71	FOMI	(10°35'N , 9°35'W) (*)
72	KANDALA	(10°39'N , 9°14'W) (*)
73	KINDIA	(9°52'N , 13°01'W) (*)
74	SOUAPITI	(10°25'N , 13°15'W) (*)
75	TIMBIS	(11°15'N , 12°34'W) (*)

MALI

76	DOUNFING	(12°41'N , 8°03'W) (*)
77	GOUNDAM	(16°25'N , 3°40'W) (*)
78	KENIE	(12°48'N , 7°40'W) (*)
79	KOUMBAKA	(13°05'N , 4°49'W) (*)
80	LOULOUNI	(10°54'N , 5°36'W) (*)
81	M'BOUNA	(16°43'N , 4°03'W) (*)
82	TAMAYA	(18°28'N , 1°23'E) (*)
83	TIN ADJAR	(16°19'N , 1°40'W) (*)
84	TOSSAYE	(16°57'N , 0°37'W)

MAURITANIE

85	ALEG	(17°10'N , 13°50'W) (*)
86	DIONABA	(17°10'N , 12°50'W) (*)
87	KEUR MACENE	(16°35'N , 16°15'W) (*)
88	SELOUMBO	(17°45'N , 12°20'W) (*)

NIGER

89	IFEROUANE	(19°05'N , 8°23'E) (*)
90	KANDADJI	(14°37'N , 0°59'E) (*)
91	KEITA	(14°45'N , 5°45'E) (*)
92	TAPOA	(12°28'N , 2°24'E) (*)
93	TILLABERY	(14°12'N , 1°27'E) (*)
94	Projet de retenue de DYODYONGA	(environs de Tapoa)
95	Cuvette de de KOULOU	(12°13'N , 3°04'E)

SENEGAL

96	Lac de GUIERS	(16°20'N , 15°45'W) (**)
97	MATAM	(15°39'N , 13°15'W) (*)
98	PODOR	(16°39'N , 14°58'W) (*)
99	RICHARD-TOLL	(16°27'N , 15°42'W) (*)
100	SANGALKAM	(= 14°48'N , 16°57'W) (*)

TCHAD

101	Lac TCHAD	(13-14°N,13°07'-15°20'E) (**)
102	BA ILLI	(10°31'N , 16°26'E) (**)
103	BEBEDJIA	(8°40'N , 16°33'E) (**)
104	N'DJAMENA	(12°07'N , 15°02'E) (**)
105	DIK DIK	(8°30'-8°40'N,15°40'-15°56'E) (*)
106	DOUGUIA	(12°39'N , 14°49'E) (*)
107	FADA	(17°10'N , 21°33'E) (*)
108	LAI	(9°24'N , 16°18'E) (*)
109	MAYO LIGAM	(9°43'N , 14°34'E) (*)

TOGO

110	BAFILO	(9°20'N , 1°15'E) (*)
111	CORREKOPE	(7°45'N , 1°15'E) (*)
112	DZOBEGAN	(7°14'N , 0°42'E) (*)
113	Lac ELIA	(6°34'N , 1°36'E) (*)
114	KANDE	(9°55'N , 1°03'E) (*)
115	LOME	(6°07'N , 1°13'E) (*)
116	MANDOURI	(10°51'N , 0°49'E) (*)
117	MANGO	(10°22'N , 0°28'E) (*)
118	NADJOUNDI	(11°01'N , 0°11'E) (*)
119	N'GAMBOTO	(7°26'N , 1°26'E) (*)
120	KPADAYO	(9°41'N , 1°11'E) (*)
121	Plaine de PAIOKOU	(10°15'N , 0°27'E) (*)
122	Lac TOGO	(6°10'N , 1°30'E) (*)
123	Retenue d'ADJARALA	(6°54'N , 1°36'E)
124	Projet de retenue de la KOZA	(région de Lama-Kara et Niamtougou)
125	Retenue de N'GAMBETO	(7°26'N , 1°26'E)

4.2.2 Stations climatologiques

La localisation des stations est précisée sur la carte de la figure 23.

Le nom et les coordonnées géographiques des stations climatologiques recensées dans cette synthèse sont récapitulés ci-dessous. Ces stations sont regroupées pays par pays et classées par ordre alphabétique pour un pays donné.

On distinguera :

- les stations dont les données sont insuffisantes pour calculer un coefficient de variation par (*),
- les stations dont les données ne sont pas exploitables (CV > 5%) par (**),
- les stations dont les données semblent fiables (CV < 5 %), sans astérisque.

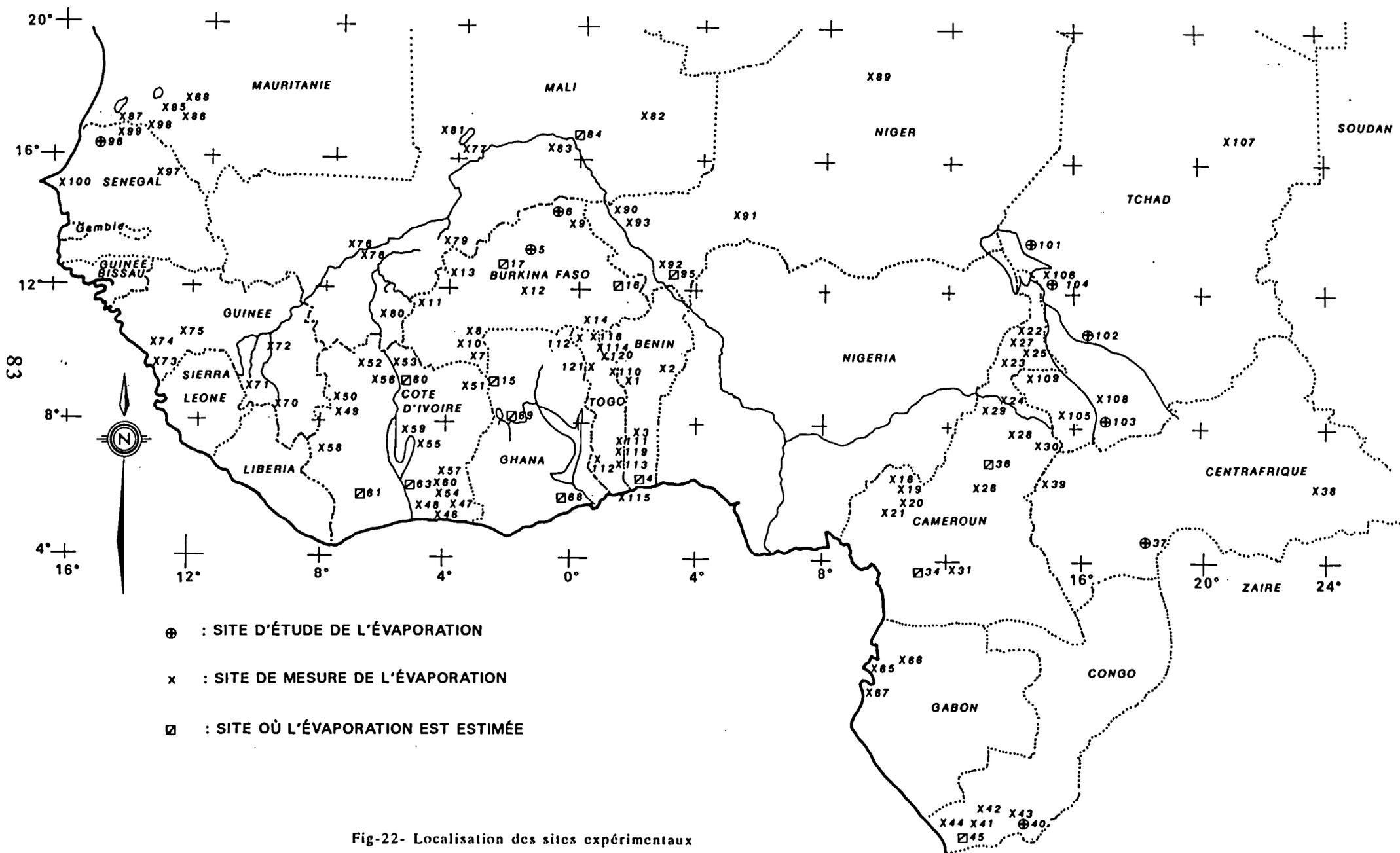


Fig-22- Localisation des sites expérimentaux

Liste des stations

BENIN

1	BOHICON	(7°10'N , 2°04'E)
2	COTONOU	(6°21'N , 2°23'E)
3	KANDI	(11°08'N , 2°56'E)
4	NATTINGOU	(10°19'N , 1°23'E)
5	PARAKOU	(9°21'N , 2°36'E)
6	SAVE (1970-78)	(7°59'N , 2°26'E)

BURKINA FASO

7	BEREGADOUGOU (1979-87)	(10°45'N , 4°44'W)
8	BOBO DIOULASSO (**)	(11°10'N , 4°19'W)
9	DORI	(14°02'N , 0°02'W)
10	FADA N'GOURMA	(12°02'N , 0°22'E)
11	FARAKO BA	(11°06'N , 4°20'W)
12	MOGTEDO	(12°17'N , 0°50'W)
13	NIANGOLOKO	(10°16'N , 4°55'W)
14	NIANKA-SUD (**)	(10°45'N , 4°44'W)
15	OUAGADOUGOU	(12°21'N , 1°31'W)
16	OUAHIGOUIYA (**)	(13°35'N , 2°26'W)
17	SARIA	(12°16'N , 2°09'W)
18	SEREFEDOUGOU	(10°44'N , 4°42'W)

CAMEROUN

19	AMBAM (*)	(2°23'N , 11°16'E)
20	BATOURI (**)	(4°26'N , 14°22'E)
21	DOUALA	(4°01'N , 9°42'E)
22	GAROUA	(9°20'N , 13°23'E)
23	KOUNDJA	(5°38'N , 10°45'E)
24	MAMFE (*)	(5°44'N , 9°19'E)
25	MAROUA	(10°27'N , 14°15'E)
26	MEIGANGA (**)	(6°32'N , 14°17'E)
27	NKOLBISSON (*)	(3°52'N , 11°27'E)
28	N'GAOUNDERE	(7°21'N , 13°33'E)
29	YABASSI (*)	(4°27'N , 9°58'E)
30	YAOUNDE	(3°51'N , 11°30'E)
31	YOKO (**)	(5°32'N , 12°18'E)

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

32	BANGUI (*)	(4°24'N , 18°31'E)
33	BOSSANGOVA (*)	(6°29'N , 17°26'E)

COTE D'IVOIRE

34	ABIDJAN	(5°15'N , 3°56'W)
35	BOUAKE	(7°44'N , 5°04'W)
36	KORHOGO	(9°25'N , 5°37'W)
37	ODIENNE	(9°30'N , 7°34'W)
38	YAMOOUSSOUKRO	(6°54'N , 5°21'W)

GABON

39	LIBREVILLE (*)	(0°27'N , 9°25'E)
----	----------------	-------------------

GHANA

40	BUI (*)	(8°17'N , 2°17'W)
41	EJURA (*)	(7°24'N , 1°22'W)
42	HO (*)	(6°36'N , 0°29'E)
43	KETEKRACHI (*)	(7°48'N , 0°04'W)
44	KPONG (*)	(6°08'N , 0°04'E)
45	NAVRONGO (*)	(10°53'N , 1°51'W)
46	TAMALE (*)	(9°25'N , 0°53'W)
47	WA (*)	(10°04'N , 2°30'W)

MALI

48	BAMAKO (**)	(12°38'N , 8°02'W)
49	BOUGOUNI (*)	(11°25'N , 7°30'W)
50	GAO (*)	(16°16'N , 0°03'W)
51	KAYES (*)	(14°26'N , 11°26'W)
52	MOPTI	(14°31'N , 4°06'W)
53	SEGOU	(13°24'N , 6°09'W)
54	SIKASSO (*)	(11°21'N , 5°41'W)

MAURITANIE

55	NOUAKCHOTT	(18°08'N , 15°58'W)
----	------------	---------------------

NIGER

56	AGADEVZ AERO (1982-89)	(16°58'N , 7°59'E)
57	BIRNI N'KONNI (1982-89)	(13°48'N , 5°17'E)
58	CHIKAL (**)	(14°25'N , 3°26'E)
59	GOURE (1984-89 sans 1986)	(13°59'N , 10°15'E)
60	MAGARIA (1982-89)	(12°59'N , 8°56'E)
61	MAINE SOROA (**)	(13°14'N , 11°59'E)
62	MARADI (1982-89)	(13°28'N , 7°05'E)
63	N'GUIGMI (1982-89)	(14°15'N , 13°07'E)
64	NIAMEY AERO (1982-89)	(13°29'N , 2°10'E)
65	TAHOVA AERO (1982-89)	(14°54'N , 5°15'E)
66	TILLABERY (**)	(14°12'N , 1°27'E)
67	ZINDER (1982-89)	(13°47'N , 8°59'E)

SENEGAL

68 DAKAR YOUFF (**) (14°44'N , 17°30'W)

TCHAD

69 ABEICHE (*) (13°51'N , 20°51'E)
70 AM TIMAN (**) (11°02'N , 20°17'E)
71 ATI (13°13'N , 18°20'E)
72 BANDA SONASUT (*) (9°08'N , 18°23'E)
73 BEBEDJIA (*) (8°41'N , 16°34'E)
74 BOKORO (*) (12°23'N , 17°03'E)
75 BOL BERIM (*) (13°28'N , 14°43'E)
76 BOL MATAFO (*) (13°26'N , 14°44'E)
77 FAYA LARGEAU (*) (18°00'N , 19°10'E)
78 GASSI (*) (12°05'N , 15°01'E)
79 GUELENDENG (*) (10°55'N , 15°33'E)
80 N'DJAMENA (**) (12°08'N , 15°02'E)

TOGO

81 ATAKPAME (*) (7°35'N , 1°15'E)
82 LOME (6°10'N , 1°15'E)
83 TABLIGBO (*) (6°35'N , 1°30'E)

4.3 Présentation des données par pays

Cette présentation est réalisée dans les annexes (III) et (IV).

L'annexe (III) rassemble tous les résultats obtenus sur sites expérimentaux. Ces sites sont classés pays par pays. Pour un pays donné, le classement des sites est le même que celui proposé au paragraphe précédent (+ 4.2.1).

L'annexe (IV) réunit toutes les mesures obtenues sur les stations du réseau climatologique. Ces stations sont regroupées pays par pays et classées par ordre alphabétique pour un pays donné.

Pour chaque site ou pour chaque station, les éléments suivants sont précisés :

- sources de l'information
- localisation du site ou de la station
- appareil ou méthode de mesure utilisés
- périodes d'observation
- résultats détaillés

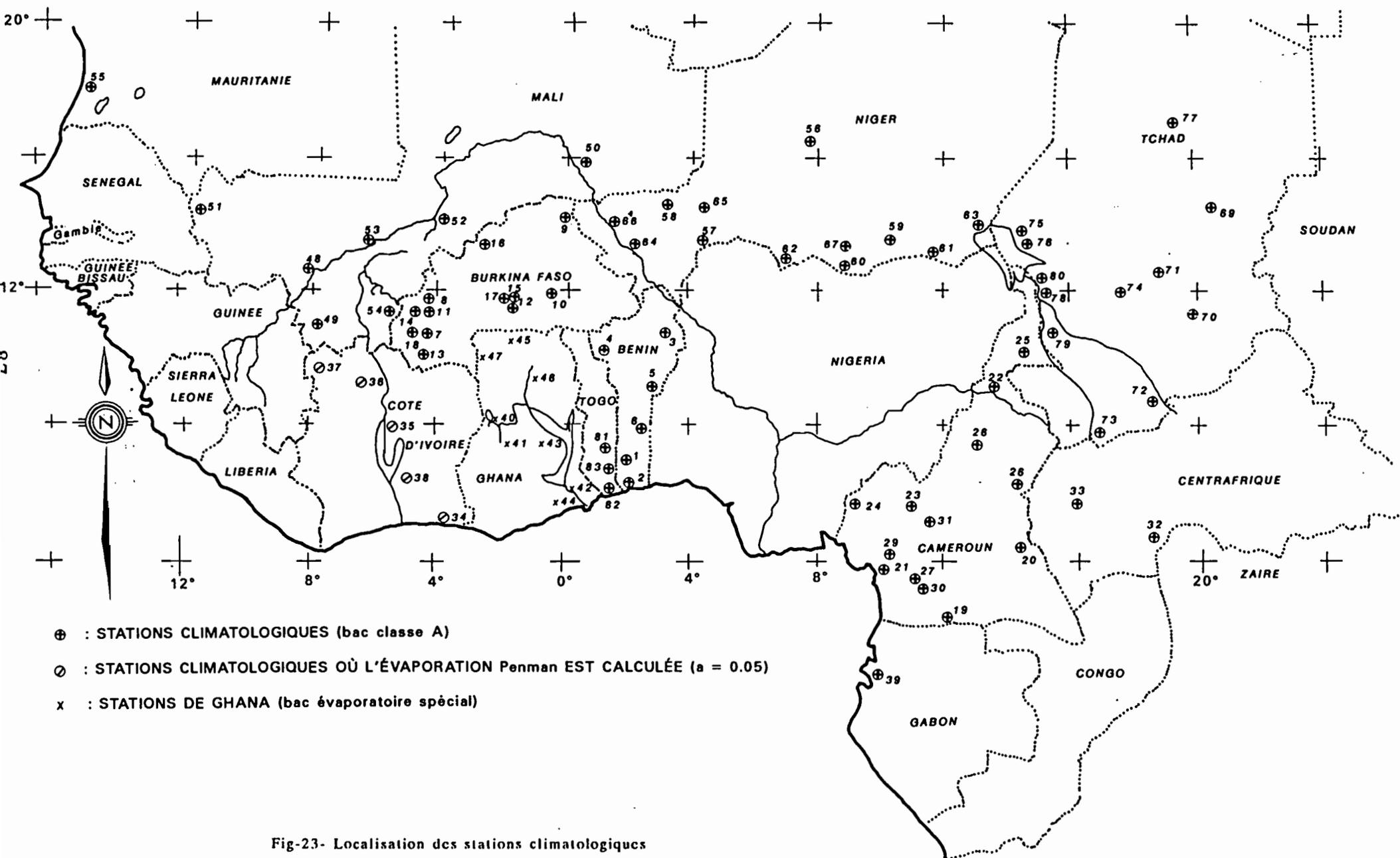


Fig-23- Localisation des stations climatiques

CINQUIEME PARTIE

SYNTHESE DES RESULTATS PRATIQUES

5 - SYNTHÈSE DES RESULTATS PRATIQUES

5.1 Pour l'ensemble de la zone Afrique de l'Ouest et du Centre

5.1.1 A l'échelle annuelle

a) Evaporation sur bac Colorado (ECOL)

* L'évolution des valeurs annuelles d'évaporation mesurée sur bac Colorado en fonction de la latitude a été étudiée. Pour cela, les données prises en compte sont celles des sites d'étude et des sites de mesure de l'évaporation cités dans le paragraphe 4.1.

73 couples de valeurs sont donc disponibles (Cf. figure 24). Une régression linéaire portant sur ces 73 observations donne les résultats suivants :

$$ECOL = 175.90 \text{ Lat} + 463.07 \quad \text{avec } r^2 = 0.77$$

avec :

ECOL évaporation mesurée sur bac Colorado exprimée en mm/an
Lat latitude exprimée en degré

Cet ajustement est satisfaisant.

Figure 24

Evolution de l'évaporation sur bac Colorado avec la latitude pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre (période 1955-85)

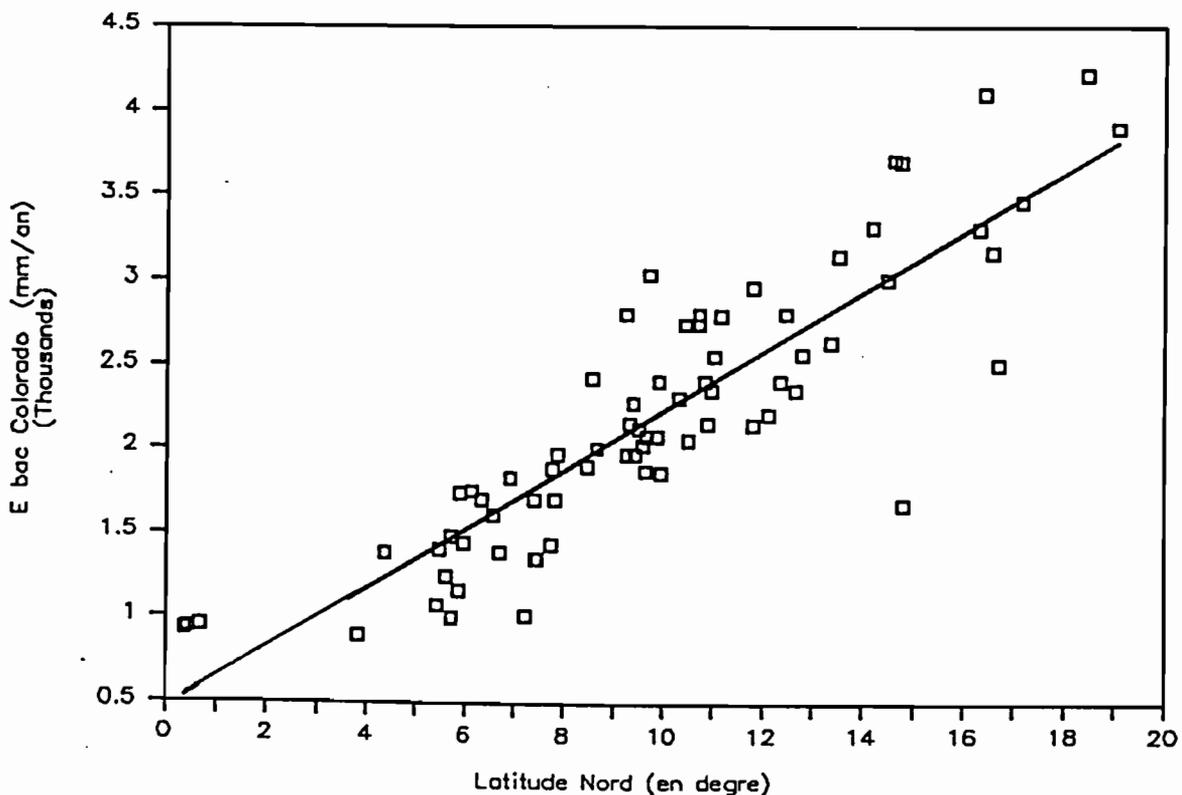


Tableau 4 : Moyennes interannuelles de k = ELAC/ECOL

Station	Pays	Latitude	Longitude	Elac/Ebac
Iférouane	Niger	19°05'N	8°23'E	0.70
Tin Adjar	Mali	16°19'N	1°40'W	0.70
Keita	Niger	14°45'N	5°45'E	0.70
Kandadji	Niger	14°37'N	0°59'E	0.70
Bol Matafo	Tchad	13°51'N	14°41'E	0.68
Sambissogo	Burkina Faso	12°15'N	2°22'W	0.90 à 1.00
Diebougou	Burkina Faso	10°58'N	3°15'W	0.80
Loulouni	Mali	10°54'N	5°36'W	0.85
Tsanaga	Cameroun	10°40'N	14°00'E	0.73
Gaoua	Burkina Faso	10°20'N	3°11'W	0.80
Paiokou	Togo	10°15'N	0°27'E	0.80
INA	Bénin	9°58'N	2°44'E	0.90
Batie	Burkina Faso	9°53'N	2°55'W	0.80
Mayo Ligam	Tchad	9°43'N	14°34'E	0.63
Nambonkaha	Côte d'Ivoire	9°43'N	5°07'W	0.90
Koza	Togo	9°41'N	1°11'E	1.00
Noumbiel	Burkina Faso	9°40'N	2°55'W	0.80
Founga	Bénin	9°39'N	1°34'E	0.90
Ferkessedougou	Côte d'Ivoire	9°36'N	5°12'W	0.89
Boundiali	Côte d'Ivoire	9°31'N	6°28'W	0.85
Korhogo	Côte d'Ivoire	9°26'N	5°37'W	0.91
Bouna	Côte d'Ivoire	9°16'N	2°59'W	0.91
Lagdo	Cameroun	8°50'N	13°55'E	0.90
Moumoudji	Bénin	7°50'N	2°15'E	1.00
N'gambeto	Togo	7°32'N	1°20'E	0.85
Man	Côte d'Ivoire	7°24'N	7°31'W	0.85
Kossou	Côte d'Ivoire	7°04'N	5°30'W	0.85
Kotobi	Côte d'Ivoire	6°42'N	4°08'W	0.86
Mbakaou	Cameroun	6°20'N	12°49'E	0.85
Tiassale	Côte d'Ivoire	5°53'N	4°50'W	0.95
Guessigue	Côte d'Ivoire	5°43'N	4°14'W	1.00
Ayamé	Côte d'Ivoire	5°36'N	3°10'W	0.90
Bambous	Côte d'Ivoire	5°26'N	4°17'W	0.93

ECOL évaporation sur bac Colorado
 ELAC évaporation sur lac

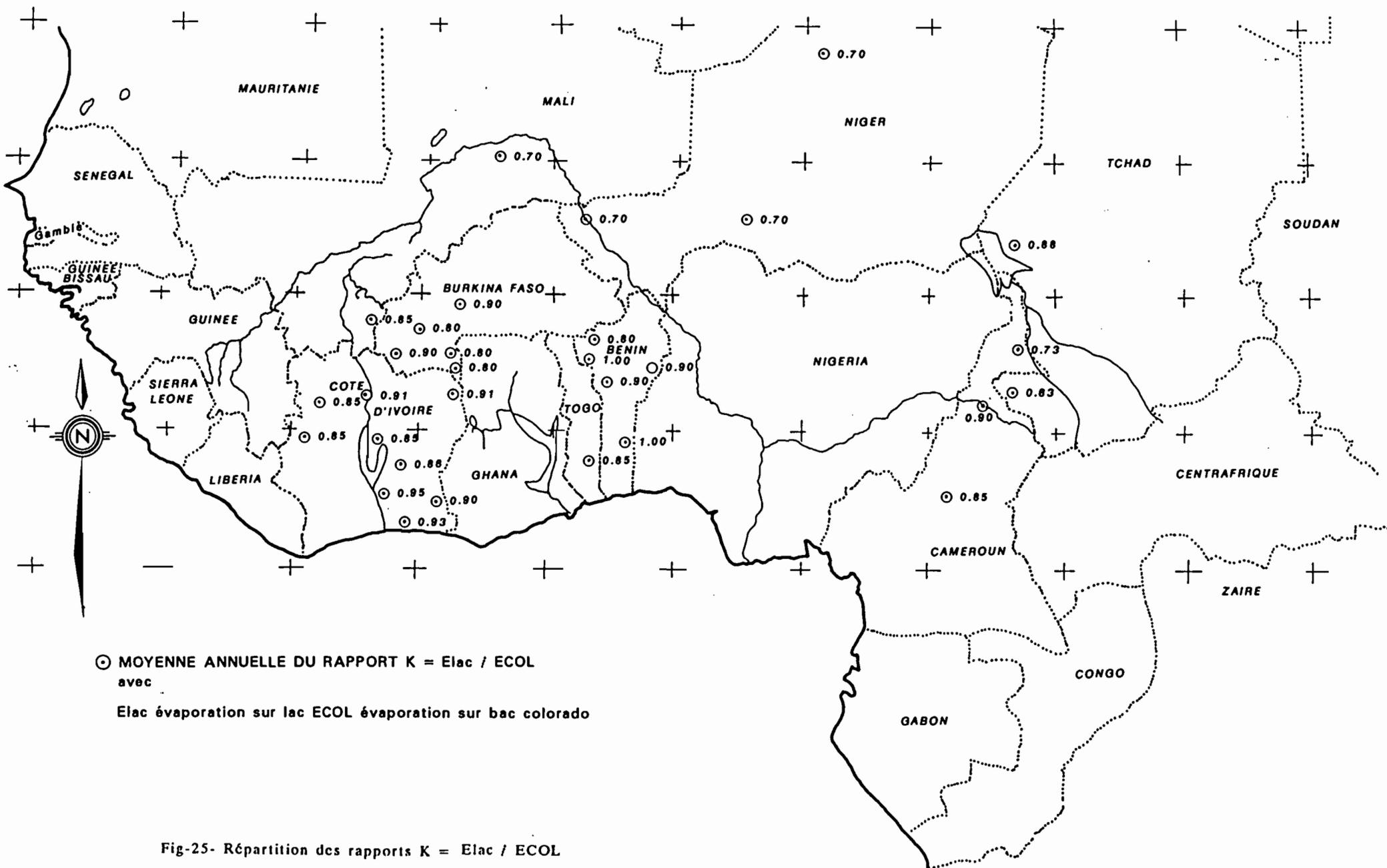


Fig-25- Répartition des rapports $K = \frac{Elac}{E_{COL}}$

Ces résultats permettent d'esquisser, compte tenu des écarts dus aux microclimats, l'allure des variations de l'évaporation moyenne annuelle sur bac Colorado avec la latitude.

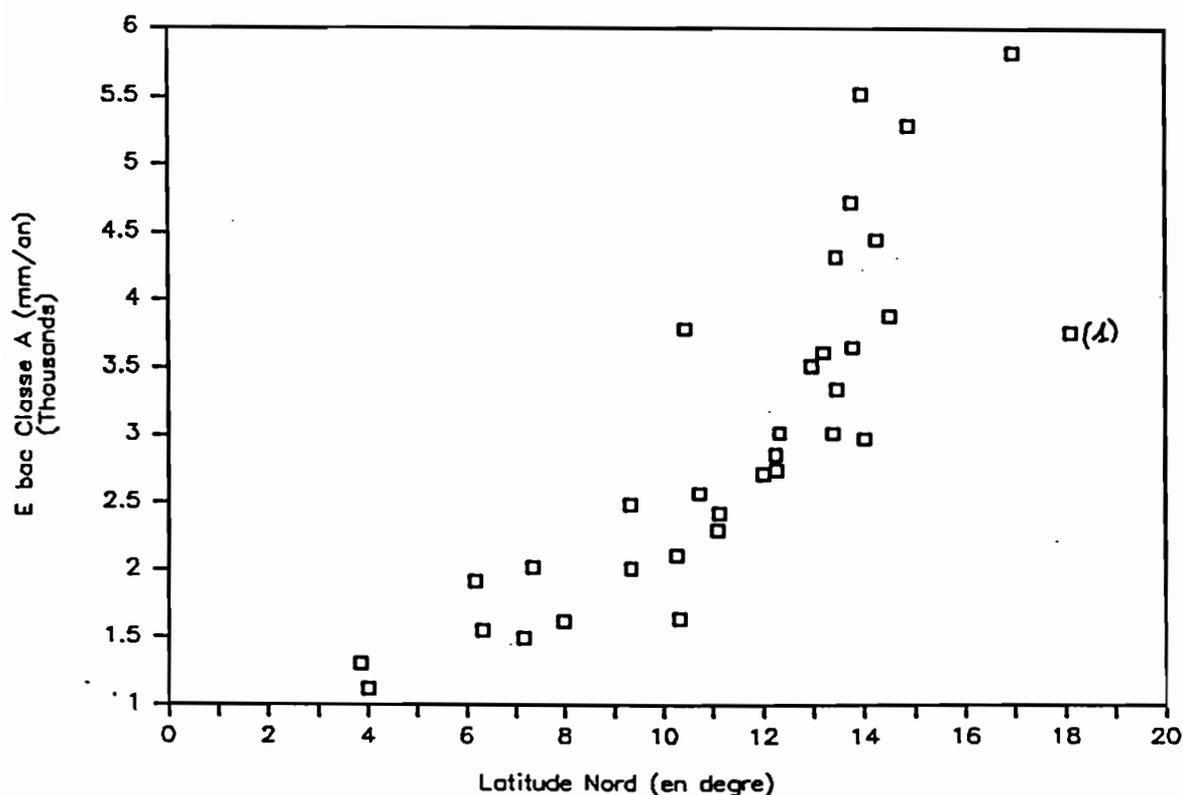
Les valeurs extrêmes trouvées pour le climat subdésertique sont voisines de 4000 mm/an ; on observe encore 3000 à 3500 mm/an dans les zones sahéliennes. La décroissance est très rapide quand on passe aux régions tropicales, où l'évaporation n'est plus que de 2200 à 2500 mm/an ; on descend lentement vers des valeurs de 1600 à 1800 mm/an observées sous climat tropical de transition. Enfin, les climats équatoriaux jouissent de la plus faible évaporation qui se place entre 1200 et 1000 mm/an ; des résultats inférieurs au mètre peuvent être notés dans des cas particuliers d'abri (Ifou en Côte d'Ivoire) ou d'humidité (Sounda au Cameroun).

* Le passage entre l'évaporation mesurée sur bac et l'évaporation sur lac s'effectue par l'intermédiaire d'un coefficient (Cf. paragraphe 3.4.1). Le tableau 4 récapitule les valeurs annuelles de ce coefficient k ($k = ELAC / ECOL$) pour l'ensemble des sites étudiés. Ces sites sont classés du Nord au Sud. Enfin, les valeurs de k sont pointées sur la carte de la figure 25.

b) Evaporation sur bac de Classe A

* L'évolution des valeurs interannuelles d'évaporation sur bac Classe A obtenues dans les stations climatologiques (celles où CV est inférieur à 5 %) avec la latitude est représentée sur la figure 26.

Figure 26
Evolution de l'évaporation sur bac Classe A avec la latitude (période 1970-85)



L'évaporation sur bac Classe A n'évolue pas de façon linéaire avec la latitude, contrairement à l'évaporation sur bac Colorado, mais plutôt de façon exponentielle.

Un ajustement exponentiel réalisé sur les 32 couples d'observations disponibles donne le résultat suivant :

$$ECLA = 713,3 \text{ Lat}^{1,127} \quad \text{avec } r^2 = 0.83$$

avec :

ECLA évaporation sur bac Classe A en mm/an
 Lat latitude exprimée en degré

Le point (1) de la figure 26, correspondant à Nouakchott (Mauritanie), n'a pas été pris en compte dans l'ajustement. En effet, compte tenu de la latitude de Nouakchott et compte tenu d'autres observations réalisées sur des stations de même latitude, la valeur annuelle de l'évaporation sur bac Classe A à Nouakchott paraît sous-estimée.

* Le tableau 5 donne la valeur annuelle du coefficient k' ($k' = ELAC/ECLA$) pour les quelques sites de mesures où il a été possible de le calculer.

Tableau 5 : Valeurs annuelles de $k' = ELAC/ECLA$

Station	Pays	Latitude	Longitude	ELAC/ECLA
Lac Guiers	Sénégal	16°20'N	15°45'W	0.63
Bol Matafo	Tchad	13°41'N	14°41'E	0.61
Niamey	Niger	13°29'N	2°10'E	0.66
St - Paul	Burkina Faso	13°22'N	1°33'E	0.68

ELAC évaporation sur lac
 ECLA évaporation sur bac Classe A

c) Evaporation sur lac (ELAC)

Les valeurs d'évaporation sur lac prises en compte sont celles du paragraphes 4.1. Elles comprennent les valeurs annuelles de ELAC obtenues, soit par bilan hydrologique, soit estimées à partir des résultats des bacs Colorado, enfin soit calculées par la formule de Penman avec $a = 0.05$.

L'évolution des valeurs annuelles d'évaporation sur lac avec la latitude est représentée sur le graphique de la figure 27.

Une régression réalisée avec les 66 observations disponibles donne les résultats suivants :

$$ELAC = 122.94 \text{ Lat} + 619.36 \quad \text{avec } r^2 = 0.82$$

avec :

ELAC évaporation sur lac en mm/an
Lat latitude en degré

La régression est linéaire et meilleure qu'avec les évaporations sur bac Colorado.

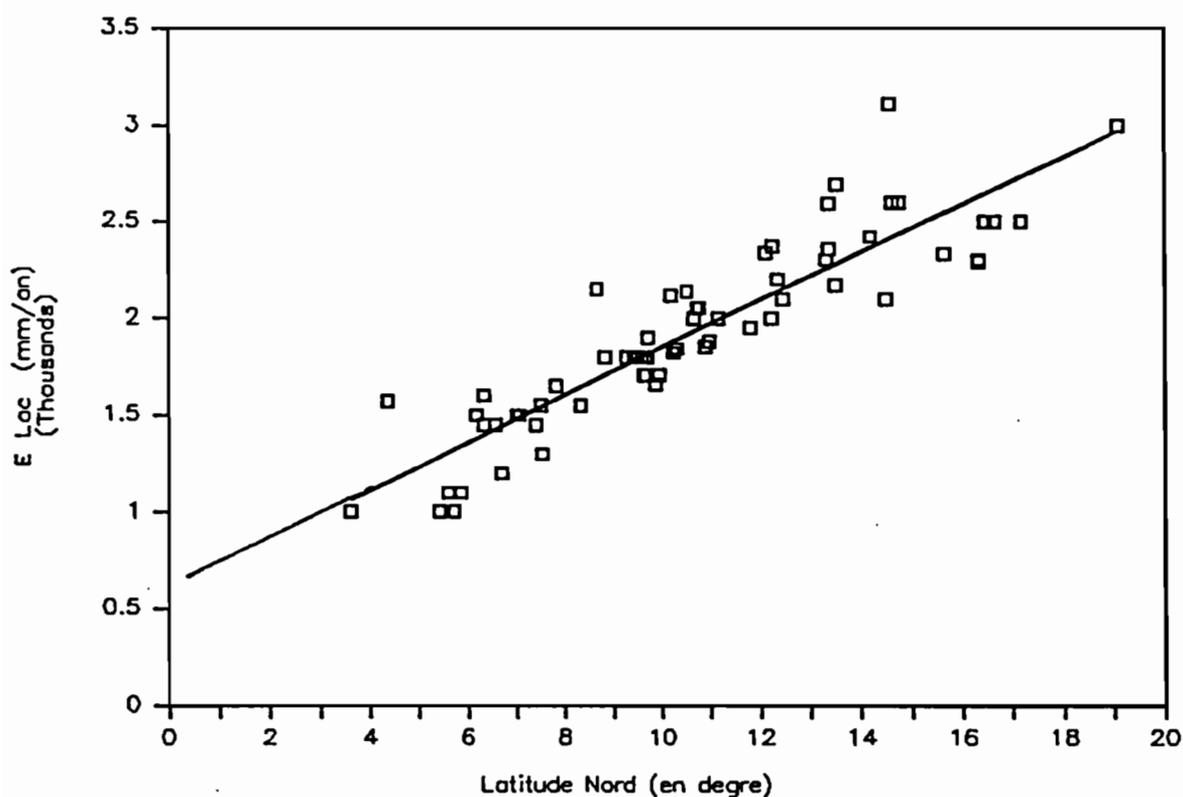


Figure 27

Evolution de l'évaporation sur lac avec la latitude pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre (période 1955-85)

A partir des résultats d'évaporation sur lac obtenus sur sites expérimentaux et en utilisant l'équation ci-dessus pour les lieux où aucune donnée n'est disponible, une carte (Cf. figure 28) où sont tracées approximativement des lignes d'égale évaporation pour la zone couvrant l'Afrique de l'Ouest et du Centre a été réalisée.

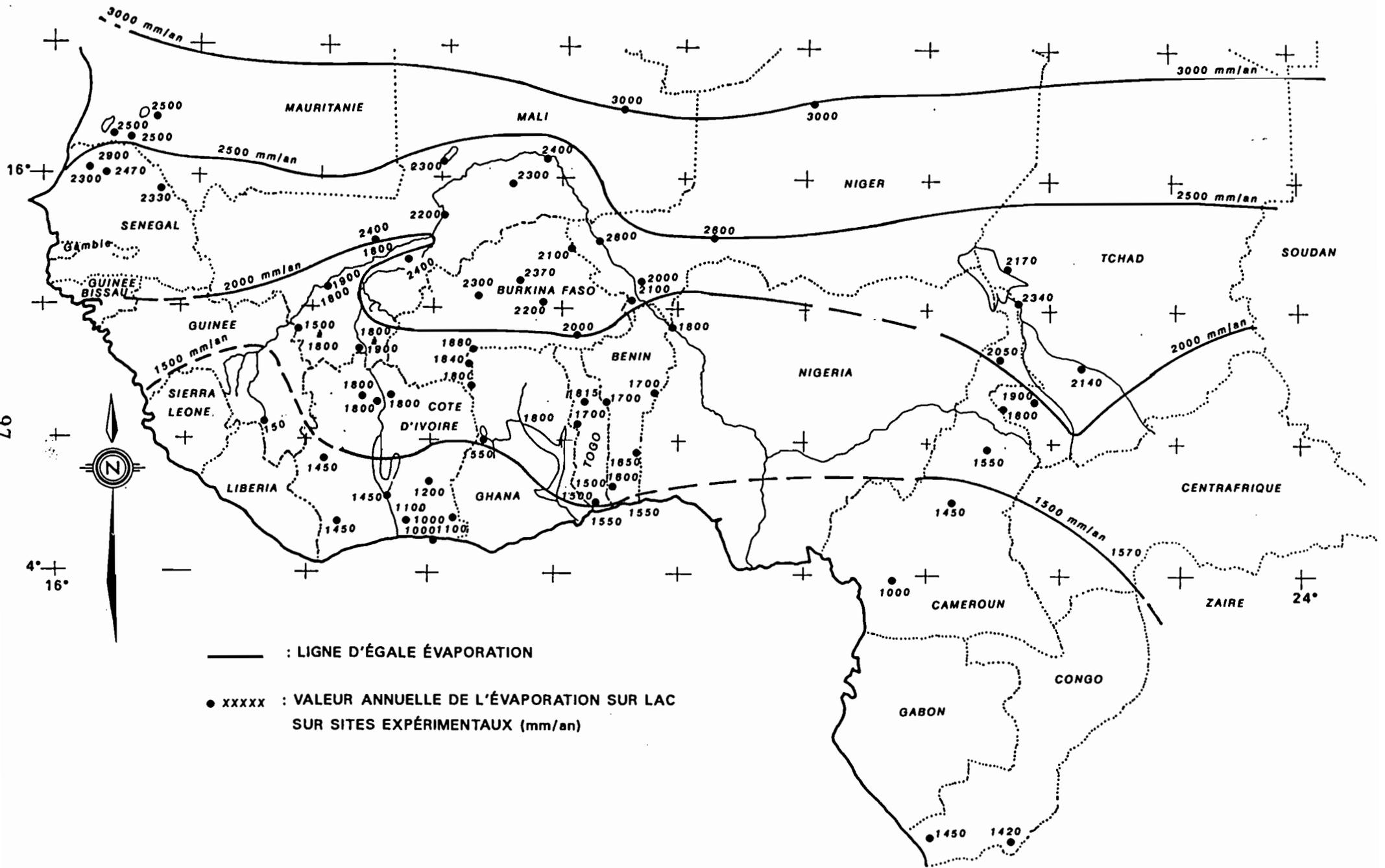


Fig-28- Évaporation sur lac en Afrique de l'ouest et du centre

5.1.2 A l'échelle mensuelle

a) Evolution mensuelle de l'évaporation sur bac Colorado

* L'augmentation de l'évaporation mesurée sur bac Colorado avec la latitude s'observe également à l'échelle mensuelle. Le graphique de la figure 29 illustre ce point. Les stations citées sur cette figure ont approximativement la même longitude et représentent des climats variés.

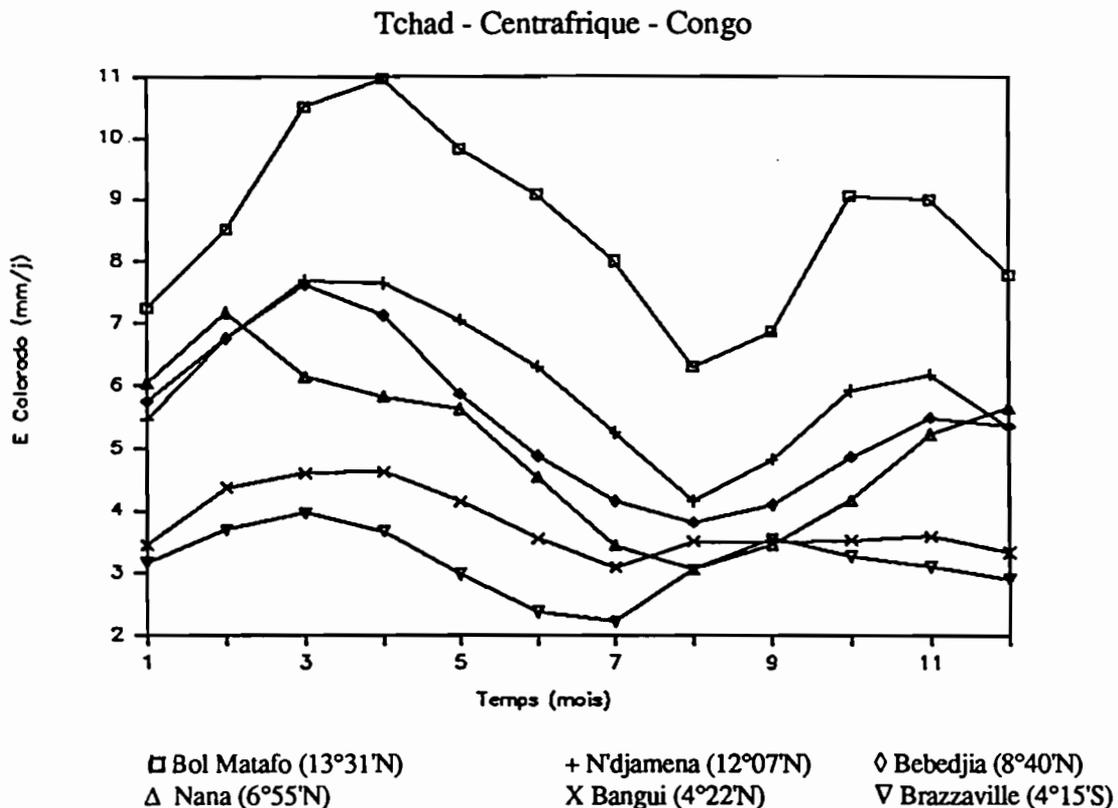


Figure 29 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado (période 1965-75)

Les courbes relatives aux climats sahélien (Bol et N'djamena) et tropical (Bebedjia et Nana), avec des intensités différentes admettent des variations parallèles. Le centre de la saison pluvieuse conditionne le minimum d'août (3 à 6,5 mm/j), 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 et janvier entraîne une baisse de l'évaporation. Les températures montent ensuite régulièrement et les maxima d'évaporation sont atteints avec le retour de l'humidité, avant-signe précurseur des pluies ; ce phénomène survient vers mars ou avril (7 à 11 mm/j).

Pour les stations soumises au climat équatorial, les courbes sont plus aplaties.

* Les valeurs mensuelles du coefficient k, rapport entre les valeurs de ELAC et ECOL sont rares.

POUYAUD (1986) a calculé des valeurs mensuelles de k pour les stations de St-Paul (Lac de Bam) et de Bol Matafo (Lac Tchad). Les valeurs de ELAC ont été calculées par des bilans hydrologiques.

Il obtient les résultats suivants (Tableau 6) :

Tableau 6 : Valeurs mensuelles de $k = ELAC/ECOL$

Mois	Lac de Bam St -Paul (1973-76)		Lac Tchad Bol Matafo (1965-78)
	ELAC/ESN	ELAC/EPEL	ELAC/ESN
J	0.71	0.95	0.68
F	0.68	0.94	0.63
M	0.65	0.86	0.63
A	0.64	0.74	0.68
M	0.66	0.80	0.74
J	0.69	0.80	0.73
J	0.89	1.16	0.70
A	0.79	0.93	0.75
S	0.76	0.91	0.74
O	0.75	0.98	0.70
N	0.73	0.94	0.66
D	0.72	0.88	0.63

ELAC évaporation sur lac
 ESN évaporation sur bac Colorado sur sol nu
 EPEL évaporation sur bac Colorado sur pelouse

Le rapport ELAC/ESN est relativement variable d'un mois à l'autre puisqu'il dépasse 0,80 en saison des pluies et descend à moins de 0,65 en saison sèche. Les valeurs obtenues au lac Tchad (0,68 pour le rapport moyen interannuel) sont légèrement inférieures à celles du lac de Bam, et présentent des variations mensuelles comparables.

Des valeurs mensuelles de k ont été estimées sur deux autres sites : Barrage de Nombiel (Burkina Faso), Projet de Barrage de Chidifi (Cameroun). Les tableaux de valeurs se trouvent dans l'annexe (III).

b) Evolution mensuelle de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA)

* Sur la figure 30, les variations mensuelles de l'évaporation sur bac Classe A sont représentées pour six stations situées à des latitudes différentes et donc soumises à des climats différents.

Ainsi, à Agades (Niger) règne un climat subdésertique, Ati (Tchad) est en zone sahélienne. Garoua, N'gaoundere, Koundja et Douala sont quatre stations du Cameroun ; du Nord au Sud, on rencontre le régime tropical pur puis le régime équatorial en passant par le régime tropical de transition.

L'augmentation de l'évaporation avec la latitude est nette. Les commentaires de la figure 29 s'appliquent ici également.

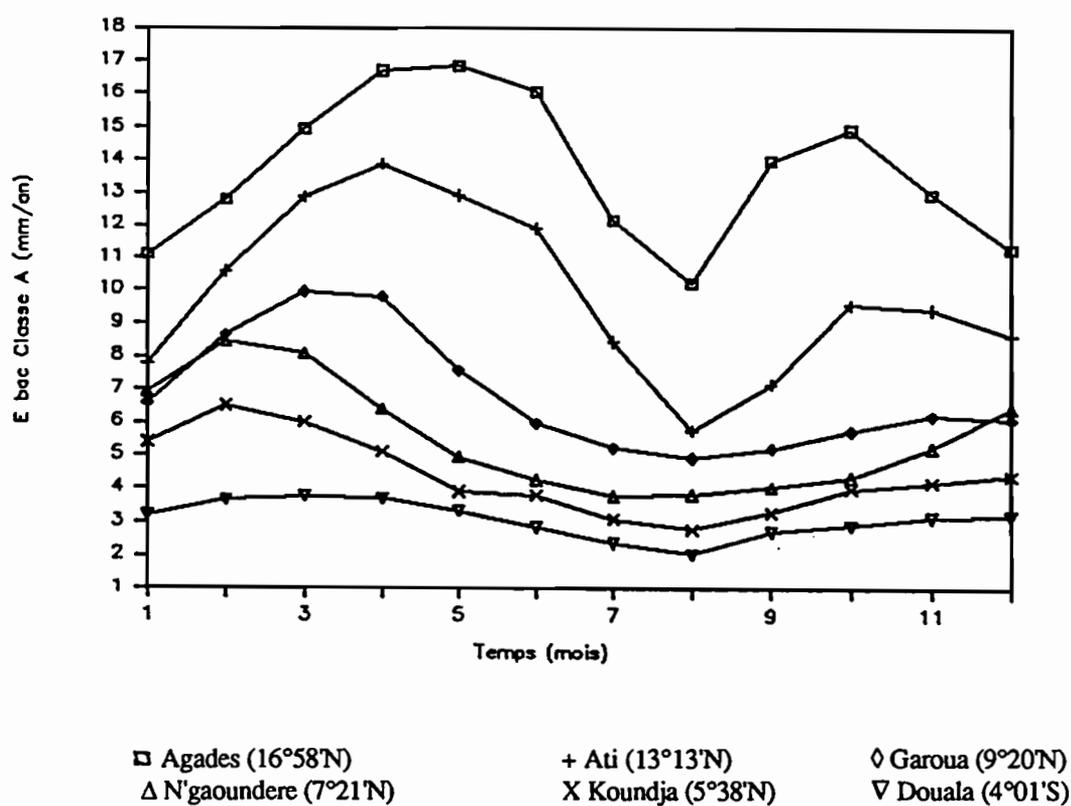


Figure 30 : Evolution mensuelle de l'évaporation Classe A (période 1970-85)

* Les valeurs mensuelles du coefficient k' ont été calculées au lac de Guiers (Sénégal) et à St-Paul (Lac de Bam, Burkina Faso) à partir des mesures de ECLA sur bac et des ELAC obtenues par bilan hydrologique (COGELS & al., 1991 ; POUYAUD, 1986). Des valeurs mensuelles de k' sont aussi proposées pour Niamey au Niger (M. HËPFFNER, 1977).

Tableau 7 : Moyennes mensuelles interannuelles de $k' = \text{ELAC}/\text{ECLA}$

	St-Paul 1974-76	Lac de Guiers 1976-89	Niamey 1970-75
Mois	ELAC/ECLA	ELAC/ECLA	ELAC/ECLA
J	0.67	0.56	0.62
F	0.62	0.55	0.58
M	0.59	0.53	0.63
A	0.59	0.57	0.67
M	0.65	0.58	0.71
J	0.67	0.62	0.70
J	0.92	0.57	0.70
A	0.74	0.65	0.69
S	0.74	0.73	0.70
O	0.76	0.82	0.67
N	0.70	0.72	0.62
D	0.68	0.59	0.60

ELAC évaporation sur lac
ECLA évaporation sur bac Classe A

c) Evolution mensuelle de l'évaporation sur lac (ELAC)

Les estimations mensuelles de ELAC sont rares.

Elles sont disponibles sur les sites où des bilans hydrologiques ont été réalisés : Lac de Bam et Mare d'Oursi au Burkina Faso, Lac Tchad et enfin lac de Guiers au Sénégal.

Si on considère que l'évaporation calculée par la formule de Penman avec $a = 0.05$ représente l'évaporation d'une nappe d'eau libre, alors les valeurs mensuelles de ELAC sont estimées pour les sites suivants :

- St-Paul (lac de Bam), Jalafanka (Oursi) au Burkina Faso
- Bol Matafo (lac Tchad), N'djamena, Bebedjia, Ba-illi au Tchad
- Bangui en République Centrafricaine
- Brazzaville au Congo
- Abidjan, Yamoussoukro, Bouaké, Korhogo, Odienné en Côte d'Ivoire
- Richard-Toll, Podor, Matam au Sénégal.

Les données se trouvent dans les annexes (III) et (IV).

5.2 Etude de quelques pays

5.2.1 Côte d'Ivoire

Plusieurs études de l'évaporation ont été réalisées en Côte d'Ivoire. Du point de vue chronologique, on distingue :

SIRCOULON, 1966 :

A partir des mesures sur bac Colorado, il distingue trois régions en ce qui concerne l'évaporation (Cf. figure 31) :

Sud de la Côte d'Ivoire (zone forestière) :

L'évaporation sur nappe d'eau libre est comprise entre 1000 et 1200 mm/an.

Centre de la Côte d'Ivoire (zone intermédiaire):

L'évaporation sur nappe d'eau libre est estimée à environ 1450 mm/an.

Nord de la Côte d'Ivoire (Zone des savanes):

L'évaporation sur nappe d'eau libre est estimée à 1800 mm/an.

MOLINIER, 1968 :

L'estimation du bilan hydrique en Côte d'Ivoire l'amène à distinguer 6 zones en Côte d'Ivoire (Cf. figure 32).

Pour le sud du pays, la région forestière, les estimations d'évaporation sur grandes retenues sont du même ordre de grandeur que celles proposées par SIRCOULON.

Par contre, pour le Nord, MOLINIER propose 1500 mm/an contre 1800 mm/an pour SIRCOULON.

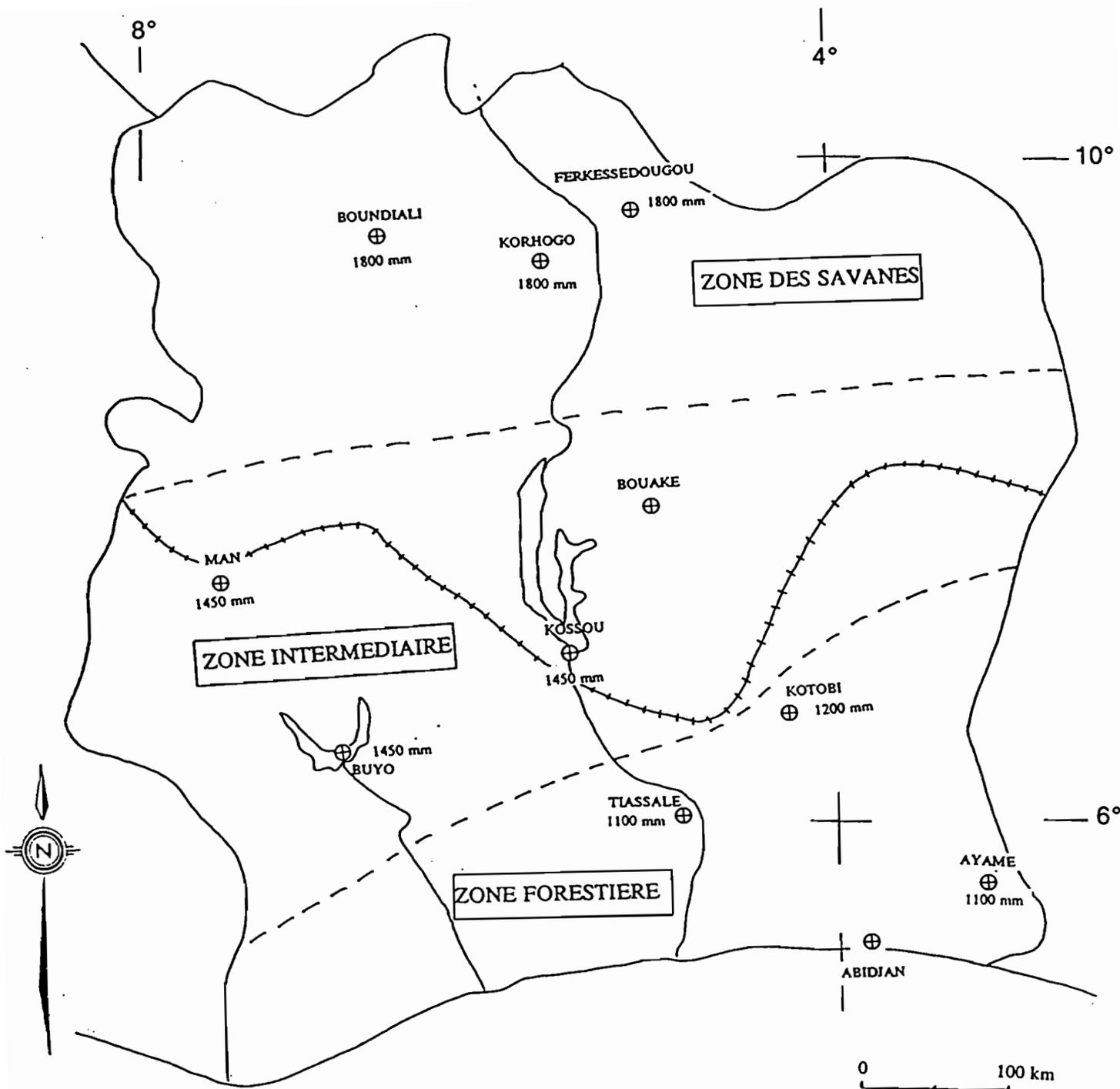
Note anonyme 1987 :

Ces dernières années, l'opinion générale est que l'équation de Penman offre une meilleure méthode de calculer l'ETP que la formule de Turc lorsqu'on dispose de données fiables comme c'est le cas en Côte d'Ivoire.

L'évaporation E_o , représentant l'évaporation d'une nappe d'eau, a été calculée sur 5 stations où les données nécessaires étaient disponibles.

Ces stations sont : Abidjan, Bouaké, Yamoussoukro, Korhogo, Odienné.

Pour ces 5 stations, on a pu déterminer l'évaporation de petits réservoirs et de grands réservoirs (en admettant une réduction de 25 % dans le déficit de pression de vapeur).



-- : Limites des zones
 +-+ : Limite Nord de la forêt

Fig-31- Évaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (Sircoulon, 1966)

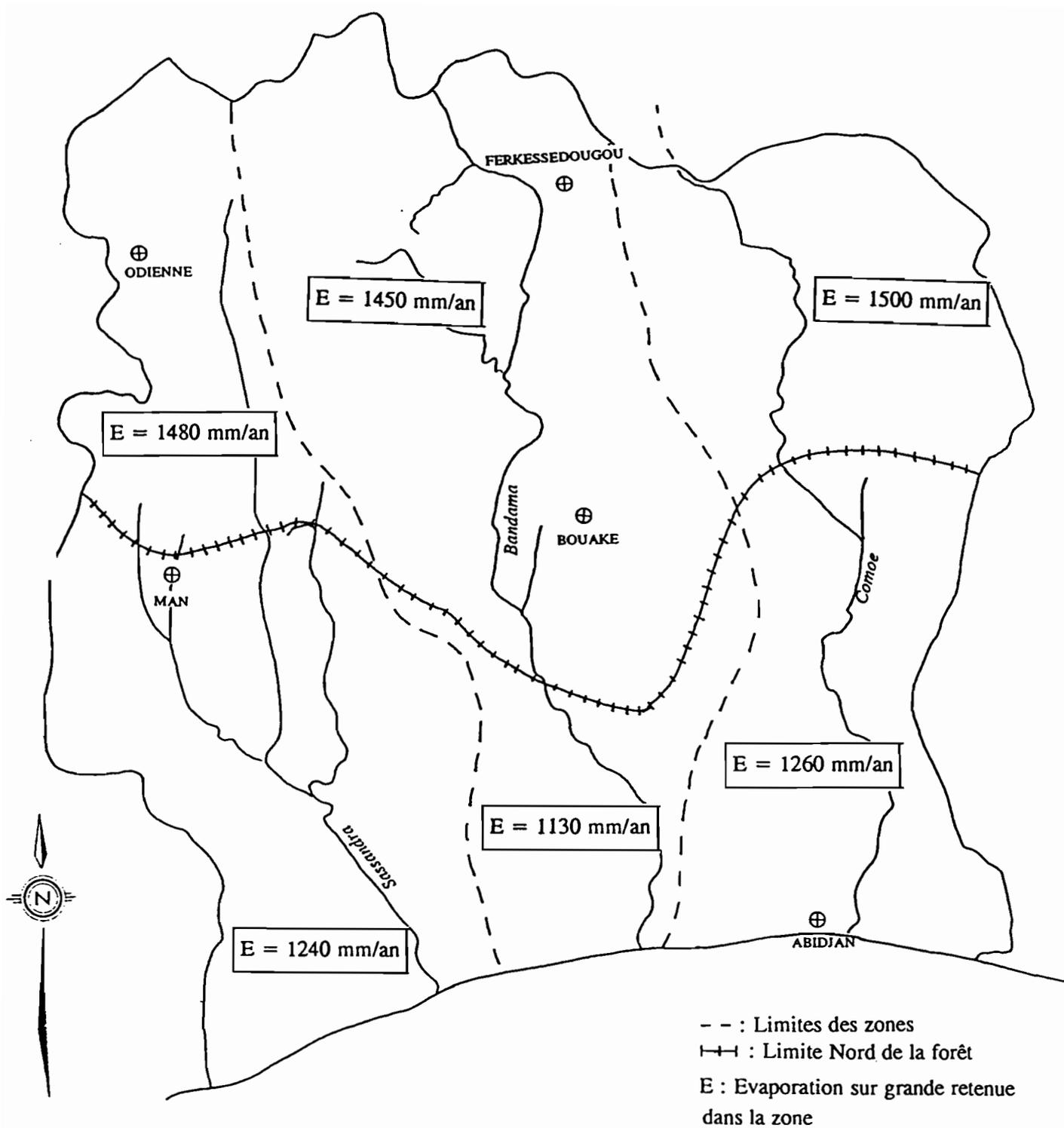


Fig-32- Évaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (Molinier,1968)

Afin d'obtenir des valeurs fiables applicables dans plusieurs parties du bassin du Bandama, ce dernier a été divisé en trois parties :

- la partie Nord, située au dessus de 8°30'N: les moyennes entre les valeurs de Korhogo et d'Odienné sont utilisées.
- la partie Centrale, de 6°30' à 8°30'N : moyennes entre Bouaké et Yamoussoukro
- la partie Sud , en dessous de 6°30'N : moyennes entre valeurs de la région centrale et celles d'Abidjan (Cf. tableau 8).

Dans la région Centre se trouve le réservoir de Kossou. Un bilan hydrologique a été réalisé pour la période 1971-1985 L'évaporation annuelle a été estimée à 1570 mm/an soit 13 % de moins que celle estimée par la formule de Penman (1780 mm/an). Compte tenu de la faible précision des termes entrant dans le bilan hydrologique, on peut estimer que ces deux résultats sont raisonnablement comparables.

5.2.2 Mali (*Le bassin du fleuve Niger*)

Monographie du Niger :

* Le bassin du Niger supérieur

Il s'étend depuis les sources du Milo jusqu'au Nord de Bamako (Cf. figure 33).

Il est sous influence du climat guinéen au sud de la ligne Siguiri-Sikasso et du climat soudanien au nord de cette ligne.

On dispose des mesures sur bac Colorado à Kénié et Dounfing au Mali et à Fomi (bord du Niandan), Kandala (bord du Milo) et Boula (Haut Milo) en Guinée (Cf. figure 34).

Les bacs Colorado sont supposés installés tous dans une position comparable : dans le lit majeur d'un grand fleuve, donc dans un microclimat relativement humide.

L'évaporation annuelle croît du Sud au Nord. Vers les sources du Milo, elle est de 1010 mm, soit environ de 850 mm sur grande retenue. au centre du bassin, l'évaporation annuelle sur bac est voisine de 1800 mm, soit 1500 à 1600 mm sur grande retenue. Dans le Nord, vers Bamako, elle atteint 2400 mm, soit 1800 à 1900 mm sur grande retenue.

* La cuvette lacustre du Niger

La cuvette lacustre s'inscrit dans une bande de 400 km de large, comprise entre les isohyètes 700 mm au Sud et 150 mm au Nord, toutes deux sensiblement rectilignes, parallèles et orientées Est-Ouest.

On distingue deux régimes :

- le régime sahélien, de l'isohyète 700 mm à l'isohyète 300 mm,
- le régime subdésertique, de l'isohyète 300 mm à l'isohyète 100 ou 50 mm.

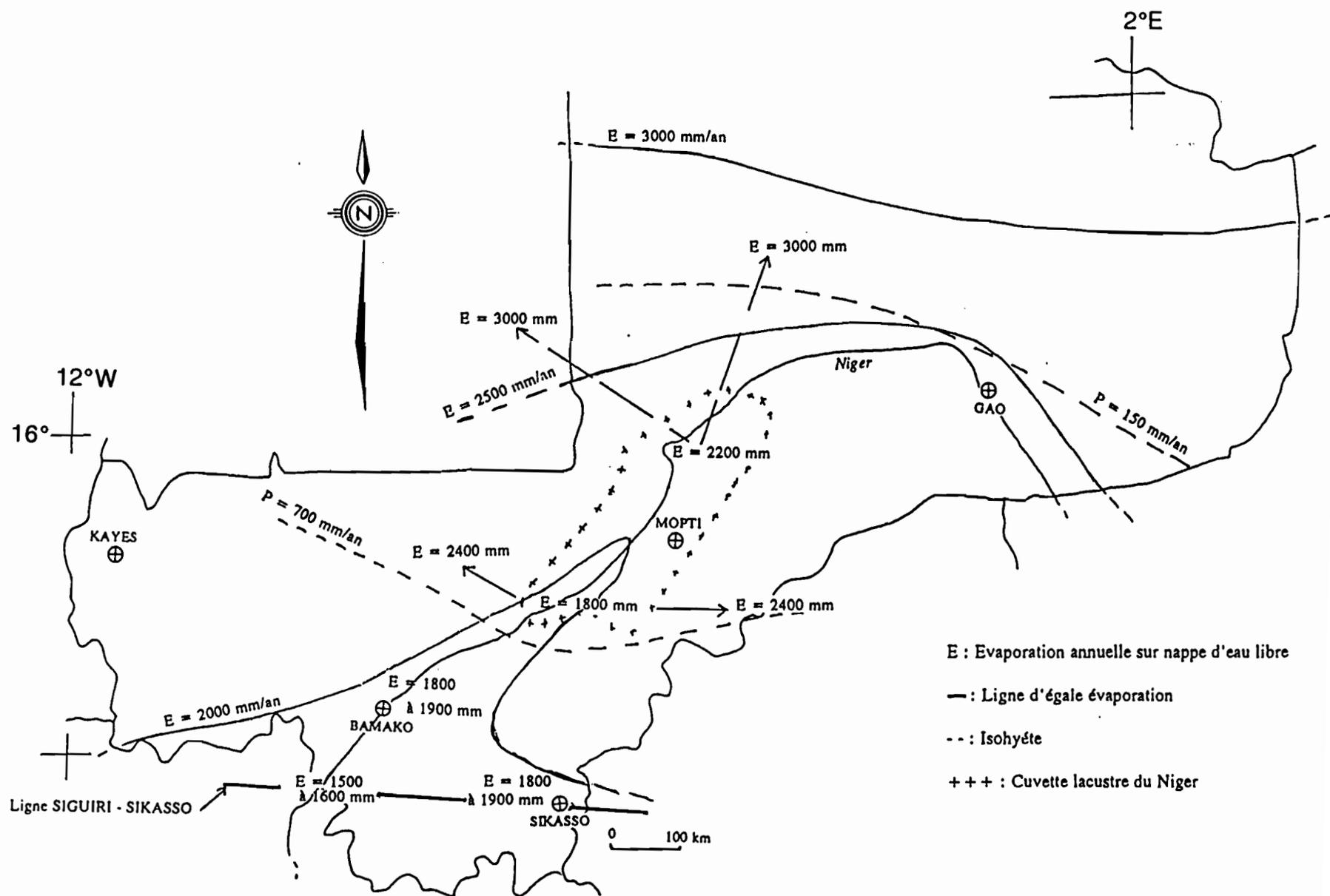


Fig-33- Évaporation sur nappe d'eau libre au Mali

L'évaporation sur bacs Colorado a été observée en 4 points (Cf. figure 35) :

- Kénié, en amont de la cuvette,
- Koumbaka, au sud de Mopti,
- Tin Adjar, dans le Gourma, à la latitude de Dire,
- M'bouna, sur le bord du lac Faguibine.

D'une manière générale l'évaporation croît du Sud vers le Nord, à mesure que l'on s'éloigne des zones de riche végétation pour se rapprocher du désert. Sa hauteur totale annuelle est de 2550 mm à Kénié et de 3170 à Tin Adjar.

Il est particulièrement intéressant de constater la similitude des relevés effectués au Mali et au Tchad, dans les zones subdésertiques. L'évaporation est du même ordre de grandeur :

A Tin Adjar et à Bol-Dune, stations de microclimat sec,

A M'bouna et Bol-Ile, stations de microclimat humide.

Par ailleurs BOUCHARDEAU a pu déterminer l'évaporation du lac Tchad par l'analyse fine du bilan hydrologique, et il a trouvé 2280 mm c'est à dire une valeur correspondant à :

85 à 90 % de ECOL en microclimat humide,

66 % de ECOL en microclimat sec.

La similitude des deux climats permet de supposer que l'évaporation sur la cuvette lacustre proprement dite, c'est à dire considérée comme une grande étendue d'eau, doit être voisine de 2200 mm dans sa partie septentrionale. Cette évaporation descendrait vers le Sud jusqu'à 1800 mm, chiffre correspondant retenu pour la région de Bamako.

Des chiffres compris entre 2200 mm et 3100 mm pourraient s'appliquer aux régions de la cuvette septentrionale et jouissant de ce fait d'un microclimat semi-humide dû à la proximité des zones inondées. Tous les intermédiaires entre 2200 mm (nappe d'eau) et 3100 mm (microclimat sec) peuvent vraisemblablement être observés. Dans la partie méridionale de la cuvette, la fourchette de variation s'établirait entre 1800 et 2400 mm.

* Le bassin du Niger moyen

Le bassin théorique du Niger moyen, compris entre le 10° et le 24° parallèles, est soumis à l'influence de climats variables du Nord au Sud : subdésertique, sahélien et tropical.

Pour les régions subdésertiques du bassin, l'évaporation serait, dans ces conditions, voisine de 3000 mm sur une retenue.

Dans la vallée du Niger, encaissée, au microclimat humide, on peut retenir 2200 mm pour la partie au nord de Niamey et 1800 mm pour les régions voisines de Malanville.

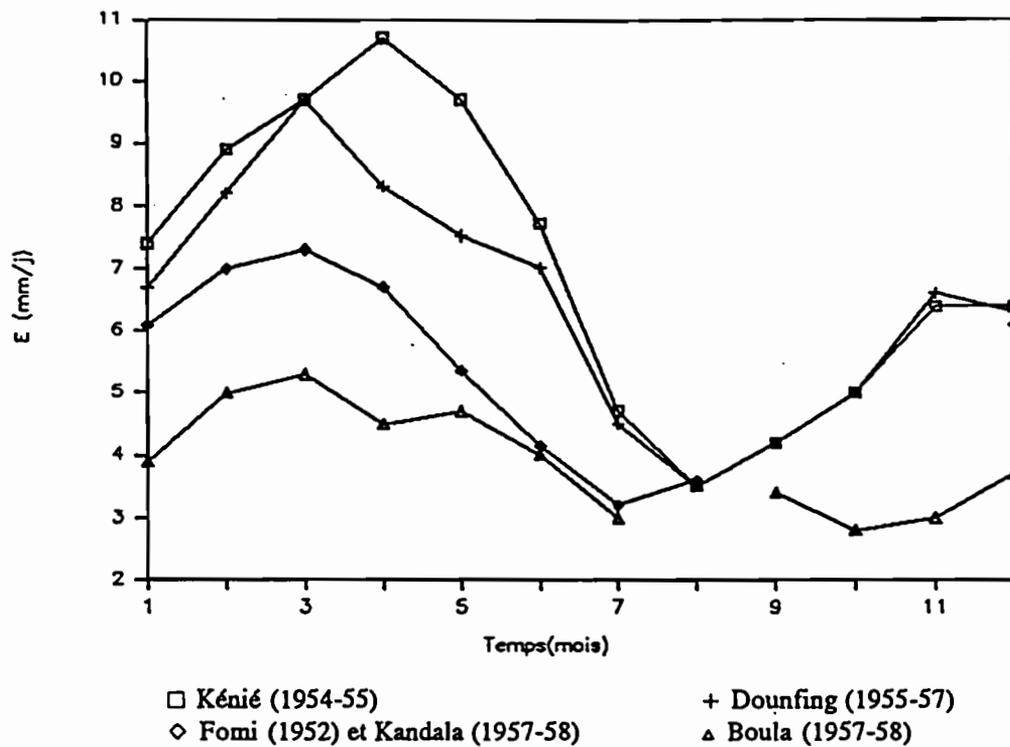


Figure 34

Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans le bassin du Niger supérieur

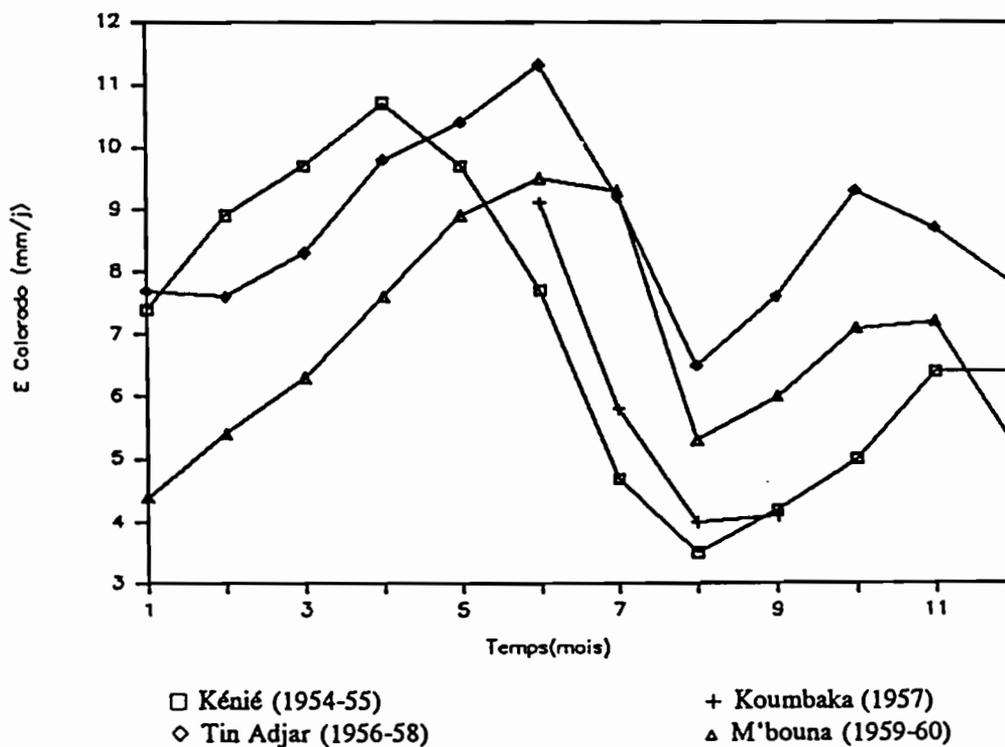


Figure 35

Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans la cuvette lacustre du fleuve Niger

5.2.3 Mauritanie

Une étude de la baisse moyenne des nappes d'eau libres a été réalisée en Mauritanie par JACCON (1965).

* Localisation et description des nappes

Treize nappes d'eau libre naturelles ont été étudiées. Il s'agit de trois lacs et de dix mares ou bras morts, compris dans la zone d'inondation du Sénégal entre M'bagne et Podor (région du Lao et du Toro) (Cf. figure 36).

Il s'agit :

- du lac R'kiz : ($\approx 16^{\circ}50'N$, $15^{\circ}20'W$)
- du lac d'Aleg : ($\approx 17^{\circ}07'N$, $14^{\circ}W$)
- du lac de Mal : ($\approx 16^{\circ}53'N$, $13^{\circ}24'W$)

et des mares suivantes : mare de Tioye, mare d'Aroua, mare Vindou-Errou, mare de Lougue, mare d'Aroua-Village, mare de Yol-Yol, mare de Diou, mare de M'bangue, mare de Legatt, mare du Koundi.

Description :

Les lacs d'Aleg et de Mal sont des lacs fermés, alimentés pendant la saison des pluies par des bassins versants de 3800 km^2 et de 900 km^2 respectivement.

La surface maximum du lac d'Aleg est de 7000 ha pour une profondeur maximum de 2.6 m (hivernage de 1960).

Le lac R'kiz se présente comme une longue cuvette de direction Nord-Est, situé dans une région de dunes, avec un bassin versant insignifiant. Il apparaît comme un défluent du Sénégal pendant la crue puis restitue une partie de ses eaux lors de la décrue (surface maxi : 13800 ha, profondeur maxi : 3.30 m).

Les mares se présentent :

- soit sous forme de mares fermées proprement dites, qui restent en eau lors de la décrue du fleuve (mares de Tioye, Aroua, Vindou-Errou). Elles ont une extension de l'ordre de 50 à 100 ha.
- soit sous forme d'effluents du Sénégal où l'eau subsiste entre deux seuils lors de la décrue pour former des mares étroites et allongées (mares de Lougue, Aroua-Village et Yol-Yol).

Les mares du Diou et de M'bangue sont d'anciens méandres du fleuve. Le Koundi est un bras actif qui draine les eaux du Nord du lit majeur. Il franchit plusieurs seuils, sur lesquels son lit se réduit considérablement et se ramifie, et traverse des zones basses où, au contraire, il reprend de vastes dimensions (largeur : 200 m, profondeur : 6 m).

Ces mares forment un ensemble assez hétérogène malgré leur situation géographique et climatique comparable : hétérogénéité dans leurs formes et leurs capacités en eau, dans la nature des sols en constituant le fond, dans le développement de la végétation.

Les trois lacs, au contraire, présentent des caractères semblables : formes et dimensions, fonds très peu perméables, végétation peu abondante.

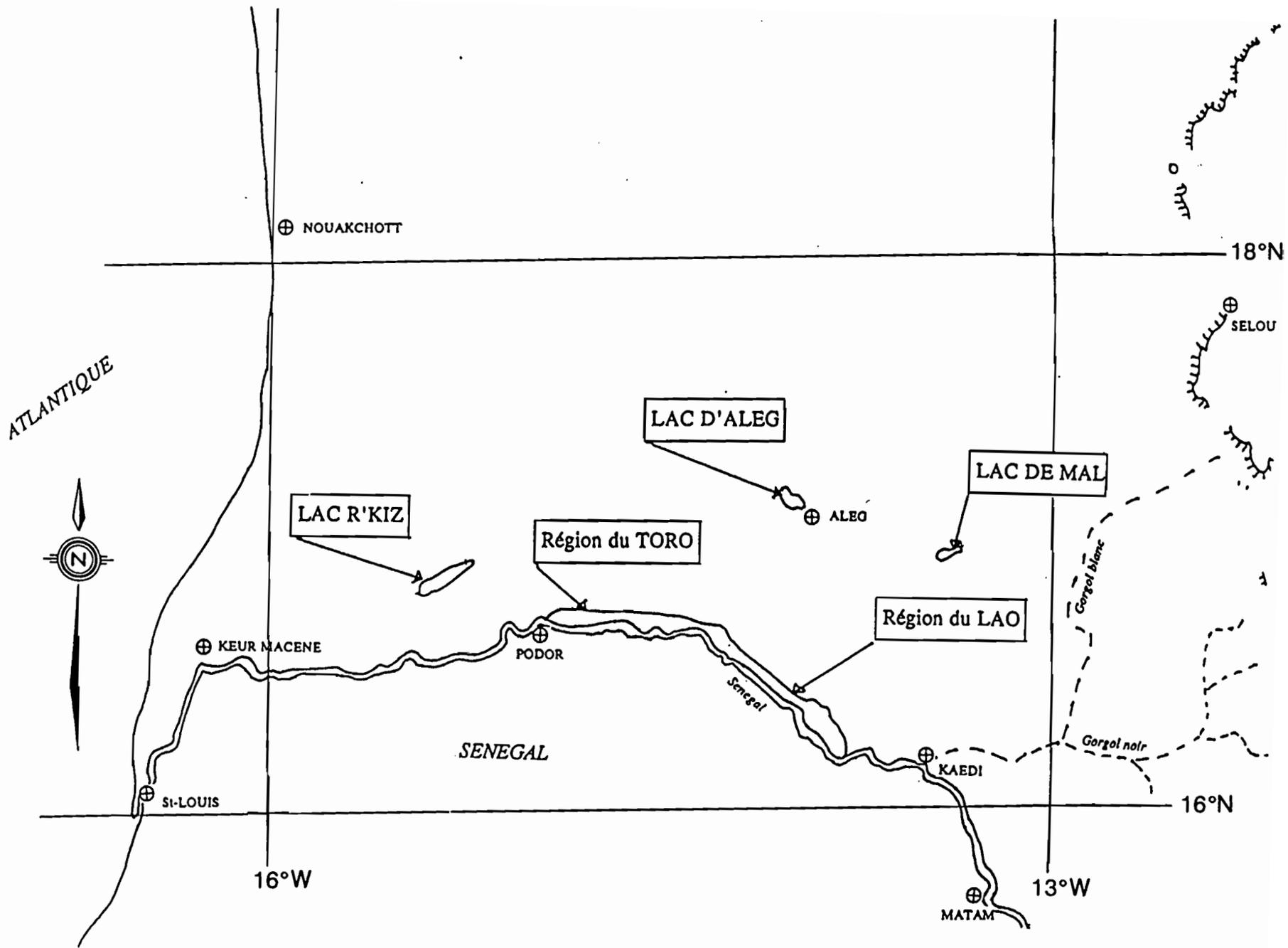


Fig-36- Localisation des lacs et mares du sud-est de la Mauritanie (JACCON,1965)

Tableau 8 : Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre des régions Nord, Centre et Sud (Bassin du Bandama, Côte d'Ivoire) (D'après ANONYME, 1987)

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	YEAR
Open water evaporation E_0 for minor reservoirs (mm)	NORTH	199	201	219	203	196	172	159	160	163	175	171	177	2195
	CENTRAL	172	170	194	179	168	147	134	136	143	156	147	149	1894
	SOUTH	161	160	183	173	158	132	124	125	133	153	150	146	1798
Open water evaporation E_0 , for major reservoirs (mm)	CENTRAL	161	160	182	171	161	140	128	130	137	150	140	140	1799
	SOUTH	152	153	174	166	152	126	120	120	129	147	144	139	1722

* Mesures effectuées

Mesures limnimétriques

Elles ont porté sur les treize nappes. Les échelles ont été lues régulièrement en moyenne tous les vingt jours de 1960 à 1964.

Mesures climatiques

Depuis 1960 et 1962 respectivement, deux stations d'observations météorologiques fonctionnent à Aleg et Keur-Macéne (70 km environ à l'ouest de Rosso). Elles enregistrent les températures, l'évaporation sur bac Colorado enterré et le vent.

* Résultats et discussion

Résultats

Evaporation bac à Aleg et Keur-Macéne de 1960 à 1964
Baisses moyennes mensuelles des lacs et des mares de 1961 à 1963
Moyennes interannuelles de la baisse mensuelle des trois lacs (1958-1964)
valeurs mensuelles du rapport Enappe/EBAC

Tous les tableaux de résultats sont dans l'annexe (III.9).

Discussion

- *Les baisses de niveau sont dues à plusieurs facteurs :*

L'évaporation directe et l'évapotranspiration, liées aux conditions climatiques (température, humidité, vent, rayonnement solaire) et à la végétation.

L'infiltration : elle varie suivant les lacs et l'importance du remplissage. Le fond des lacs d'Aleg et de R'kiz est formé d'argiles noires quasi-imperméables, celui du lac de Mal est plus sableux. L'infiltration devient notable lorsque le niveau de l'eau atteint les formations sableuses bordières (en 1960 à Aleg et en 1961 au R'kiz).

Les mares du Toro, qui reposent sur des sols de Oualo fortement limoneux et saturés, perdent peu d'eau par infiltration. Il n'en est pas de même du Koundi qui est au contact des couches sableuses du Dieri.

Facteurs secondaires : Ils sont négligeables. Le plus important est l'exploitation des nappes libres par les populations locales pour le bétail. Les volumes ainsi consommés ne représentent qu'un faible pourcentage des volumes évaporés.

- *Conclusion :*

On propose d'admettre le chiffre de 2700 mm pour valeur de la baisse annuelle sur nappe libre dans le sud-est de la Mauritanie, à moins que l'on ait la certitude absolue de l'imperméabilité du fond, auquel cas on prendra 2500 mm, valeur voisine de celle trouvée pour le lac Tchad.

5.2.4 Togo

Une synthèse sur l'évaporation a été réalisée en 1970 par COLOMBANI et LAMAGAT.

Ils ont exploité les données suivantes :

- bacs Colorado sur dix stations,
- bac Classe A sur une station,
- évaporation Piche sur 23 stations.

Le rapport R' entre l'évaporation Piche et l'évaporation sur bac Colorado varie en fonction de l'altitude et de la latitude. Un graphe permettant l'estimation de R' à partir de l'altitude et de la latitude a été établi (Cf. figure 37).

Un second graphe donnant l'évaporation Piche en fonction de l'altitude et de la latitude a également été tracé (Cf. figure 38).

La combinaison des résultats précédents a permis finalement l'estimation de l'évaporation sur bac Colorado au Togo en ne tenant compte que de l'altitude et de la latitude (Cf. figure 39).

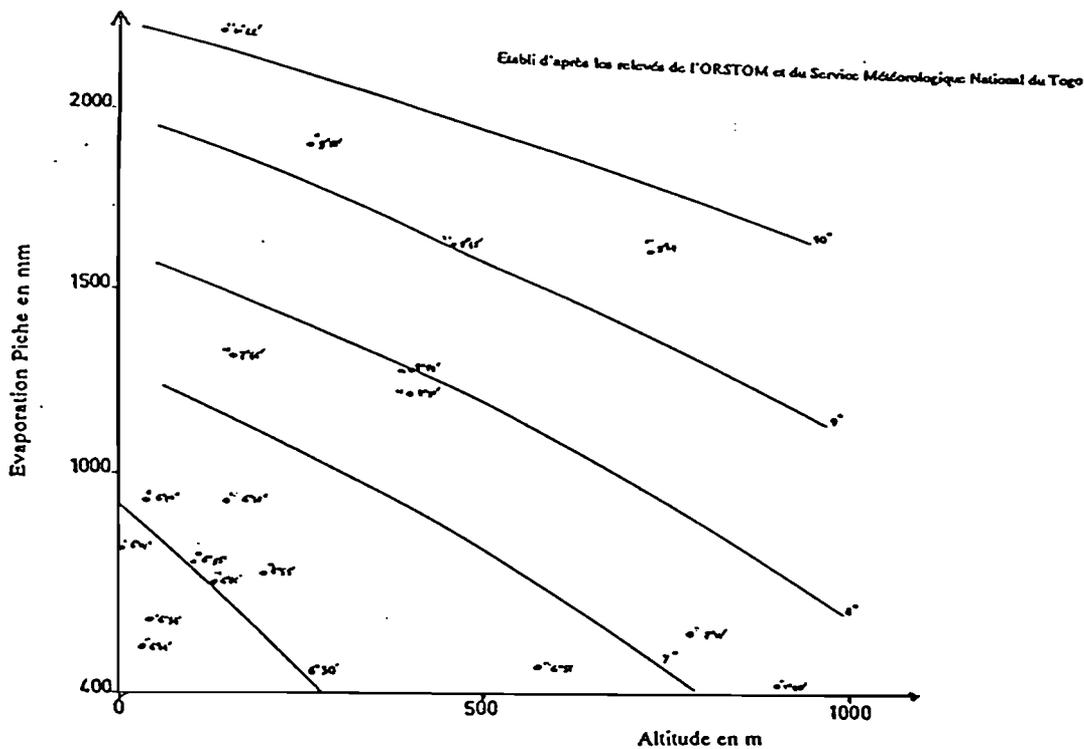


Figure 37 : Estimation de l'évaporation Piche en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo (Colombani & al., 1970)

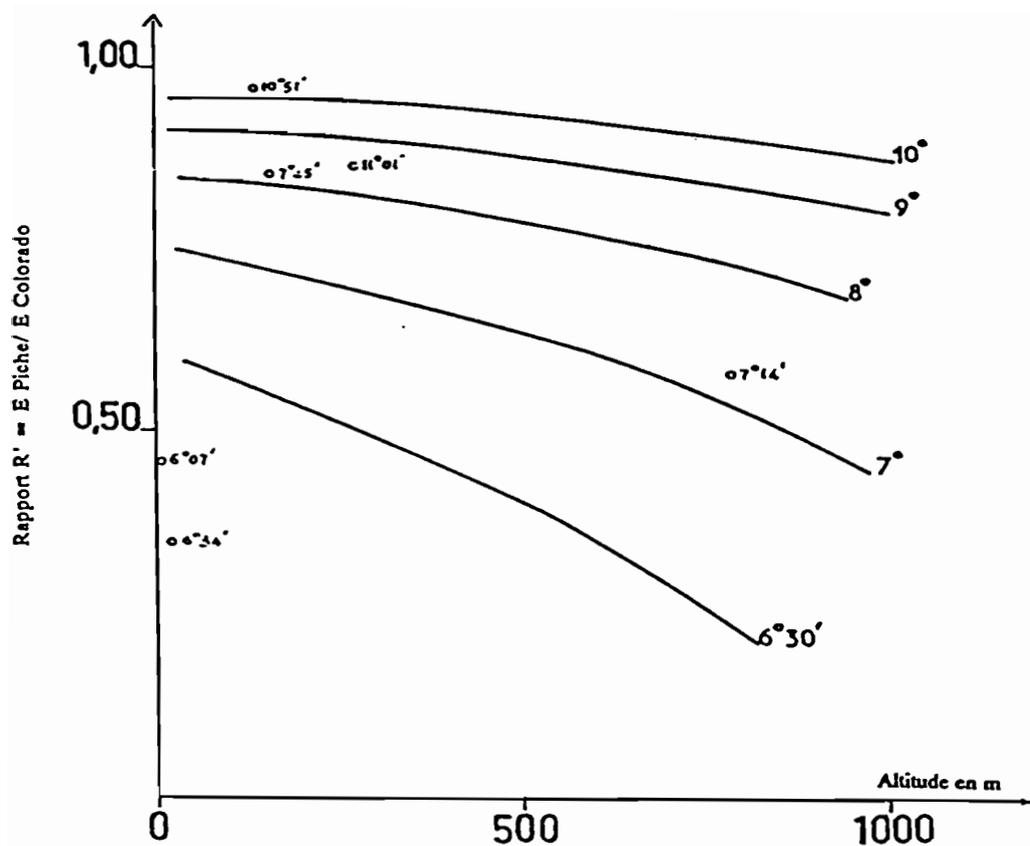


Figure 38

Estimation du coefficient $R' = E \text{ Piche} / E \text{ Colorado}$ en fonction de l'altitude et de la latitude (Colombani & al., 1970)

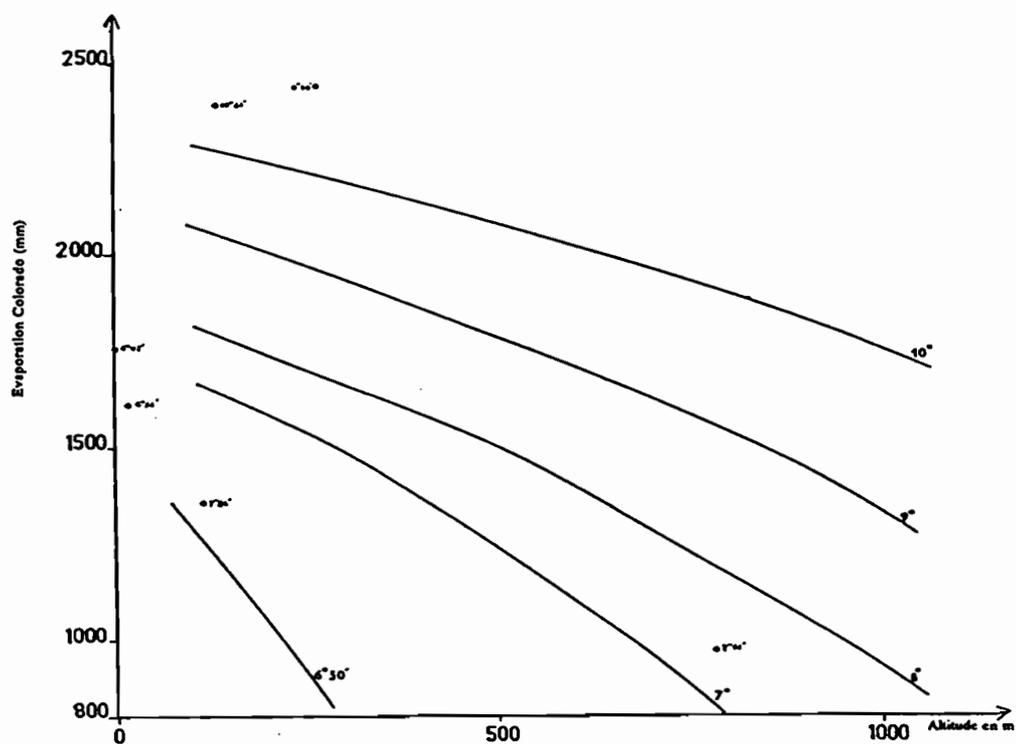


Figure 39

Estimation de l'évaporation dur bac Colorado en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo (Colombani & al., 1970)

CONCLUSION

CONCLUSION

La mesure directe de l'évaporation des plans d'eau n'est pas une chose aisée. Les méthodes qui s'appuient sur un bilan hydrologique se heurtent au problème de l'estimation de l'infiltration, en supposant que la mesure de tous les autres éléments soit maîtrisée. Celles qui utilisent le bilan d'énergie se heurtent, pour leur part, au problème de l'évaluation des variations de stock thermique au sein de la masse d'eau. Seules les méthodes qui mesurent directement le flux de vapeur émis par la surface permettent une connaissance précise de l'évaporation. Ces méthodes sont encore malheureusement réservées au domaine de la recherche en raison de leur mise en oeuvre délicate, de leur coût et de la technicité qu'elles requièrent, autant de facteurs qui limitent leur utilisation.

Dans la quasi totalité des situations qui se présentent à l'ingénieur, on est contraint d'utiliser les données d'évaporation des bacs (cet instrument est à la fois celui qui fournit l'évaluation la plus proche de l'évaporation des grands plans d'eau et qui est le plus répandu). L'autre alternative est d'utiliser une méthode indirecte, dont la meilleure semble être de loin celle de Penman (pour autant que l'on dispose des éléments climatiques nécessaires à son utilisation).

Dans le présent document, on a essayé d'utiliser le maximum d'informations, sans prétendre avoir été exhaustif cependant. En conséquence, les données à traiter étaient d'une grande hétérogénéité. Celle-ci se manifeste à la fois dans le type de données : mesures sur des bacs de types différents, résultats de calculs, estimations diverses trouvées dans la littérature ; mais aussi dans la longueur des séries disponibles, celles-ci allant de 1 à 2 ans à plusieurs dizaines d'années. Pour cette raison, dans la synthèse qui a été esquissée sous forme de cartes de valeurs annuelles, seules les données des bacs de type "Colorado enterré" ont été utilisées.

Grâce aux études réalisées par RIOU (1975) et POUYAUD (1986), on dispose de formules de transposition entre l'évaporation des bacs, celle des plans d'eau et l'évaporation Penman, utilisables dans une grande partie de la zone considérée. Le développement des réseaux de mesures de paramètres climatiques permettant l'utilisation de la formule de Penman paraît néanmoins recommandable.



BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON R.R., 1954

Energy-budget studies. Water loss investigations : lake Hefner Studies, Tech. Report. Prof. Paper 269, Geol. Survey, U.S. Dept. Interior, pp. 71-119

AUCKENTHALER J., 1984

Note technique : l'évaporation du bac Classe A sur le complexe sucrier de BOROTOU-KORO (Côte d'Ivoire). 5p.

BALDY C.M., 1978

Utilisation d'une relation simple entre le bac classe A et la formule de Penman pour l'estimation de l'ETP en zone soudano-sahélienne

Ann. agron., 1978, 29 (5), pp. 439-452.

BERNARD A., 1984

Note technique : bac flottant, appareil de mesure de l'évaporation sur les plans d'eau Ouagadougou (Burkina Faso), ORSTOM.

BERNARD E.A., 1956

Le déterminisme de l'évaporation dans la nature - Etude des aspects géophysiques et écologiques du problème dans le cadre du bilan énergétique ; 1ère partie : généralités théoriques. INEAC.

BILLON B., CALLEDE J., MICHENAUD P., RANDON P., 1964

Etudes hydrologiques pour le chemin de fer transcamerounais : bassin expérimental de BADE, rapport préliminaire, campagne 1963.

FORT-LAMY (Tchad), ORSTOM ; Comité Mixte de Coordination pour les Etudes Ferroviaires Cameroun-Tchad, Office Tchadien des Etudes Ferroviaires, 95 p.

BILLON B., CALLEDE J., SABATIER J., 1963

Etude hydro-climatologique des polders de la région de BOL
ORSTOM

BILLON B., GUISCAFFRE J., HERBAUD J., OBERLIN G., 1974

Le bassin du fleuve CHARI

Monographie hydrologique ORSTOM n°2, pp. 25-28

BILLON B., PEPIN Y., 1981

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1980.

Niamey (Niger), ORSTOM ; GTZ ; Min. du Dev. Rural - Serv. du Génie Rural, 24 p.

BILLON B., PEPIN Y., 1982

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1981.

Niamey (Niger), ORSTOM ; Min. de l'Hydraulique et de l'environnement - Dir. des Ressources en Eau, 21 p.

BOUCHARDEAU A., 1957

Etudes d'évaporation dans les régions soudano-sahéliennes
A.I.H.S. Assemblée générale de TORONTO

BOUCHARDEAU A., 1961

Bacs d'évaporation ; FORT-LAMY ; 1960-1961
ORSTOM

BOUCHARDEAU A., MICHENAUD P., BARRAUD , 1962

Données de base pour l'aménagement de la plaine de PAIOKOU
ORSTOM/Institut de Recherches du TOGO

BOUCHARDEAU A., BAUDUIN D., 1964

Monographie du delta de l'OUEME. Annexes ; Edition provisoire.
Paris, ORSTOM ; BENIN, Min. des T.P. - arr. de l'hydraulique

BOUCHARDEAU A., COLOMBANI J., ROCHE M., FEAT J., 1965

Etudes pédohydrologiques au Togo, volume 3 : données hydrologiques concernant la région maritime et la région des savanes.

Rome, FAO ; Paris, ORSTOM, 360 p.

BOUCHARDEAU A., ROCHE M., 1965

Monographie du MONO

ORSTOM/Institut de Recherches du TOGO

BOUCHET R.J., ROBELIN M., 1969

Evapotranspiration potentielle et réelle ; Domaine d'utilisation - portée pratique

BOULET R., 1978

Toposéquences des sols tropicaux en Haute-Volta - Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique

Mémoire ORSTOM n°85

BOURGES J., 1979

Hydrologie d'un bassin représentatif des hauts plateaux du Sud Togo : la DAYE à DZOBEGAN.

Lomé (Togo), ORSTOM, 213 p.

BRICQUET J.P., BOUVIER J.C., DELFIEU J.M., GATHELIER R., GALLAIRE R., 1984

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1983.

Niamey (Niger), ORSTOM ; GTZ ; Min. de l'Hydraulique et de l'Environnement - Dir. des Ressources en Eau, 22 p.

BRICQUET J.P., DELFIEU J.M., DUBEE G., GALLAIRE R., BOUVIER C., 1985

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1984.

Niamey (Niger), ORSTOM ; GTZ ; Min. de l'Hydraulique et de l'Environnement - Dir. des Ressources en Eau, 16 p.

BROCHET P., GERBIER N., 1974

L'évapotranspiration : aspect agrométéorologique, évaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle

Monographie n°65 de la Météorologie Nationale

BRUNEL J.P., 1992

L'évaporation sous différents climats du sud-ouest Pacifique. Etudes énergétiques et isotopiques. Thèse Doctorat d'Etat.

Paris, 1992. 375 p.

BRUNET-MORET Y., 1959

Rapport sur les résultats de la campagne hydrologique dans le BRAKNA et le TAGANT en 1958.

Paris, ORSTOM ; Nouakchott (Mauritanie), Serv. du Génie Rural.

BRUNET-MORET Y., 1960

Rapport sur les résultats de la campagne hydrologique dans le BRAKNA et le TAGANT en 1959

Paris, ORSTOM ; Nouakchott (Mauritanie), Min. de l'Expansion Economique et du Plan - Serv. du Génie Rural, 50 p.

BRUNET-MORET Y., 1966

Etudes hydrologiques dans la région du NORD-DORI - Rapport définitif.

Paris, ORSTOM ; Ouagadougou (Burkina Faso), Min. de l'Economie Nationale - Dir. du Génie Rural, 31 p., ann.

BRUNET Y., DUBREUIL P., 1960

Aménagement de la plaine de LOULOUNI (région de SIKASSO) : étude hydrologique du KOBAFINI.

Bamako (Mali), ORSTOM ; Min. de l'Agr.- Serv. du Génie Rural.

BRUNET-MORET Y., CHAPERON P., LAMAGAT J.P., MOLINIER M., 1986

Monographie hydrologique du fleuve Niger

tome 1 : Niger supérieur

tome 2 : cuvette lacustre et Niger moyen

Monographie hydrologique ORSTOM n°8

BRUNT D., 1932

Notes on radiation in the atmosphere : I. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 58, 389-420

BRUTSAERT W., 1982

Evaporation into the atmosphere
Kluwer Academic Publishers, 299p.

BULTOT F., 1971

Atlas climatologique du bassin congolais

BULTOT F., DUPRIEZ G.L., 1973

L'évaporation d'un bac d'eau libre - sa signification restreinte
Journal of hydrology, 20(1973), pp. 83-95.

CADIER E., BARILLY A., CHARTIER R., GATHELIER R., MAILHAC P., POUYAUD B., 1972

Etude hydrologique de la plaine de DIHESSE : rapport définitif, période du 15 mai 1971 au 15 mai 1972.
Brazzaville (Congo), ORSTOM ; Commissariat Général au plan.

CALLEDE J., 1966

Etude hydrologique pour l'aménagement des chutes GAUTHIOT : campagne 1965
FORT-LAMY (Tchad), ORSTOM ; Min. des Travaux Publics Tchadien.

CALLEDE J., 1967

Mesures Climatologiques (Participation à la rédaction du manuel d'hydrométrie de l'ORSTOM)
ORSTOM

CALLEDE J., 1969

Premiers résultats des mesures à la station bioclimatologique de BANGUI
ORSTOM

CALLEDE J., 1974

Bassin versant représentatif de SARKI (Rep. Centrafricaine)
Bilan de 5 années d'observations (1968 à 1972)
ORSTOM

CALLEDE J., DUBOIS G.J., MICHENAUD P., 1965

Etudes hydrologiques pour le chemin de fer transcamerounais : rapport définitif, campagne 1964.
Fort-Lamy (Tchad), ORSTOM ; Comité Mixte de Coordination pour les Etudes Ferroviaires Cameroun-Tchad, Office Tchadien des Etudes Ferroviaires, 66 p.

CASENAVE A., 1978

Etude hydrologique des bassins de SANGUERE.
Cah. de l'IRTISS, 1 : 209 p., Cah. ORSTOM, Sér.hydrol.,15 (1-2) : 3-209.

CHEVALIER P., 1990

Complexité hydrologique du petit bassin versant
Exemple en savane humide : BOORO BOROTOU (Côte d'Ivoire)
Editions de l'ORSTOM, Coll. Etudes et Thèses

CHEVALIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A., 1985

Hydrologie de la mare d'OURSI (Burkina Faso) - Pluies et crues au sahel
ORSTOM

CLAUDE J., LOINTIER M., GUALDE R., 1982

Etude hydrologique de la plaine NIENA-DONKELE - 2- Station climatologique de N'DOROLA. Observations en 1981
ORSTOM OUAGADOUGOU, section hydrologique

COGELS F.X., EVORA N., GAC J.Y., 1991

L'évaporation du lac de Guiers de 1976 à 1989 : bilan et essai d'interprétation.

COLOMBANI J., FAUCK R., 1960

Mission d'études au DAHOMEY : N°11 secteur conservation des sols, hydrologie, pédologie, BOUKOMBE (Bénin)
ORSTOM.

COLOMBANI J., LAMAGAT J.P., 1970

Etude de l'évaporation au TOGO

Mise à jour 1968 (Bacs d'évaporation ; Evaporomètre Piche ; Déficit d'écoulement)

ORSTOM LOME.

CRUETTE J., LELIEVRE M., 1963

Etude hydrologique du SOLOMOUGOU . Résultats de la campagne 1962. Tome 1 : données géographiques et climatologiques. Bassins versants expérimentaux du LOSERIGUE.

ORSTOM.

DE COSTER M., SCHUEPP W., 1957

Mesures de rayonnement effectif à Léopoldville.

Koninklijke Academie voor Koloniale Wetensch. (Brussel), Mededel. der Zittingen 3 (Nieuwe Reeks), 642-651.

DEVEAUX R., 1960

Contribution à l'étude de l'évaporation sur nappe d'eau libre en MAURITANIE.

DIOP S., 1990

La côte ouest-africaine - Du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée(Rep. de Guinée).

Editions de l'ORSTOM, Coll. Etudes et Thèses).

DOSSEUR H., 1978

Etude de factibilité du barrage de KANDADJI.

SOFRELEC / EDF DAFECO, Paris ; ORSTOM, Niamey (Niger).

DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1976

Les besoins en eau des cultures.

Bulletin d'irrigation et de drainage, n°24, FAO, Rome.

DUBOIS G.J., SECHET P., 1976

Etude hydrologique de la plaine de NIENA-DIONKELE.

4- La station climatologique de N'DOROLA-KARAMASSASSO.

Procès verbal d'installation et observations en 1975.

ORSTOM OUAGADOUGOU , section hydrologique.

DUBREUIL P., 1960

Etude du bassin versant de la rivière AGNEBY - Résultats des campagnes 1959.

ORSTOM

DUBREUIL P., 1960

Etude hydrologique de petits bassins versants en Côte d'Ivoire : Rapport général. Tome 1 - zone forestière.

ORSTOM.

DUBREUIL P., 1961

Aménagement des lacs TELE et FAGUIBINE . Etudes hydro-climatiques.

ORSTOM.

DUBREUIL P., 1961

Etude hydrologique des tributaires de la cuvette de KOULOU : rapport de la campagne 1960.

Niamey (NIGER), ORSTOM ; Min. de l'Agr.- Serv. du Génie Rural.

DUBREUIL P., 1966

Conditions requises de l'observation des barrages réservoirs en région intertropicale pour fournir une bonne estimation des termes du bilan hydrologique.

AIHS, n°70, 1966.

DUBREUIL P., 1972

Recueil des données de base des bassins représentatif et expérimentaux. Années 1951-1969.

ORSTOM.

DUBREUIL P., GUISCAFRE J., NOUVELOT J.F., OLIVRY J.C., 1975

Le bassin de la rivière SANAGA (Cameroun , Rep. Centrafricaine).

Monographie hydrologique ORSTOM n°3.

DUSSART B., 1966

Limnologie - L'étude des eaux continentales.

Edition Gauthier-Villars, Paris ; 676 p.

EDF - DAFECO, 1971

Aménagement du BAFING (Affluent rive droite du Sassandra)-Avant projet sommaire.

EDF - DAFECO , 1973

Régularisation de la MBEL - Barrage de TCHIMBELE.

Données de base BVII. Note hydrologique.

Société d'énergie et d'eau du GABON.

EDF - DAFECO, 1978

Mise à jour des apports du Bandama à KOSSOU de 1954 à 1976.

EDF, 1975

Alimentation en eau de la région de LAMA-KARA et des régions avoisinantes (TOGO) - Détermination de la retenue à créer sur la KOZA.

EDF - DAFECO - ORSTOM , PARIS.

ELDIN M., 1971

"Le climat" dans "le milieu naturel de la Côte d'Ivoire".

Mémoires ORSTOM n°50.

FRANQUIN P., DIZIAIN R., COINTEPAS J.P., BOULVERT Y., 1988

Agroclimatologie du centrafricaine.

Editions de l'ORSTOM, Collection Initiations - Documentations techniques n°71.

FRITSCH J.M., 1970

Bassin représentatif de la SARA : résultats des campagnes 1957-1958.

Lomé (Togo), ORSTOM, 16 p.

GAC, BOUCHEZ, BAMBA, CARN, ORANGE, DUVERT, 1987

Géochimie des eaux du :FOUTA-DJALON - Flux dissous et particulaire en haute Gambie. Contribution à la monographie de la Gambie.

ORSTOM.

GALLAIRE R., BRICQUET J.P., DELFIEU J.M., GATHELIER R., 1986

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1985.

Niamey (Niger), ORSTOM ; Min. de l'Hydraulique et de l'environnement - Dir. des Ressources en Eau, 13 p.

GALLAIRE R., GREARD M., GATHELIER R., 1987

Etude du KORI TELOUA, 1ère partie : le haut bassin, campagne 1986.

Niamey (Niger), ORSTOM ; Min. de l'Hydraulique et de l'environnement - Dir. des Ressources en Eau, 30 p.

GANGOPADHYAYA M., HARBECK G.E.Jr., NORDENSON T.J., OMAR M.H., URYVAEV V.A., 1966

Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration.
World Met. Organ., Tech. Note N°83, WMO-N°201. TP.105, 121 pp.

GIRARD G., 1961

Equipement des bassins versants expérimentaux en service dans la République de Côte d'Ivoire.
Conférence Inter africaine sur l'Hydrologie, NAIROBI, 16-26 Janvier 1961.

GIRARD G., 1961

Etude du bassin versant de la rivière AGNEBY - Résultats des campagnes 1960.
ORSTOM

GIRARD G., 1963

Etude du bassin versant de la rivière AGNEBY - Résultats des campagnes 1961-1962. Tome I.
ORSTOM

GIRARD G., 1966

Estimation de l'évaporation sur les réservoirs de barrages en région intertropicale semi-aride.
AIHS, n°70, 1966.

GIRARD G., ROCHE M., 1974

Etude méthodologique pour l'utilisation des données climatologiques de l'Afrique tropicale.
livre III : livre de l'évapotranspiration et des déficits hydriques.
CIEH - Ministère de la Coopération - ORSTOM, serv. Hydrol., Paris.

GLEIZES C., 1965

Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations.
Techniques rurales en Afrique n°1.

GOOS J.R., BROOKS F.A., 1956

Constant for empirical expressions for down-coming atmospheric radiation under cloudless sky.
J. Meteorol. 13, 482-488.

GROUZIS M., 1988

Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'OURSIS, Burkina Faso).
Editions de l'ORSTOM, Coll. Etudes et Thèses.

HARANG P, GATHELIER R, 1980

Etude de factibilité du barrage de KANDADJI - Dossier n°3^{ter} : rapport sur les mesures hydrologiques, climatologiques et sédimentologiques.
ORSTOM, Niamey (Niger) ; SOFRELEC.

HARBECK G.E.Jr., 1962

A practical field technique for measuring reservoir evaporation utilizing mass-transfer theory.
U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 227-E, pp. 101-105.

HIEZ G., BILLON B., TOUCHEBOEUF P., CHAPERON P., 1965

Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du NIARI (Congo); Synthèse générale 1949-1964.
ORSTOM.

HÖPFFNER M., 1977

Etude hydrologique du Niger à KANDADJI - Rapport intérimaire.
ORSTOM.

HÖPFFNER M., LE GOULVEN P., DELFIEU G., 1976

Les bassins versants d'IFEROUANE : campagne 1975.

Niamey (NIGER), ORSTOM ; G.H.W. ; GTZ ; Min. du Dev Rural - Serv. du Génie Rural, 18 p.

HÖPFFNER M., PEPIN Y., 1980

Le haut bassin du TELOUA, étude hydrologique : campagne 1979.

Niamey (NIGER), ORSTOM ; GTZ ; Min. du Dev Rural - Serv. du Génie Rural.

HOUNAM C.E., 1971

Problems of evaporation assessment in the water balance,

Rep. WMO/IHD proj. n°13, Publ. O.M.M., Genève, n°285, 80 pp.

HOY R.D., STEPHENS S.K., 1979

Field study of lake evaporation - Analysis of data from phase 2 storages and summary of phase 1 and phase 2. Austral. Water Resour. Council, Dept. of Nation. Development, Tech. Paper n°41, 177 pp.

HYPERBAV, 1989

Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin versant de savane humide : BOORO BOROTOU (Côte d'Ivoire).

Editions de l'ORSTOM, coll. Etudes et Thèses.

IMBERNON J., SEGUIS L., POSS R., 1987

Etude agroclimatique : première phase de la double culture maïs-coton dans la région de NOTSE au Togo.

ORSTOM/IRAT/Projet PDRN.

IRAT, 1974

Rapport d'activité 1971, Etude et amélioration du milieu, bioclimatologie.

République du Sénégal, Ministère du développement rural, Centre national de recherches agronomiques de BAMBEY, (Groupe I, SR/BIO).

Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), 1979

Rapport d'activité 1979 : Groupe "Utilisation rationnelle des ressources en eau" - Météorologie des stations ISRA.

République du Sénégal, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

JACCON G., 1965

Etude de la baisse moyenne des nappes d'eau libres en Mauritanie 1960-1964.

KEIJMAN J.Q., 1974

The estimation of the energy balance of a lake from simple weather data.

Boundary-layer Meteorol., 7, 399-407.

KOLHER M.A., 1954

Lake and pan evaporation. Water loss investigations : lake Hefner studies, Tech. Report, Prof. Paper, 269, Geol. Survey, U.S. Dept. Interior, pp. 127-148.

LAFFORGUE A., 1982

Etude hydrologique des bassins versants de SAKASSOU, Côte d'Ivoire, 1972-1977.

Travaux et documents de l'ORSTOM.

LAMACHERE J.M., 1984

Etude hydrologique des plaines de NIENA-DIONKELE et FOULASSO-LELASSO.

7- Rapport définitif, tome 7.

ORSTOM OUAGADOUGOU, section hydrologique.

LE BARBE L., 1978

Etude hydrologique de la plaine de NIENA-DONKELE.
7- Station climatologique de N'DOROLA KARAMASSASSO.
Observations en 1977 et conclusion sur deux années d'observation.
ORSTOM OUAGADOUGOU , section hydrologie.

LE BARBE L., 1979

Etude hydrologique de la plaine de KAMADENA - 2, rapport de campagne 1978.
Ouagadougou, ORSTOM ; Dir. de l'hydraulique et de l'équipement rural - Fond de Développement Rural, 57 p., ann.

LE BARBE L., THIEBAUX J.P., LETROQUER Y., 1980

Etude hydrologique de la plaine de KAMADENA - 3, rapport définitif.
Ouagadougou, ORSTOM ; Dir. de l'hydraulique et de l'équipement rural - Fond de Développement Rural, 224 p.

LEMOINE L., PRAT J.C., 1971

Etude des procédés de lutte contre l'évaporation sur les plans d'eau.
Publication du CIEH.

LERIQUE J., 1965

Etude hydrologique de bassins versants dans la région de MALA, tome 1.
ORSTOM.

LERIQUE J., 1970

Premiers résultats de l'évaporation sur bac enterré à LIBREVILLE . Année 1969.
ORSTOM.

LERIQUE J., 1977

Etude hydrologique de deux petits bassins de la région de THIES.
ORSTOM DAKAR.

LERIQUE J.,TOURNE M., 1971

Etude hydropluviométrique du bassin versant de la NZEME (Gabon) , Rapport provisoire.
Résultats bruts de la première campagne (1969-1970).
ORSTOM LIBREVILLE.

LERIQUE J., TOURNE M., 1972

Etude hydropluviométrique du bassin versant de la NZENE (Gabon), Rapport définitif, tome 1 : texte.
ORSTOM LIBREVILLE.

L'HOSTIS G., 1987

Variabilité des précipitations dans la région du Mont Cameroun et mécanisme de la mousson - Mémoire de DEA .

L'HOTE Y., MOYON Y., 1975

Etude hydrologique de la KOZA : compte rendu de la campagne de hautes-eaux 1974.
Lomé (Togo), ORSTOM ; Min. des T.P. - Dir. de l'Hydraulique ; BCEOM.

L'HOTE Y., MOYON Y., TOUCHEBOEUF P., 1975

Etude hydrologique de la KOZA : résultats et interprétation de la campagne 1974-1975.
Lomé (Togo), ORSTOM ; Min. des T.P. - Dir. de l'Hydraulique ; BCEOM, 50 p.

LIGOUZAT A., BOYCE J.E., 1964

Projet du BANDAMA pour le compte de la Côte d'Ivoire.
Avant-projet sommaire et évaluation économique.vol.I-chap.IV.
Kaisers engineers and constructors , INC et EDF.

LINSLEY R.K., BLANEY H.F., HARBECK G.E., KOHLER M.A., 1956

Research on evaporation and evapotranspiration in the united states in Symposia Darcy (Dijon, 20-26 Septembre 1956). Tome I - Evaporation.

Public. n°40 de l'Association Internationale d'Hydrologie.

MAKKINK G.F., 1956

The application of research on evaporation in hydrology in Symposia Darcy (Dijon, 20-26 Septembre 1956). Tome I - Evaporation.

Public. n°40 de l'Association Internationale d'Hydrologie.

MAKKINK G.F., 1957

Ekzameno de la formulo de Penman.

Netherl. J. Agric. Sci., 5, 290-305.

MICHEL P., 1963

Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie.

Mémoire ORSTOM.

MILLET B., 1981

Etudes des caractéristiques hydrauliques et hydrochimiques du système lagunaire du lac Togo - Période d'étiage 1981.

Ministère des Travaux Publics, TOGO - ORSTOM, Lomé.

MILLET B., 1983

Etude de quelques caractéristiques hydrauliques et hydrochimiques du système lagunaire du lac Togo - Années 1981 et 1982.

Ministère des Travaux Publics, TOGO - ORSTOM, Lomé.

MILLET B., 1984

Etude hydrologique du système lagunaire du lac Togo - Recueil de données 1981-1984.

Ministère des Travaux Publics, TOGO, - ORSTOM, Lomé.

MILLET B., 1984

Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : Le lac TOGO.

Editions de l'ORSTOM, Col. Etudes et Thèses.

MOALLEMI A., 1985

Analyses des données pluviographiques de NIAMEY (Niger) -Mémoire de DEA.

MOLINIER M., 1968

Estimation du bilan hydrique en Côte d'Ivoire.

Ministère des travaux publics (Côte d'Ivoire) - ORSTOM, Adiopodoume.

MOLINIER M., 1981

Etude hydrologique des bassins de la COMBA (République Populaire du Congo).

Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., 18 (2-3) : 75-190.

MONIN A.S., YAGLOM A.M., 1971

Statistical fluid mechanics of turbulence, Vol. 1,

The MIT Press, Cambridge, Mass., 769 p.

MONIOD F., POUYAUD B., SECHET P., 1977

Le bassin du fleuve VOLTA.

Monographie hydrologique ORSTOM n°5.

MONTENY B., 1985

Bioclimatologie. Données climatiques journalières recueillies à la station ORSTOM d'ADIPODOUME. (1971 à 1984). ORSTOM ADIPODOUME.

MORTON F.I., 1983

Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology.
Journal of Hydrology, 66 : 1-76.

MORTON F.I., 1983

Operational estimates of lake evaporation.
Journal of Hydrology, 66 : 77-100.

MOYON Y., L'HOTE Y., 1976/01

Etude hydrologique de la KOZA : compte rendu de la campagne des hautes eaux 1975.
Lomé (Togo), ORSTOM ; Min. des T.P. - Dir. de l'Hydraulique ; BCEOM, 13 p.

MOYON Y., L'HOTE Y., 1976/06

Etude hydrologique de la KOZA : compte rendu de la campagne des hautes eaux 1975-1976.
Lomé (Togo), ORSTOM ; Min. des T.P. - Dir. de l'Hydraulique ; BCEOM, 8 p.

NAAH E., 1979

Etude des caractéristiques hydrologiques sur un ensemble de bassins versants représentatifs des terrains précambriens de la VINA DU NORD (les bassins du RISSO, CAMEROUN).
Doc.3ème cycle, Hydrologie, Univ.Pierre et Marie CURIE,
Paris 6, 6 avr.1979, 177 p.

NAAH E., NTONGA J.C., 1982

Etude hydrologique du MAYO OULO à GOLOZA. Rapport provisoire : campagne 1981.
DGRST ; Institut de Recherches Géologiques et Minières ; Centre de Recherches Hydrologiques, Yaounde.

NOUVELOT J.F., 1972

Hydrologie des Mayos du nord Cameroun : monographie de la TSANAGA, rapport terminal.
Yaoundé (Cameroun), ORSTOM, 118 p.

NOUVELOT J.F., CADIER E., OLIVRY J.C., 1971

Hydrologie du bassin supérieur du NOUN : campagnes 1968-1969, 1969-1970, 1970-1971.
Yaoundé (Cameroun), ORSTOM ; Min. du plan et du Développement Industriel et Commercial du Cameroun, 314 p.

OBERLIN G., 1965

Etude hydrologique en vue d'aménagements hydro-agricoles financés par le fonds européen de développement en Haute-Volta. Région de TIKARE, campagne 1964
Paris, ORSTOM ; Ouagadougou (Haute-Volta), Min. de l'Economie Nationale - Dir. du Génie Rural, 71 p., ann.

OBERLIN G., BAUDIN D., CHAPERON P., 1966

Etude hydrologique en Haute-Volta, région de TIKARE : campagne 1965 et conclusions générales.
Paris, ORSTOM ; OUAGADOUGOU (Haute-Volta), Min. de l'Economie Nationale - Dir. du Génie Rural, 82 p., ann.

OLIVRY J.C., 1973

Régimes hydrologiques en pays BAMILEKE, La MIFI-SUD, tome 1 : le milieu physique de la région de l'ouest, le bassin de la MIFI-SUD, généralités et données de base.
Yaoundé (Cameroun), ORSTOM, 275 p.

OLIVRY J.C., 1983

Le point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégal et aux Iles du Cap Vert - Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations).
Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., vol XX, n°1, 1983.

OLIVRY J.C., 1986

Fleuves et rivières du Cameroun.
Monographie hydrologique ORSTOM n°9.

OMAR M.H., EL - BAKRY M.M., 1981

Estimation of evaporation from the lake of the Aswan High Dam (Lake Nasser) based on measurements over the lake. Agricultural Meteorology, vol.23, pp. 293-308.

O.M.M, 1971

Hydrologie - Tirage à part.

ORSTOM, 1957

Etudes hydrologiques des petits bassins versants d'Afrique Occidentale Française - Rapport préliminaire sur les résultats de la campagne 1956. Tome I et II.

ORSTOM, 1960

Etudes hydrologiques de petits bassins versants au DAHOMEY - Rapport général.

ORSTOM, 1960

Etudes hydrologiques de petits bassins versants de l'Afrique Occidentale Française : rapport préliminaire sur les résultats de la campagne 1957, tome II.

Paris, ORSTOM ; Service Fédéral de l'hydraulique de l'AOF.

ORSTOM, 1960

Etudes hydrologiques de petits bassins versants de l'Afrique Occidentale Française : rapport préliminaire sur les résultats de la campagne 1959

ORSTOM, 1965

Données climatologiques concernant la région de BOL durant les années 1963 et 1964

ORSTOM, 1968

Bilan provisoire du lac de BAM

ORSTOM, 1970

Barrage de MBAKAOU - Observations climatologiques 1968-1969

ORSTOM, 1972

Alimentation en eau de LAMA-KARA et NIAMTOUGOU (TOGO)

Détermination de la capacité de la retenue à créer sur la KOZA

ORSTOM / B.C.E.O.M.

ORSTOM, 1974

Contribution à la connaissance du bassin tchadien - Données climatologiques mensuelles

Stations de BOL-DUNE, MATAFO, BA-ILLI, BEBEDJIA, NDJAMENA

Années 1964 à 1973

ORSTOM, 1977

Etude hydrologique de la plaine de NIENA-DIONKELE

6- station climatologique de N'DOROLA KARAMASSASSO - Observations en 1976

PENMAN H.L., 1948

Natural evaporation from open water, bare soil, and grass.

Proc. Roy. Soc. London A193, 120-146

PEPIN Y., KONE B., 1986

Bassin versant de l'oued de KIDAL (Adrar des Iforas) : campagne 1985.

Bamako (Mali), ORSTOM ; Min. d'Etat chargé du Développement Industriel et du tourisme - Dir. de l'Hydraulique et de l'Energie, 56 p.

PEPIN Y., BERTAULT C., KONE B., 1987

Bassin versant de l'oued de KIDAL (Adrar des Iforas) : campagne 1986.

Bamako (Mali), ORSTOM ; Min. d'Etat chargé du Développement Industriel et du tourisme - Dir. de l'Hydraulique et de l'Energie, 56 p.

PERLAT A., PETIT M., 1961

Mesures en météorologie

Edition Gauthier-Villars, Paris ; 388 p.

PIEYNS S., 1965

Etude de bassins versants dans la région de OUAGADOUGOU, république voltaïque

Thèse

PIEYNS S., 1976

Etude hydrologique du M'PATOU à BAKOUMA : rapport définitif.

Bangui (Centrafrique), ORSTOM ; Uranium Centrafricain, 35 p.

PIEYNS S., KLEIN J.C. , 1964

Etude hydrologique des bassins versants dans la région de OUAGADOUGOU - Campagne 1962 - Tome 1.

ORSTOM.

POUYAUD B., 1985

L'évaporation, composante majeure du cycle hydrologique.

Climat et développement ; Séminaires des 15 et 16 octobre 1985.

ORSTOM.

POUYAUD B., 1986

Contribution à l'évaluation de l'évaporation de nappes d'eau libre en climat tropical sec. Exemple du lac de BAM et de la mare d'OURSI (Burkina Faso), du lac TCHAD et d'ACUDES du nordeste brésilien.

Editions de l'ORSTOM, coll. Etudes et Thèses.

POUYAUD B., 1987

L'évaporation des nappes d'eau libre - L'exemple du Burkina Faso - 1ère partie : échelle décadaire et mensuelle.

Hydrol. continent., 2(1), 1987 , pp. 29-46.

POUYAUD B., 1987

L'évaporation des nappes d'eau libre - L'exemple du Burkina Faso - 2ème partie : échelle journalière et infrajournalière

Hydrol. continent., 2(2), 1987 , pp. 127-149.

POUYAUD B., 1988

L'évaporation des nappes d'eau libre en climat soudano-sahélien.

UNESCO - The Sahel Forum. " The state of the art of hydrology and hydrogeology in the arid and semi arid areas of africa" 7-12 nov. 1988 - Ouagadougou (Burkina Faso).

Urbana, Illinois IWRA, pp. 82-91.

POUYAUD B., BARILLY A., CHARTIER R., GATHELIER R., GUIGUEN N., 1971

Etude hydrologique de la plaine de DIHESSE : rapport définitif, période du 15 mai 70 au 15 mai 71.

Brazzaville (Congo), ORSTOM ; Coordination Générale des Services de Planification.

PRESCOTT J.A., 1940

Evaporation from a water surface in relation to solar radiation.

Trans. Roy. Soc. South. Aust., 64, 114-125.

RIBSTEIN P., PEPIN Y., BILLON B., 1983

Etude du KORI TELOUA , 1ère partie : le haut bassin, campagne 1982.

Niamey (Niger), ORSTOM ; GTZ ; Min. de l'Hydraulique et de l'Environnement - Dir. des Ressources en Eau, 21 p.

RIOU C., 1967

Données sur l'évaporation sur bac et l'évapotranspiration potentielle.
ORSTOM.

RIOU C., 1975

La détermination pratique de l'évaporation - Application à l'Afrique centrale.
Mémoire ORSTOM n°80.

RIOU C., 1981

L'évaluation des pertes des réservoirs d'eau naturelles par évaporation.
DRES/ORSTOM/INAT, Revue Tunisienne de l'Équipement, 1981, 10 n°38, pp90-96.

RIOU C., DUBOIS G.J., 1966

L'utilisation des bacs d'évaporation sous climat sahélien.
Cah. ORSTOM, Ser. Hydrol., n°5, 1966.

RIOU C., BOUCHARDEAU A., CALLEDE J., 1964

Résultats récents des mesures d'évaporation au TCHAD.
ORSTOM/Centre de recherches tchadiennes.

RIQUIER J., 1963

Formules d'évapotranspiration.
Cah. ORSTOM, Ser. Pedol., n°4, 1963.

ROCHE, 1958

Etat actuel des études d'évaporation en Afrique Noire Française.

ROCHE M., 1961

Pratique des mesures et interprétation des résultats en climatologie et hydrologie ,
1ère partie : Climatologie.
Editions scientifiques RIBER.

ROCHE M., 1963

Hydrologie de surface.
Edition Gauthier-Villars, Paris.

ROCHE M., 1965

Barrage de SAMBISSOGO en Haute-Volta : note hydrologique.
Paris, ORSTOM ; Bureau d'Etudes PABST.

ROCHE M., 1965

Propositions pour un réseau concernant la mesure d'un standard climatique de l'évapotranspiration potentielle.
Symposium O.M.M/A.I.H.S de Quebec, 15-22 juin 1965.

ROCHE M., DUBREUIL P., 1960

Résultats obtenus sur les bacs Colorado de l'Afrique de l'Ouest d'expression française.
Conférence Interafricaine sur l'hydrologie - Nairobi, 16-26 Janvier 1961.

ROCHETTE C., 1974

Le bassin du fleuve Sénégal.
Monographie hydrologique ORSTOM n°1, p.43-44 et p.60,70,71.

RODIER J., 1963

Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du Congo
ORSTOM

RODIER J., SIRCOULON J., 1963

Monographie de l'OUEME SUPERIEUR. Tome I, 1. Facteurs conditionnels du régime,
2. Equipement hydrométrique.
Paris, ORSTOM ; COTONOU (BENIN), Min. des T.P.-Arr de l'hydraulique.

RODIER J., TOUCHEBOEUF DE LUSSIGNY M.P., 19??

Etude de l'évaporation sur les surfaces d'eau libre en Afrique noire française.

ROHWER C., 1934

Evaporation from different types of pans.
Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 99, 673-703.

SECHET P., 1972

Exploitation de la retenue de MBAKAOU - Saison sèche 1972 ; note hydrologique.
ORSTOM.

SEYRAL P., 1969

Considération sur les besoins en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal.

SIRCOULON J., 1964

Etude hydrologique des bassins versants du TIAPALOU et du DODOU (DAHOMÉY) : tome 1, bassin du TIAPALOU.
Paris, ORSTOM ; Cotonou (Dahomey), Min. des T.P. - Arr de l'hydraulique.

SIRCOULON J., 1966

Mise à jour des mesures d'évaporation sur bac Colorado en Côte d'Ivoire.
ORSTOM.

SIRCOULON J., 1985

La sécheresse en Afrique de l'Ouest - Comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973.
Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., vol XXI, n°4, 1984-1985.

SHNITNIKOV A.A., 1974

Current methods for the study of evaporation from water surfaces and evapotranspiration.
Hydrol. Sci. Bull. Intern. Assoc. Hydrol., Sci., 19, 85-97.

SOCIÉTÉ SUCRIÈRE DE LA COMOÉ, 1988

Données climatiques 1971-1987 - Station de BEREGADOUGOU.
Station de NIANKA-SUD 3.

SOW A.A., 1984

Pluie et écoulement fluvial dans le bassin du fleuve Sénégal.
Contribution à l'hydrologie fluviale en domaine tropical humide africain.
Thèse, Université de Nancy II.

STEWART R.B., ROUSE W.R., 1976

A simple method for determining the evaporation from shallow lake and ponds.
Water Resour. Res., 12, 623-628.

TARDY Y., 1986

Le cycle de l'eau.
Edition Masson.

THEBE B., 1987

Hydrodynamique de quelques sols du Nord-Cameroun - Bassin versant de MOUDA.
Contribution à l'étude des transferts d'échelles.
Thèse USTL.

UNESCO, 1970

Representative and experimental basins.
Edited by C.TOEBS and V. OURYVAEV.

VUILLAUME G., 1981

Bilan hydrologique mensuel et modélisation sommaire du régime hydrologique du lac Tchad.
Cahiers de l'ORSTOM, Sér. Hydrologie, XVIII.

WEBB E.K., 1966

A pan lake evaporation relationship.
J. of Hydrology, 4, 1-11

WIESNER C.J., 1970

Hydrometeorology
Edition Chapman and Hall Ltd, London, 232 p.

ANONYME, 1955

Résultats bruts des études d'évaporation sur nappe d'eau libre dans les bassins du CHARI et du LOGOGNE (1953-1954).
Commission scientifique du LOGOGNE et du TCHAD - Service hydrologique.

ANONYME, 1957

Pertes par évaporation de la retenue du KOUILOU (Congo).

ANONYME, 1957

Pertes par évaporation de la retenue du KOUILOU (Congo) - (compléments).

ANONYME, 1963

Note hydrologique sur le Bandama à KOSSOU.
Energie Electrique de la Côte d'Ivoire - EDF / IGECO -ORSTOM.

ANONYME, 1965

Nouvel examen des pertes par évaporation à la surface du futur réservoir de KOSSOU (Côte d'Ivoire).

ANONYME, 1966

Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration.
WMO - Technical note N°. 83.

ANONYME, 1968

Les petits barrages en terre.
Techniques rurales en Afrique n°8.

ANONYME, 1969

World Survey of Climatology : Volume 2, General climatology 2.
Edited by H. FLOHN, Elsevier Publishing Company, Amsterdam - London - New York.

ANONYME, 1971

Aménagement de la Bénoué à LAGDO - Evaluation de l'évaporation sur la retenue (1966-1970).

ANONYME, 1972

Aménagement de la Mekrou à DYODYONGA (Niger) - Evaluation de l'évaporation sur la retenue.

ANONYME, 1974

Aménagement hydroélectrique de NJOCK - Avant projet - Etudes de terrain - F : Hydrologie.
Electricité du Cameroun ; EDF/DAFECO.

ANONYME, 1975

Aménagement du BUYO sur le Sassandra.

ANONYME, 1975

Etude du barrage de Tossaye : estimation des pertes par évaporation.

ANONYME, 1975

Barrage sur la TSANAGA à MOKOLO - Avant projet - Etudes de terrain. Piece IIc - Hydrologie - Annexe 2.
Ministère des Mines et de l'Energie , Cameroun ; EDF-DAFECO ; Société Nationale des Eaux du Cameroun.

ANONYME, 1975

La sécheresse en zone sahélienne. Causes - conséquences - études des mesures à prendre.
Notes et études documentaires n° 4216-4217, La documentation française.

ANONYME, 1977

Etude de factibilité du barrage de TOSSAYE - Avant projet - hydrologie.
ORSTOM, Service Hydrologique, Paris , 48 p.

ANONYME, 1977

Pertes par évaporation de la retenue de NOUMBIEL.

ANONYME, 1979

Etude de factibilité de l'aménagement hydro-électrique de Nangbéto.
Rapport intérimaire - annexe2 : Etude hydrologique.
Banque Internatinal pour la Reconstruction et le Développement ; Electrowatt, Zurich ; SOGREAH, Grenoble ;

ANONYME, 1982

Etude hydrologique de la KOMPIENGA - 2- Campagne de mesures 1981.
Burkina Faso, Ministère de l'eau - Direction des Puits, des Forages et de l'Hydrologie - Service de l'Hydrologie.

ANONYME, 1982 (après 1982)

Projet de barrage de CHIDIFI sur le Mayo Oulo (Cameroun). Annexe 2 : Hydrologie.

ANONYME, 1983

Etude hydrologique de la KOMPIENGA. 3- Campagne de mesures 1982.
Burkina Faso, Ministère de l'eau - Direction des Puits, des Forages et de l'Hydrologie - Service de l'Hydrologie.

ANONYME, 1984

Etude hydrologique de la KOMPIENGA. 4- Campagne de mesures 1983.
Burkina Faso, Ministère de l'eau - Direction des Puits, des Forages et de l'Hydrologie - Service de l'Hydrologie.

ANONYME, 1984

Etude d'inventaire des ressources hydroélectriques potentielles du Togo et du Bénin et plan directeur de développement de la production et du transport - Rapport D - Etudes de préfactibilité des sites prioritaires. Annexes 1 : Etudes hydrologiques.
Communauté Electrique du Bénin ; Sir Alexander Gibb & Partners Tractionel S.A.

ANONYME, 1985

Etude hydrologique de la KOMPIENGA. 5- Campagne de mesures 1984.
Burkina Faso, Ministère de l'eau - Direction des Puits, des Forages et de l'Hydrologie - Service de l'Hydrologie.

ANONYME, 1987

Etude hydrologique du Bandama - Paramètres d'évaporation pour la Côte d'Ivoire.
Compte-rendu de réunion entre ORSTOM, Kaiser Engineers et Electricité de France.

ANONYME, 1988

Etude de faisabilité du projet ADJARALA dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique optimal du fleuve Mono en aval de Nangbéto. Etude hydrologique du site d'ADJARALA.

Communauté Electrique du Bénin ; COYNE et BELLIER, Paris ; Electricité de France Internationale, Paris.

ANONYME, 1988

Aménagement hydroélectrique de la BINI à WĀRAK - Etude hydrologique.

Société Nationale d'Electricité du Cameroun ; Electricité de France International ; COYNE et BELLIER ; SOGREA. H.

RESUMES MENSUELS DES OBSERVATIONS AU SOL - ASECNA, 1970 à 1978

Dir. de l'Exploitation Météorologique, Dakar.

RESUMES CLIMATOLOGIQUES MENSUELS DU CAMEROUN, 1976 à 1983

Min. des Transports, Direction de la Météorologie Nationale.

ANNUAIRES METEOROLOGIQUES DU NIGER, 1982 à 1989

Niger, Ministère des Transports et du Tourisme - Direction de la Météorologie Nationale.

BULLETINS CLIMATOLOGIQUES ANNUELS DU TCHAD, 1984 à 1990

Min. de l'Agriculture et du Développement Rural - Dir. des Ressources en eau et de la Météorologie - Service Climatologique.

ANNEXES

A N N E X E I

ANNEXE I.1 : LE BILAN HYDRIQUE DU LAC DE BAM

ANNEXE I.2 : LE BILAN HYDRIQUE DU LAC TCHAD

ANNEXE (I.1)

Le Bilan Hydrique du lac de Bam (Burkina Faso)

extrait "Mesure de l'évaporation d'un lac en climat sahélien" par D. IBIZA dans Cah. ORSTOM, Ser. Hydrol., vol. IX, n°3, 1972.

1. LES APPORTS.

On pensait à l'origine pouvoir contrôler sérieusement les apports et de nombreux limnigraphes furent installés sur les principaux marigots. Les résultats des campagnes de jaugeages et, en particulier, de celle de 1968 (cf. note, bilan hydrique 1968) ont montré l'impossibilité de contrôler les volumes entrés dans le lac à mieux que 20%, la morphologie des lieux (pas de lit mineur, faibles vitesses, forte végétation dans le lit majeur) ne se prêtant pas à une hydrologie fine.

On détermine les apports différemment en analysant le limnigramme du niveau du lac. Les crues des marigots latéraux sont en effet de courte durée et provoquent des remontées brutales du niveau du lac, facilement identifiables sur un enregistrement.

Malheureusement, la gaine du limnigraphe installé sur le lac n'était pas assez profonde pour enregistrer les bas niveaux et il y a des lacunes importantes en fin de saison sèche et en début d'hivernage. Ce n'est qu'en 1971 que le limnigraphe a été rabaisé et que la réduction a été diminuée.

La détermination de la baisse du plan d'eau par ce procédé est plus ou moins précise suivant les cas :

— En saison sèche : après lissage des lectures d'échelle, la précision est d'environ 0,5 cm et cela représente une erreur mensuelle d'environ 3%, erreur qui se compense d'un mois sur l'autre.

— En début d'hivernage : le marigot amont ne coule pas, le limnigraphe ne fonctionne pas.

On commet sur chaque crue une erreur d'environ 3 cm, les lectures à l'échelle étant en hivernage peu satisfaisantes, du fait de l'instabilité de la surface du plan d'eau.

L'erreur croît avec le nombre de crues qui se sont produites dans le mois et devient rapidement inacceptable. Le dépouillement devient alors plutôt subjectif et on peut réduire la dispersion des résultats en essayant de dépouiller les différents mois de la façon la plus homogène possible mais on risque d'introduire, ce faisant, une erreur systématique difficilement appréciable.

— Pendant l'hivernage, le marigot amont ne coule toujours pas, mais on dispose des enregistrements du limnigraphe. Dans ce cas, l'erreur sur chaque crue est de 1 cm et, pour peu que le nombre de crues, dans le mois, soit réduit, les résultats sont satisfaisants. Lorsque les crues sont multiples et de faible amplitude, les mesures sont inexploitable. C'est ce qui s'est produit pendant l'hivernage 66.

— En fin d'hivernage (dernière semaine d'août, mois de septembre), le marigot amont coule. La crue dure environ 1 mois et provoque une lente montée du plan d'eau. Le dépouillement est alors impossible et on est amené à éliminer la période correspondante. Cet inconvénient n'est d'ailleurs pas très gênant car le mois de septembre n'est pas un mois de transition brutale du point de vue de l'évaporation et, on peut, facilement, interpoler la valeur de l'évaporation si on connaît celle du mois d'août et celle du mois d'octobre.

La détermination des apports n'aurait donc pas en principe, poser de gros problèmes de dépouillement, pour peu qu'on dispose d'enregistrements du niveau du lac sans lacune et de bonne qualité. Le nombre de crues par mois est en effet généralement inférieur à 4.

2. LA LAME PRÉCIPITÉE SUR LE LAC.

Elle est déterminée en faisant la moyenne de 6 pluviomètres installés tout autour du lac.

3. LES VOLUMES PRÉLEVÉS PAR POMPAGE.

La méconnaissance des volumes prélevés par pompage pendant les années écoulées constitue la lacune la plus grave du bilan hydrique, car la baisse mensuelle du plan d'eau correspondante peut être dans certains cas de l'ordre de 20% de l'évaporation.

Les pompages sont de deux sortes :

— *Pompages manuels* : en 1966, on signalait 80 pompes à mains tout autour du lac et il y en aurait 200 actuellement. Les débits de ces pompes sont très faibles et si on estime à 200 l par jour la capacité de chaque pompe, on arrive à un prélèvement total de 40 m³ par jour, chiffre qui est négligeable par rapport à l'évaporation.

— *Coopérative du lac de Bam* : il en va tout autrement des prélèvements effectués par la SCOOBAM qui dispose de 6 motopompes d'un débit nominal de 200 m³/h chacune. Cela représente, pour 7 h de pompage, un volume théorique de 14 000 m³ par jour.

Or, sauf pour les campagnes 1969-1970 et 1970-1971, il nous a été impossible de recueillir des renseignements même qualitatifs sur les temps de pompage.

En effet, la Coopérative a été fondée en octobre 1966 par un organisme d'assistance de l'Allemagne Fédérale et gérée par cet organisme jusqu'en avril 1969 et les archives durant cette période de fonctionnement ont été rapatriées en Allemagne ou dispersées. La gestion a été confiée par la suite à un directeur africain jusqu'en octobre 1971. Elle dépend maintenant de l'ORD de Kaya (organisme régional de développement). Ce contexte de gestion difficile explique la difficulté que nous ayons rencontrée pour obtenir des renseignements dignes de foi sur les temps de pompage, d'autant plus que ces renseignements pouvaient être utilisés à un contrôle de rendement.

Nous en sommes donc réduits à avancer des ordres de grandeur. Pour la saison 1970-1971, les estimations recueillies sont, soit de 4 700 h de pompage, soit 3 700 h suivant les sources, mais il semble que l'estimation de 3 700 h soit la plus sérieuse. Nous adopterons donc cette valeur répartie suivant le calendrier qui nous a été fourni par la même occasion.

Pour la saison agricole 1969-1970, une estimation à partir de la consommation en fuel, déduction faite de la consommation des autres moteurs diesel (groupe électrogène, etc.) donne environ 3 500 h de pompage avec un calendrier annuel de répartition sans doute voisin de celui de la saison 70-71.

Le cycle de culture de la saison 1968-1969 a été certainement très semblable à la différence près que les pompages ont dû être interrompus vers le 7 mars 1969 par manque d'eau. Nous admettrons 3 000 h de pompage.

D'après des témoignages dignes de foi, nous avons acquis la certitude que la consommation en eau de la saison 1966-1967 était, par rapport à ces derniers chiffres, très réduite, l'exploitation des périmètres irrigués étant limitée, à l'époque, à des parcelles expérimentales. Nous admettrons 1 000 h de pompage avec un calendrier de pompage plus homogène tout au long de l'année.

Nous admettrons enfin 2 000 h de pompage en 1967-1968, période pendant laquelle nous ne disposons d'aucune information.

Le détail de ces estimations fait l'objet du tableau I.

La deuxième difficulté consiste dans l'estimation du débit horaire de ces unités de pompage. Un contrôle effectué récemment par le Service MER, aux extrémités des circuits de distribution, donne un chiffre moyen d'environ 180 m³/h pour les pompes situées en rive droite et de 150 m³/h pour celles situées en rive gauche. La différence provient certainement des pertes

par infiltration dans le réseau de distribution du casier situé en rive gauche (canaux en terre). Et, nous avons, en définitive, adopté la valeur de 180 m³/h par pompe comme étant la plus vraisemblable.

La dernière opération à effectuer sur ces volumes prélevés consiste à les transformer en variation de cote du plan d'eau et nous utilisons pour cela la courbe des surfaces de la retenue tracée par PARBTS et PARTNERS sur laquelle il y aurait lieu pourtant de faire certaines réserves, surtout dans la partie basse de la courbe.

TABLEAU I
ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVÉS PAR POMPAGE EN Mm³
Débit moyen horaire par pompe : 180 m³/h

Lac de Bam

Année	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Total annuel
1966-1967	0	0	0,010	0,020	0,030	0,030	0,030	0,025	0,025	0,010			0,180
1967-1968	0	0	0,020	0,045	0,060	0,060	0,060	0,050	0,045	0,020			0,360
1968-1969	0	0	0,049	0,100	0,141	0,130	0,090	0,030	0	0			0,540
1969-1970	0	0	0,049	0,100	0,141	0,130	0,100	0,110	0	0			0,630
1970-1971	0,003	0,004	0,052	0,093	0,153	0,145	0,124	0,083	0	0			0,657

Influence des pompages sur la baisse de niveau du lac.

Il convient maintenant de délimiter exactement le rôle joué par les pompages dans le bilan du lac : les baisses de niveau annuelles correspondant aux estimations utilisées dans nos calculs sont respectivement dans l'ordre chronologique de 2,5, 8,8 et 12 cm en 1970-1971. Une estimation de ces volumes pompés à 20% près suffirait largement pour les besoins de l'étude. Ce n'est malheureusement pas le cas actuellement, sauf, peut-être, pour l'année 1970-1971.

Pour les années 1968-1969 et 1969-1970, il faut admettre une incertitude de 70%, ce qui représente sur la valeur de l'évaporation annuelle une erreur de 3%.

Les pompages des années anciennes devraient jouer un rôle moindre si les renseignements fournis concernant leur faible importance sont exacts. A l'échelle mensuelle, par contre, l'erreur peut être de 20% lorsque les pompages sont importants et que le niveau du lac est bas.

Perspectives pour les mesures futures.

Une telle ignorance des volumes pompés est inacceptable pour les campagnes de mesures futures car elle compromet toute l'étude et il est indispensable de se

demander si on pourra arriver à contrôler ces volumes avec une précision acceptable. Sur ce point particulier, nous sommes optimistes pour les raisons suivantes :

— La Direction actuelle de la Coopération procède, depuis octobre 1971, à une comptabilité précise du temps de pompage et nous relevons cette comptabilité toutes les semaines afin d'éviter que ces renseignements ne s'égarer par la suite. On peut espérer ainsi pouvoir obtenir une estimation des volumes pompés à moins de 20% près.

— Les volumes pompés dans les années à venir ne semblent pas devoir être supérieurs à ceux de la saison agricole 1970-1971. La Coopération qui est depuis l'origine déficitaire n'envisage pas, en effet, d'agrandir sa superficie irriguée. Bien au contraire, le matériel de pompage est actuellement très usagé et comme il n'y a pas de crédits de remplacement, on peut même prévoir une baisse sensible des pompages par suite de pannes.

— Les volumes pompés durant les années écoulées n'ont pris cette importance dans le bilan hydrique du lac que parce que la retenue qui était déjà faible en 1966 n'a cessé de s'épuiser, par suite de déficits pluviométriques consécutifs, jusqu'à l'assèchement complet en juin 1971. L'hivernage 1971 a produit des crues très abondantes qui ont à nouveau rempli la retenue, garantissant ainsi des conditions de remplissage satisfaisantes pour les années à venir.

Les bilans hydriques des années 1966, 1967, 1968, 1969, 1970 et 1971 sont résumés dans les tableaux I, II, III, IV, V.

LAC DE BAM
ANNEXE I.1
BILAN HYDRIQUE

(Les chiffres marqués d'une astérisque représentent des valeurs douteuses)

TABLEAU I

Année 1966

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période										12 au 31	complet	complet
Durée (jours)										20	30	31
Cote début (mm)										28 400	27 320	25 330
Cote fin (mm)										27 320	25 330	23 540
Sorties (V) (M m ³)										0,010	0,020	0,030
Sorties (H) (mm)										10	21	35
Pluies (mm)										(6,2)	0	0
Crues (M m ³) E. Lac										0	0	0
Tot. partiel (mm)										11,30	1 969	1 755
Tot. mensuel (mm)										(17,50)	1 969	1 755
Moy. journal. (mm)										5,5	6,5	5,6

TABLEAU II

Année 1967

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période	complet	1 au 17		10 au 31	complet	complet						
Durée (jours)	31	28	31	30	31	30	31	16		22	30	31
Cote début (1/10 mm)	23 540	21 620	19 800	17 700	15 390	13 470	12 370	19 700		30 420	28 800	26 790
Cote fin (1/10 mm)	21 620	19 800	17 700	15 390	13 470	12 370	19 700	19 780		28 800	26 790	25 170
Sorties (V) (M m ³)	0,030	0,030	0,025	0,025	0,010	0	0	0	0	0,020	0,045	0,060
Sorties (H) (1/10 mm)	40	43	41	50	22	0	0	0	0	19	45	66
Pluies (1/10 mm)	0	0	0	0	(460)	(538)	1 344	626			0	0
Crues (1 000 m ³) E. Lac	0	0	0	0	0	(600)	8 200	270		0	0	0
Tot. partiel (1/10 mm)	1 880	1 777	2 059	2 260	2 358	2 238	2 214	816		1 601	1 965	1 554
Tot. mensuel (1/10 mm)	1 880	1 777	2 059	2 260	2 358	2 238	2 214	(1 580)		2 271	1 965	1 554
Moy. journ. (mm)	6,1	6,4	6,6	7,5	7,6	7,5	7,2	(5,1)	(5,6)	7,3	6,5	5,0

TABLEAU III

Année 1968

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période	complet	1 au 27		complet	complet	complet						
Durée (jours)	31	29	31	30	31	30	31	26		31	30	31
Cote début (1/10 mm)	25 170	23 410	21 450	19 280	17 690	16 240	16 850	22 830		25 080	23 550	21 740
Cote fin (1/10 mm)	23 410	21 450	19 280	17 690	16 240	16 850	22 830	23 380		23 550	21 740	20 000
Sorties (V) (M m ³)	0,060	0,060	0,050	0,045	0,020	0	0	0		0,049	0,100	0,141
Sorties (H) (1/10 mm)	75	80	77	75	40	0	0	0		57	133	200
Pluies (1/10 mm)	0	0	0	300	586	1 790	1 790	1 135		317	0	0
Crues (1 000 m ³) E. Lac	0	0	0	300	360	1 650	5 920	1 075		0	0	0
Tot. partiel (1/10 mm)	1 685	1 880	2 093	2 115	2 356	1 830	1 730	1 660		1 790	1 677	1 540
Tot. mensuel (1/10 mm)	1 685	1 880	2 093	2 115	2 356	1 830	1 730	(1 920)		1 790	1 677	1 540
Moy. journ. (mm)	5,4	6,5	6,8	7,1	7,6	6,0	5,6	(6,2)		5,8	5,6	5,0

TABLEAU IV

Année 1969

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période	complet	complet	complet	complet	complet	1 au 29	complet	1 au 22		complet	complet	complet
Durée (jours)	31	28	31	30	31	28	31	21		31	30	31
Cote début (1/10 mm)	20 000	18 200	16 300	14 000	11 300	8 780	11 100	22 110		30 250	28 600	26 500
Cote fin (1/10 mm)	18 200	16 300	14 000	11 300	8 780	7 400	22 110	23 590		28 600	26 500	24 640
Sorties (V) (M m ³)	0,130	0,090	0,03	0	0	0	0	0		0,049	0,100	0,141
Sorties (H) (1/10 mm)	216	182	60	0	0	0	0	0		46	105	157
Pluies (1/10 mm)	0	0	0	0	285	606	1 382	960		325	0	0
Crues (1 000 m ³) E. Lac	0	0	0	0	100	280	11 745	1 570		0	0	0
Tot. partiel (1/10 mm)	1 584	1 718	2 240	2 700	2 905	2 266	2 117	(1 050)		1 929	1 995	1 703
Tot. mensuel (1/10 mm)	1 584	1 718	2 240	2 700	2 905	(2 440)	2 117	(1 550)		1 929	1 995	1 703
Moy. journ. (mm)	5,1	6,1	7,2	9,0	9,4	8,1	6,8	5,0		6,2	6,7	5,5

TABLEAU V

Année 1970

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période	complet	complet	complet	complet	complet	complet	1 au 26	13 au 23	1 au 17	complet	complet	complet
Durée (jours)	31	28	31	30	31	30	25	10	16	31	30	31
Cote début (1/10 mm)	24 640	22 750	20 830	18 420	16 130	14 030	11 800	18 680	22 390	23 470	21 500	19..00
Cote fin (1/10 mm)	22 750	20 830	18 420	16 130	14 030	11 800	11 950	18 670	22 050	21 500	19 500	17 880
Sorties (V) (M m ²)	0,130	0,100	0,110	0	0	0	0	0,003	0,004	0,05	0,09	0,153
Sorties (H) (1/10 mm)	163	142	170	0	0	0	0		5	69	133	252
Pluies (1/10 mm)	0	0	0	0	22,5	212	1 110	307	570	0	0	0
Crues (1 000 m ²) E. Lac	0	0	0	0	0	0	550	100	50	0	0	0
Tot. partiel (1/10 mm)	1 727	1 778	2 240	2 290	2 325	2 442	1 510	417	955	1 901	1 867	1 368
Tot. mensuel (1/10 mm)	1 727	1 778	2 240	2 290	2 325	2 242	1 870	(1 280) *	(1 790)	1 901	1 867	1 368
Moy. journ. (mm)	5,6	6,3	7,2	7,6	7,5	8,1	6,0	5,1 *	6,0	6,2	6,2	4,4

TABLEAU VI

Année 1971

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période	complet	complet	complet	complet	complet	21 au 30	complet	1 au 13				
Durée (jours)	31	28	31	30	31	10	31	12				
Cote début (1/10 mm)	17 880	16 000	14 120	11 880	9 580	14 200	16 900	18 000				
Cote fin (1/10 mm)	16 000	14 120	11 880	9 580	7 040	16 900	18 000	17 900				
Sorties (V) (M m ²)	0,143	0,124	0,083	0	0	0	0					
Pluies (1/10 mm)	0	0	0	(200)	74	387	872					
Crues (1 000 m ²) E. Lac	0	0	0		170	3 180	1 805 *					
Tot. partiel (1/10 mm)	1 616	1 632	2 032	2 500	2 784	867	1 577 *					
Tot. mensuel (1/10 mm)	1 616	1 632	2 032	2 500	2 784	(2 590) *	(1 577) *					
Moy. journ. (mm)	5,2	5,8	6,6	8,3	8,9	8,6	5,1					

ANNEXE (I.2)

Le Bilan Hydrologique du lac Tchad

extrait de "Bilan hydrologique mensuel et modélisation sommaire du régime hydrologique du lac Tchad" par G. VUILLAUME dans Cah. ORSTOM, Ser. Hydrol., vol. XVIII, n°1, 1981.

2. LES DONNÉES NUMÉRIQUES

Il ne s'agit pas ici de l'inventaire exhaustif des données relatives au lac Tchad et à son environnement mais seulement des paramètres utilisés dans notre étude. Par ailleurs, l'antériorité de toutes ces données est volontairement limitée à mai 1954 ; mai, parce qu'il a été décidé d'effectuer les études en année hydrologique 1^{er} mai - 30 avril qui est celle adoptée conventionnellement par les annuaires pour le Chari à N'Djaména ; 1954, parce que c'est à partir de cette année que les observations de la période récente ont été effectuées pratiquement sans interruption sur le lac Tchad à Bol et sur le Chari à N'Djaména. De plus, la présentation des données s'arrête à avril 1977, d'une part, parce qu'il s'agit de la borne fixée à la simulation des effets de l'irrigation (période 1968-1977), d'autre part, parce qu'à partir de cette date les observations deviennent plus épisodiques en raison des événements politiques affectant le Tchad.

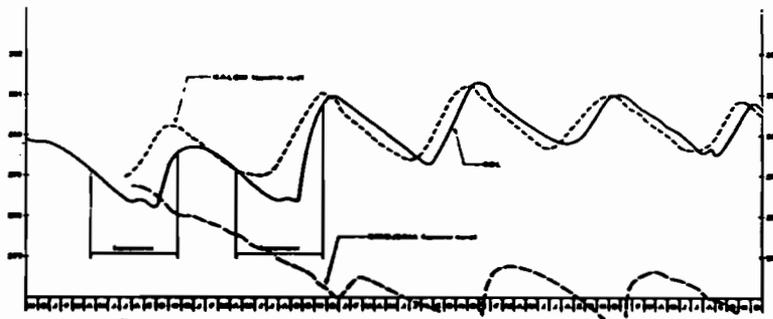


Fig. 7. — Lac Tchad. Observations bimométriques à Bol Kalam et Kindjeris (Kalam)

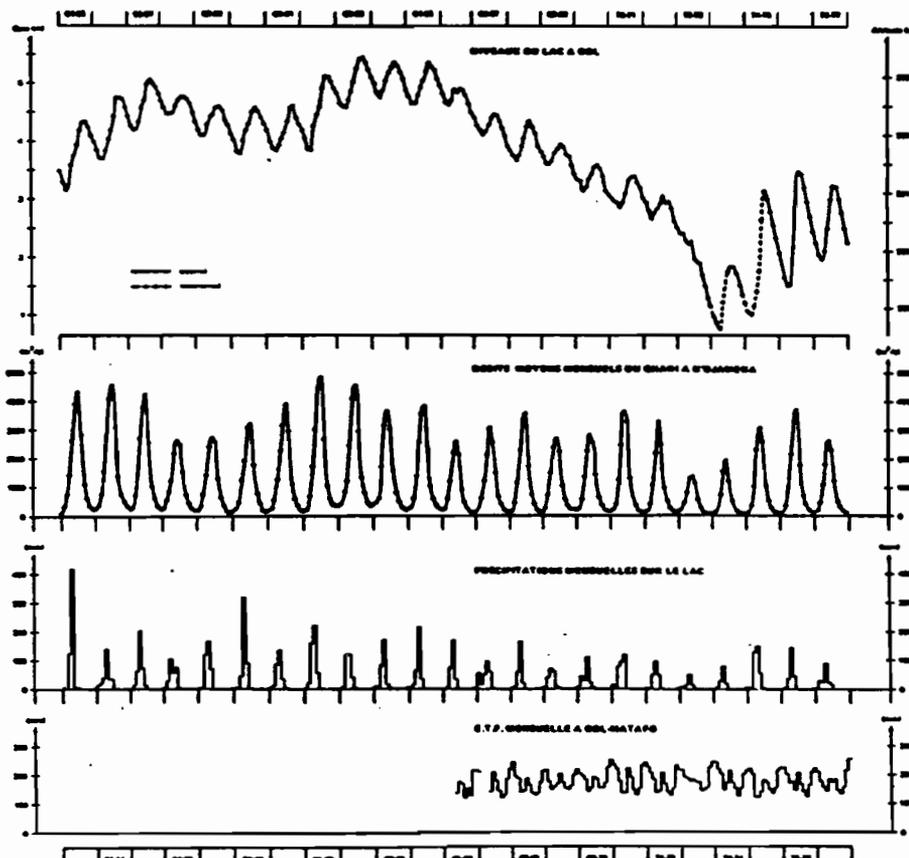


Fig. 8. — Lac Tchad. Principales observations de 1954-1955 à 1976-1977

2.1. NIVEAUX DU LAC (tabl. 1 et fig. 8)

La station limnimétrique de référence est celle de Bol qui est située aux coordonnées 13° 27' N. et 14° 42' E. et dont le zéro est à l'altitude 277,87 (installation en 1967). Toutes les observations antérieures (estimations de cotes extrêmes au début du siècle, autre échelle limnimétrique de 1953 à 1967) ont été rattachées au dernier nivellement fiable correspondant à l'échelle actuelle.

Jusqu'en 1956, les observations ont été effectuées tous les cinq jours ; les lectures sont devenues bi-quotidiennes à partir d'août 1957 après avoir été journalières pendant quelques mois, puis les enregistrements ont été effectués en continu depuis l'installation d'un limnigraphe en 1965.

L'ensemble de notre travail étant effectué au pas de temps mensuel, nous ne présentons que la cote du premier jour de chaque mois. Il ne s'agit pas de la cote brute mais d'une cote lissée afin de s'affranchir autant que possible des fluctuations rapides de niveau (« seiches ») dues principalement à l'influence des vents et à des différences de pression barométrique ; dans le cas de lectures d'échelle, le lissage est effectué en considérant que la hauteur nette d'un jour *J* est le résultat de la moyenne de toutes les lectures effectuées entre les jours *J* - 7 et *J* + 7 ; s'il s'agit d'un enregistrement limnigraphique, il suffit de tracer une courbe moyenne ignorant les variations aléatoires attribuées aux seiches.

D'avril à novembre, d'abord en 1973 puis de nouveau en 1974, la station de Bol cesse d'être représentative du niveau moyen du lac en voie d'assèchement. Pour chacune de ces deux périodes, le processus est le même (A. CHOURET, J. LEMOALLE, 1974) : isolement d'avec les eaux libres de la cuvette sud, tarissement progressif de la mare où est implantée l'échelle (avec quelques remontées dues aux averses locales) puis remise en eau brutale lorsque le front d'eau de la cuvette sud franchit la végétation dense qui s'est rapidement développée sur les fonds

TABLEAU 1
COTES LISSÉES A BOL LE PREMIER DU MOIS (en cm)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1954-55	345	330	315	325	360	375	395	420	435	435	425	410
1955-56	400	385	370	370	385	405	420	445	477	477	475	458
1956-57	443	427	(419)	(421)	436	461	470	(500)	509	500	493	483
1957-58	469	458	447	449	450	463	472	478	478	473	466	448
1958-59	434	420	410	412	432	443	448	460	462	455	437	429
1959-60	414	404	382	379	402	421	432	453	461	451	441	432
1960-61	421	400	389	383	394	405	416	435	460	462	440	430
1961-62	419	407	387	386	427	445	460	492	513	512	503	492
1962-63	482	466	(460)	458	472	487	505	527	543	545	536	523
1963-64	512	500	483	477	489	507	519	528	537	531	519	509
1964-65	490	479	465	465	479	493	504	(520)	537	527	523	508
1965-66	496	481	468	461	470	489	484	491	489	479	465	451
1966-67	440	428	(420)	(410)	417	428	438	447	446	436	421	409
1967-68	(390)	384	375	367	375	(390)	406	424	437	423	414	390
1968-69	(382)	374	360	360	366	382	386	(395)	392	377	374	358
1969-70	342	334	332	313	320	336	342	356	360	352	340	314
1970-71	309	302	(297)	(294)	287	293	310	331	338	340	329	319
1971-72	300	294	281	265	277	281	289	305	292	296	283	262
1972-73	252	240	242	226	222	227	195	191	190	169	152	130
1973-74	115	95	85	75	120	145	175	186	183	172	156	140
1974-75	120	105	100	115	140	175	265	313	298	278	258	232
1975-76	209	186	166	151	153	217	293	348	344	321	296	270
1976-77	244	223	204	196	211	249	301	324	321	298	277	250
1977-78	227											

(419) = approximation Altitude du zéro = 277,87 (IGN 1956)

115 = cote reconstituée

exondés au cours des mois précédents. Cette interruption de représentativité a pu être compensée par une reconstitution des cotes théoriques qui auraient été observées s'il n'y avait pas eu isolement de l'échelle de Bol, reconstitution basée sur la correspondance observée au cours des trois années normales suivantes (fig. 7) entre l'échelle de Bol et une nouvelle échelle installée dans l'île de Kalom en juillet 1973 (fig. 3). Les cotes *en italique* en tableau 1 sont des valeurs reconstituées par opposition aux valeurs observées non représentatives qu'il n'était pas indispensable de mentionner.

Il convient de rappeler à cette occasion l'individualisation des cuvettes sud et nord ; ce phénomène ne peut se produire que lorsque le niveau descend en dessous de l'altitude 279 m, altitude minimale de la Grande Barrière, ce qui le situe au cours du mois d'avril 1973. Bien que le niveau de la cuvette sud ait retrouvé cette altitude dès août 1973, ce n'est pas avant décembre que sont constatés les premiers franchissements de la Grande Barrière (A. CHOURET, J. FRANC, J. LEMOALLE, 1974) en raison de l'importance de la végétation qui provoque une perte de charge, et cet écoulement, lent et diffus, ne dure que quelques semaines en raison de la baisse de niveau de la cuvette sud. Les trois années suivantes, bien que d'une hydraulicité moyenne bonne (notamment 1976 avec une crue du Chari de 3 700 m³/s à N'Djaména) seront incapables d'assurer le retour à un état normal, c'est-à-dire à un niveau presque égal pour les deux cuvettes ainsi que le montrent les observations (fig. 7) effectuées à l'échelle de Kindjéria (fig. 3) installée en juillet 1973.

2.2. EAUX DE SURFACE (tabl. 2 à 5 et fig. 8)

La station du Chari à N'Djaména est observée à peu près régulièrement depuis 1932 (B. BILLON *et al.*, 1974) à part de nombreuses lacunes entre 1947 et 1953. Pour la période qui nous intéresse, c'est-à-dire depuis mai 1954, les observations sont continues et fiables ; il convient de s'en réjouir car les volumes transitant à N'Djaména constituent 82,3% des apports totaux (en année moyenne calculée sur la période 1954-1968), les eaux de pluie représentant 14% et les autres tributaires terrestres n'intervenant que pour 3,6%.

TABLEAU 2
DÉBITS MOYENS MENSUELS DU CHARI A N'JAMENA (en m³/s)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1954-55	108	322	744	1 440	2 660	3 890	4 330	2 840	1 100	633	334	212
1955-56	270	357	779	1 570	2 820	4 090	4 560	3 130	1 360	765	513	368
1956-57	228	280	714	1 510	2 720	3 800	4 250	2 560	1 000	601	338	222
1957-58	208	552	813	1 270	2 200	2 640	2 470	1 570	747	421	239	145
1958-59	171	313	754	1 430	2 440	2 750	2 590	1 290	645	342	174	111
1959-60	160	229	483	1 260	2 430	3 620	3 730	1 810	772	446	219	132
1960-61	204	240	576	1 270	2 300	3 150	3 880	2 960	1 140	603	334	174
1961-62	182	190	703	1 740	3 040	4 470	4 850	2 650	1 070	637	399	353
1962-63	355	395	795	1 200	2 460	4 050	4 540	2 950	1 280	785	489	319
1963-64	424	460	614	1 700	3 130	3 610	2 980	1 510	777	458	260	176
1964-65	230	286	589	1 390	2 520	3 580	3 860	2 280	994	565	323	213
1965-66	186	236	590	1 190	2 190	2 540	2 170	904	441	265	148	96
1966-67	160	329	621	1 190	2 150	3 070	2 560	1 470	644	365	219	129
1967-68	114	145	464	1 160	2 290	3 370	3 570	1 700	732	398	202	123
1968-69	162	269	702	1 500	2 380	2 690	2 230	1 050	536	312	217	216
1969-70	159	276	601	1 360	2 260	2 790	2 550	1 400	630	365	199	132
1970-71	162	213	423	1 280	2 480	3 640	3 320	1 310	629	350	181	131
1971-72	115	126	403	1 080	2 200	3 250	2 490	956	491	265	143	100
1972-73	123	227	450	787	1 330	1 370	1 120	527	254	132	76	52
1973-74	70	114	224	766	1 550	1 960	1 190	521	247	116	65	43
1974-75	73	129	358	1 020	2 290	3 090	2 580	1 060	506	258	135	91
1975-76	95	106	369	962	2 180	3 310	3 690	1 760	707	389	210	134
1976-77	114	169	472	1 020	1 810	2 640	2 300	1 180	548	312	174	109

TABLEAU 3
DÉBITS MOYENS MENSUELS DE L'EL BEID A FOTOKOL (en m³/s)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1953-54	—	2.43	6.45	89.8	21.1	5.70	45.7	75.1	34.2	4.97	1.60	0.572
1954-55	(0.1)	((1.))	(4.3)	70.1	113.	146.	175.	(263.)	183.	75.9	(14.4)	(2.)
1955-56	(0.)	((1.))	((6.))	23.1	40.1	(48.6)	155.	(335.)	269.	84.3	(15.)	((2.))
1956-57	(0.)	—	—	(68.5)	78.2	83.9	151.	(244.)	—	—	—	—
1957-58	—	—	—	—	—	—	—	(76.4)	—	—	—	—
1958-59	—	((1.))	((5.))	(11.5)	(13.6)	(5.65)	(26.6)	(87.6)	(65.1)	(11.5)	(3.28)	((1.5))
1959-60	(0.)	—	—	((70.))	(51.6)	(20.9)	(60.6)	(171.)	—	—	—	—
1960-61	—	—	—	—	—	—	(85.1)	(265.)	(165.)	(51.7)	(4.)	—
1961-62	—	—	—	—	(98.0)	(93.1)	(260.)	(222.)	(100.)	(20.)	—	—
1962-63	—	((0.))	((1.))	15.1	(14.5)	(5.53)	(43.6)	(251.)	(135.)	(23.9)	(9.8)	(4.22)
1963-64	(1.)	—	—	—	(3.19)	(20.5)	(175.)	(215.)	—	—	—	—
1964-65	—	—	—	—	22.2	22.9	64.6	147.	98.1	26.7	—	—
1965-66	—	((1.))	((3.))	((8.))	28.0	33.8	50.6	71.2	26.9	5.85	2.35	1.14
1966-67	(0.9)	1.53	1.70	3.40	6.05	3.52	24.5	127.	92.8	15.7	2.08	1.02
1967-68	(0.59)	1.47	4.14	40.8	86.5	63.2	79.5	150.	107.	23.4	4.87	1.50
1968-69	(0.61)	(0.96)	4.85	4.44	6.25	2.01	41.0	108.	60.4	6.11	1.03	(0.)

(48.6) valeur approchée

((1.)) valeur estimée

TABLEAU 4
DÉBITS MOYENS MENSUELS DE LA KOMADOUGOU A GUESKEROU (en m³/s)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1957-58	—	3.52	17.4	22.4	26.0	28.9	30.8	32.9	35.7	33.7	9.95	2.14
1958-59	0.52	0.03	12.2	26.5	31.1	31.9	32.7	34.4	—	—	—	—
1960-61	—	(0.)	5.89	19.0	27.0	—	30.3	31.1	—	—	—	—
1961-62	—	(0.)	—	22.3	30.0	30.7	31.8	32.9	—	4.40	1.33	0.22
1962-63	0.0	0.0	7.92	23.1	28.8	30.4	32.0	34.9	37.3	18.6	3.34	1.25
1963-64	0.30	0.0	3.32	17.6	24.8	28.6	30.4	31.8	14.4	2.48	0.80	0.10
1964-65	0.0	0.0	6.34	21.4	29.2	31.0	32.6	37.1	39.7	21.7	4.08	1.41
1965-66	0.41	0.01	6.13	22.4	20.0	30.7	31.9	33.0	22.4	4.02	1.28	0.33
1966-67	0.01	1.23	17.3	24.1	25.9	27.7	29.5	30.8	27.3	6.09	1.69	0.42
1967-68	0.01	0.0	0.0	14.9	24.7	27.5	29.6	30.3	9.49	2.35	0.72	0.04
1968-69	0.0	2.54	17.5	24.7	27.2	28.8	29.9	12.4	1.95	0.64	0.24	—
1969-70	—	—	—	—	—	—	—	—	18.6	3.15	1.02	0.13
1970-71	0.0	0.0	0.0	11.1	25.7	30.4	(33.7)	35.6	27.8	4.54	1.46	—
1971-72	1.09	—	—	—	—	—	—	—	9.34	2.33	0.66	0.04
1972-73	0.0	0.0	2.89	15.6	23.9	27.0	26.3	4.13	0.74	0.03	0.0	0.0
1973-74	0.0	0.0	0.0	9.14	21.9	26.5	(12.4)	—	—	—	—	—
1974-75	—	—	—	—	—	—	—	—	2.19	0.58	0.0	0.0
1975-76	0.0	0.0	0.0	8.22	22.6	25.5	28.6	24.2	3.14	0.66	0.01	0.0
1976-77	0.0	0.0	0.83	15.8	23.3	27.4	29.3	8.85	1.01	0.03	0.0	0.0

(33.7) valeur approchée

TABLEAU 5
PARTICIPATION DES PETITS TRIBUTAIRES AUX APPORTS DE SURFACE

	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>	<i>Août</i>	<i>Septembre</i>	<i>Octobre</i>	<i>Novembre</i>	<i>Décembre</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Modules (m³/s)</i>	<i>Volumes (10⁹ m³)</i>
El Beid à Fotokol	0	1	4	37	42	40	96	176	111	29	6	1	45.3	1.43
Komadougou à Gueskéroù	0	1	9	22	28	30	31	31	23	10	3	1	15.6	0.49
Total	0	2	13	59	70	70	127	207	134	39	9	2	60.9	1.92
Chari à N°Djaména	211	307	663	1 390	2 520	3 420	3 500	2 040	883	506	294	199	1 330	41.9
Total	211	309	676	1 440	2 590	3 510	3 630	2 250	1 020	545	303	201	1 390	43.8
Pourcentages (petits tributaires sur total)	0	0.6	1.9	4.1	2.8	2.0	3.5	9.2	13.1	7.2	3.0	1.0	4.4	

Les observations sur ces petits tributaires sont beaucoup moins nombreuses et moins permanentes ; en particulier, de nombreuses valeurs de l'El Beid à Fotokol ont dû être estimées et les données postérieures à 1960 ne sont pas certaines en raison d'un possible détachement de la station qu'il n'est pas possible de vérifier sur le terrain dans les circonstances actuelles.

En conséquence, nous considérerons souvent comme étant négligeables les apports des petits tributaires en supposant que les volumes par eux apportés constituent une première approche des pertes (par évaporation et infiltration) du Chari entre N'Djaména et le lac. Cette estimation est acceptable à l'échelle de l'année, faute de pouvoir la réfuter, mais elle est facilement critiquable à l'échelle mensuelle parce que la répartition des débits moyens mensuels à l'intérieur de l'année n'est pas la même pour le Chari et pour les petits tributaires. Le tableau 5 donne un aperçu des variations de l'importance relative de ces petits tributaires dont le rôle n'est pas négligeable de décembre à février alors qu'ils sont en maximum de crue pendant que le Chari est en nette décrue (moyennes du Chari établies sur la période 1954-1968) ; il conviendra donc de tenir compte de cette variabilité au cours de l'année lors de l'analyse au pas de temps mensuel des termes du bilan hydrologique lorsque n'auront été utilisés que les débits du Chari. Considérés en lames d'eau réparties sur un « moyen Tchad » d'environ 20 000 km², les apports de ces petits tributaires ne représentent qu'une dizaine de centimètres pour l'année entière dont moins de trois pour le plus fort mois (décembre).

2.3. APPORTS PLUVIOMÉTRIQUES (tabl. 6)

Nous avons vu (1.2.1. et fig. 3) que la pluviosité interannuelle varie de 550 à 200 mm du nord au sud ; les postes pluviométriques sont rares bien que depuis quelques années ait été installé un réseau plus dense de pluviomètres totalisateurs.

Le tableau 6 présente les précipitations moyennes mensuelles établies à partir de 5 stations (in version revue et augmentée de la Monographie du lac Tchad, en cours de rédaction par A. CHOURET *et al.*) affectées des coefficients de THIESSEN suivants : Bol (0,594), N'Guigmi (0,271), Gueskéro (0,084), Massakory (0,031) et N'Djaména (0,020), alors que l'étude réalisée sur la période 1968-77 pour le « Bassin Conventionnel » n'utilisait que 4 postes : Bol (0,37), N'Guigmi et Gueskéro (0,25 chacun) et N'Djaména (0,13).

On remarquera la disparité entre les deux répartitions. Surprenante a priori, elle n'a certainement que des conséquences limitées pour les raisons suivantes :

— les pourcentages d'influence des postes varient avec le niveau du lac ; ainsi en période d'assèchement de la cuvette nord, l'aire d'influence de N'Guigmi devrait en toute rigueur être considérée comme étant nulle ;

— il n'est pas absolument certain que la moyenne pluviométrique sur le lac réponde à une telle pondération de THIESSEN en raison de l'influence probable d'une telle nappe d'eau ; les données des pluviomètres totalisateurs installés sur des îles sont trop rares pour donner des indications irréfutables à ce sujet ;

— le réseau d'observation des précipitations en climat sahélien où les tornades très localisées sont la règle devrait être beaucoup plus dense quoiqu'à l'échelle mensuelle l'irrégularité pluviométrique soit déjà très atténuée ; il n'empêche qu'au moins une anomalie dans le calage de la modélisation ne peut être expliquée que par l'inadéquation provisoire de la pondération par THIESSEN. Il faut d'ailleurs préciser qu'en cas de lacune d'observation, seules étaient prises en considération les données recueillies à quatre ou trois stations.

Quoi qu'il en soit, il ne faut pas perdre de vue que les apports pluviaux ne sont pas négligeables puisque, sur l'intervalle 1954-1968, ils représentent 14% des apports totaux, c'est-à-dire nettement plus que ceux des petits tributaires qui n'atteignent que 4%.

Mais pour simplifier le calcul des précipitations moyennes mensuelles, il semble possible de n'utiliser que les données recueillies à la station de Bol. En effet, les corrélations établies pour chacun des mois de la saison des pluies (mai à octobre) sur la période 1954-1972 sont suffisamment serrées pour autoriser cette substitution :

— Mai :	$P_{Lac} = 0.82 P_{Bol} + 1.6$	$\rho = 0.95$
— Juin :	$P_{Lac} = 0.60 P_{Bol} + 4.4$	$\rho = 0.96$
— Juillet :	$P_{Lac} = 0.77 P_{Bol} + 14.1$	$\rho = 0.89$
— Août :	$P_{Lac} = 0.74 P_{Bol} + 26.5$	$\rho = 0.97$
— Septembre :	$P_{Lac} = 0.67 P_{Bol} + 10.7$	$\rho = 0.97$
— Octobre :	$P_{Lac} = 0.65 P_{Bol} + 0.6$	$\rho = 0.99$

2.4. PERTES PAR ÉVAPORATION (tabl. 7)

Nous basant sur les résultats et les conclusions de travaux antérieurs, nous avons admis (1.2.1.) que l'évapotranspiration potentielle mesurée à Bol pouvait, sans erreur notable, représenter l'évaporation subie par les eaux libres du lac.

TABLEAU 6
PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES SUR LE LAC

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
1954-55	5	4	125	419	6	6	0	0	0	0	0	0	565
1955-56	12	21	39	138	36	38	0	0	0	0	0	0	284
1956-57	0	13	62	203	74	14	0	0	0	0	0	0	366
1957-58	8	29	106	58	74	3	0	0	0	0	0	0	278
1958-59	4	5	120	165	71	0	0	0	0	0	0	0	365
1959-60	2	3	45	320	89	0	0	0	0	0	0	0	459
1960-61	2	12	86	135	35	2	0	0	0	0	0	0	272
1961-62	1	22	160	220	55	0	0	0	0	0	0	0	458
1962-63	1	10	121	119	40	1	0	0	0	0	0	0	292
1963-64	8	3	81	170	14	4	0	0	0	0	0	1	281
1964-65	0	13	64	215	33	0	0	0	0	0	0	0	325
1965-66	0	8	73	171	33	0	0	0	0	0	0	1	286
1966-67	53	13	51	95	58	1	0	0	0	0	0	1	270
1967-68	1	6	59	165	19	0	0	0	0	0	0	1	251
1968-69	4	39	69	60	7	1	0	0	0	0	0	1	181
1969-70	10	45	30	111	27	4	0	0	0	0	0	0	227
1970-71	14	2	80	95	118	0	0	0	0	0	0	0	309
1971-72	1	0	52	96	49	1	0	0	0	0	0	1	200
1972-73	5	6	16	52	14	1	0	0	0	0	0	0	94
1973-74	0	6	27	79	21	0	0	0	0	0	0	3	136
1974-75	4	1	131	150	54	4	0	0	0	0	0	0	344
1975-76	0	4	37	144	43	0	0	0	0	0	0	1	229
1976-77	1	29	27	89	23	16	0	0	0	0	0	0	185

TABLEAU 7
E.T.P. (EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE) A BOL-MATAFO (en mm)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
1965-66	—	—	—	—	137	176	171	120	153	124	216	215	—
1966-67	209	—	—	—	142	208	181	144	118	129	186	219	—
1967-68	244	196	188	141	143	188	166	140	130	138	176	215	2 065
1968-69	219	178	150	160	170	204	175	157	151	163	201	222	2 150
1969-70	206	200	187	145	154	194	188	156	157	173	230	253	2 243
1970-71	237	223	180	139	140	224	194	150	132	154	232	244	2 249
1971-72	232	210	188	140	144	212	172	143	132	157	233	220	2 183
1972-73	218	193	190	181	184	178	177	148	151	159	229	247	2 255
1973-74	247	222	205	149	175	217	176	155	127	154	204	217	2 248
1974-75	222	203	124	126	143	184	176	151	137	156	219	228	2 069
1975-76	227	205	175	178	148	210	170	145	125	167	213	227	2 190
1976-77	212	180	160	145	185	178	186	149	134	160	217	258	2 164
1977-78	221	198	186	106	163	193	154	146	—	—	—	—	—
Moyenne	226	201	175	150	159	199	178	150	136	155	212	229	2 170

Les observations à Bol-Matafo ne sont continues que depuis septembre 1966 ; il n'apparaît pas de corrélation sur la période 1966-1978 entre l'ETP et la pluviométrie mensuelle, ce qui ne permet pas de combler les inobservations de la période 1954-1966.

Les tracés graphiques des quatre séries de données présentées dans les paragraphes précédents ont été réunis en correspondance chronologique en figure 8 ; on remarquera la faiblesse des débits du Chari et des apports pluviaux au cours des années hydrologiques 1972-1973 et 1973-1974.

2.5. RELATIONS COTE-SURFACE-VOLUME (fig. 9)

Jusqu'à une date récente, l'établissement de la relation cote-surface était effectuée manuellement par planimétrie des aires délimitées sur photographies aériennes pour différentes altitudes du niveau du lac (P. TOUCHÉ-BEUF *et al.*, 1969 - J. P. CARMOUZE et B. DUPONT, 1970 - M. A. ROCHE, 1971 et 1973), technique fastidieuse et source d'erreurs.

L'exploitation des données Landsat obtenues par la télédétection (J. LEMOALLE, 1979) a été réalisée par ordinateur ; la courbe surface - cote obtenue représente la variation de superficie des eaux libres alors que tous les travaux antérieurs y incluaient les flots-bancs.

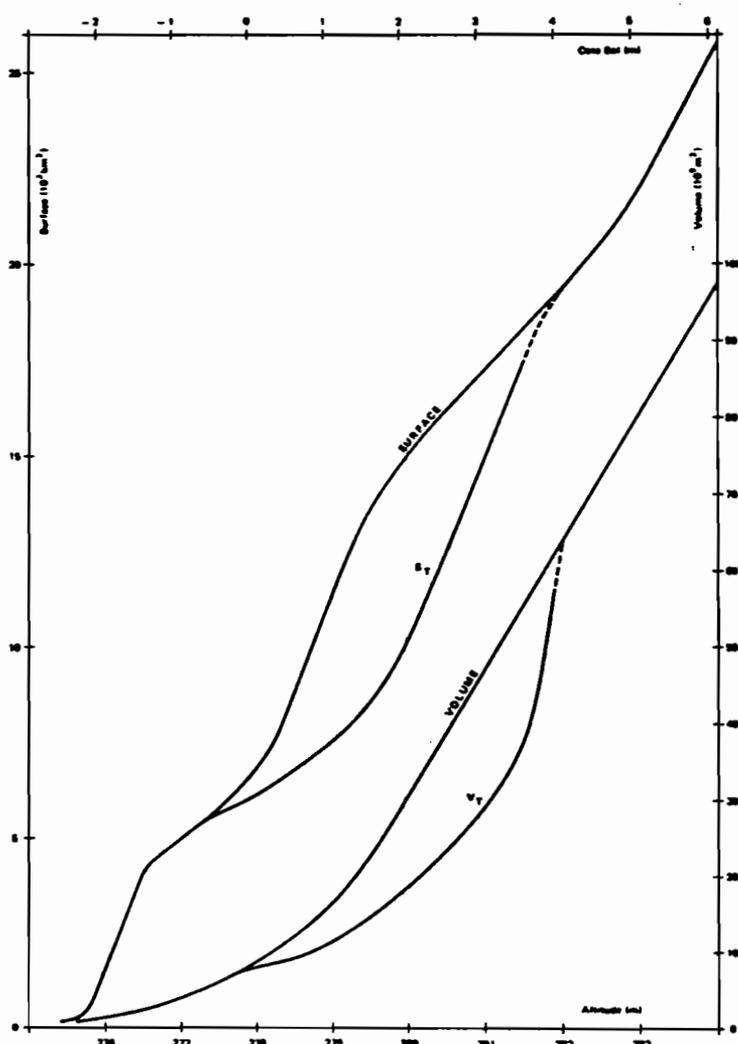


Fig. 9. — Lac Tchad. Superficie et volume en fonction de l'altitude du plan d'eau

Les résultats de multiples travaux bathymétriques (de A. BOUCHARDEAU et R. FEFEVRE, 1957, à M. A. ROCHE, 1971) ont permis, par intégration, d'obtenir la relation cote-volume.

Les variations de surface et de volume des cuvettes considérées séparément ne sont pas présentées en figure 8 parce qu'elles ne sont pas utilisées dans notre étude ; par contre, apparaissent deux relations dites de transition qui seront explicitées au paragraphe suivant.

3. BILAN HYDROLOGIQUE MENSUEL

Pendant un intervalle de temps donné, en l'occurrence un mois, le bilan hydrologique se concrétise par une variation de volume du lac :

$$\Delta V = V_R + V_P - \text{Pertes}$$

avec V_R = volume des apports de surface

et V_P = volume des précipitations sur le lac

Le lac étant une cuvette fermée, à l'exclusion du Bahr-El-Ghazal, émissaire négligeable, les pertes se limitent à l'évaporation et à l'infiltration, termes appelés respectivement « e » et « f » dans la Monographie parue en 1969 (P. TOUCHEBEUF *et al.*).

Bien que nous ayons déjà admis que les pertes par évaporation pouvaient être représentées par l'évapotranspiration potentielle, nous considérerons, dans ce paragraphe, ce paramètre « Pertes » dans sa globalité puisque c'est sa transposition de l'état naturel à l'état irrigué qui va nous permettre d'estimer les conséquences des prélèvements.

3.1. EVALUATION DES PERTES TOTALES

Elles s'expriment par : $\text{Pertes} = V_R + V_P - \Delta V$

Conformément aux orientations retenues par le Consortium de Bureaux d'Etude, les calculs sont effectués mensuellement sur l'intervalle 1968-1977, en années hydrologiques complètes avec comme données d'entrée :

V_R = somme des volumes écoulés dans le mois considéré aux stations du Chari à N'Djaména, de l'El-Beid à Fotokol et de la Komadougou à Gueskérou.

V_P = précipitation moyenne sur le lac calculée par pondération des valeurs mensuelles observées aux quatre postes de Bol, N'Guigmi, Gueskérou et N'Djaména (cf. 2.3.).

ΔV = variation de volume du lac au cours du mois étudié obtenue par différence des volumes correspondant aux cotes de chaque début de mois ; les cotes sont les observations lissées à l'échelle de Bol (cf. 2.1., tabl. 1, fig. 8) ; les volumes sont tirés de la relation cote-volume (cf. 2.5., fig. 9).

En toute rigueur, le bilan hydrologique devrait s'obtenir par intégration de tous les termes le long du mois. Pour simplifier, nous admettrons que les apports d'un mois se répartissent uniformément sur une surface correspondant à la cote lissée du premier jour de ce mois ; procéder ainsi n'introduit sans doute pas une erreur grossière compte tenu de l'imprécision affectant chacun des termes.

Les surfaces relatives aux différentes cotes s'obtiennent, comme les volumes, par l'intermédiaire des relations cote-surface-volume présentées en figure 9. Ceci à condition que la cote observée à Bol soit bien représentative du niveau moyen du lac, ce qui n'est le cas que jusqu'en avril 1973 (cf. 2.1.) ; au-delà, il convient d'user d'un artifice.

Les tableaux 8 a et 8 c présentent le détail des calculs pas à pas. On remarquera que :

— les cotes sont présentées en deux colonnes ; « observées », ce qui est le cas la plupart du temps ; « reconstituées », lorsque l'échelle de Bol était isolée des eaux de la cuvette sud et au cours de la remontée brutale correspondant au front d'eau franchissant les flots-bancs ;

— les variations de volume ΔV (notées DV) entre le début d'un mois et le début du mois suivant peuvent être positives (montée des eaux du lac), nulles (étale) ou négatives (baisse de niveau) ; tous les volumes apparaissant en tableau sont exprimés en millions de mètres cubes ;

— les pertes sont exprimées en valeur absolue puis en valeur relative appelée « perte spécifique », c'est-à-dire perte par unité de surface ; ce terme, exprimé en millions de mètres cubes par kilomètre carré est homogène à une hauteur en mètres, c'est-à-dire à une lame d'eau perdue au cours du mois par évaporation et infiltration.

Tableau 8 a. — Bilan hydrologique du Lac Tchad

MOIS	C O T É		ALTIT.	SURF. VOLUME			DV	PLUIES		DEBITS		P E R T E S	
	Obs.	REC.		MM	MM2	MM3		MM	MM3	MM3/S	MM3	TOT.	SPECIF.
	M	P	M	MM2	MM3	MM3	MM	MM3	MM3/S	MM3	MM3	MM3/MM2	
5-68	3.02		281.69	10737	50957	-1330	0	149	162	433	1914	0.102	
6-68	3.74		281.61	10570	57626	-2376	40	891	172	445	3713	0.200	
7-68	3.00		281.47	10270	55250	0	80	1461	720	1920	3390	0.106	
8-68	3.60		281.47	10270	55250	1027	96	1754	1525	4004	4010	0.263	
9-68	3.66		281.53	10400	56270	2679	23	423	2407	6230	3903	0.216	
10-68	3.82		281.69	10737	50957	673	1	10	2719	7202	6627	0.354	
11-68	3.06		281.73	10022	59031	1533	0	0	2497	5963	4419	0.235	
12-68	3.95		281.02	19015	61105	-505	0	0	1153	3000	3594	0.109	
1-69	3.92		281.79	10952	60659	-2543	0	0	509	1577	4121	0.217	
2-69	3.77		281.64	10031	50115	-400	0	0	316	791	1200	0.069	
3-69	3.74		281.61	10570	57626	-2713	0	0	217	501	3294	0.177	
4-69	3.50		281.45	10220	54913	-2679	5	91	216	559	3330	0.163	
5-69	3.42		281.29	17090	52234	-1363	14	214	159	425	2004	0.112	
6-69	3.34		281.21	17710	50070	-336	31	946	274	715	1601	0.090	
7-69	3.32		281.19	17676	50543	-3144	35	610	400	1620	5432	0.307	
8-69	3.13		281.00	17274	47340	1179	70	1312	1304	3706	3040	0.222	
9-69	3.20		281.07	17423	48527	2679	31	540	2204	5920	3700	0.217	
10-69	3.36		281.23	17761	51207	1020	0	142	2024	7563	6670	0.376	
11-69	3.42		281.29	17090	52234	2342	0	0	2096	6900	4644	0.260	
12-69	3.56		281.43	10105	54576	673	0	0	1674	4403	3009	0.209	
1-70	3.60		281.47	10270	55250	-1347	0	0	753	2016	3364	0.104	
2-70	3.52		281.39	10100	53902	-2005	0	0	392	940	2953	0.163	
3-70	3.40		281.27	17040	51097	-4300	0	0	292	541	4922	0.276	
4-70	3.14		281.01	17294	47516	-804	3	51	132	342	1253	0.072	
5-70	3.09		280.96	17107	46057	-1179	22	370	162	433	1991	0.116	
6-70	3.02		280.89	17039	45070	-845	21	397	213	552	1735	0.102	
7-70	2.97		280.84	16935	44052	-505	95	1600	423	1132	3246	0.192	
8-70	2.94		280.81	16071	44147	-1197	110	1055	1291	3457	6510	0.306	
9-70	2.87		280.74	16720	42950	1027	66	1006	2543	6591	6650	0.390	
10-70	2.93		280.80	16050	43970	2040	0	0	3742	10022	7174	0.420	
11-70	3.10		280.97	17209	46026	3537	0	0	3745	9707	6169	0.350	
12-70	3.31		281.10	17054	50304	1195	0	0	1560	4190	3003	0.170	
1-71	3.30		281.25	17005	51500	337	0	0	745	1905	1650	0.093	
2-71	3.40		281.27	17040	51097	-1009	0	0	372	890	2769	0.155	
3-71	3.29		281.16	17012	50027	-1600	0	0	104	402	2160	0.123	
4-71	3.19		281.06	17402	48359	-3200	0	0	131	330	3540	0.203	
5-71	3.00		280.07	10990	45150								

(à suivre)

Tableau 8 b. — Bilan hydrologique du Lac Tchad

MOIS	C O T É GUS. REC.		ALTIT. M	SURF. VOLUME			DV	PLUIES				DEBITS		P E N T E S	
	M	M		MM2	MM3	MM3		MM	MM3	MM3/S	MM3	MM3	MM3	MM3/MM2	
5-71	3.00		200.07	10990	45150		-1011	3	50	115	300	1370	0.001		
6-71	2.94		200.01	10671	44147		-2200	0	0	126	326	2534	0.150		
7-71	2.01		200.60	10593	41030		-2679	50	962	406	1007	4720	0.205		
8-71	2.05		200.52	10255	39200		2005	109	1771	1104	2956	2723	0.160		
9-71	2.77		200.64	10500	41205		673	60	1122	2229	5777	6226	0.377		
10-71	2.01		200.60	10593	41030		1365	0	0	3209	8009	7444	0.440		
11-71	2.09		200.70	10765	43304		2679	0	0	2543	6591	3912	0.233		
12-71	3.05		200.92	17102	65903		-2173	0	0	1067	2057	5030	0.290		
1-72	2.92		200.79	10029	43010		673	0	0	526	1400	734	0.044		
2-72	2.96		200.03	10914	44004		-2207	0	0	271	655	2063	0.100		
3-72	2.03		200.70	10635	42276		-3537	0	0	145	300	3926	0.230		
4-72	2.62		200.49	10190	30730		-1605	3	40	100	250	1992	0.123		
5-72	2.52		200.39	15975	37053		-2004	0	127	123	329	2462	0.154		
6-72	2.40		200.27	15000	35040		336	26	400	227	500	659	0.042		
7-72	2.42		200.29	15744	35305		-2712	54	010	453	1213	4745	0.301		
8-72	2.26		200.13	15309	32672		-656	00	1321	004	2153	4132	0.260		
9-72	2.22		200.09	15270	32015		026	20	305	1555	3512	2991	0.190		
10-72	2.27		200.14	15302	32041		-5222	0	123	1397	3741	9006	0.590		
11-72	1.95		270.02	14000	27619		-600	0	0	1146	2970	3610	0.207		
12-72	1.91		270.70	14400	26979		-100	0	0	531	1422	1582	0.100		
1-73	1.90		270.77	14450	26019		-3200	0	0	255	062	3091	0.200		
2-73	1.69		270.56	13000	23610		-2444	0	0	132	330	2774	0.201		
3-73	1.52		270.39	13155	21106		-2007	0	0	76	203	3011	0.220		
4-73	1.30		270.17	12226	10350		-1639	0	0	52	134	1773	0.145		
5-73	1.15		270.02	11540	16719		11004								
6-73	0.95		270.02	7205	10452		-1032	4	15	70	107	1234	0.103		
7-73	0.05		270.72	7132	10030		-413	17	123	114	295	033	0.114		
8-73	0.75		270.62	0904	0050		-300	25	170	224	599	1150	0.102		
9-73	1.20		270.07	7002	11743		2005	09	021	760	2051	500	0.004		
10-73	1.45		270.32	0155	13303		1600	20	104	1354	4027	2572	0.325		
11-73	1.75		270.62	0013	15502		2190	0	0	1961	5252	3053	0.374		
12-73	1.04		270.73	0236	16476		093	0	0	1191	3007	2193	0.240		
1-74	1.03		270.70	0147	16230		-200	0	0	524	1403	1649	0.170		
2-74	1.72		270.99	0024	15330		-093	0	0	247	461	1555	0.170		
3-74	1.56		270.43	0399	10119		-1217	0	0	116	200	1497	0.170		
4-74	1.40		270.27	0043	13045		-1074	0	0	65	174	1240	0.149		
5-74	1.20		270.07	7002	11743		-1302	1	0	43	111	1421	0.177		

(à suivre)

Tableau 8 c. — Bilan hydrologique du Lac Tchad

MOIS	C C T E		ALIT.	SURF. VOLUME			DV	PLUIES		DEBITS		P E H T E S	
	OBS.	REC.		MM2	MM3	MM3		MM	MM3	MM3/S	MM3	MM3	MM3/MM2
5-74		1.20	270.07	7002	11743								
6-74		1.05	270.92	7435	10903	-774	12	02	73	195	1067	0.130	
7-74		1.00	270.07	7361	10710	-253	10	74	129	324	661	0.009	
8-74		1.15	270.02	7994	11004	774	93	004	364	974	005	0.120	
9-74		1.00	270.27	0043	13045	1500	153	1102	1040	2705	2306	0.314	
10-74		1.75	270.62	0913	10502	2534	26	209	2300	5961	3633	0.452	
11-74		2.65	280.52	12670	23700	0117	7	02	3090	0274	220	0.025	
12-74		3.13	281.00	15059	29439	5730	0	0	2625	0003	1065	0.004	
1-75		2.90	280.05	14313	27459	-1979	0	0	1112	2970	4950	0.329	
2-75	2.70		280.65	13312	25100	-2350	0	0	515	1379	3730	0.261	
3-75	2.50		280.45	12316	22947	-2152	0	0	260	020	2701	0.209	
4-75	2.32		280.19	11003	20426	-2521	0	0	135	361	2002	0.234	
5-75	2.09		270.90	10044	10361	-2004	0	0	91	235	2300	0.200	
6-75	1.06		270.73	9236	10476	-1005	1	10	95	254	2149	0.214	
7-75	1.06		270.53	0647	14044	-1631	0	0	196	274	1906	0.206	
8-75	1.51		270.30	0207	13761	-1062	91	706	361	966	2016	0.326	
9-75	1.53		270.40	0332	13916	135	106	1375	943	2525	3766	0.454	
10-75	2.17		280.04	10305	19063	5166	31	250	2214	5730	050	0.102	
11-75	2.93		280.00	14004	26799	7735	0	0	3077	9044	1300	0.126	
12-75	3.40		281.35	16002	34500	7700	0	0	4002	10500	2000	0.205	
1-76	3.44		281.31	16003	33099	-600	0	0	2000	5350	5956	0.355	
2-76	3.21		281.00	15450	30534	-3365	0	0	707	2134	5499	0.331	
3-76	2.96		280.03	14213	27195	-3330	0	0	407	904	4323	0.200	
4-76	2.70		280.57	12919	24230	-2965	0	0	214	573	3530	0.249	
5-76	2.44		280.31	11050	21532	-2697	2	25	134	347	3071	0.230	
6-76	2.23		280.10	10606	19612	-1919	4	46	114	305	2271	0.195	
7-76	2.04		270.91	9056	17951	-1600	14	149	160	435	2245	0.211	
8-76	1.96		270.03	9500	17304	-647	63	020	461	1234	2502	0.254	
9-76	2.11		270.90	10119	10525	1220	07	031	1017	2723	2334	0.244	
10-76	2.49		280.36	11005	22004	3479	27	273	1013	4009	1493	0.140	
11-76	3.01		280.00	14457	27041	5037	34	404	2641	7073	1640	0.130	
12-76	3.24		281.11	19607	30909	3127	0	0	2342	0070	2942	0.204	
1-77	3.21		281.00	19450	30534	-434	0	0	1933	4105	4540	0.291	
2-77	2.90		280.05	14313	27459	-3074	0	0	037	1430	4513	0.292	
3-77	2.77		280.64	13262	24907	-2472	0	0	312	701	3253	0.227	
4-77	2.50		280.37	11932	22110	-2076	0	0	174	466	3343	0.252	
5-77	2.27		280.14	10049	19900	-2141	0	0	109	202	2424	0.203	

A N N E X E I I

ANNEXE II.1 : Le LAC DE BAM - CALCUL DE E PENMAN ET E PRIESTLEY-TAYLOR

ANNEXE II.2 : LA MARE D'OURSI - CALCUL DE E PENMAN ET E PRIESTLEY-TAYLOR

ANNEXE (II.1)

Etude du lac de Bam - St-Paul - Calcul de l'évaporation Penman et de l'évaporation de Priestley et Taylor (POUYAUD, 1986)

	TABRI	E2ABRI	U2ABRI	S/30	RG	Ea	Y A-T	a = 0,05				a = 0,10				a = 0,15				a = 0,20				E1AC	
								Rn	EEQU	EPRT	EPEN														
1973	J	23.1	7.6	1.43	0.77	2009	6.2	2.55	1031	3.00	6.03	5.63	830	2.70	3.50	5.33	830	2.40	3.13	5.03	730	2.18	2.75	4.73	6.1
	F	26.5	6.0	1.47	0.83	2326	12.0	2.80	1273	3.00	5.03	6.07	1156	3.63	4.57	6.51	1040	3.26	4.11	6.14	824	2.80	3.65	5.78	6.5
	M	30.5	6.7	1.04	0.66	2265	16.3	3.34	1267	4.10	5.25	7.50	1153	3.70	4.70	7.13	1040	3.42	4.31	6.75	927	3.05	3.64	6.38	6.8
	A	32.0	15.2	1.72	0.88	2476	16.1	3.82	1584	5.25	6.81	8.27	1442	4.84	6.10	7.90	1321	4.43	5.56	7.46	1200	4.02	5.07	7.05	6.8
	M	33.1	21.2	2.17	0.75	2810	15.2	2.80	1680	6.22	7.64	8.62	1715	5.78	7.20	8.50	1504	5.34	6.73	8.14	1453	4.80	6.17	7.70	(6.1)
	J	29.8	25.4	2.12	0.85	2405	7.5	1.63	1705	5.77	7.27	7.40	1665	5.38	6.70	7.61	1544	4.80	6.20	6.82	1424	4.61	5.00	6.23	(7.4)
	A	27.4	29.4	1.51	0.70	2474	4.0	1.00	1683	5.01	7.45	6.87	1730	5.52	6.95	6.50	1615	5.13	6.46	6.10	1482	4.73	5.96	5.70	-
	S	27.0	26.2	1.40	0.64	2334	5.8	1.14	1730	5.52	6.85	6.87	1613	5.14	6.40	6.20	1480	4.77	6.01	5.81	1380	4.40	5.54	5.54	-
	O	29.5	17.5	1.12	0.65	2473	6.8	2.11	1622	5.26	6.65	7.30	1493	4.87	6.14	6.00	1375	4.47	6.83	6.50	1252	4.07	5.13	10.18	(7.2)
	N	25.8	6.1	1.38	0.68	2304	16.7	2.63	1284	3.93	4.80	6.57	1148	3.57	4.50	6.21	1033	3.22	4.05	5.05	818	2.88	3.60	5.45	(7.5)
	D	23.2	7.6	1.09	0.85	2071	6.6	2.37	1049	3.14	3.80	5.51	806	2.83	3.57	5.20	842	2.52	3.18	4.80	730	2.21	2.70	4.50	5.5
	M	26.3	16.4	1.62	0.75	2358	10.2	2.29	1540	4.04	6.22	7.23	1422	4.56	5.75	6.85	1304	4.18	5.27	6.42	1106	3.80	4.70	5.09	(6.50)
1974	J	22.2	6.6	1.43	0.76	2025	6.0	2.50	1021	3.01	3.70	5.50	820	2.71	3.42	5.20	810	2.41	3.04	4.90	717	2.11	2.85	4.68	6.3
	F	25.2	5.6	1.57	0.64	2364	12.0	3.00	1220	3.70	4.70	6.04	1100	3.42	4.31	6.40	882	3.00	3.85	6.12	874	2.70	3.40	5.75	6.7
	M	30.1	6.7	1.54	0.60	2506	15.1	3.13	1460	4.08	6.05	7.04	1343	4.20	5.54	7.53	1217	3.80	5.02	7.12	1082	3.57	4.50	7.11	6.6
	A	32.3	13.2	1.55	0.74	2533	16.1	3.87	1504	5.20	7.72	6.40	1460	4.81	6.10	7.00	1341	4.40	6.05	7.55	1214	4.00	5.12	7.13	6.6
	M	33.2	17.5	2.17	0.70	2644	17.3	3.17	1615	6.12	7.71	7.20	1600	5.87	7.14	6.84	1547	5.22	6.57	6.30	1412	4.70	6.00	7.83	6.1
	J	31.8	22.3	2.50	0.74	2802	13.3	2.50	1684	6.21	7.62	6.80	1700	5.77	7.20	6.37	1600	5.34	6.73	7.04	1477	4.81	6.18	7.50	7.7
	J	27.8	24.6	1.82	0.58	2273	5.3	1.25	1683	5.31	6.70	6.50	1600	4.85	6.24	6.20	1493	4.80	6.70	6.84	1422	4.24	5.34	5.40	(6.4)
	A	26.8	26.5	1.61	0.57	2194	3.8	0.82	1640	5.10	6.40	6.87	1531	4.81	6.00	5.73	1421	4.40	6.62	6.30	1311	4.12	5.18	5.84	-
	S	27.2	26.1	1.38	0.71	2396	4.4	1.03	1782	5.64	7.11	6.87	1683	5.26	6.83	6.20	1543	4.80	6.15	5.91	1427	4.50	5.64	5.93	-
	O	29.8	21.0	1.11	0.61	2387	7.5	1.94	1683	5.30	6.77	7.82	1543	4.90	6.20	6.83	1423	4.80	6.00	6.24	1303	4.21	5.21	5.95	(6.9)
	N	24.8	13.0	1.13	0.66	2286	7.7	1.90	1372	4.21	5.31	6.18	1257	3.60	4.80	5.64	1143	3.51	4.42	5.48	1020	3.40	3.80	5.14	7.2
	D	22.3	6.7	1.31	0.82	2023	7.5	2.14	1051	3.23	4.20	6.00	800	2.82	3.60	5.00	800	2.62	3.30	4.70	730	2.21	2.70	4.50	(5.9)
	M	27.6	16.4	1.60	0.75	2358	9.5	2.16	1546	4.82	6.20	7.10	1426	4.54	5.72	6.72	1316	4.17	5.25	6.35	1182	3.70	4.78	5.47	(6.67)
1975	J	21.3	6.7	1.50	0.66	2157	6.4	2.51	1121	3.25	4.40	5.76	1013	2.84	3.70	5.45	885	2.63	3.31	5.13	787	2.31	2.82	4.62	6.8
	F	24.7	7.6	1.18	0.82	2488	6.6	2.55	1482	4.20	5.41	6.84	1276	3.81	4.93	6.40	1153	3.53	4.45	6.07	1020	3.15	3.87	5.60	6.3
	M	27.8	16.6	1.42	0.78	2486	13.7	2.88	1480	4.82	6.87	7.71	1317	4.42	5.57	7.31	1234	4.82	5.86	6.81	1110	3.81	4.95	6.51	7.1
	A	33.2	14.2	1.61	0.76	2575	17.7	3.25	1641	5.54	8.00	7.70	1513	5.16	6.43	6.36	1384	4.87	6.82	7.55	1255	4.53	5.33	7.48	6.3
	M	32.0	21.5	2.23	0.73	2575	13.6	2.83	1627	6.00	7.68	6.72	1680	6.00	7.14	6.20	1540	5.23	6.80	7.00	1440	4.80	6.05	7.43	7.8
	J	31.0	22.8	2.33	0.77	2887	11.7	3.25	1830	6.40	8.00	6.75	1683	6.00	7.50	6.30	1670	5.52	6.80	7.00	1538	5.07	6.30	7.42	7.3
	J	27.0	25.3	1.89	0.56	2208	4.8	1.15	1630	5.10	6.51	6.31	1525	4.82	6.07	5.80	1415	4.47	5.83	5.81	1305	4.12	5.18	5.27	(6.8)
	A	26.7	27.6	1.57	0.64	2345	3.7	0.86	1771	5.57	6.82	6.45	1654	5.20	6.55	6.00	1537	4.83	6.00	5.71	1416	4.46	5.83	5.24	-
	S	26.8	27.3	1.24	0.64	2334	3.5	0.82	1753	5.53	6.87	6.35	1627	5.10	6.50	5.80	1520	4.76	6.04	5.82	1403	4.43	5.50	5.25	-
	O	26.8	22.8	1.82	0.62	2416	7.3	1.56	1680	5.43	6.84	7.01	1550	5.84	6.35	6.82	1430	4.85	5.85	6.23	1316	4.26	5.38	5.84	(6.5)
	N	25.4	12.8	0.85	0.65	2235	7.8	1.87	1320	4.10	5.17	6.07	1256	3.78	4.74	5.73	1184	3.41	4.38	5.30	982	3.07	3.87	5.04	6.2
	D	23.3	6.6	1.24	0.84	2055	6.1	2.23	1087	3.26	4.15	5.52	895	2.86	3.78	5.21	882	2.67	3.37	4.80	780	2.37	2.80	4.80	5.8
	M	27.5	17.3	1.52	0.78	2376	6.8	2.84	1581	5.82	6.33	7.08	1482	4.85	6.05	6.80	1343	4.27	5.36	6.31	1225	3.88	4.80	5.83	(6.54)
1976	J	22.4	6.5	1.33	0.66	2188	6.3	2.33	1183	3.51	4.42	5.64	1073	3.18	4.81	5.51	884	2.80	3.80	5.10	884	2.53	3.18	4.80	5.7
	F	24.0	16.4	1.37	0.80	2435	10.2	2.51	1420	4.44	5.80	6.85	1264	4.80	5.12	6.57	1182	3.80	4.64	6.16	1061	3.31	4.17	5.61	6.4
	M	28.5	12.3	1.55	0.83	2588	12.2	3.70	1682	5.15	6.80	7.85	1474	4.74	6.87	7.44	1345	4.33	5.45	7.03	1218	3.81	4.83	6.82	7.8
	A	32.0	14.1	1.75	0.76	2575	16.8	3.87	1651	5.51	8.04	6.50	1523	5.80	6.40	6.15	1384	4.85	5.86	7.72	1265	4.22	5.32	7.20	7.3
	M	31.4	22.2	-	0.72	2553	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6.8)
	J	29.0	22.8	-	0.73	2580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6.8)
	A	27.6	24.8	-	0.72	2554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6.8)
	S	26.7	25.4	-	0.68	2431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(4.5)
	O	27.4	25.3	-	0.71	2388	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(5.0)
	N	24.8	11.8	-	0.85	2083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6.3)
	D	23.8	6.1	-	0.87	2103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8
	M	27.5	17.5	-	0.77	2387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.41

Interannual	TABRI	E2ABRI	U2ABRI	S/30	RG	Ea	Y A-T	a = 0,05				a = 0,10				a = 0,15				a = 0,20				E1AC
								Rn	EEQU	EPRT	EPEN													
J	22.3	7.3	1.45	0.82	2091	6.8	2.51	1065	3.20	4.83	5.71	880	2.80	3.95	5.40	870	2.50	3.26	5.00	771	2.20	2.87	4.78	5.7
F	25.8	6.0	1.41	0.87	2386	11.0	2.75	1233	4.13	5.21	6.80	1213	3.78	4.74	6.75	1083	3.38	4.27	6.14	873	3.02	3.88	5.77	6.3
M	29.7	10.4	1.54	0.77	2446	14.3	3.02	1451	4.73	5.80	7.75	1289	4.33	5.48										

A N N E X E S I I I

ANNEXE (III)

MESURES RECUEILLIES AUX SITES EXPERIMENTAUX

LISTE DES SITES EXPERIMENTAUX

ANNEXE (III.1) : BENIN

ANNEXE (III.2) : BURKINA FASO

ANNEXE (III.3) : CAMEROUN

ANNEXE (III.4) : REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

ANNEXE (III.5) : CONGO

ANNEXE (III.6) : COTE D'IVOIRE

ANNEXE (III.7) : GABON

ANNEXE (III.8) : GHANA

ANNEXE (III.9) : GUINEE

ANNEXE (III.10) : MALI

ANNEXE (III.11) : MAURITANIE

ANNEXE (III.12) : NIGER

ANNEXE (III.13) : SENEGAL

ANNEXE (III.14) : TCHAD

ANNEXE (III.15) : TOGO

Liste des sites expérimentaux

BENIN

- 1 FOUNGA.....(9°39'N , 1°34'E) (*)
- 2 INA(9°58'N , 2°44'E) (*)
- 3 MOUMOUJJI.....(7°50'N , 2°15'E) (*)
- 4 Delta de l'OUEME

BURKINA FASO

- 5 Lac de BAM.....(13°22'N , 1°33'W) (**)
- 6 Mare d'OURSI.....(14°35'N , 0°35'W) (**)
- 7 BATIE.....(9°53'N , 2°55'W) (*)
- 8 DIEBOUGOU.....(10°58'N , 3°15'W) (*)
- 9 Nord-DORI.....(13°45'-15°30'N , 0°30'-0°50'W) (*)
- 10 GAOUA.....(10°20'N , 3°11'W) (*)
- 11 N'DOROLA-KARAMASSASSO(11°49'N , 4°50'W) (*)
- 12 Bassins versants de OUAGADOUGOU.....(12°22'N , 1°31'W) (*)
- 13 TONI.....(12°30'-12°40'N , 3°50'N-4°W) (*)
- 14 TAGOU(11°10'N , 0°40'E) (*)
- 15 Barrage de NOUMBIEL.....(9°40'N , 2°55'W)
- 16 Retenue de SAMBISSOGO.....(12°15'N , 2°22'W)
- 17 Région de TIKARE.....(13°13'-13°23'N , 1°35'-1°43'W)

CAMEROUN

- 18 BABANKI(5°58'N , 10°20'E) (*)
- 19 BAMBALANG.....(5°54'N , 10°33'E) (*)
- 20 BAMENDJING(5°42'N , 10°30'E) (*)
- 21 BANOK(5°29'N , 10°17'E) (*)
- 22 BOGO(10°44'N , 14°36'E)
- 23 GOLOZA(10°10'-10°13'N,13°25'-13°35'E) (*)
- 24 Retenue de LAGDO.....(9°N , 13°40'E) (*)
- 25 MAROUA(10°27'N , 14°15'E) (*)
- 26 Retenue de M'BAKAOU(6°20'N , 12°49'E) (*)
- 27 MOKOLO.....(10°44'N , 13°47'E) (*)
- 28 RISSO(7°52'N , 14°40'E) (*)
- 29 SANGUERE.....(9°15'N , 13°23'E) (*)
- 30 TOUBORO(7°46'N , 15°22'E) (*)
- 31 YAOUNDE.....(3°50'N , 11°31'E) (*)
- 32 projet de barrage deCHIDIFI
- 33 Projet de barrage de MOKOLO(10°47'N , 13°47'E)
- 34 Projet de retenue de NJOCK(3°38'N , 10°44'E)
- 35 Bassin de la TSANAGA(10°30'-10°53'N,13°42'-14°36'E)
- 36 Projet de retenue de WARAK.....(7°30'N, 13°51'E)

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

- 37 BANGUI(4°22'N , 18°34'E) (**)
- 38 BAKOUMA(5°42'N , 22°47'E) (*)
- 39 NANA(6°55'N , 15°24'E) (*)

CONGO

40 BRAZZAVILLE	(4°15'S , 15°14'E) (**)
41 KOUTINA N'ZAMBI	(3°55'S , 12°50'E) (*)
42 MAKABANA	(3°29'S , 12°37'E) (*)
43 M'PASSA	(4°16'N , 14°20'E) (*)
44 SOUNDA	(3°46'S , 11°58'E) (*)
45 Retenue de KOUILOU	(4°05'S , 12°15'E)

COTE D'IVOIRE

46 ADIOPODOUME	(5°19'N , 4°08'W) (*)
47 AYAME.....	(5°36'N , 3°10'W) (*)
48 BAMBOUS	(5°26'N , 4°17'W) (*)
49 BOROTOU KORO	(8°50'N , 7°30'W) (*)
50 BOORO BOROTOU	(8°28'N , 7°33'W) (*)
51 BOUNA	(9°16'N , 2°59'W) (*)
52 BOUNDIALI	(9°31'N , 6°28'W) (*)
53 FERKESSEDOUGOU	(9°36'N , 5°12'W) (*)
54 GUESSIGUE	(5°43'N , 4°14'W) (*)
55 IFOU.....	(7°25'N , 4°47'W) (*)
56 KORHOGO	(9°26'N , 5°37'W) (*)
57 KOTOBİ.....	(6°42'N , 4°08'W) (*)
58 MAN.....	(7°24'N , 7°31'W) (*)
59 SAKASSOU	(7°28'N , 5°17'W) (*)
60 TIASSALE.....	(5°53'N , 4°50'W) (*)
61 Retenue de BUYO	(6°35'N , 7°02'W)
62 Projet de retenue de BADALA	(7°51'N , 7°45'W)
63 Retenue de KOSSOU	(7°04'N , 5°30'W)
64 NAMBONKAHA	(9°41'-9°45'N,5°03'-5°10'W)

GABON

65 LIBREVILLE	(0°27'N , 9°25'E) (**)
66 MALA.....	(0°41'N , 10°14'E) (*)
67 NTOUM.....	(0°23'N , 9°45'E) (*)

GHANA

68 Barrage d'AKOSOMBO	(6°15'N , 0°08'E)
69 Barrage de BUI.....	(8°18'N , 2°13'W)

GUINEE

70 BOULA.....	(8°54'N , 9°09'W) (*)
71 FOMI	(10°35'N , 9°35'W) (*)
72 KANDALA	(10°39'N , 9°14'W) (*)
73 KINDIA	(9°52'N , 13°01'W) (*)
74 SOUAPITI	(10°25'N , 13°15'W) (*)
75 TIMBIS.....	(11°15'N , 12°34'W) (*)

MALI

76 DOUNFING.....	(12°41'N , 8°03'W) (*)
77 GOUNDAM.....	(16°25'N , 3°40'W) (*)
78 KENIE.....	(12°48'N , 7°40'W) (*)
79 KOUMBAKA.....	(13°05'N , 4°49'W) (*)
80 LOULOUNI.....	(10°54'N , 5°36'W) (*)
81 M'BOUNA.....	(16°43'N , 4°03'W) (*)
82 TAMAYA.....	(18°28'N , 1°23'E) (*)
83 TIN ADJAR.....	(16°19'N , 1°40'W) (*)
84 TOSSAYE.....	(16°57'N , 0°37'W)

MAURITANIE

85 ALEG.....	(17°10'N , 13°50'W) (*)
86 DIONABA.....	(17°10'N , 12°50'W) (*)
87 KEUR MACENE.....	(16°35'N , 16°15'W) (*)
88 SELOUMBO.....	(17°45'N , 12°20'W) (*)

NIGER

89 IFEROUANE.....	(19°05'N , 8°23'E) (*)
90 KANDADJI.....	(14°37'N , 0°59'E) (*)
91 KEITA.....	(14°45'N , 5°45'E) (*)
92 TAPOA.....	(12°28'N , 2°24'E) (*)
93 TILLABERY.....	(14°12'N , 1°27'E) (*)
94 Projet de retenue de DYODYONGA.....	(environs de Tapoa)
95 Cuvette de de KOULOU.....	(12°13'N , 3°04'E)

SENEGAL

96 Lac de GUIERS.....	(16°20'N , 15°45'W) (**)
97 MATAM.....	(15°39'N , 13°15'W) (*)
98 PODOR.....	(16°39'N , 14°58'W) (*)
99 RICHARD-TOLL.....	(16°27'N , 15°42'W) (*)
100 SANGALKAM.....	(≈ 14°48'N , 16°57'W) (*)

TCHAD

101 Lac TCHAD.....	(13-14°N, 13°07'-15°20'E) (**)
102 BA ILLI.....	(10°31'N , 16°26'E) (**)
103 BEBEDJIA.....	(8°40'N , 16°33'E) (**)
104 N'DJAMENA.....	(12°07'N , 15°02'E) (**)
105 DIK DIK.....	(8°30'-8°40'N, 15°40'-15°56'E) (*)
106 DOUGUIA.....	(12°39'N , 14°49'E) (*)
107 FADA.....	(17°10N , 21°33'E) (*)
108 LAI.....	(9°24'N , 16°18'E) (*)
109 MAYO LIGAM.....	(9°43'N , 14°34'E) (*)

TOGO

110 BAFILO	(9°20'N , 1°15'E) (*)
111 CORREKOPE	(7°45'N , 1°15'E) (*)
112 DZOBEGAN.....	(7°14'N , 0°42'E) (*)
113 Lac ELIA	(6°34'N , 1°36'E) (*)
114 KANDE.....	(9°55'N , 1°03'E) (*)
115 LOME.....	(6°07'N , 1°13'E) (*)
116 MANDOURI	(10°51'N , 0°49'E) (*)
117 MANGO.....	(10°22'N , 0°28'E) (*)
118 NADJOUNDI.....	(11°01'N , 0°11'E) (*)
119 N'GAMBOTO.....	(7°26'N , 1°26'E) (*)
120 KPADAYO.....	(9°41'N , 1°11'E) (*)
121 Plaine de PAIOKOU.....	(10°15'N , 0°27'E) (*)
122 Lac TOGO.....	(6°10'N , 1°30'E) (*)
123 Retenue d'ADJARALA	(6°54'N , 1°36'E)
124 Projet de retenue de la KOZA.....	(région de Lama-Kara et Niamtougou)
125 Retenue de N'GAMBETO	(7°26'N , 1°26'E)

ANNEXE III.1

BENIN

FOUNGA

INA

MOUMOUJJI

Delta de l'OUEME

* Lieu : FOUNGA (9°39'N , 1°34'E) alt. = 480 m
Bassin versant de la Tero

Sources : ORSTOM, 1960 ; RODIER & al., 1963 ;

Cadre : Etude hydrologique de bassins versants

Climat : soudano-sahélien, P = 1350 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1957 - Juillet 1958

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957					3.6	4.3	3.1	2.7	3.0	4.1	4.8	5.2
1958	6.2	7.6	7.9	7.0	6.7	4.5	4.4					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (E bac) en mm/j Founga (1957-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.2	7.6	7.9	7.0	5.2	4.4	3.8	2.7	3.0	4.1	4.8	5.2

E bac (moyenne 1957-58) : 1880 mm/an

Estimation de l'évaporation d'une nappe d'eau d'une certaine étendue : 1700 mm/an (k=0.90)

* Lieu : INA (9°58'N , 2°44'E) alt. = 358 m
Bassin versant du Tiapalou

Sources : SIRCOULON, 1964 ;

Cadre : Etude hydrologique de bassin versant

Climat : régime tropical de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado (0.92 * 0.92)

Période d'observation : Août 1961 - Déc. 1963

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961								3.0	3.2	5.3	5.7	5.2
1962	5.7	6.7	7.1	6.5	6.0	4.4	3.8	3.1	3.2	4.0	4.5	5.0
1963	5.1	6.4	6.6	6.3	4.9	4.5	4.4	3.6	4.4	4.5	5.8	5.5

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (E bac) en mm/j
INA (1961-1963)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	6.6	6.9	6.4	5.5	4.5	4.1	3.2	3.6	4.6	5.3	5.2

E bac (moyenne 1961-63) : 1860 mm

Estimation de l'évaporation d'une nappe d'eau d'une certaine étendue : 1700 mm/an (k=0.90)

* Lieu : **MOUMOUJJI** (7°50'N , 2°15'E) alt.= 140 m
Bassin versant de la Lhoto

Sources : *ORSTOM, 1960 ; RODIER & al., 1963 ; ORSTOM, 1957 ;*

Cadre : Etude hydrologique de bassins versants

Climat : Equatorial de transition ; P = 1050 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Juin 1956 à Oct 1958 et Mai à Oct. 1959

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1956						4.2	3.8	3.7	3.8	4.5	5.1	4.3
1957	4.8	6.7	6.7	5.2	5.1	3.7	3.1	2.8	3.2	3.5	4.1	3.6
1958	3.9	6.0	7.6	5.7	4.9	3.9	4.8	4.3	3.2	4.2		
1959					5.4	4.6	3.6	3.5	3.3	4.2		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (E bac) en mm/j
Moumoudji (1956-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.4	6.4	7.2	5.5	5.1	4.1	3.8	3.6	3.4	4.1	4.6	4.0

E bac (moyenne 1956-59) : 1700 mm/an

Estimation de l'évaporation d'une grande nappe d'eau libre : 1650 à 1700 mm/an (k=1)

* Lieu : **Delta de l'OUEME** (6°21'N) alt.= 5 m

Sources : **BOUCHARDEAU & BAUDIN, 1964** ;

Cadre : Monographie du delta de l'Oueme

Climat : Equatorial de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado de LOME (TOGO)

Période d'observation : 1962 -1963

Résultats :

E bac (moyenne 1962-63) : 1670 à 1890 mm/an

Estimation de l'évaporation sur lac : 1500 à 1700 mm/an ($k=0.90$)

ANNEXE III.2

BURKINA FASO

Lac de BAM

Mare d'Oursi

BATIE

DIEBOUGOU

Région NORD-DORI

GAOUA

N'DOROLA - KARAMASSASSO

Bassins versants de OUAGADOUGOU

TONI

TAGOU

Barrage de NOUMBIEL

Retenue de SAMBISSOGO

Région de TIKARE

BIDI

* Lac de BAM (13°22'N , 1°33'W)

Sources : *POUYAUD, 1985* ;

Cadre : Etude de l'évaporation des nappes d'eau libre en climat tropical sec

Climat : Zone de transition du régime tropical pur au régime sahélien

P = 690 mm/an ; Tmax = 43,2 °C ; Tmin = 6,9 °C

@ Lieu : lac de BAM

Méthode utilisée : Bilan hydrologique

Période d'observation : Août 1966 - Déc. 1976

Résultats :

Evaporation sur lac (ELAC) en mm/j (Bilan hydrologique), lac de Bam

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1966								5.2	4.8	5.5	6.5	5.6
1967	6.1	6.4	6.6	7.5	7.6	7.5	7.2	5.1	5.7	6.8	6.5	5.0
1968	5.4	6.5	6.8	7.1	7.6	6.0	5.6	6.2	5.5	5.8	5.6	5.0
1969	5.1	6.1	7.2	9.0	9.4	8.1	6.8	5.0	5.2	6.2	6.7	5.5
1970	5.6	6.3	7.2	7.6	7.5	8.1	6.0	5.1	6.0	6.2	6.2	4.4
1971	5.2	5.6	6.2	7.7	8.4	8.0	6.8				7.1	6.4
1972	5.7	6.7	8.1	7.0	7.4	6.3	6.1	5.4		7.2	6.7	5.6
1973	6.1	6.5	6.8	6.8	8.1	7.3	7.4			7.2	7.5	5.5
1974	6.3	6.7	6.8	8.0	8.1	7.7	6.4			6.9	7.2	5.9
1975	6.0	6.3	7.1	8.3	7.6	7.3	6.6			6.5	6.2	5.9
1976	5.7	6.4	7.8	7.3	6.8	8.0	6.8	4.5	5.0	6.3	6.5	5.8

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée par bilan hydrologique (E lac) en mm/j
Lac de Bam (1966-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.7	6.4	7.1	7.6	7.9	7.4	6.6	5.2	5.4	6.5	6.6	5.5

E lac (moyenne 1966-76) : 2365 mm/an

@ Lieu : St-PAUL

Appareils utilisés :

Bac Colorado sur sol nu (ESN)

Bac Colorado sur pelouse (EPEL)

Bac Classe A (ECLA)

Formule de PENMAN (EP, a= 0.05)

Périodes d'observation :

ESN : 1973 - 1976

EPEL : 1975 - 1976

ECLA : Août 1973 - Déc. 1976

EP : 1973 - 1976

Résultats :

Station : ST-PAUL Evaporation bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	8.4	9.7	11.3	11.1	12.1	10.4	8.9	6.5	7.1	9.7	9.9	7.4
1974	8.1	9.7	10.9	11.8	13.1	12.4	7.4	7.1	7.1	8.8	8.8	8.1
1975	8.2	8.8	10.7	12.6	11.6	11.0	6.4	6.7	6.8	8.5	8.3	7.6
1976	7.4	8.8	10.5	11.7	10.7	9.3	7.1	6.2	6.4	6.6	8.4	7.5

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j
St-Paul (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.0	9.3	10.9	11.8	11.9	10.8	7.5	6.6	6.9	8.4	8.9	7.7

ESN (moyenne 1973-76) : 3300 mm/an

Station : ST-PAUL Evaporation bac Colorado Pelouse (EPEL) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975	6.0	6.1	7.5	10.5	9.7	9.9	5.0	5.9	5.7	7.2	6.5	5.8
1976	6.0	7.4	8.7	10.1	9.9	8.7	6.4	5.3	5.8	5.6	7.0	6.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado pelouse (EPEL) en mm/j
St-Paul (1975-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.0	6.8	8.1	10.3	9.8	9.3	5.7	5.6	5.8	6.4	6.8	6.2

EPEL (moyenne 1975-76) : 2630 mm/an

Station : ST-PAUL Evaporation bac Classe A (ECLA) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973								7.9	7.1	9.4	10.3	8.0
1974	8.7	10.9	12.3	13.1	14.1	12.7	7.7	7.4	7.5	8.7	9.3	8.4
1975	8.5	9.5	11.6	13.1	11.1	10.8	6.5	6.5	7.0	8.5	8.5	8.1
1976	8.2	10.0	11.4	12.6	10.8	9.5	7.3	6.1	6.6	6.6	8.6	7.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
St-Paul (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.5	10.1	11.8	12.9	12.0	11.0	7.2	7.0	7.1	8.3	9.2	8.1

ECLA, moyenne 73-76 : 3430 mm/an

Station : St-PAUL Evaporation Penman, a = 0.05 en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	5.63	6.87	7.50	8.27	9.02	8.31	7.40	6.97	6.67	7.38	6.57	5.51
1974	5.59	6.84	7.94	8.40	9.29	8.80	6.56	6.07	6.67	7.02	6.19	5.36
1975	5.76	6.84	7.71	8.79	8.72	8.75	6.31	6.45	6.35	7.01	6.07	5.52
1976	5.84	6.95	7.85	8.58								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Penman (EP) en mm/j avec a=0.05
St-Paul (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.7	6.9	7.7	8.5	9.0	8.6	6.8	6.5	6.6	7.1	6.3	5.5

EP (moyenne 1973-76) : 2590 mm/an

@ Lieu : **KONGOUSI**

Appareil utilisé : Bac Colorado sur sol nu

Période d'observation : 1973 (sauf Septembre) et Janvier - Juillet 1974-1976

Résultats :

Station : KONGOUSI Evaporation bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	7.3	7.3	9.2	9.6	10.8	10.0	8.4	5.7		6.4	6.6	5.9
1974	5.5	7.3	8.5	9.9	11.4	10.6	6.6					
1975	6.3	7.0	8.6	10.4	10.1	9.8	5.5					
1976	6.3	8.5	10.2	11.8								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j
Kongoussi (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.4	7.5	9.1	10.4	10.8	10.1	6.8	5.7		6.4	6.6	5.9

@ Lieu : **BAM**

Appareil utilisé : Bac Colorado sol nu

Période d'observation : Jan. 1973 - Juillet 1976

Résultats :

Station : BAM Evaporation bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	8.2	9.4	10.8	10.7	10.6	9.4	7.6	5.5	5.7	7.8	8.6	6.8
1974	7.5	9.1	10.0	10.9	11.1	10.2	6.4	5.4	5.7	6.7	7.4	7.1
1975	7.4	7.9	9.5	11.2	9.4	9.1	4.6	4.9	5.7	7.1	6.0	6.3
1976	6.6	8.3	9.6	10.7								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j
Bam (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.4	8.7	10.0	10.9	10.4	9.6	6.2	5.3	5.7	7.2	7.3	6.7

ESN (moyenne 73-76) : 2900 mm/an

* Mare d'OURSI (14°35'N , 0°35'W)

Sources : *POUYAUD, 1985 ; CHEVALIER & al, 1985 ;*

Cadre : Etude de l'évaporation des nappes d'eau libre et étude hydrologique

Climat : sahélien ; P ≈ 400 mm/an , grande irrégularité interannuelle ; Tmax ≈ 45 °C et Tmin ≈ 7,6 °C

@ Mare d'OURSI

Méthodes utilisées :

Bilan hydrologique (Elac)

Bac flottant (Eflot)

Période d'observation:

Elac : 1976 - 1983 (sauf Août)

Eflot : 1978 - 1983

Résultats :

Evaporation Elac en mm/j (Bilan hydrologique), Mare d'Oursi

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976											5.7	5.8
1977	5.2	6.4	6.5	13.3	14.8					7.4	5.0	5.2
1978	5.5	5.0	5.8	6.3	7.4	9.0	10.4			6.1	6.0	4.8
1979	5.2	6.8	7.1	12.0	14.7					5.3	6.0	5.3
1980	5.2	6.8	10.7						7.5	6.4	5.7	5.2
1981	5.5	5.7	6.2						6.7	6.5	5.7	5.5
1982	5.2	4.6	7.7	5.6			4.5			6.1	5.0	4.2
1983	6.5	6.1	4.8	8.3	11.4					6.1	5.3	5.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée par bilan hydrologique (E lac) en mm/j
Mare d'Oursi (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.5	5.9	7.0	9.1	12.1	9.0	7.5		7.1	6.3	5.6	5.2

Evaporation sur bac flottant (Eflot), moyenne annuelle en mm/j

Année	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Eflot	6.5	7.2	6.8	6.8	6.7	6.1

@ JALAFANKA

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Bac Classe A (ECLA)

Formule de PENMAN ($a = 0.05$) (EP)

Périodes d'observation :

ECOL : Sept. 1976 - Déc. 1983

ECLA : Avril 1977 - Déc. 1983

EP : Avril 1977 - Déc. 1983

Résultats :

Station : JALAFANKA Evaporation bac Colorado (Ecol) (mm/j)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976									9.6	11.1	13.7	11.7
1977	11.9	14.7	17.7	19.9	18.6	16.8	11.2	10.0	10.1	12.5	11.4	10.1
1978	10.3	11.3	12.9	14.7	15.9	13.8	10.2	8.5	8.4	10.6	10.7	9.8
1979	11.4	12.5	14.5	16.0	14.2	11.9	12.4	10.3	9.6	11.5	11.8	10.5
1980	10.9	13.1	16.0	16.0	16.9	14.3	10.9	9.4	11.5	13.6	11.9	10.5
1981	10.6	13.1	14.9	16.4	15.7	15.6	11.4	11.8	11.5	14.2	12.8	10.8
1982	11.1	14.0	16.2	15.9	16.1	19.5	14.4	10.1	14.2	14.5	15.7	15.1
1983	15.9	15.9	17.1	16.5	17.1	14.1	13.0	12.0	12.3	14.0	11.8	11.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Jalafanka (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.7	13.5	15.6	16.5	16.4	15.1	11.9	10.3	10.9	12.8	12.5	11.2

ECOL (moyenne 1976-83) : 4810 mm/an

Station : JALAFANKA Evaporation bac Classe A (ECLA) (mm/j)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977				21.4	19.5	17.2	11.5	9.5	9.5	11.9	11.9	10.9
1978	11.9	13.3	15.4	15.9	16.7	14.4	12.2	9.2	8.1	12.4	12.4	11.1
1979	14.2	17.3	18.9	20.2	16.7	12.4	12.2	10.5	9.2	12.2	14.6	13.8
1980	15.9	19.3	24.4	20.0	21.7	14.4	11.8	9.8	11.9	15.9	16.0	14.4
1981	14.5	18.3	21.4	23.1	17.7	17.0	11.4	11.4	11.3	14.4	15.9	15.9
1982	15.5	20.7	21.9	23.4	18.7	19.4	13.1	9.9	14.9	14.6	17.2	17.0
1983	18.3	19.4	19.7	21.0	23.0	17.0	14.3	12.0	13.0	16.0	14.4	14.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Jalafanka (1977-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15.1	18.1	20.3	20.7	19.1	16.0	12.4	10.3	11.1	13.9	14.6	13.9

ECLA (moyenne 1977-83) : 5630 mm/an

Station de JALAFANKA Evaporation PENMAN (en mm/j) a = 0.05

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977				8.77	9.79	9.38	7.68	6.98	7.63	8.44	7.82	6.95
1978	7.33	7.82	9.08	9.60	10.40	9.82	8.75	8.74	8.14	8.79	8.08	6.96
1979	7.23	8.34	9.22	9.83	9.27	8.83	8.61	8.39	8.01	8.18	7.75	6.97
1980	6.91	8.15	9.74	10.10	11.10	9.52	8.62	7.90	8.85	8.94	7.73	6.73
1981	7.30	8.36	8.93	9.92	10.60	10.90	9.03	8.66	8.48	8.99	8.01	6.83
1982	6.85	7.63	8.67	9.99	10.10	9.85	9.06	7.39	7.63	8.23	7.40	6.51
1983				9.86	10.60	9.44	9.03	8.44	8.87	9.14	7.82	6.70

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Penman (EP) en mm/j avec a=0.05
Jalafanka (1977-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.1	8.1	9.1	9.7	10.3	9.7	8.7	8.1	8.2	8.7	7.8	6.8

EP (moyenne 1977-83) : 3110 mm/an

La station de Jalafanka est située sur un glacis très dégagé => ECOL et ECLA très élevées.

* Lieu : BATIE (9°53'N , 2°55'W) alt.= 298 m

Sources : ANONYME, 1977 ;

Cadre : Estimation de l'évaporation de la future retenue de Noubiel

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : oct. 1975 - avril 1977

Résultats :

Evaporation bac Colorado ORSTOM, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975										4.6	5.7	5.6
1976	6.3	6.9	8.4	7.5	6.0	4.5	4.6	4.1	4.8	4.8	4.9	5.4
1977	5.6	7.1	7.8	6.9								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Batie (1975-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.0	7.1	8.1	7.2	6.0	4.5	4.6	4.1	4.8	4.7	5.3	5.5

ECOL (moyenne 1975-77) : 2070 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1660 mm/an (k= 0.80)

* Lieu : **DIEBOUGOU** (10°58'N , 3°15'W) alt.= 294 m

Sources : *ANONYME, 1977* ;

Cadre : Estimation de l'évaporation de la future retenue de Noumbiel

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : oct. 1975 - avril 1977

Résultats :

Evaporation bac Colorado ORSTOM, valeurs mensuelles en mm/j, station de Diebouougou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975										5.3	6.8	6.4
1976	6.7	8.5	9.8	8.6	7.1	4.9	4.9	4.2	3.8	4.3	5.8	7.7
1977	7.4	8.8	11.7	7.9	5.9							

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Diebouougou (1975-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.1	8.7	10.8	8.3	6.5	4.9	4.9	4.2	3.8	4.8	6.3	7.1

ECOL (moyenne 1975-77) : 2350 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1880 mm/an (k = 0.80)

* Lieu : **Région Nord-DORI** (13°45'-15°30'N , 0°30'-0°50'W)

Sources : *BRUNET-MORET, 1966* ;

Cadre : Etude hydrologique

Climat : P ≈ 550 mm/an au Sud et P ≈ 350 mm/an au Nord

Appareil utilisé : Bac Colorado dans l'enceinte du service météo.

Période d'observation : Sept. 1963 - Déc. 1965

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963									6.2	6.8	8.1	6.9
1964	7.2	9.1	9.9	10.9	10.4	8.2	7.1	5.9	6.1	7.7	7.6	6.1
1965	7.6	8.7	10.1	10.9	10.7	9.9	8.4	5.8	5.9	8.2	8.2	6.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Dori (?) (1963-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.4	8.9	10.0	10.9	10.6	9.1	7.8	5.9	6.1	7.6	8.0	6.6

Evaporation annuelle sur bac Colorado (moyenne 1963-65) : 3000 mm/an

Estimation de l'évaporation sur un réservoir de surface infinie et de profondeur de quelques mètres au moins :
2100 mm/an

* Lieu : GAOUA (10°20'N , 3°11'W) alt.= 333 m

Sources : ANONYME, 1977 ;

Cadre : Estimation de l'évaporation de la future retenue de Nombiel

Climat : tropical pur ; P = 1160 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : oct. 1975 - avril 1977

Résultats :

Evaporation bac Colorado ORSTOM, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975										5.3	6.5	6.3
1976	6.1	7.2	8.7	8.0	5.8	4.8	5.8	4.7	4.6	4.5	5.4	6.7
1977	7.2	8.5	9.8	8.2	7.2							

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Gaoua (1975-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	7.9	9.2	8.1	6.5	4.8	5.8	4.7	4.6	4.9	5.9	6.5

ECOL (moyenne 1975-77) : 2300 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1840 mm/an (k = 0.80)

* Lieu : N'DOROLA-KARAMASSASSO (11°49'N , 4°50'W) alt.= 332 m

Sources : LAMACHERE, 1984 ; CLAUDE & al., 1982 ; LE BARBE, 1978 ; ORSTOM, 1977 ; DUBOIS & SECHET, 1976 ;

Cadre : Etude hydrologique de la plaine Niéna-Dionkele

Climat : tropical pur sud soudanien ; P > 1000 mm/an ; Tmax = 42,2 °C et Tmin = 6,7 °C

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse (ECOL)

Périodes d'observation :

KARAMASSASSO : Sept.1975- Déc. 1977

N'DOROLA : Mai 1981 - Déc. 1983

Résultats :

Station de Karamassasso, évaporation bac Colorado pelouse, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975									4.3	5.4	5.7	5.4
1976	5.5	6.9	7.9	7.0	5.6	5.3	4.6	4.4	4.4	4.5	5.3	5.4
1977	5.2	7.3	8.3	7.5	7.2	7.1	5.4	4.2	4.0	5.8	6.2	5.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Station de Karamassasso (1975-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	7.1	8.1	7.3	6.4	6.2	5.0	4.3	4.2	5.2	5.7	5.6

ECOL (moyenne 1975-77) : 2140 mm/an

Station de N'dorola, évaporation sur bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1981					8.5	7.9	5.5	4.8	5.2	7.2	8.5	7.4
1982	8.5	9.8	11.7	12.2	9.6	6.9	6.4	5.1	5.3	6.8	6.6	8.3
1983	9.2	10.1	10.8	10.3	11.1	7.5	6.3	5.8	5.5	7.4	7.5	7.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Station de N'Dorola (1981-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.9	9.9	11.3	11.3	9.7	7.4	6.1	5.2	5.3	7.1	7.5	7.7

ECOL (moyenne 1981-83) : 2960 mm/an

* Lieu : bassins versants de OUAGADOUGOU (12°22'N , 1°31'W) alt.= 296 m

Sources : *PIEYNS, 1965 ; PIEYNS & KLEIN, 1964 ;*

Cadre : Etude hydrologique de bassins versants

Climat : Soudanien ; Tmax = 32,8 °C et Tmin = 24,8 °C ; P = 800 mm/an

Appareils utilisés :

3 bacs Colorado enterrés

2 bacs Flottants (LUMBILA et OUAGA)

périodes de d'observation :

Bacs enterrés et flottant : Nov. 1961- 1963

Résultats :

Cinq bacs d'évaporation ont été installés sur les bassins versants de OUAGADOUGOU. Ces bacs sont des "Colorado, type ORSTOM" de 1 m² de surface sur 60 cm de profondeur.

+ Bassin du PK 20 (LUMBILA) :

- 1 bac enterré installé le 2/11/1961 à la cote H = 3,10 m, au voisinage de la retenue : bac n°1.
- 1 bac flottant installé le 9/11/1961 sur la retenue du PK 20 : bac n°2

+ Bassin de OUAGADOUGOU I :

- 1 bac enterré installé au mois de Novembre 1961 dans la zone industrielle de Ouagadougou, à 2,7 km du déversoir, à la cote H = 2,86 m : bac n°3.
Ce bac, trop abrité mais facile à observer, permettait un contrôle qualitatif des variations des autres bacs. Il ne doit pas être considéré comme représentatif d'un microclimat sec.
- 1 bac flottant installé le 21/11/1961 sur la retenue de Ouagadougou I : bac n°4.

+ Bassin de BOULBI :

- 1 bac flottant installé le 16 Novembre 1961 sur la retenue de Boulbi.
Ce bac prenant l'eau, il a été enterré au bord de la retenue le 27/8/62 à la cote H = 2,60 m : bac n°5.

Précision des mesures :

Le fonctionnement des bacs d'évaporation n'a pas été très satisfaisant surtout en ce qui concerne les bacs flottants, insuffisamment protégés des vagues. Un bon nombre de valeurs ont été déduites par homogénéisation avec un poste voisin.

Dans le cas du bac n°4, on ne possède pas de valeurs pour la période allant de Mai à Septembre 1962, des coups de vents violents ayant fortement agité la surface de la retenue faussant ainsi les mesures.

De même, les valeurs notées à Boulbi semblent sujettes à caution, le bac n°5 ayant été déplacé en Août 1962.

Résultats des mesures : E bac, valeurs mensuelles en mm/j

+ bac n°1 :

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961											8.3	8.2
1962	7.7	9.4	9.4	9.4	7.9	6.2	5.2	3.7	3.8	5.9	6.5	7.7
1963	6.7	7.2	9.6	8.3	8.1							

+ bac n°2 :

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961											8.3	7.7
1962	7.1	9.1	9.1	8.6	7.5	6.5	5.3	3.7	4.0	5.9	6.7	7.8
1963	7.0	7.3	9.5	8.5	8.1							

+ bac n°3 :

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961											8.1	7.8
1962	8.4	8.5	9.3	9.1	8.1	6.4	4.9	3.7	3.8	5.3	6.3	7.0
1963	6.8	7.4	9.6	8.7	7.7							

+ bac n°4 :

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961											8.2	7.8
1962	7.7	8.8	9.2	8.9						5.5	6.3	7.6
1963	6.3	6.9	9.0	8.4	8.0							

+ bac n°5 :

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961											8.3	8.7
1962	8.9	10.3	11.1	10.5	9.8	8.2	5.2	3.8	4.8	6.1	6.4	7.6
1963	6.7	8.1	10.5	11.1	9.5							

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado enterrés (1,3,5)
et sur bacs flottants (2 et 4) en mm/j
Bassins versants de Ouagadougou (1961-1963)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961	7.2	8.3	9.5	8.8	8.0	6.5	5.2	3.7	3.8	5.9	6.5	8.0
1962	7.0	8.2	9.3	8.5	7.8	6.5	5.2	3.7	4.0	5.9	6.5	7.8
1963	7.5	8.0	9.5	8.9	7.9	6.5	4.9	3.7	3.8	5.3	6.5	7.5
1964	7.0	8.0	9.1	8.6	8.0					5.5	6.5	7.7
1965	7.8	9.2	10.8	10.8	9.7	8.2	5.2	3.8	4.8	6.1	6.5	7.6

Il ressort de ce tableau que les différences entre les résultats des bacs 1, 2, 3 et 4 ne sont pas significatives. Les bacs 1, 2 et 3 ne sont pas à proprement parler en microclimat sec. Le bac 1 est sous le vent de la retenue du PK 20 pendant toute la période où souffle l'harmattan, le bac 3 est trop abrité. Le bon accord entre les bacs 2 et 4 donne une certaine sûreté aux résultats.

Le seul bac dont le microclimat se rapproche d'un microclimat sec est celui de Boulbi, situé au Nord-Est de la retenue et, effectivement, il donne des valeurs nettement plus élevées pendant toute la saison sèche.

Evaporation annuelle :

On peut déduire des résultats du tableau précédent, une première estimation de l'évaporation annuelle. Pour le bac n°4, les calculs ont été effectués en comparant les 8 relevés communs aux bacs 3 et 4, et en calculant le déficit moyen du bac 4 par rapport au bac 3.

On aboutit aux résultats suivants :

Bac	1	2	3	4	5
Evaporation annuelle en mm	2445	2445	2445	2400	2737

Evaporation annuelle sur bac (moyenne 1961-63) : 2400 mm/an

La valeur différente trouvée pour BOULBI ne correspond pas à des conditions climatiques différentes, mais à une implantation différente du bac (microclimat presque sec), on prendra donc la même valeur que pour les autres réservoirs.

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau infinie : 2200 mm/an ($k=0.90$)

*Lieu : TONI (bassin versant de la plaine de KAMADENA : 12°30'- 12°40'N , 3°50'- 4°W)

Sources : LE BARBE, 1979 ; LE BARBE & al., 1980 ;

Cadre : Etude hydrologique de la plaine de Kamadena

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1978 - Nov. 1979

Résultats : (incertitude sur les résultats obtenus en saison sèche à cause des abeilles : mois de Janv. à Avril)

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1978					14.5	11.8	7.2	6.9	6.2	6.6	7.7	8.7
1979	14.8	44	17.4	15.4	8.1	5.5	6.3	5.1	5.2	5.7	7.7	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Toni (1978-1979)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
14.8	44.0	16.6	15.4	8.1	5.5	6.7	6.0	5.7	6.1	7.7	8.7

* Lieu : TAGOU (11°10'N , 0°40'E)

Bassin de la Kompienga

Sources : ANONYME, 1981 à 1984 ;

Cadre : Etude hydrologique de la Kompienga

Climat : P ≈ 1000 mm/an

Appareils utilisés :

Bac Colorado (ECOL)

Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation :

ECOL : Juin 1981 - Déc. 1984

ECLA : Sept. 1981 - Déc 1984 (sauf Janv. à Avr. 84)

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado en mm/j, Station de Tagou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1981						6.5	5.0	4.2	4.6	6.5	7.7	7.8
1982	8.1	9.2	11.2	13.4	8.3	5.5	5.5	4.6	4.5	5.7	6.5	7.1
1983	9.7	9.1	11.5	10.8	9.2	6.2	5.3	4.4	5.2	6.4	7.1	8.8
1984	11.4	13.2	17.9	0.0	7.3	7.6	6.8	6.0	5.6	6.4	7.7	7.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Tagou (1981-1984)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.7	10.7	13.5	12.1	8.3	6.5	5.6	4.8	5.0	6.2	7.3	7.8

ECOL (moyenne 1981-83) : 2790 mm/an

Evaporation sur bac Classe A en mm/j, Station de Tagou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1981									5.2	6.8	8.6	8.7
1982	9.1	10.0	11.6	11.5	8.6	6.6	6.1	4.7	4.8	5.7	6.8	7.6
1983	10.5	9.6	12.3	11.5	9.8	6.0	5.4	4.4	5.0	6.2	6.8	9.5
1984					7.1	7.5	6.4	5.6	5.6	6.0	7.5	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Tagou (1981-1984)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.8	9.8	11.9	11.5	8.5	6.7	6.0	4.9	5.1	6.2	7.4	8.4

ECLA (moyenne 1981-84) : 2930 mm/an

Estimation de l'évaporation d'une grande étendue d'eau libre : 2000 mm/an ($k=0.80$)

Relation ECOL/ECLA = 0.93

Relation entre ECLA de Tagou et ECLA de Fada N'Gourma

* Lieu : Barrage de NOUMBIEL (9°40'N , 2°55'W)

Sources : ANONYME, 1977 ;

Cadre : Evaluation des pertes par évaporation de la future retenue

Appareils utilisés : Bacs Colorado de

BATIE (9°53'N , 2°55'W) alt.= 298 m

GAOUA (10°20'N , 3°11'W) alt.= 333 m

DIEBOUGOU (10°58'N , 3°15'W) alt.= 294 m

Période d'observation : Oct. 1975 - Déc. 1977

Résultats :

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac Colorado à Nombiel (moyenne 1975-77) : 2240 mm/an

Cette valeur n'est pas directement transposable à la retenue de NOUMBIEL. Il faut lui appliquer un coefficient de réduction k , pour tenir compte du fait que les conditions d'évaporation ne sont pas identiques sur un bac et sur un lac (inertie thermique et échanges thermiques par advection très différents).

Etant donné l'assez brève durée d'observation des bacs d'évaporation intéressant la retenue de NOUMBIEL et compte tenu que le climat de celle-ci est nettement moins aride que celui des lacs Tchad et de Bam (Burkina Faso), il paraît raisonnable d'admettre pour cette retenue un coefficient de réduction voisin de 0.80 avec une marge d'imprécision d'environ 0.05.

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 1800 mm/an

Tableau : Estimation mensuelle de l'évaporation sur bac Colorado (Ebac) et sur lac (Elac) à Noumbiel en mm/j

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ebac	6.6	8.0	9.4	7.9	6.4	4.7	5.1	4.3	4.4	4.8	5.9	6.4
k	0.75	0.70	0.70	0.75	0.80	0.95	0.90	0.95	0.95	0.90	0.80	0.75
Elac	4.9	5.6	6.5	5.9	5.1	4.5	4.6	4.1	4.2	4.3	4.7	4.8

* Lieu : **Retenue de SAMBISSOGO**
(Région de KOUDOUGOU : 12°15'N , 2°22'W)

Sources : ROCHE, 1965 ;

Cadre : Note hydrologique sur le barrage de Sambissogo

Climat : P = 897 mm/an ;

Appareils utilisés : Bacs de OUAGADOUGOU

Période d'observation : Nov. 1961 - Déc. 1963

Résultats :

L'évaporation sur bacs a été étudiée par l'ORSTOM dans la région de Ouagadougou présentant une analogie climatique très marquée avec celle de Koudougou. 5 bacs ont été exploités et les résultats ont été présentés précédemment.

On a adopté en principe les moyennes mensuelles de ces 5 bacs, mais le fait qu'un de ces bacs conduit à des résultats beaucoup plus forts que les autres incite à la prudence.

D'autre part, ces bacs étaient placés généralement au voisinage de retenues, ce qui fait penser que le coefficient de passage du bac à la retenue doit être assez élevé. On a adopté finalement un coefficient variant de 0.90 pour la retenue pleine, jusqu'à 1 pour la retenue presque vide à fin Juin : en effet, c'est après une année sèche, lorsque la retenue se vide presque complètement, que l'évaporation est la plus dangereuse.

Estimation de l'évaporation du barrage : 2350 mm/an

Tableau : Répartition mensuelle de l'évaporation sur le barrage de Sambissogo en mm/j

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.6	7.8	8.9	8.9	7.6	6.8	4.8	3.7	4.5	5.3	6.0	6.8

* Lieu : Région de TIKARE (13°13'N , 1°35'-1°43'W)

Sources : OBERLIN, 1965 ; OBERLIN & al., 1966 ;

Cadre : Etude hydrologique en vue d'aménagements hydroagricoles

Climat : Variante Nord du climat tropical ; Tmax = 36,2 °c et Tmin = 21 °C ; P = 725 à 825 mm/an

Appareils utilisés : Bacs de OUAGADOUGOU

Période d'observation : Nov. 1961 - Déc. 1963

Résultats :

Estimation de l'évaporation d'un petit réservoir autour de TIKARE : 2300 mm/an

Tableau : Répartition mensuelle de l'évaporation sur petite retenue vers Tikaré en mm/j (d'après les mesures faites sur la retenue de Lumbila)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.6	7.7	8.7	8.0	7.3	6.1	4.9	3.5	3.8	5.5	6.1	7.5

ANNEXE III.3

CAMEROUN

BABANKI

BANBALANG

BAMENDJING

BANOK

BOGO

Futur barrage réservoir de GOLOZA

Retenue de LAGDO

MAROUA-SALAK

Barrage de MBAKAOU

MOKOLO

RISSO

SANGUERE

TOUBORO

YAOUNDE

Futur barrage de CHIDIFI

Barrage de MOKOLO

Projet de barrage de NJOCK

Bassin de la TSANAGA

Projet de barrage de WARAK

* Lieu : **BABANKI** (5°58'N , 10°20'E) alt.= 1220 m

Sources : *NOUVELOT & al., 1971* ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin supérieur du Noun

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Juin 1968 - Déc. 1970

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Babanki

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968						3.4	2.9	3.1	3.5	4.1	3.3	3.8
1969	4.3	5.7	4.0	4.8	4.2	4.3	3.3	3.1	3.2	3.8	3.6	3.7
1970	4.2	5.9	5.1	3.9	4.6	4.2	3.1	2.8	2.9	3.2	3.4	3.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Babanki (1968-1970)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.3	5.8	4.6	4.4	4.4	4.0	3.1	3.0	3.2	3.7	3.4	3.7

ECOL (moyenne 1968-70) : 1440 mm/an

Les observations effectuées à Babanki peuvent vraisemblablement être extrapolées sur la zone de piedmont et de vallée de la partie Ouest à NDOP.

* Lieu : **BAMBALANG** (5°54'N , 10°33'E) alt.= 1180 m

Sources : *NOUVELOT & al., 1971* ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin supérieur du Noun

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1968 - Mars 1971

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Bambalang

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968					4.9	4.0	3.4	3.1	3.7	4.6	4.4	5.3
1969	5.5	6.7	5.3	5.0	4.4	5.2	3.4	3.3	3.2	4.3	4.8	5.4
1970	5.6	7.6	7.0	4.7	5.1	4.6	3.1	2.9	3.1	3.7	5.2	6.1
1971	5.7	7.1										

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Bambalang (1968-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	7.1	6.2	4.9	4.8	4.6	3.3	3.1	3.3	4.2	4.8	5.6

ECOL (moyenne 1968-71) : 1740 mm/an

* Lieu : **BAMENDJING** (5°42'N , 10°30'E)
(situé à 1 km des chutes du NOUN)

Sources : *NOUVELOT & al., 1971* ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin supérieur du Noun

Appareil utilisé : Bac Flottant (EFLOT)

Période d'observation : Mai 1969 - Juil. 1971

Résultats :

Evaporation bac flottant, valeurs mensuelles en mm/j, Bamendjing

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1969					3.4	2.7	3.1	2.9	2.5	2.2	3.1	3.0
1970	3.1	4.4	4.7	3.5	3.2	2.5	2.2	2.0	2.3	1.8	3.0	3.0
1971	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0	3.4	2.3					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Flottant (EFLOT) en mm/j
Bamendjing (1969-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.2	4.2	4.4	3.8	3.5	2.9	2.5	2.5	2.4	2.0	3.1	3.0

EFLOT (moyenne 1969-71) : 1130 mm/an

Estimation du rapport EFLOT/ECOL (= 0.70)

* Lieu : **BANOK** (5°29'N , 10°17'E) alt.= 1385 m
Plateau Bamiléké

Sources : *OLIVRY, 1973* ; *NOUVELOT & al., 1971* ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin supérieur du Noun et en pays Bamiléké

Climat : tropical de transition ; P = 1810 mm/an à 1940 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Avril 1969 - Mars 1972

Résultats :

Evaporation bac Colorado (en mm/j), Station de Banok

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1969				3.8	3.8	3.1	3.0	3.0	3.4	4.2	4.1	4.2
1970	4.0	4.6	4.0	4.0	3.9	4.2	3.4	3.6	3.5	3.6	3.8	4.1
1971	3.8	4.3	3.7	4.4	4.4	3.6	3.4	2.9	3.8	4.2	4.2	4.0
1972	3.5	4.7	4.1									

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Banok (1969-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.8	4.5	3.9	4.1	4.0	3.6	3.3	3.2	3.6	4.0	4.0	4.1

ECOL (moyenne 1969-72) : 1400 mm/an

* Lieu : **BOGO** (10°44'N , 14°36'E) alt.= 340 m

Sources : *Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°9, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;*

Cadre : *Monographies hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1953-1956

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Bogo (1953-1956)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.3	8.7	10.2	10.6	9.8	6.8	4.3	3.9	4.8	6.1	7.9	8.8

ECOL (moyenne 1953-56) : 2740 mm/an

* Lieu : **Projet du barrage reservoir de GOLOZA**

Bassin du Mayo Oulo : 10°10' - 10°13'N , 13°25' - 13°35'E

Sources : *NAAH & NTONGA, 1982 ;*

Cadre : *Etude hydrologique du Mayo Oulo à Goloza*

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1981 - Nov. 1981

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Goloza (1981)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				6.2	5.8	4.3	4.5	4.7	4.8	6.0	

ECOL (Mai-Nov.1981) = 1110 mm

Estimation de l'évaporation sur la retenue de Mai à Novembre 1981 : 940 mm (k=0.85)

* Lieu : Retenue de LAGDO (9°04'N , 13°44'E) alt.= 200 m
Sur la Bénoué

Sources : ANONYME, 1972 et 1988 ;

Cadre : Evaluation de l'évaporation sur la retenue de Lagdo / aménagement de la Bénoué

Méthodes utilisées :

Bac Colorado de BEBEDJIA (8°40'N , 16°33'E)(ECOL)

Bac Classe A de LAGDO (ECLA)

Formule de TURC (ETPT)

Périodes d'observation :

ECOL : 1966 - 1970

ECLA : Janv. 1986 - Juin 1988

Résultats :

Evaporation ECOL mesurée à Bébédjia (moyenne 1966-70) : 2000 mm/an (k=0.90)

Evaporation bac Classe A, valeurs mensuelles en mm/j, Lagdo

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1986	5.8	8.4	10.0	9.8	7.3	5.1	2.8	2.8	2.6	4.8	5.6	5.6
1987	6.2	7.4	8.7	10.0	8.5	4.8	4.1	2.7	3.4	5.2	5.9	5.4
1988	5.6	8.4	9.6	9.8	6.3	4.0						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Lagdo (1986-1988)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.9	8.1	9.4	10.0	7.3	4.7	3.4	2.8	3.0	5.0	5.8	5.5

ECLA (moyenne 1986-88) : 2150 mm/an (k=0.84)

ETPT (Lemoine&Prat) : 1850 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 1800 mm/an

Tableau : Répartition mensuelle de l'évaporation sur la retenue de Lagdo en mm/j

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.9	6.7	7.9	8.3	6.2	3.9	2.9	2.3	2.5	4.2	4.8	4.6

* Lieu : **MAROUA SALAK** (10°27'N , 14°15'E) alt.= 423 m

Sources : *Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°9, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;*

Cadre : *Monographies hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun*

Climat : P = 850 mm/an

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Formule de PENMAN (ETP)

Période d'observation :

ECOL : 1954-1956

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Maroua (1954-1956)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.5	9.0	10.2	11.7	9.2	6.5	5.2	4.0	4.4	6.0	8.3	8.2

ECOL (moyenne 1954-56) : 2740 mm/an

ETP, moyenne : 1830 mm/an

* Lieu : **Barrage de MBAKAOU** (6°20'N , 12°49'E) alt.= 820 m

Sources : *SECHET, 1972 ; ORSTOM, 1970 ; ANONYME, 1988 ;*

Cadre : *Etudes climatologiques et hydrologiques de la retenue de M'bakaou*

Climat : Climat tropical de transition

Appareils utilisés :

Bacs Colorado (ECOL)

Bac flottant (EFLOT)

Périodes d'observation :

ECOL : Jan. 1968 - Août 1969 et Juil.1984 - Avril 1988 (nombreuses lacunes)

EFLOT. : saison sèche 1972

Résultats :

Evaporation bac ORSTOM, valeurs mensuelles en mm/j, M'bakaou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968	4.3	5.9	4.9	4.3	5.1	4.4	4.9	3.7	3.4	4.3	4.7	4.4
1969	4.9	5.8	5.5	5.0	4.9	4.1	4.8	3.9				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j M'bakaou (1968-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.6	5.8	5.2	4.7	5.0	4.2	4.8	3.8	3.4	4.3	4.7	4.4

ECOL (moyenne 1968-69) : 1670 mm/an

Evaporation sur bac Colorado en mm/j, M'bakaou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984							3.5	3.9	3.6	4.0	3.6	4.1
1985	4.5	5.7	5.3	4.3	4.1	3.5	3.5	3.6	4.0	3.4	4.5	3.1
1986	4.5		4.9	4.7	4.3		3.4		4.0			4.5
1987		5.4	5.8	5.6		3.8		3.5	3.7	4.2	4.3	3.7
1988	4.5	6.0	6.0	5.3								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j M'bakaou (1984-1988)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.7	3.4	3.7	3.8	3.8	4.1	3.8

ECOL (moyenne 1984-88) : 1560 mm/an (1630 mm/an pour 1985)

Evaporation bac Flottant sur la retenue en mm/j, saison sèche 1972, M'bakaou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971												5.1
1972	4.6	5.6	4.8	4.3	4.1							

Tableau : Moyennes mensuelles de l'évaporation sur bac Flottant (EFLOT) en mm/j
M'bakaou (1971-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.6	5.6	4.8	4.3	4.1							5.1

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 1450 mm/an ($k=0.85$)

Relation ECOL et EFLOT.

* Lieu : **MOKOLO** (10°44'N , 13°47'E)

Sources : Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°6, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;

Cadre : Monographies hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun

Climat : tropical pur ; P = 970 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1954-1957

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Mokolo (1954-1957)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.1	11.3	11.1	11.5	7.9	5.2	4.1	3.6	4.8	6.4	8.3	8.0

ECOL (moyenne 1954-57) : 2800 mm/an

* Lieu : **RISSO** (7°52'N , 14°40'E) alt. = 590 m

Sources : ANONYME, 1988 ;

Appareil utilisé : bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : 1967 - 1970

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Risso (1967-1970)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	7.5	7.5	6.8	4.7	3.6	3.0	2.6	2.5	3.1	4.5	4.8

ECOL (moyenne 1967-70) : 1970 mm/an

* Lieu : SANGUERE (9°15'N , 13°23'E)
(bassin de SANGUERE, près de GAROUA)

Sources : CASENAVE, 1978 ;

Cadre : Etude hydrologique des bassins de Sanguere

Climat : P = 1000 mm/an ; Tmax = 34,3 °C et Tmin = 22,5 °C

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1972 - 1975

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeur moyenne mensuelle en mm/j, Sanguere

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	9.6	14.1	17.4	17.2	8.8	7.0	5.2	4.6	5.7	6.2	8.6	8.5
1973	11.1	12.7	14.8	14.2	9.8	6.7	5.4	4.3	4.9	6.4	8.4	8.5
1974	8.3	11.1	15.4	13.0	7.5	7.1	4.7	5.0	4.8	5.4	6.8	7.4
1975	8.3	11.5					5.3	5.4	4.9	6.0	6.9	7.8

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Sanguere (1972-1974)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.3	12.4	15.9	14.8	8.7	6.9	5.2	4.8	5.1	6.0	7.7	8.1

ECOL (moyenne 1972-75) : 3180 mm/an

Si l'on compare les valeurs de l'évaporation à SANGUERE avec celles mesurées par l'ORSTOM dans d'autres stations du Nord Cameroun, on constate que les valeurs observées à SANGUERE sont très fortes. Cela provient sans doute de la position du bac d'évaporation, situé au sommet d'une colline où la ventilation, entre autres, est nettement supérieure à celle qui règne sur l'ensemble du bassin. Ces valeurs correspondent à un microclimat particulier et ne sont malheureusement pas représentatives de l'évaporation sur l'ensemble du bassin, qui serait d'après les observations faites dans la région de l'ordre de 2800 mm/an (Bogo, Maroua, Godola, Mokolo).

* Lieu : TOUBORO (7°46'N , 15°22'E) alt.= 500 m

Sources : Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°6, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;

Cadre : Monographies hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1963-1964

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Touboro (1963-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	7.0	8.5	6.7	5.5	4.3	3.6	3.4	3.6	3.6	4.9	5.1

ECOL (moyenne 1963-64) : 1880 mm/an

* Lieu : YAOUNDE (3°50'N , 11°31'E) alt= 760 m

Sources : Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°9, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;

Cadre : Monographies hydrologiques des fleuves du Cameroun

Appareil utilisé : Bac Colorado (ECOL)

Période d'observation : 1954-1959

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Yaounde (1954 -1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.7	2.9	2.7	2.8	3.0	2.1	2.1	1.9	1.6	2.3	2.5	2.+7

ECOL (moyenne 1954-59) : 890 mm/an

* Lieu : **Projet de barrage de CHIDIFI**
Sur le Mayo Oulo

Sources : ANONYME, 198? ;

Cadre : Etude hydrologique du projet de barrage de Chidifi

Appareils utilisés : bacs Colorado de
BOGO, MAROUA, GODOLA, MOKOLO
GOLOZA

Périodes d'observation :

BOGO, MAROUA, GODOLA, MOKOLO : 1953-1957

GOLOZA : Mai-Nov. 1981

Résultats :

Tableau : Estimations mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (Ebac) et sur lac (Elac) en mm/j , avec $Elac = k * Ebac$
Chidifi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ebac	8.4	8.2	10.3	11.7	8.5	6.0	4.5	3.9	4.7	6.0	7.7	8.2
k	0.75	0.75	0.75	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85	0.8	0.75	0.75
Elac	6.3	7.1	7.7	8.8	6.8	5.2	3.9	3.2	4.0	4.8	5.7	6.1

Estimation de ECOL annuelle à Chidifi : 2710 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue de Chidifi : 2115 mm/an ($k=0.78$)

* Lieu : **Projet de barrage de MOKOLO** (10°47'N , 13°47'E)
Sur la Tsanaga

Sources : ANONYME, 1975 ;

Cadre : Avant projet du barrage de Mokolo, partie hydrologique

Appareils utilisés : bacs Colorado de
MOKOLO
GODOLA

Période d'observation : 1954 - 1957

Résultats :

Estimation de l'évaporation sur bac Colorado sur le site de la future retenue : 2750 mm/an

Estimation de l'évaporation de la future retenue : 2050 mm/an ($k=0.75$)

* Lieu : **Projet de retenue de NJOCK**
près d'ESEKA : 3°38'N , 10°44'E)

Sources : ANONYME, 1974 ;

Cadre : Aménagement hydroélectrique de Njock

Appareil utilisé : bac Classe A de YAOUNDE

Période d'obsevation : ?

Résultats :

Evaporation annuelle du bac Classe A de Yaounde : 1205 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la future retenue de Njock : 1000 mm/an ($k'=0.80$)

* Lieu : **Bassin de la TSANAGA** (10°30'- 10°53'N , 13°42'- 14°36'E)

Sources : *NOUVELOT, 1972;*

Cadre : Monographie de la Tsanaga

Appareils utilisés : Bacs Colorado de

BOGO (10°44'N , 14°36'E) alt.= 340 m

MAROUA (10°27'N , 14°15'E) alt.= 423 m

GODOLA

MOKOLO (10°44'N , 13°47'E)

Périodes d'observation :

BOGO : 1953-1956

MAROUA : 1954-1956

GODOLA : 1954-1956

MOKOLO : 1954-1957

Résultats :

Tableau : Estimation mensuelle de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Bassin de la Tsanaga

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.5	8.9	10.5	11.3	9.5	6.2	4.5	3.8	4.6	6.2	8.1	8.2

ECOL moyen sur le bassin : 2750 mm/an

Estimation de l'évaporation annuelle sur grande nappe d'eau : 2000 mm/an (k=0.73)

* Lieu : **Projet de retenue de WARAK** (7°30'N , 13°51'E) alt = 1020 m
Sur la Bini (Vina du Nord)

Sources : *ANONYME, 1988 ;*

Cadre : Etude hydrologique de l'aménagement hydroélectrique de la Bini à Warak

Méthodes utilisées :

bac Colorado de TOUBORO (ECOL)

bac Classe A de N'GAOUNDERE (ECLA)

Formule de TURC (ETPT)

Périodes d'observation :

ECOL : 1963 - 1964

ECLA : 1968 - 1973

Résultats :

ECOL de Touboro, moyenne 63-64 : 1880 mm/an (k= 0.82)

ECLA de N'gaoundere, moyenne 68-73 : 1980 mm/an (k'= 0.78)

ETPT (Lemoine & Prat) : 1550 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la future retenue de Warak : 1550 mm/an

Tableau : Répartition mensuelle de l'évaporation sur la future retenue de Warak en mm/j

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.2	6.2	5.6	4.5	3.8	3.6	2.9	3.0	3.1	3.6	4.3	5.1

ANNEXE III.4

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

BANGUI

BAKOUMA

NANA

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

* Lieu : **BANGUI** (4°22'N , 18°34'E) alt.= 386 m

Sources : *RIOU, 1975 ; CALLEDE, 1969 ; FRANQUIN & al., 1988 ;*

Cadre : Etude de l'évaporation à la station bioclimatologique de Bangui

Climat : Equatorial ; P = 1550 mm/an ; Tmax = 33,9 °C et Tmin = 19,4 °C ;

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Bac classe A (ECLA)

Formule de PENMAN (EP) (a= 0.05)

Périodes d'observation :

ECOL : 1963 - 1971

ECLA : 1966 - 1968

Résultats:

Evaporation bac Colorado en mm/j, Station de Bangui

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1954							2.4	3.0	4.0	3.5	3.4	3.7
1963	3.6	4.1	4.2	4.4	3.8	3.8	3.0	3.7	3.1	3.0	3.1	3.0
1964	3.2	4.9	5.1	4.6	3.9	3.8	2.9	3.8	3.4			
1965	3.0	4.3	4.6	4.5	3.7							
1966	3.5	4.9	4.7	4.3	4.1	3.7	3.4	3.5	4.1	3.8	3.5	3.4
1967	3.7	4.3	5.3	6.0	5.1	3.4	3.3	3.6	3.7	4.1	4.4	3.7
1968	4.1	4.5	4.8	4.7	4.8	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5	3.2
1969	3.3	3.8	3.8	4.2	3.7	3.3	2.9	3.2	3.4	3.4	3.2	3.0
1970	3.2	4.2	4.5	4.5	3.8	3.6	2.9	3.1	3.4	3.5	3.8	3.7
1971	3.5	4.3	4.5	4.5	4.4	3.5	3.0	3.7	3.6	3.5	3.7	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Bangui (1963-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.5	4.4	4.6	4.6	4.2	3.6	3.1	3.5	3.5	3.5	3.6	3.3

ECOL (moyenne 1963-71) : 1380 mm/an

Evaporation bac Classe A en mm/j, Station de Bangui

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1966	3.90	5.36	5.71	5.27	4.71	4.40	3.71	3.71	4.60	4.23	4.03	3.55
1967	4.23	4.93	5.77	6.03	4.87	3.30	3.19	3.61	3.87	4.19	4.50	3.94
1968	4.03	4.86	5.45	5.20	4.97	3.90	3.94	3.87	3.87	3.77	3.87	3.42

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

**Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bangui (1966-1968)**

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.1	5.0	5.6	5.5	4.8	3.9	3.6	3.7	4.1	4.1	4.1	3.6

ECLA (moyenne 1966-68) : 1590 mm/an

**Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée selon Penman (a=0.05) (EP) en mm/j
Bangui**

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.5	4.8	5.2	5.2	4.8	4.1	3.5	3.9	4.4	4.3	4.2	3.7

EP: 1570 mm/an

Relation entre ECOL et ECLA : $ECLA = 1.11 * ECOL$ avec $r = 0.92$

* Lieu : **BAKOUMA** (5°42'N , 22°47'E) alt. = 536 m
Bassin du M'patou

Sources : *PIEYNS, 1976* ;

Cadre: Etude hydrologique du M'patou à Bakouma

Climat : Tropical humide à tendance équatorial

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : (1974-1975)

Résultats :

**Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Bakouma (1974-1975)**

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.4	5.2	5.6	5.1	4.2	4.2	3.0	2.7	2.7	3.2	4.2	4.4

ECOL (moyenne 1974-75) : 1480 mm/an

* Lieu : NANA (6°55'N , 15°24'E) alt.= 1134 m

Sources : CALLEDE, 1974 ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin versant de Sarki

Climat : Tropical de transition ; P ≈ 1430 mm/an ; Tmax = 31,9 °C et Tmin = 9 °C

Appareils utilisés :

- Bac Colorado sur pelouse (EPEL)
- Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation :

- EPEL : Juil. 1968 - Déc. 1972
- ECLA : Sept. 1968 - Oct. 1969

Résultats :

Evaporation bac Colorado Pelouse en mm/j, Nana

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968							3.8	3.3	3.5	4.9	5.5	6.2
1969	6.5	7.6	5.3	5.9	5.2	4.7	2.8	2.9	3.6	4.2	5.4	6.0
1970	6.0	7.6	5.9	6.0	5.8	4.9	3.5	2.6	3.0	3.8	5.4	5.8
1971	6.2	6.5	6.7	5.9	6.3	4.3	3.2	3.0	3.2	3.7	5.1	5.1
1972	5.5	7.0	6.7	5.6	5.2	4.3	3.8	3.5	3.9	4.3	4.8	5.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado pelouse (EPEL) en mm/j Nana (1968-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.0	7.2	6.2	5.8	5.6	4.5	3.4	3.1	3.5	4.2	5.2	5.7

EPEL (moyenne 1968-72) : 1830 mm/an

Evaporation bac classe A (ECLA) en mm/j, Nana

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968									4.2	6.0	6.3	6.9
1969	6.6	8.3	6.3	6.2	6.1	5.1	3.1	3.5	4.5	5.4		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j Nana (1968-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.6	8.3	6.3	6.2	6.1	5.1	3.1	3.5	4.4	5.7	6.3	6.9

ECLA (moyenne 1968-69) : 2070 mm/an

Relation entre EPEL et ECLA : ECLA = 1.14 * EPEL avec r= 0.95

ANNEXE III.5

CONGO

BRAZZAVILLE

KOUTINA NZAMBI

MAKABANA

MPASSA

SOUNDA

Retenue de KOULOU

* Lieu : **BRAZZAVILLE** (4°15'S , 15°14'E) alt.= 314 m

Sources : *RIOU, 1975 ; ROCHE, 1963 ; LERIQUE, 1965 ;*

Cadre : Etude de l'évaporation

Climat : P = 1370 mm/an ; Tmax = 31,5 °C et Tmin = 16,7 °C

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Formule de PENMAN (EP) (a= 0.05)

Périodes d'observation :

ECOL : 1968-1971

Résultats:

Evaporation bac colorado en mm/j, Station de Brazzaville

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968				3.8	2.8	2.4	2.3	2.9	3.4	3.3	3.1	3.2
1969	3.1	3.9	4.1	3.7	3.0	2.4	2.0	2.8	3.6	3.4	3.6	3.0
1970	3.4	3.7	4.0	3.8	2.9	2.2	2.3	3.4	3.6	3.1	2.6	2.5
1971	3.0	3.5	3.8	3.4	3.2	2.5	2.3	3.1	3.6			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Brazzaville (1968-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.2	3.7	4.0	3.7	3.0	2.4	2.2	3.1	3.6	3.3	3.1	2.9

ECOL (moyenne 1968-71) : 1150 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée selon Penman (a= 0.05) (EP) en mm/j Brazzaville

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.9	4.7	5.1	4.8	3.8	2.7	2.4	3.3	4.1	4.1	4.1	3.7

EP : 1420 mm/an

* Lieu : **KOUTINA N'ZAMBI** (3°55'S , 12°50'E)
 Plaine de Dihesse

Sources : *POUYAUD & al., 1971 ; CADIER & al., 1972 ;*
 Cadre : Etude hydrologique de la plaine de Dihesse

Appareil utilisé : Bac Colorado (quasiment sur sol nu)
 Période d'observation : Juin 1970- Avril 1972

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Koutina n'zambi

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970						2.5	2.8	3.1	3.3	3.3	4.2	3.1
1971	3.5	4.4	5.9	4.2	4.1	3.1	2.5	3.2	3.7	4.2	4.3	3.5
1972	3.6	5.5	4.8	2.1								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Koutina n'zambi (1970-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.6	5.0	5.3	3.1	4.1	2.8	2.6	3.1	3.5	3.7	4.2	3.3

ECOL (moyenne 1970-72) : 1350 mm/an

* Lieu : **MAKABANA** (3°29'S , 12°37'E) alt.= 160 m

Sources : *ROCHE, 1963 ; LERIQUE, 1965 ;*
 Cadre : Etude hydrologique de bassin versant

Appareil utilisé : Bac Colorado
 Période d'observation : 1958-1959

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Makabana (1958-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.4	2.5	3.8	4.0	3.6	3.2	3.2	3.4	3.7	4.3	3.4	3.2

ECOL (moyenne 1958-59) : 1270 mm/an

* Lieu : **MPASSA** (4°16'S , 14°20'E) (ouest de Mindouli)
Bassin de la COMBA

Sources : *MOLINIER, 1981* ;

Cadre : Etude hydrologique des bassins de la Comba

Climat : Equatorial de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Avril 1973- Déc. 1976

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Mpassa

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973				2.9	2.4	2.5	2.5	3.1	4.0	3.4	2.5	2.6
1974	2.9	3.2	2.9	2.8	3.2	2.8	3.1	3.4	4.0	3.7	2.6	2.3
1975	2.8	3.5	3.5	3.2	3.0	2.7	2.6	3.6	4.5	3.1	2.4	3.3
1976	2.8	3.2	3.2	3.2	3.1	3.0	3.3	2.9	3.9	3.7	2.6	2.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Mpassa (1973-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.8	3.3	3.2	3.0	2.9	2.7	2.9	3.2	4.1	3.5	2.5	2.7

ECOL (moyenne 1973-76) : 1120 mm/an

* Lieu : **SOUNDA** (3°46'S , 11°58'E)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Etude de l'aménagement du Kouilou

Climat : Equatorial sud

Appareil utilisé : bac Colorado

Période d'observation : 1956 - 1959

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Sounda (1956-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.0	3.1	3.3	2.7	2.1	2.3	2.4	2.2	2.1	2.5	2.3	2.6

ECOL (moyenne 1956-59) : 960 mm/an

* Lieu : **Projet de retenue de KOUILOU** (4°05'S , 12°15'E)

Sources : ANONYME, 1957 ; ANONYME, 1958 ;

Cadre : Estimation des pertes par évaporation de la future retenue du Kouilou

Appareil utilisé : Bac Colorado de SOUNDA

Période d'observation : 1956-1957

Résultats :

Evaporation annuelle du bac Colorado de Sounda : 960 mm/an

Mais le bac de Sounda est placé dans des conditions micro-climatiques différentes de celles de l'ensemble de la retenue. Il est, en effet, situé au fond de la vallée du Kouilou, à proximité de la forêt équatoriale, alors que le bac de retenue doit, au contraire, recouvrir une région de savane à altitude plus élevée et bien dégagée.

Il semble, à priori, que le seul facteur climatique qui puisse être influencé de façon sensible par cette différence de situation, soit le vent. D'après certaines formules théoriques récentes, l'intensité de l'évaporation croîtrait comme la puissance 0.8 du vent. On peut donner une évaluation grossière de l'augmentation de l'évaporation sur la retenue par rapport aux mesures effectuées à Sounda, en considérant les vitesses moyennes du vent, d'une part, à Mouyondzi, station située à 500 m d'altitude et relativement exposée au vent et, d'autre part, à Dolisie, station plus abritée. Le calcul conduit à un coefficient de 1.15 que nous adopterons, faute de données plus précises.

Les relevés du bac de Sounda ne portent que sur deux années d'observation (1956 et 1957) et sont donc insuffisants pour mettre en évidence l'irrégularité interannuelle de l'évaporation. Sur une série de 24 années d'observation (4 années pour 6 stations différentes), on constate que le plus fort coefficient d'irrégularité (rapport de l'évaporation annuelle maximum à l'évaporation moyenne / Piche) est de 1.30 pour la station de Pointe Noire. On adoptera provisoirement cette valeur pour déterminer la hauteur évaporée à Sounda en année particulièrement sèche.

Estimation de l'évaporation annuelle sur la future retenue : 1450 mm/an (960 * 1.15 * 1.30)

ANNEXE III.6

COTE D'IVOIRE

ADIOPODOUME

AYAME

BAMBOUS

BOROTOU KORO

BOORO BOROTOU

BOUNA

BOUNDIALI

FERKESSEDOUGOU

GUESSIGUE

IFOU

KORHOGO

KOTOBİ

MAN

SAKASSOU

TIASSALE

Retenue de BUYO

Projet de retenue de BADALA

Retenue de KOSSOU

NAMBONKAHA

* Lieu : **ADIOPODOUME** (5°19'N , 4°08'W) alt.= 25 m

Sources : *MONTENY, 1985* ;

Cadre : Données climatologiques recueillies à la station ORSTOM d'Adiopodoumé

Appareil utilisé : Bac classe A

Périodes d'observation : Juil.1971- Déc.1984

Résultats :

Evaporation bac classe A, valeurs moyennes en mm/j, Adiopodoume

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971							3.1	2.7	3.4	4.4	4.0	3.2
1972	3.6	4.3	4.2	4.0	3.2	2.8	2.1	2.3	2.9	4.0	3.3	2.7
1973	3.3	4.4	4.3	4.6	4.0	3.1	3.1	2.5	2.6	4.0	4.9	3.1
1974	3.0	3.8	4.5	5.0	4.4	1.7	2.4	3.5	3.0	3.8	3.4	3.1
1975	3.3	3.8	4.2	4.1	3.4	2.7	2.7	2.3	3.0	3.8	4.1	3.4
1976	3.5	3.9	4.2	3.9	3.5		2.3	2.5	3.3	3.0	4.0	3.4
1977	4.0	4.0	4.4	4.7	3.9	2.4	2.5			3.7	4.0	3.0
1978	3.2	3.8	4.5	3.9	3.4	2.6	2.8	2.9	3.4	3.3	3.9	3.2
1979	3.3	4.7	4.8	4.0	3.3	1.9	2.8	2.5	3.0	3.3	3.4	
1980	3.2	4.0	4.8	5.1	2.6		2.6	2.6	3.2	3.4	3.6	3.5
1981	3.3	3.4	4.5	4.8	3.7		2.3	2.7	3.1	4.1	3.6	2.8
1982	3.7	4.4	4.6	4.5	3.8		2.5	2.1	3.4	3.4	3.8	3.3
1983	4.2	4.7	5.2	4.7	2.8	1.6	3.0	2.5	3.1	4.3	3.5	3.1
1984	3.4	4.6	4.9	4.3	2.8	2.1	2.8	3.5	3.9	4.1	4.1	3.5

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Adiopodoumé (1971-1984)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.5	4.1	4.5	4.4	3.4	2.3	2.6	2.7	3.2	3.8	3.8	3.2

ECLA (moyenne 1971-84) : 1260 mm/an

* Lieu : **Retenue d'AYAME** (5°36'N , 3°10'W)

Sources : *SIRCOULON, 1966* ; *LIGOUZAT & al., 1964* ; *DUBREUIL, 1960* ; *GIRARD, 1961* ; *GIRARD, 1963* ;

Cadre : Etude hydrologique de bassin versant

Climat : P = 1600 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado Flottant

Période d'observation : Mars 1962- Déc.1965

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado flottant, moyennes mensuelles en mm/j, Ayame

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962			3.6	3.9	4.2	4.5	2.9	3.4	3.2	3.4		3.1
1963		3.4	4.6	4.4	4.5	2.6	2.3	2.7	3.5	3.3	3.8	
1964	3.2	4.5	4.6	4.4	3.8	3.5	3.6	3.1	2.9	3.0	2.9	3.3
1965	3.3	3.3	3.5	3.3	3.2	3.0	2.7	2.7	2.5	2.9	3.2	3.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado Flottant (EFLOT) en mm/j Ayame (1962-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.3	3.7	4.1	4.0	3.9	3.4	2.9	3.0	3.0	3.2	3.3	3.2

EFLOT (moyenne 1962-65) : 1240 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1100 mm/an

* Lieu : LES BAMBOUS (5°26'N , 4°17'W)
Zone de marais

Sources : SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; DUBREUIL, 1960 ; GIRARD, 1961 ; GIRARD, 1963 ;

Cadre : Etude du bassin versant de la rivière Agneby

Climat : P ≈ 2000 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Mars 1959- Déc.1963

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Bambous

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959			4.4	4.1	2.1	1.3	1.1	2.2	1.5	2.6	2.3	3.0
1960	3.1	3.3	3.6	3.6	2.9	2.8	3.3	2.8	2.7	2.9	2.9	2.7
1961	2.6	3.0	3.7	3.4	3.3	2.1	2.0	2.5	2.3	2.7	2.7	
1962	3.3	3.6	3.8	3.9	3.0	2.4	2.4	2.7	3.0	3.3	2.6	3.5
1963	3.1	3.6	3.2	3.4	3.4	2.9	2.7	2.6	2.8	3.6	3.6	3.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Bambous (1959-1963)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.0	3.4	3.7	3.7	2.9	2.3	2.3	2.6	2.5	3.0	2.8	3.1

ECOL (moyenne 1959-63) : 1070 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1000 mm/an

* Lieu : **BOROTOU KORO** (8°50'N , 7°30'W) (Complexe sucrier)

Sources : *AUCKENTHALER, 1984* ;

Cadre : Note technique sur l'évaporation du bac Classe A sur le complexe sucrier de Borotou Koro

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976- 1982

Résultats :

Evaporation sur bac Classe A, valeurs annuelles en mm

Année	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ECIA	1961	1874	1742	1720	1751	1808	1803	1868

Evaporation Classe A, moyennes décadaires sur la période 1976-1983

Mois	décade	ECIA (mm)	Mois	décade	ECIA (mm)
J	1	40.9	J	1	49.2
	2	37.2		2	53.4
	3	42.3		3	67.3
F	1	40.0	A	1	60.0
	2	42.6		2	63.3
	3	42.6		3	51.7
M	1	40.4	S	1	71.8
	2	42.8		2	66.6
	3	44.5		3	70.7
A	1	46.3	O	1	60.6
	2	46.4		2	61.7
	3	48.6		3	55.5
M	1	44.6	N	1	55.0
	2	43.9		2	51.5
	3	42.8		3	55.8
J	1	42.1	D	1	48.1
	2	42.1		2	45.7
	3	50.5		3	42.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Borotou Koro (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.9	4.5	4.1	4.7	4.2	4.5	5.5	5.6	7.0	5.7	5.4	4.4

ECLA (moyenne 1976-82) : 1810 mm/an

* Lieu : BOORO BOROTOU (8°28'N , 7°33'W) alt.= 455 m

Sources : CHEVALIER, 1990 ; HYPERBAV, 1989 ;

Cadre : Complexité hydrologique du petit bassin versant de Booro Borotou

Climat : Tropical subhumide ; P = 1225 mm/an ; Tmax = 38 °C et Tmin = 9 °C

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Périodes d'observation :

ECOL : Janv.1984- Mars.1988

Résultats :

Evaporation moyenne sur bac Colorado en mm/j, Booro Borotou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984	5.4	6.2	6.2	6.5	4.8	4.1	3.2	3.7	3.4	3.6	4.0	4.2
1985	6.2	7.8	6.8	6.1	5.6	4.3	3.3	3.1	3.3	4.6	5.0	5.7
1986	6.9	8.0	6.2	6.7	5.0	4.8	3.7	3.5	3.1	4.1	4.6	6.5
1987	6.6	8.3	7.5	6.7	6.2	4.1	5.1	3.6	3.2	4.4	5.4	6.3
1988	7.1	8.2	7.9									

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Booro borotou (1984-1988)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.4	7.7	6.9	7.0	5.4	4.3	3.8	3.5	3.2	4.2	4.7	5.7

ECOL , (moyenne 1984-88) : 1900 mm/an

ETP (moyenne 84-88) : 1600 mm/an

* Lieu : **BOUNA** (9°16'N , 2°59'W) alt.= 319 m

Sources : *SIRCOULON, 1966* ;

Climat : tropical de transition ; P = 1030 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : 1964- 1965

Résultats :

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Bouna

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	6.2	7.6	7.0	7.7	5.7	5.0	4.7	3.5	4.0	4.7	4.2	4.2
1965	5.0	6.8	7.9	7.2	5.9	5.3	4.7	3.8	4.4	4.4	5.0	5.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Bouna (1964-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	7.2	7.5	7.5	5.8	5.2	4.7	3.7	4.2	4.6	4.6	4.7

ECOL (moyenne 1964-65) : 1970 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1800 mm/an

* Lieu : **BOUNDIALI** (9°31'N , 6°28'W) alt.= 421 m

Sources : *SIRCOULON, 1966* ;

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Fev.1962- Déc.1963

Résultats :

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Boundiali

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962		7.5	9.2	9.3	5.5	4.8	4.6	3.9	4.3	5.5	4.9	5.4
1963	6.4	5.6	6.5	7.0	6.4	5.7	4.9	4.4	4.3	5.5	5.9	6.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Boundiali (1962-1963)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.4	6.6	7.9	8.2	6.0	5.3	4.8	4.2	4.3	5.5	5.4	5.7

ECOL (moyenne 1962-63) : 2130 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1800 mm/an

* Lieu : FERKESSEDOUGOU (9°36'N , 5°12'W) alt= 323 m

Sources : SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; ROCHE, 1963 ;

Climat : Tropical de transition ; P = 1300 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Août 1957- Oct.1959

Résultats :

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Ferkessedougou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957								2.9	2.8	3.4	5.1	5.4
1958	5.5	7.3	7.5	7.7	4.9	5.5	4.7	4.4	4.0	4.7	4.3	4.5
1959	6.2	7.3	7.9	8.0	6.8	6.0	5.2	3.8	3.7	5.4		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Ferkessedougou (1957-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.8	7.3	7.7	7.8	5.9	5.7	5.0	3.7	3.5	4.5	4.7	5.0

ECOL (moyenne 1957-59) : 2020 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1800 mm/an

* Lieu : GUESSIGUE (5°43'N , 4°14'W)

Zone forestière humide

Sources : SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; DUBREUIL, 1960 ; GIRARD, 1961 ; GIRARD, 1963 ;

Cadre : Etude du bassin versant de la rivière Agneby

Climat : P = 1500 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Mars 1959- Déc.1962

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Guessigue

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959			4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	2.2	3.5		2.0	3.0
1960	2.6	3.2	3.9	3.6	3.2	2.4	2.7	2.0	2.2	2.4	2.5	2.4
1961	2.6	3.8	3.8	3.2	3.1	2.2	1.8	2.3	2.2	2.2	2.4	
1962	2.7	3.5	3.3	2.8	2.7	2.0	1.9	2.3	2.2	1.9	2.1	2.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Guessigue (1959-1962)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.6	3.5	3.9	3.4	3.1	2.5	2.4	2.2	2.5	2.2	2.3	2.5

ECOL (moyenne 1959-62) : 1000 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1000 mm/an

* Lieu : **IFOU** (7°25'N , 4°47'W)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1956

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Ifou (1956)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.9	2.2	1.6	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.3	1.7	2.5	2.9

ECOL (1956) : 690 mm/an

Le bac d'Ifou est situé sous un très léger couvert forestier.

* Lieu : **KORHOGO** (9°26'N , 5°37'W) alt.= 300 m

Sources : *SIRCOULON, 1966* ;

Climat : tropical de transition ; P ≈ 1400 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Août 1963- Déc.1965

Résultats :

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Korhogo

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963								4.4	5.4	5.3	6.7	6.6
1964	6.3	8.0	7.3	5.2	4.4	4.2	3.7	3.8	3.9	4.5	5.0	5.5
1965	5.1	5.1	6.6	6.5	6.3	4.8	3.9	5.0	4.0	4.5	5.7	7.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Korhogo (1963-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.7	6.6	7.0	5.9	5.4	4.5	3.8	4.4	4.4	4.8	5.8	6.7

ECOL (moyenne 1963-65) : 1970 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1800 mm/an

* Lieu : KOTOBI (6°42'N, 4°08'W) alt.= 147 m
Zone forestière

Sources : SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; DUBREUIL, 1960 ; GIRARD, 1961 ; GIRARD, 1963 ;

Cadre : Etude du bassin versant de la rivière Agneby

Climat : P ≈ 1300 à 1350 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Avril 1959- Déc.1962

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Kotobi

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959				4.1	3.2	3.5	2.7	2.2	4.3	4.7		
1960					4.2	3.3	3.4	2.4	3.0	3.4	3.5	3.5
1961	4.1		5.5	5.5	5.0	3.5	2.9	3.2	2.8	3.6	3.4	3.1
1962	4.1	5.0	4.7	4.3	3.9	3.5	3.1	2.8	2.5	3.1	3.7	3.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Kotobi (1959-1962)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.1	5.0	5.1	4.6	4.1	3.5	3.0	2.7	3.2	3.7	3.5	3.4

ECOL (moyenne 1959-62) : 1390 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1200 mm/an

* Lieu : MAN (7°24'N , 7°31'W) alt.= 340 m
Zone montagneuse

Sources : SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; ROCHE, 1963 ;
Climat : P = 1700 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation :

1ère station : Août 1957- Sept.1959

2ème station : Juin 1961- Déc. 1965

Résultats :

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, 1ère station de Man

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957								1.9	1.4	2.4	2.9	3.5
1958	3.2	3.4	4.0	3.7	4.4	2.8	2.4	1.8	2.2	3.0	2.8	3.1
1959	3.6	3.7	4.0	3.4	3.5	3.0	2.1	2.0	2.0			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
1ère station de Man (1957-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.4	3.6	4.0	3.6	4.0	2.9	2.3	1.9	1.9	2.7	2.9	3.3

ECOL, 1ère station (moyenne 1957-59) : 1100 mm/an (station très abritée)

Evaporation bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, 2ème station de Man

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961						2.9	2.8	3.0	2.9	4.4	4.7	4.3
1962	5.1	5.5	5.0	4.4	4.0	3.9		3.7		3.3	3.7	2.9
1963	3.0	3.6	4.2					3.4	3.8	3.3	4.3	3.6
1964	4.0	4.9	4.8	4.4	4.2	3.7	3.8	3.7	3.6	3.8	3.1	3.9
1965	4.1	4.6	4.8	4.3	4.1	4.3	4.0	4.0	4.5	4.6	4.3	3.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j 2ème station de Man (1961-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.1	4.7	4.7	4.4	4.1	3.7	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	3.7

ECOL, 2ème station (moyenne 1961-65) : 1460 mm/an (bac plus exposé au vent)

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre dans la région centrale de la Côte d'Ivoire : 1450 mm/an

* Lieu : SAKASSOU (7°28'N , 5°17'W) alt.= 209 m

Sources : LAFFORGUE, 1982 ;

Cadre : Etude hydrologique des bassins versants de Sakassou

Climat : Equatorial de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Juin 1972- Juil.1977

Résultats :

Evaporation bac Colorado en mm/j, Sakassou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972						4.1	3.4	3.3	3.7	4.4	3.7	3.6
1973	4.8	(5.7)	(5.8)	(3.5)	4.5	3.7	3.7	2.9	3.4	4.1	4.3	4.3
1974	4.2	(4.3)	(4.9)	4.1	3.4	2.8	2.8	3.0	2.6	3.8	4.6	4.3
1975	(5.3)	4.4	5.0	3.8	3.5	3.9	2.8	2.3	2.5	2.7	2.6	2.8
1976	4.5	3.3	3.8	4.0	3.3	2.6	2.8	3.1	3.2	2.9	3.1	3.7
1977	2.9	(3.5)	4.2	4.6	3.8	3.1						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Sakassou (1972-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.3	4.2	4.7	4.0	3.7	3.4	3.1	2.9	3.1	3.6	3.7	3.7

ECOL (moyenne 1972-77) : 1350 mm/an

Les valeurs relatives à l'évaporation sur bac ont parfois dû être partiellement reconstituées pour la saison sèche (valeurs entre parenthèses dans le tableau). En effet, en fin de saison sèche, le bac Colorado constitue l'unique point d'eau de la région dans un rayon de 10 km et il a plus d'une fois servi d'abreuvoir malgré toutes les précautions prises. Dans la plupart des cas, les quelques hauteurs journalières manquantes ont été remplacées par la moyenne des autres valeurs. Il n'y a que le mois de mars 1973 qui, manquant en totalité, a dû être reconstitué par corrélation avec les données du Piche, bien que celles-ci soient beaucoup moins fiables. C'est peut-être d'ailleurs ce qui explique la valeur particulièrement élevée qui a dû être affectée à ce mois.

* Lieu : **TIASSALE** (5°53'N , 4°50'W) alt.= 20 m
Zone forestière

Sources : *SIRCOULON, 1966 ; LIGOUZAT & al., 1964 ; DUBREUIL, 1960 ; GIRARD, 1961 ; GIRARD, 1963 ;*

Cadre : Etude du bassin versant de la rivière Agneby

Climat : P = 1300 à 1350 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1963- Déc.1965

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado, moyennes mensuelles en mm/j, Tiassale

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963					3.7	3.2	2.3	3.1	3.2	3.4	4.3	4.4
1964	3.5	4.1	3.6	3.0	2.8	2.2	2.3	2.1	2.5	2.9	3.6	2.6
1965	3.2	3.2	4.2	3.7	3.3	2.9	2.5	2.2	3.2	3.6	3.2	2.5

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Tiassale (1963-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.4	3.7	3.9	3.4	3.3	2.8	2.4	2.5	3.0	3.3	3.7	3.2

ECOL (moyenne 1963-65) : 1160 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 1100 mm/an

* Lieu : **Projet de retenue sur le Bafing à BADALA** (7°51'N , 7°45'W)

Sources : *EDF-DAFECO, 1971 ;*

Cadre : avant-projet d'aménagement du Bafing (affluent du Sassandra)

Climat : Equatorial de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : ?

Résultats :

Evaporation mesurée sur bac Colorado à Badala : 1700 à 1800 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la future retenue sur le Bafing : 1500 ± 90 mm/an ($k= 0.83$ à 0.87)

* Lieu : Retenue de BUYO (6°35'N , 7°02'W)
sur le Sassandra

Sources : ANONYME, 1975 ;

Cadre : Aménagement de Buyo sur le Sassandra

Méthode utilisée : ETP Turc de DALOA-GAGNOA

Période d'observation : ?

Résultats :

Estimation de l'évaporation sur la retenue de Buyo : 1450 mm/an

* Lieu : Barrage de KOSSOU (7°34'N , 5°30'W) alt.= 150 m
Sur le Bandama

Sources : ANONYME, 1963 ; ANONYME, 1965 ; EDF-DAFECO, 1978 ; ANONYME, 1987 ;

Méthodes utilisées :

bacs Colorado de
Ferkessedougou
Kotobi
Togo et Bénin

Formule de Turc (ETP Turc à Bouaké)

Formule de Penman (EP Penman avec $a = 0.05$)**Périodes d'observation :**

Ferkessedougou : 1957-1959

Kotobi : 1959-1961

Résultats :

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac à Kossou : = 1700 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue de Kossou : = 1450 mm/an

Tableau : Répartition mensuelles de l'évaporation sur la retenue de Kossou en mm/j

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.4	5.4	5.8	5.7	4.4	4.2	3.5	2.7	2.7	3.4	3.7	3.7

ETP Turc : 1390 (moyenne 1961-70)

EP Penman (1987) : 1680 mm

* Lieu : **NAMBONKAHA** (9°41'-9°45'N , 5°03'-5°10'W)
Bassin du **FLAKOHO** (région de Ferkessedougou)

Sources : **ORSTOM, 1960** ;

Cadre : Etude hydrologique de bassin versant

Climat : Tropical de transition ; P = 1300 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado de Ferkessedougou

Périodes d'observation : Avril 1957- Oct. 1959

Résultats :

Evaporation annuelle sur bac Colorado à Ferkessedougou (moyenne 1957-59) : 2020 mm/an

Pour passer à l'évaporation sur une grande nappe d'eau libre , on se rappellera les conditions d'implantation du bac. Il est enterré à quelques 100 mètres de la vallée du FLAKOHO, en amont de la route, où elle forme marécage. Ce site est assez voisin des conditions concevables pour une grande nappe d'eau ; on affectera un coefficient correctif de 0.90 aux observations du bac.

Estimation de l'évaporation sur grande nappe d'eau libre à Nambonkaha : 1800 mm/an (k= 0.90)

ANNEXE III.7

GABON

LIBREVILLE

MALA

NTOUM

* Lieu : LIBREVILLE (0°27'N , 9°25'E) alt.= 12 m

Sources : LERIQUE, 1970 ; LERIQUE & TOURNE, 1972 ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin versant de la Nzeme

Climat : Equatorial de transition ; P = 2800 mm/an ; Tmax = 30,2 °C et Tmin = 21,8 °C

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1969, Sept.1970-Juil.1971

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Libreville

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1969	2.2	3.0	2.5	2.3	2.7	3.1	2.6	3.0	2.6	1.6	1.7	1.8
1970									3.0	2.3	1.8	2.6
1971	2.6	2.9	3.0	2.5	2.5	2.9	3.3	3.2				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Libreville (1969-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.4	2.9	2.7	2.4	2.6	3.0	2.9	3.1	2.8	1.9	1.7	2.2

ECOL (moyenne 1969-71) : 940 mm/an

* Lieu : MALA (0°41'N , 10°14'E) alt.= 380 m

Sources : LERIQUE, 1971 ; LERIQUE & TOURNE, 1972 ; LERIQUE, 1965 ; EDF-DAFECO, 1973 ;

Cadre : Etude hydrologique de bassin versant dans la région de Mala

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Déc.1962- Juin.1964 (sauf Juil, Août, Sept 1963)

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Mala

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962												2.4
1963	2.2	3.0	2.8	2.9	2.9	2.5				2.1	2.1	1.8
1964	2.6	2.9	3.2	3.0	2.8	2.3						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Mala (1962-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.4	3.0	3.0	3.0	2.8	2.4				2.1	2.1	2.1

En 1963, sur le bac de Mala, on a avons obtenu 671 mm auxquels il convient d'ajouter l'estimation de l'évaporation des mois de juillet, août et septembre : cette estimation doit être très voisine de 1.6 mm/j, soit 150 mm pour les trois mois, ce qui donne un total de 820 mm.

1963 a été une année relativement humide dans les régions de l'intérieur, ce qui laisse à penser que l'évaporation a été plus faible qu'en année moyenne.

En s'appuyant sur les résultats recueillis à Mitzic (apparenté d'un point de vu climatique avec Mala), on fera l'estimation suivante :

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac Colorado : 900 à 950 mm/an

De même l'évaporation moyenne annuelle sur le bassin de la Mbei doit être voisine de 950 mm.

* Lieu : NTOUM (0°23'N , 9°45'E) alt.= 12 m

Sources : LERIQUE, 1971 ; LERIQUE & TOURNE, 1972 ;

Cadre : Etude hydrologique du bassin versant de la Nzeme

Climat : Equatorial de transition ; P = 2400 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Sept.1969- Août.1971

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Ntoun

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1969									2.0	1.9	2.4	2.2
1970	2.6	2.9	3.4	3.5	2.8	2.4	2.2	1.9	2.1	1.9	1.9	2.0
1971	2.2	2.6	3.8	4.8	3.3	2.5	2.1	2.0				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Ntoun (1969-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.4	2.7	3.6	4.2	3.0	2.4	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	2.1

ECOL (moyenne 1969-71) : 930 mm/an

ANNEXE III.8

GHANA

Barrage d'AKOSOMBO

Barrage de BUI

* Lieu : **Retenues de BUI et d'AKOSOMBO**

Barrage de BUI : (8°18'N , 2°13'W)

Barrage d'AKOSOMBO : (6°15'N , 0°08'E)

Sources : ANONYME, 1977 ;

Cadre : Etude des pertes par évaporation de la retenue de Noumbiel (Burkina Faso)

Méthode utilisée : Formule de TURC

Résultats :

Estimation de l'évaporation sur la retenue de BUI : 1550 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue d'AKOSOMBO : 1500 mm/an

ANNEXE III.9

GUINEE

BOULA

FOMI

KANDALA

KINDIA

SOUAPITI

TIMBIS

* Lieu : **BOULA** (8°54'N , 9°09'W)
Haut Milo

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1957 - 1958

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Boula (1957-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.9	5.0	5.3	4.5	4.7	4.0	3.0		3.4	2.8	3.0	3.7

* Lieu : **FOMI** (10°35'N , 9°35'W)
(Bord du Niandan)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai à Juillet 1952

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Fomi (1952)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				5.6	4.8	3.2					

* Lieu : **KANDALA** (10°39'N , 9°14'W)
(Bord du Milo)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1957 - 1958

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Kandala (1957-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.1	7.0	7.3	6.7	5.1	3.5		3.6		5.0		6.1

* Lieu : **KINDIA** (9°52'N , 13°01'W)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1953 - 1955

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Kindia (1953-1955)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.2	9.1	9.3	6.9	6.2	4.6	3.8	3.2	4.0	4.6	3.9	5.4

ECOL (moyenne 1953-55) : 2040 mm/an

Le bac de Kindia est installé sur une colline balayée par des vents violents.

* Lieu : **SOUAPITI** (10°25'N , 13°15'W)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ; *RODIER, 1964* ;

Cadre : Etude du barrage du Konkoure

Climat : Tropical de transition ; P = 2500 mm/an

Appareils utilisés : 2 bacs Colorado

Période d'observation : 1954 - 1958

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL),
installé en fond de vallée, en mm/j
Souapiti (1954-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.7	5.6	6.2	5.1	3.6	2.9	2.3	1.9	2.0	2.8	3.0	3.0

ECOL (moyenne 1954-58), bac au fond de vallée : 1275 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL),
installé à la cote 200, en mm/j
Souapiti (1954-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.7	6.9	7.4	6.0	5.1	3.4	2.7	2.3	2.5	3.2	3.7	3.7

ECOL (moyenne 1954-58), bac a la cote 200 : 1560 mm/an

* Lieu : **TIMBIS** (11°15'N , 12°34'W)
sur les hauts plateaux du Fouta Djallon

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1957 - 1958

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Timbis (1957-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.5	5.7	6.3	5.3	3.9	3.2	2.9	1.9	2.9	3.5	3.8	4.2

ECOL (moyenne 1957-58) : 1590 mm/an

ANNEXE III.10

MALI

DOUNFING

GOUNDAM

KENIE

KOUMBAKA

LOULOUNI

M'BOUNA

TAMAYA

TIN ADJAR

Barrage de TOSSAYE

* Lieu : **DOUNFING** (12°41'N , 8°03'W) alt.= 389 m

Sources : *Monographie n°8, 1986 ; ROCHE, 1963 ; BOUCHARDEAU, 1957 ;*
Cadre : Monographies hydrologiques du fleuve Niger

Appareil utilisé : Bac Colorado
Période d'observation : 1955-1957

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Dounfing (1955-1957)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	8.2	9.7	8.3	7.5	7.0	4.5	3.5	4.2	5.0	6.6	6.3

ECOL (moyenne 1955-57) : 2350 mm/an

* Lieu : **GOUNDAM** (16°25'N , 3°40'W) alt.= 269 m

Sources : *DUBREUIL, 1961 ;*
Cadre : Aménagement des lacs Télé et Faguibine
Climat : subdésertique ; P = 260 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado
Période d'observation : 1959-1960

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Goundam (1959-1960)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.6	10.8	10.9	12.5	14.0	14.9	12.8	8.3	8.7	12.1	12.5	8.9

ECOL (moyenne 1959-60) : 4100 mm/an

* Lieu : **KENIE** (12°48'N , 7°40'W)
(30 km de Bamako, sur le Niger)

Sources : *Monographie n°8, 1986 ; Monographie n°1, 1974 ; ROCHE, 1963 ; RODIER & al, 1953 ;*
BOUCHARDEAU, 1957 ;
Cadre : Monographies hydrologiques du fleuve Niger

Appareil utilisé : Bac Colorado
Période d'observation : 1954-1955

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Kénié (1954-1955)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.4	8.9	9.7	10.7	9.7	7.7	4.7	3.5	4.2	5.0	6.4	6.4

ECOI (moyenne 1954-55) : 2560 mm/an

* Lieu : **KOUMBAKA** (13°05'N , 4°49'W)
(Bord du Bani)

Sources : *ROCHE & DUBREUIL, 1960* ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Juin à Septembre 1957

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Koumbaka (1957)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
					9.1	5.8	4.1	4.2			

* Lieu : **LOULOUNI** (10°54'N , 5°36'W)
Région de Sikasso

Sources : *BRUNET & al, 1960* ;

Cadre : Etude hydrologique /aménagement de la plaine de Loulouni

Climat : Variante guinéenne du régime tropical ; P = 1310 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Juin-Oct. 1959

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Loulouni (1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
					6.3	5.0	3.2	3.7	5.9		

Les observations réalisées sur bac Colorado à Loulouni sont comparées à celles réalisées près de Ferkessedougou (Côte d'Ivoire) environ 150 km au sud. De juin à octobre, le total évaporé est strictement le même : 736 mm. On peut admettre un parallélisme semblable pour toute l'année.

Les observations à Ferkessedougou ont porté sur 3 ans, de 1957 à 1959. On constate que l'évaporation a été assez forte en 1959 et que la moyenne des trois années donne seulement 686 mm pour juin-octobre. Avec le résultat de 1959, le rapport est 1,07. On obtiendrait ainsi à Loulouni environ 2150 mm pour l'année moyenne contre 2020 mm à Ferkessedougou, en appliquant le même rapport pour l'année entière.

Le bac enterré à Loulouni situé à quelques centaines de mètres du lit majeur du Kobafini, dans une clairière assez bien ventilée, est soumis à un microclimat assez humide. Une correction de 85% permet de passer à l'évaporation sur une grande nappe d'eau libre qui doit vraisemblablement se placer entre 1800 et 1900 mm.

* Lieu : M'BOUNA (16°43'N , 4°03'W)
Bord du lac Faguibine

Sources : DUBREUIL, 1961 ;

Cadre : Aménagement des lacs Télé et Faguibine

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1959-1960

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
M'bouna (1959-1960)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.4	5.4	6.3	7.6	8.9	9.5	9.3	5.3	6.0	7.1	7.2	5.2

ECOL (moyenne 1959-60) : 2500 mm/an

* Lieu : TAMAYA (18°28'N , 1°23'E)
Région Adrar des Iforas

Sources : PEPIN & KONE, 1986 ; PEPIN & al., 1987 ;

Cadre : Etude du bassin versant de l'Oued de Kidal

Climat : désertique ; P = 140 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : 1985-1986

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Tamaya

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1985	6.9	13.3	12.2	13.0	15.6	14.0	10.9	10.6	11.7	11.9	8.8	9.2
1986	8.2	8.6	12.0	14.9	14.7	14.0	12.2	12.1	10.6	12.5	10.5	9.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Tamaya (1985-86)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.6	11.0	12.1	14.0	15.2	14.0	11.6	11.4	11.2	12.2	9.7	9.3

ECOL (moyenne 1985-86) : 4220 mm/an

* Lieu : TIN ADJAR (16°19'N , 1°40'W)

Sources : DUBREUIL, 1961 ; ORSTOM, 1957 ; ORSTOM, 1960 ;

Cadre : Etude hydrologique de bassin versant

Climat : Variante sahélienne du régime tropical ; P ≈ 300 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1956-1958

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Tin adjar (1956-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.7	7.6	8.3	9.8	10.4	11.3	9.2	6.5	7.6	9.3	8.7	7.8

ECOL (moyenne 1956-58) : 3170 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 2300 mm/an

* Lieu : Barrage de TOSSAYE (16°57'N , 0°37'W)
sur le Niger

Sources : ANONYME, 1977 ; ANONYME, 1975 ;

Cadre : Etude hydrologique de factibilité du barrage de Tossaye

Méthode utilisée : E Penman de la station de Faya Largeau

Période d'observation : ?

Résultats :

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 2400 mm/an

Tableau : Répartition mensuelles de l'évaporation sur la retenue en mm/j
Tossaye

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.5	5.7	6.6	8.0	7.7	8.0	7.3	6.8	6.8	7.1	5.7	4.7

ANNEXE III.11

MAURITANIE

ALEG

DIONABA

KEUR MACENE

Lacs d'ALEG, R'KIZ et MAL

SELOUMBO

* Lieu : ALEG (17°10'N , 13°50'W)
Microclimat sec

Sources : Monographie n°1, 1974 ; JACCON, 1965 ; DEVEAUX, 1960 ;
Cadre : Etude de la baisse moyenne des nappes d'eau libre en Mauritanie
Climat : subdésertique ; P = 280 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado
Période d'observation : Juin 1959 - Sept. 1964

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Aleg

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959						13.5	12.8	10.0	8.9	7.6	5.8	4.8
1960	5.2	8.4	12.8	12.6	14.0	14.0	14.0	11.1		7.9	8.0	7.6
1961	7.2	8.3	13.6	14.5	15.6	13.8	9.6	9.2	7.5	8.2	7.6	7.1
1962	6.6	7.5	9.3							8.6	8.5	9.4
1963	8.0	10.2	10.3	11.3	11.0	11.6	9.6	6.8	6.8	6.9	9.2	8.4
1964	8.6	9.5	10.2	10.4	10.9	11.9	9.7	9.2	7.7			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Aleg (1959-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.1	8.8	11.2	12.2	12.9	13.0	11.1	9.3	7.7	7.8	7.8	7.5

ECOL (moyenne 1959-64) : 3540 mm/an

* Lieu : DIONABA (17°10'N , 12°50'W)

Sources : BRUNET-MORET, 1959 et 1960 ; ROCHE, 1963 ;

Appareil utilisé : Bac Colorado
Périodes d'observation : Juillet à Octobre de 1958 et 1959

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Dionaba

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958								6.4	7.6	10.0		
1959						12.3		7.8	7.5	8.6		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado en mm/j
Dionaba (1958-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
						12.3	7.1	7.6	9.3		

Il n'est guère possible d'avancer des valeurs précises d'évaporation mensuelle sur grandes surfaces ; 20 cm par mois semble une valeur moyenne raisonnable pour les mois de Mars à Novembre inclus, car les bacs d'évaporation Colorado (Seloumbo et Dionaba) se trouvent enfouis dans le sable et la température de leurs eaux doit être supérieure à celle d'une retenue assez vaste. En Décembre, Janvier, Février, la valeur de l'évaporation mensuelle pourrait descendre à 15 cm, on arriverait ainsi à un total annuel de l'ordre de 2250 mm qui cadre bien avec ce qui a été trouvé sur le lac Tchad : 2260 mm/an, alors que le bac Colorado voisin, installé dans un site assez comparable à celui de Séloumbo pour le vent, indiquait une évaporation annuelle de 3460 mm.

* Lieu : KEUR MACENE (16°35'N , 16°15'W)
Microclimat humide

Sources : Monographie n°1, 1974 ; JACCON, 1965 ;

Cadre : Etude de la baisse moyenne des nappes d'eau libre en Mauritanie

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Oct.1962 - Mai.1964

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Keur Macène

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962										8.1	8.1	7.7
1963	7.5	12.0	13.2	12.3	13.4	11.3	7.2	5.2		5.1	7.2	5.6
1964	6.9	9.3	9.7	12.3	12.0							

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Keur macène (1962-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.2	10.6	11.4	12.3	12.7	11.3	7.2	5.2	5.5	6.6	7.6	6.6

ECOL (moyenne 1962-64) : 3160 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappes d'eau dans le sud-est de la Mauritanie: = 2500 à 2700 mm/an

* Lieu : Lacs d'ALEG, R'KIZ et MAL

Lac d'Aleg : 17°07'N, 14°00'W

Lac R'kiz : 16°50'N , 15°20'W

Lac de Mal : 16°53'N , 13°24'W

Sources : JACCON, 1965 ; DEVEAUX, 1960 ;

Baisse mensuelle du lac d'ALEG en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960										5.7	6.7	6.0
1961	8.0	9.3	6.0	7.0	9.1	10.0				8.0	7.3	7.6
1962	6.0	8.3								7.6	6.6	7.3
1963	9.3										6.3	6.6
1964	7.6											

Baisse mensuelle du lac de MAL en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960											8.3	5.6
1961	7.0	8.3	9.0	9.6								6.0
1962	5.3	5.4	5.6								6.1	4.6
1963	5.3											
1964												

Baisse mensuelle du lac de R'KIZ en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960												
1961	5.3	5.6	6.6									6.7
1962	4.9	5.7	6.8	6.7	8.1	7.7	7.4	7.0	6.7	5.8	6.0	5.2
1963	5.5	8.6										5.2
1964	3.2	5.0	7.1	7.8								

Moyenne de la baisse mensuelle des 3 lacs en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958										8.0	7.6	7.3
1959	7.3	7.3	6.7	9.6	8.4					4.2	5.7	6.9
1960	9.1	7.2	11.6	10.3						5.7	7.5	5.8
1961	6.8	7.7	7.2	8.3	9.1	10.0				8.0	7.3	6.8
1962	5.4	6.4	6.2	6.7	8.1	7.7	7.4	7.0	6.7	6.7	6.3	5.7
1963	6.7	8.6									6.3	5.9
1964	5.4	5.0	7.1	7.8								

Tableau : moyenne interannuelle de la baisse mensuelle des 3 lacs
Lacs d'Aleg, R'kiz et Mal (1958-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.8	7.3	7.1	8.3	8.4	8.8	7.4	7.0	6.7	6.7	6.8	6.4

Le rapport *k*, quotient de la baisse moyenne mensuelle sur les nappes par la baisse équivalente sur les bacs varie de 0.64 (mois de mai) à 0.98 (mois de janvier). Il prend les valeurs suivantes :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>k</i>	0.94	0.87	0.61	0.68	0.64	0.65	0.66	0.73	0.85	0.85	0.83	0.89

* Lieu : SELOUMBO (17°45'N , 12°20'W)

Sources : ORSTOM, 1960 ; BRUNET-MORET, 1959 ;

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Juillet à Octobre de 1957, 1958 et 1959

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Seloumbo

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957								10.1	9.7	11.1		
1958								7.5	9.5			
1959						15.4		12.2	11.4	16.1		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado en mm/j
Séloumbo (1957-1959)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
						15.9	9.9	10.2	13.6		

Ces valeurs sont certainement plus élevées que celles de la région avoisinante, cependant on doit retenir pour le plateau du TAGANT une évaporation annuelle sur bac Colorado enterré, de l'ordre de 4,00 m (3700 à 3900 mm/an, chiffre obtenu par comparaison avec des diagrammes annuels de station de même climat: Tin Adjar au Mali).

Bien entendu ceci ne serait pas valable pour un microclimat humide. Au bord des petits lacs de la TAMOURT en NADJ, il n'est pas impossible que l'évaporation annuelle descende en dessous de 3 m par an.

ANNEXE III.12

NIGER

IFEROUANE

Retenue de KANDADJI

Barrage de KEITA

TAPOA

TILLABERY

Projet de retenue de DYODYONGA

Cuvette de KOULOU

* Lieu : IFEROUANE (19°05'N , 8°23'E) alt.= 681 m

Sources : HOEPFFNER & al, 1976 ;

Cadre : Etude hydrologique des bassins versants d'Iférouane

Climat : P ≈ 60 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado ORSTOM

Période d'observation : Oct.1959- Sept.1960

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Iférouane

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959										10.1	8.2	6.9
1960	6.4	7.7	10.0	14.1	15.0	13.0	10.2	13.8	12.4			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Iférouane (1959-1960)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.4	8.0	10.0	14.1	15.0	13.0	10.2	13.8	12.4	10.1	8.2	6.9

ECOL (moyenne 1959-60) : 3900 mm

Estimation de l'évaporation d'une grande retenue (superficie de quelques hectares) : ≈ 3000 mm/an (k= 0.70)

* Lieu : Retenue de KANDAJDI (14°37'N , 0°59'E)
alt. lit du fleuve = 210 m

Sources : DOSSEUR, 1977 ; HARANG & GATHELIER, 1980 ; HOEPFFNER, 1977 ;

Cadre : Etude de factibilité du barrage de Kandajji

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL) de :

TILLABERRY (14°12'N , 1°27'E) alt.= 209 m

KANDAJDI

Bac classe A (ECLA) de :

NIAMEY (13°29'N , 2°10'E) alt.= 222 m

Formule de PENMAN pour NIAMEY et TILLABERRY (ETP)

Formule de TURC pour NIAMEY et TILLABERRY (ETPT)

Périodes d'observation :

ECOL, KANDAJDI : 1977-1979

ECOL, TILLABERRY : 1974-1975

ECLA, NIAMEY : 1968-1977

ETP, NIAMEY et TILLABERRY : 1970-1975

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado à Kandadji en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977	7.1	9.7	12.4	12.2								
1978	7.6	9.1	10.7	12.4	13.0	13.0	10.1	9.4	9.4	11.3	11.0	7.3
1979	8.7	10.7	11.4	13.5	9.2	9.4	8.7	8.7	8.4	8.9	9.0	8.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Kandadji (1977-1979)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.8	9.8	11.5	12.7	11.1	11.2	9.4	9.1	8.9	10.1	10.0	7.7

ECOL, Kandadji, (moyenne 1977-79) : 3710 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 2600 mm/an

* Lieu : **Barrage de KEITA** (14°45'N , 5°45'E)
(cercle de Tahoua)

Sources : ANONYME, 1968 ;

Cadre : Les petits barrages en terre

Appareil utilisé : Bac Colorado

Résultats :

Evaporation annuelle sur bac : 3700 mm

Estimation de l'évaporation annuelle sur la retenue : 2600 mm/an

* Lieu : **TAPOA** (12°28'N , 2°24'E) alt.= 223 m

Sources : ANONYME, 1972 ;

Cadre : Aménagement de la Mékrou à Dyodyonga

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mars 1971 - Fev. 1972

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado à TAPOA en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971			10.5	11.4	10.6	9.1	4.8	4.0	3.9	6.1	7.4	9.8
1972	9.4	10.0										

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Tapoa (1971-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.4	10.0	10.5	11.4	10.6	9.1	4.8	4.0	3.9	6.1	7.4	9.8

ECOL (moyenne 1971-72) : 2900 mm/an

* Lieu : **TILLABERRY** (14°12'N , 1°27'E) alt.= 209 m

Sources : *HOEPFFNER, 1977* ;

Cadre : Etude hydrologique du Niger à Kandadji

Climat : sahélien ; P ≈ 510 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Janv. 1974 - Nov. 1975

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Tillaberry

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1974	9.1	11.0	12.6	13.0	11.2	9.9	6.5	5.1	5.7	7.5	9.8	8.5
1975	8.8	9.5	10.3	11.3	11.4	11.3	6.8	6.3	7.0	8.5	8.3	0.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Tillaberry (1974-1975)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.0	10.2	11.4	12.2	11.3	10.6	6.7	5.7	6.4	8.0	9.1	8.5

ECOL (moyenne 1974-75) : 3310 mm/an

* Lieu : **Projet de la retenue de DYODYONGA**
(à environ trente kilomètres de Tapoa : 12°28'N , 2°24'E)

Sources : *ANONYME, 1972* ;

Cadre : Aménagement de la Mékrou à Dyodyonga

Appareil utilisé : Bacs Colorado de

Tapoa

Kongoussi (Burkina Faso)

Périodes d'observation :

Tapoa : Mars 1971 - Février 1972

Kongoussi : 1967 - 1970

Résultats :

Evaporation annuelle sur bac à Tapoa (moyenne 1971-72) : 2900 mm/an

Evaporation annuelle sur bac à Kongoussi (moyenne 1967-70) : 2800 mm/an

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac à Dyodyonga : 2800 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la future retenue : 2100 mm/an ($k=0.75$)

* Lieu : Cuvette de KOULOU ($12^{\circ}13'N$, $3^{\circ}04'E$) alt.= 170 m

Sources : DUBREUIL, 1961 ;

Cadre : Etude hydrologique des tributaires du Koulou

Climat : Tropical ; $P \approx 840$ mm/an

Méthode utilisée : analogie avec des observations réalisées dans la partie soudanaise du fleuve Niger

Résultat : estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre : 2000 mm/an

ANNEXE III.13

SENEGAL

Lac de GUIERS

MATAM

PODOR

RICHARD-TOLL

SANGALKAM

* Lieu : Lac de GUIERS (16°20'N , 15°45'W)

Sources : COGELS & al., 1991 ;

Cadre : Etude de l'évaporation du lac de Guiers

Méthodes utilisées :

Bac Classe A (ECLA)

Bilan hydrologique (Elac)

Période d'observation :

ECLA : 1976 - 1989

Elac : 1976 - 1989

Résultats :

Evaporation sur bac Classe A en mm/j, Lac de Guiers

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976	8.45	9.93	11.56	14.09	13.84	12.76	10.62	7.66	7.74	8.94	9.40	6.48
1977	9.26	12.02	13.55	13.00	13.62	12.01	10.63	9.44	7.96	10.23	9.42	8.17
1978	9.57	8.93	12.52	12.72	14.20	11.62	10.42	8.41	6.78	9.00	9.08	7.28
1979	5.83	12.00	11.98	13.87	12.51	11.74	10.05	8.07	7.73	8.55	8.19	8.15
1980	7.27	9.60	11.06	14.95	14.18	11.39	10.16	8.08	7.55	8.79	8.06	8.12
1981	9.20	9.82	12.50	14.04	13.57	11.57	9.85	8.00	7.01	8.89	8.72	7.64
1982	9.37	9.10	10.49	11.37	11.88	11.33	9.83	8.58	9.23	9.71	8.49	8.85
1983	10.52	10.35	12.30	11.17	12.92	10.09	10.34	9.32	9.79	10.44	9.89	8.59
1984	10.80	13.56	11.34	12.51	14.95	11.34	9.91	10.28	9.45	9.78	8.91	7.78
1985	7.68	10.68	11.79	12.36	13.64	11.62	9.25	8.63	7.04	9.41	8.36	8.09
1986	9.47	8.94	11.25	13.53	11.98	12.24	10.05	8.66	6.78	9.63	8.50	9.34
1987	8.44	10.65	11.98	12.98	12.52	11.37	10.21	9.26	7.57	8.57	8.78	9.43
1988	9.53	9.50	12.60	13.10	13.90	10.70	8.98	7.59	7.62	8.72	8.12	7.86
1989	10.57	11.61	12.27	14.12	15.91	12.17	8.78	7.30	8.34	9.30	7.57	8.80

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Lac de Guiers (1976-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.0	10.5	11.9	13.1	13.5	11.6	9.9	8.5	7.9	9.3	8.7	8.2

ECLA (moyenne 1976-1989) : 3710 mm/an

Evaporation E lac obtenue par bilan hydrologique en mm/j, Lac de Guiers

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976	4.52	4.77	6.72	6.81	7.63	6.38	6.02	5.13	6.04	7.87	6.51	3.03
1977	3.78	4.21	6.04	7.71	7.01	7.92	5.31	5.57	5.41	8.00	7.23	3.86
1978	5.00	4.46	6.79	7.79	7.82	7.47	5.36	5.13	4.81	7.38	7.20	4.28
1979	2.69	6.94	6.20	7.83	6.88	7.02	5.45	4.84	5.10	6.18	5.65	5.83
1980	5.83	6.63	5.45	7.67	9.31	8.39	5.30	5.41	6.19	8.46	4.98	4.84
1981	5.33	5.34	6.01	8.93	6.84	7.54	5.12	5.28	5.61	8.47	4.61	4.17
1982	5.79	6.17	6.24	8.47	7.57	7.45	5.30	5.23	6.28	7.23	4.93	5.07
1983	6.65	8.33	8.20	7.20	8.33	6.26	5.89	6.06	7.15	8.56	7.12	5.07
1984	6.05	7.59	6.01	6.44	8.86	7.60	5.65	6.68	6.80	8.02	6.42	4.59
1985	4.82	5.26	4.10	6.07	8.15	7.10	6.89	6.56	5.42	7.21	6.58	5.13
1986	6.78	4.80	7.05	8.21	7.69	7.49	6.85	6.06	4.95	7.63	6.61	5.09
1987	3.80	5.24	8.03	8.09	7.25	6.03	5.82	6.02	5.45	7.03	6.30	5.81
1988	4.54	5.32	5.45	6.26	8.14	6.63	5.12	4.93	5.49	7.15	7.28	5.45
1989	4.75	6.22	6.50	6.98	9.23	7.48	5.00	4.75	6.00	7.63	5.69	5.77

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation mesurée par bilan hydrologique (Elac) en mm/j Lac de Guiers (1976-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.0	5.8	6.3	7.5	7.9	7.2	5.6	5.6	5.8	7.6	6.2	4.9

Elac (moyenne 1976-89) : 2290 mm/an

Rapport E bilan hydrologique / E classe A

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976	0.53	0.48	0.58	0.48	0.55	0.50	0.57	0.67	0.78	0.88	0.69	0.47
1977	0.41	0.35	0.45	0.59	0.51	0.66	0.50	0.59	0.68	0.78	0.77	0.47
1978	0.52	0.50	0.54	0.61	0.55	0.64	0.51	0.61	0.71	0.82	0.79	0.59
1979	0.46	0.58	0.52	0.56	0.55	0.60	0.54	0.60	0.66	0.72	0.69	0.72
1980	0.80	0.69	0.49	0.51	0.66	0.74	0.52	0.67	0.82	0.96	0.62	0.60
1981	0.58	0.54	0.48	0.64	0.50	0.65	0.52	0.66	0.80	0.95	0.53	0.55
1982	0.62	0.68	0.59	0.74	0.64	0.66	0.54	0.61	0.68	0.74	0.58	0.57
1983	0.63	0.80	0.67	0.64	0.64	0.62	0.57	0.65	0.73	0.82	0.72	0.59
1984	0.56	0.56	0.53	0.51	0.59	0.67	0.57	0.65	0.72	0.82	0.72	0.59
1985	0.63	0.49	0.35	0.49	0.60	0.61	0.74	0.76	0.77	0.77	0.79	0.63
1986	0.72	0.54	0.63	0.61	0.64	0.61	0.68	0.70	0.73	0.79	0.78	0.54
1987	0.45	0.49	0.67	0.62	0.58	0.53	0.57	0.65	0.72	0.82	0.72	0.62
1988	0.48	0.56	0.43	0.48	0.59	0.62	0.57	0.65	0.72	0.82	0.90	0.69
1989	0.45	0.54	0.53	0.49	0.58	0.61	0.57	0.65	0.72	0.82	0.75	0.66

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles du rapport Elac/ECLA
Lac de Guiers (1976-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0.56	0.56	0.53	0.57	0.58	0.62	0.57	0.65	0.73	0.82	0.72	0.59

* Lieu : **MATAM** (15°39'N , 13°15'W)

Sources : *SEYRAL, 1969* ;

Cadre : Etude des besoins en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal

Climat : sahélien ; P = 520 mm/an

Méthode utilisée : Formule de PENMAN (EP) (a = 0.05)

Période d'observation : ?

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée selon Penman (EP) (a = 0.05) en mm/j
Matam

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.1	5.9	7.3	8.1	8.4	8.0	6.8	5.7	5.2	6.1	5.2	4.8

EP : 2330 mm/an

* Lieu : **PODOR** (16°39'N , 14°58'W) alt.= 6 m

Sources : *SEYRAL, 1969* ;

Cadre : Etude des besoins en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal

Méthode utilisée : Formule de PENMAN (EP) (a = 0.05)

Période d'observation : ?

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée selon Penman (EP) (a = 0.05) en mm/j
Podor

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.1	5.8	7.6	8.5	8.5	8.5	7.9	6.7	6.1	6.4	5.3	4.7

EP : 2470 mm/an

* Lieu : **RICHARD TOLL** (16°27'N , 15°42'W) alt.= 4 m

Sources : SEYRAL, 1969 ; ISRA, 1979 ; IRAT, 1974 ;

Cadre : Ressources et besoin en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal

Méthodes utilisées :

Bac classe A (ECLA)

Formule de PENMAN (EP) ($a= 0.05$)

Période d'observation :

ECLA : 1971 et 1979

Résultats :

Evaporation bac Classe A, moyennes mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	8.8	9.8	11.4	13.5	14.0	12.3	10.5	8.2	7.8	8.8	8.6	
1979	5.8	12.0	12.0	13.9	12.5	11.7	10.1	8.1	7.7	8.6	8.2	8.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Richard-Toll (1971 et 1979)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.3	10.9	11.7	13.7	13.2	12.0	10.3	8.1	7.7	8.7	8.4	8.2

ECLA (moyenne 1971 et 1979) : 3660 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée selon Penman (EP) ($a = 0.05$) en mm/j
Richard-Toll

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	7.4	8.0	9.1	8.4	6.8	7.4	6.7	6.4	5.9	5.5	5.4

EP : 2500 mm/an

* Lieu : **SANGALKAM**

(30 km ouest de THIES : 14°48'N , 16°57'W)

Sources : LERIQUE, 1977 ;

Cadre : Etude hydrologique de bassins versants dans la région de Thiés

Climat : sahélien ; P = 700 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : Mai 1975 - Avril 1976

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado en mm/j, Sangalkam

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975					3.1	6.3	4.4	3.7	3.7	5.0	4.8	4.1
1976	4.3	4.7	4.7	5.9								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Sangalkam (1975-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.3	4.7	4.7	5.9	3.1	6.3	4.4	3.7	3.7	5.0	4.8	4.1

ECOL (moyenne 1975-76) : 1670 mm

ANNEXE III.14

TCHAD

Lac TCHAD

BA-ILLI

BEBEDJIA

N'DJAMENA

DIK DIK

DOUGUIA

FADA

LAI

Bassin représentatif du MAYO LIGAM

* Lac TCHAD (13°-14°N , 13°07'-15°20'E)

Sources : RIOU, 1975 ; POUYAUD, 1986 ; RIOU & al., 1964 ; ORSTOM, 1965 ; BILLON & al., 1963 ; BOUCHARDEAU, 1961 ; ORSTOM, 1974 ;

Cadre : Etude de l'évaporation du lac Tchad

Climat : Sahélien ; P ≈ 340 mm/an ; Tmax = 38,5 °C et Tmin = 14 °C

@ Lieu : Lac TCHAD

Méthode utilisée : Bilan hydrologique

Période d'observation : 1965-1978

Résultats :

Evaporation Elac , valeurs annuelles en mm

Date	1967-68	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76	1976-77
Elac	2065	2150	2243	2249	2183	2255	2248	2069	2190	2164

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculée par bilan hydrologique (ELAC) en mm/j
Lac Tchad (1965-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.4	5.5	6.8	7.6	7.3	6.7	5.6	4.8	5.3	6.4	5.9	4.8

ELAC (moyenne 1965-78) : 2170 mm/an

@ Lieu : BOL MATAFO (13°31'N , 14°41'E) alt.= 279 m

Méthodes utilisées :

Bac Colorado sur sol nu (ESN)

Bac classe A (ECLA)

Formule de PENMAN (EP) (a = 0.05)

Périodes d'observation :

ESN : Juil. 1962 - Déc. 1977

ECLA : Juil 1962 - Déc. 1977

Résultats :

Station : BOL MATAFO Evaporation bac Colorado sol nu (ESN) en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962							8.7	6.1	5.5		8.3	7.7
1963	6.2	6.6	9.3	9.8	9.6	8.5	7.0	6.2	5.4			
1964		6.7	7.8	10.0	9.8	8.1		5.1	6.1	6.9		9.4
1965	7.2	7.1	10.0	11.8	10.8	9.6	9.4	6.9	8.1	9.5	9.3	7.6
1966	6.8	7.5	8.5	7.1	5.9	6.3	7.7	7.5	6.3	8.1	8.5	7.4
1967	6.9	8.8	10.5	10.1	10.2	8.6	7.6			8.0	7.7	6.1
1968	5.8	7.4		10.0	8.9	7.4	5.8	7.3	6.6	8.7	8.9	7.3
1969	7.0	8.0	8.8	10.1	8.8	8.4	8.7	6.6	6.9	7.9	8.7	7.3
1970	7.2	9.0	10.8	12.0	10.5	10.4	8.3	5.7	6.2	10.8	9.7	7.8
1971	7.1	9.4	11.8	12.7	10.5	10.5	8.7	6.1	7.3	10.2	9.1	8.1
1972	7.2	9.9	11.5	11.0	10.0	10.6	9.3	7.1	8.2	9.1	9.8	8.0
1973	8.6	9.4	12.0	13.1	12.2	10.3	9.2	6.5	7.7	10.3	9.8	8.3
1974	8.3	9.5	12.1	10.7	11.2	9.8	6.8	5.5	7.1	9.8	9.5	7.9
1975	7.7	8.9	11.5	11.2	10.3	9.6	7.4	6.6	7.0	10.5	9.3	8.8
1976	7.4	9.1	9.8	10.9	8.8	8.6	7.5	6.3	7.1	8.1	9.0	7.5
1977	8.1	10.3	12.6	13.8	9.8	9.3	7.9	5.1	7.4	8.8	8.2	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur sol nu (ESN) en mm/j
Bol Matafo (1962-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.3	8.5	10.5	11.0	9.8	9.1	8.0	6.3	6.9	9.1	9.0	7.8

ESN (moyenne 1962-77) : 3140 mm/an

Station : BOL MATAFO Evaporation bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962							10.9	7.4	6.3		10.0	9.6
1963	7.4	7.7	11.1	11.6	11.4	9.8	8.4	7.9	6.8			
1964		9.1	10.3	12.2	12.1	9.7		5.2	6.1	7.3		10.0
1965	8.3	8.2	10.7	12.9	11.7	10.5	9.9	7.1	8.7	10.1	9.9	8.6
1966	7.4	8.1	9.1	7.3	6.0	6.6	7.9	7.8	6.8	8.8	9.2	8.3
1967	8.2	10.3	12.1	11.6	11.5	9.4	8.4	5.9	6.7	8.7	8.7	7.1
1968	6.7	8.6		12.0	10.2	7.9	6.3	7.5	6.9	9.8	9.4	8.0
1969	7.8	9.4	10.4	11.7	10.1	9.1	9.1	6.8	7.0	8.2	9.9	8.6
1970	8.5	11.0	13.0	14.6	11.9	12.0	9.0	6.2	6.3	11.1	11.3	9.0
1971	7.9	10.7	14.3	15.1	11.9	11.5	9.0	6.2	7.6	11.3	10.4	9.3
1972	8.6	12.0	14.8	13.4	12.1	11.1	10.1	7.6	8.6	10.0	11.5	9.8
1973	10.3	11.8	14.9	16.4	15.4	12.5	11.6	6.9	8.2	12.4	11.7	10.6
1974	10.1	11.7	15.2	13.2	12.9	11.2	7.2	5.7	7.1	11.4	11.4	9.3
1975	9.1	11.2	14.4	13.5	11.7	10.4	7.8	6.8	7.3	12.2	11.4	10.0
1976	8.3	10.3	10.9	12.4	9.1	8.5	7.7	6.5	7.0	8.1	9.8	8.5
1977	9.4	11.9	15.4	16.1	10.8	9.6	8.1	5.6	7.4	9.3	9.2	8.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bol Matafo (1962-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.4	10.1	12.6	12.9	11.3	10.0	8.8	6.7	7.2	9.9	10.3	9.0

ECLA (moyenne 1962-77) : 3560 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculées selon Penman (EP) (a=0.05) en mm/j
Bol Matafo

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.1	7.3	8.2	9.0	8.3	7.9	7.5	6.6	6.7	7.4	7.1	6.2

EP : 2690 mm/an

@ Lieu : BOL DUNE (13°28'N , 14°43'E) alt.= 292 m

Appareils utilisés :

Bac Colorado sur sol nu (ESN)

Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation :

ESN : 1960 - 1970

ECLA : 1963 - 1970

Résultats :

Station : BOL DUNE Evaporation bac Colorado sol nu en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960	8.6	10.2	9.6	9.3	7.4	8.0	5.1	5.0	6.0	8.4	9.0	8.0
1961	8.8	11.8	11.3	11.0	9.9	7.2	4.6	3.3	5.7	9.3		
1962												
1963											10.7	7.9
1964	8.2	11.1	12.7	12.2	10.9	9.3	7.8	4.6	7.1	9.0		8.0
1965	9.2	9.5	12.0	12.3	11.9	8.4	8.2	5.6	6.6	8.5	9.8	7.8
1966	8.7	10.5	11.1	10.5	9.8	8.2	8.4	7.3	6.4	10.0	9.5	8.4
1967	8.6	10.9	12.2	10.7	11.4	9.2	7.9	6.7	6.9	9.3	9.2	7.6
1968	8.1	9.3	11.2	11.0	9.0	7.7	6.2	6.3	6.8	10.5	9.7	8.3
1969	8.3	9.9	10.9	11.6	9.6	8.1	7.5	6.5	6.8	7.8	10.1	8.2
1970	8.3	10.3	11.9	12.2	9.9	10.0	7.9	6.3	6.4	10.3	9.9	9.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur sol nu (ESN) en mm/j
Bol Dune (1960-1970)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.5	10.4	11.4	11.2	10.0	8.5	7.1	5.7	6.5	9.2	9.7	8.1

ESN (moyenne 1960-70) : 3230 mm/an

Station : BOL DUNE Evaporation bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963	10.8	12.7	15.6	12.0	10.5	10.0	8.3	6.8	8.7	9.2	12.5	10.0
1964	10.4	13.4	16.1	14.7	12.0	10.4	8.5	4.8	7.9	10.3		9.4
1965	10.6	11.2	14.1	13.7	13.9	8.8	8.4	6.7	7.4	10.0	11.3	9.8
1966	10.5	13.2	14.0	13.1	10.6	8.9	9.0	7.3	7.0	11.2	11.7	10.3
1967	10.5	13.3	15.1	13.7	13.9	10.8	9.0	8.4	7.6	10.4	10.1	8.6
1968	9.0	11.0	13.2	13.0	10.4	8.1	6.7	7.0	7.3	11.8	11.0	9.5
1969	9.3	12.1	13.1	13.3	10.7	8.6	7.8	6.5	7.1	8.1	11.1	9.5
1970	9.8	12.1	14.0	14.7	11.5	11.2	8.5	6.8	6.8	11.4	10.9	9.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bol Dune (1963-1970)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.1	12.4	14.4	13.5	11.7	9.6	8.3	6.8	7.5	10.3	11.2	9.6

ECLA (moyenne 1963-70) : 3810 mm/an

@ Lieu : BOL ILE

Appareil utilisé : Bac flottant

Période d'observation : 1960 -1964 (sauf 1962)

Résultats :

Station : BOL ILE Evaporation bac flottant en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960	6.0	8.0	6.9	7.2	5.9	6.9	4.5	2.6	4.8	6.7	6.3	6.9
1961	5.8	6.2	6.2	6.5	6.7	6.0	2.9	1.8	2.8	5.6		
1962												
1963	4.4	5.4	6.3	6.8	7.3	6.7	5.2	5.4	3.8	5.2	6.1	5.1
1964	5.1	6.1	7.6	7.4	6.6	6.7	6.5			7.2		4.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Flottant (EFLOT) en mm/j
Bol Ile (1960-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.3	6.4	6.8	7.0	6.6	6.6	4.8	3.3	3.8	6.2	6.2	5.5

EFLOT (moyenne 1960-64) : 2080 mm/an

* Lieu : BA-ILLI (10°31'N , 16°26'E) alt.= 329 m

Sources : RIOU, 1975 ; ORSTOM, 1974 ;

Cadre : Etude de l'évaporation

Climat : Transition zone sahélienne - zone tropicale humide ;

P ≈ 920 mm/an ; Tmax = 39,9 °C et Tmin = 13,5 °C

Méthodes utilisées :

Bac Colorado sur pelouse (EPEL)

Formule de PENMAN (EP) (a= 0.05)

Périodes d'observation :

EPEL : 1966 - 1971

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado pelouse en mm/j, Ba- illi

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1966	5.7	7.2	8.0	7.0	5.8	4.8	4.8	4.1	4.2	4.6	5.3	5.3
1967	5.7	7.1	7.9	7.8	7.5	6.1	4.8	4.5	4.5	5.2	5.3	4.8
1968	5.5	6.8	7.6	7.4	6.4	4.9	4.5	4.5	4.7	5.4	5.0	4.9
1969	5.2	5.9	6.7	6.7	6.8	5.9	4.4	4.2	4.6	4.7	5.2	5.0
1970	5.0	6.8	7.7	6.8	6.8	6.3	4.7	3.7	4.0	5.2	5.5	4.8
1971	5.2	6.7	7.1	7.7	7.4	5.9	4.5	3.5	3.8	5.2	5.6	5.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur pelouse (EPEL) en mm/j
Ba-illi (1966-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	6.8	7.5	7.2	6.8	5.7	4.6	4.1	4.3	5.1	5.3	5.0

EPEL (moyenne 1966-71) : 2050 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculées selon Penman (EP) ($a=0.05$) en mm/j
Ba-illi

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.5	6.4	6.9	6.8	6.5	6.0	5.5	5.1	5.3	5.6	5.4	5.4

EP : 2140 mm/an

* Lieu : **BEDEDJIA** (8°40'N , 16°33'E) alt.= 395 m

Sources : *RIOU, 1975 ; ORSTOM, 1974 ; ANONYME, 1971 ;*

Cadre : Etude de l'évaporation

Climat : Tropical humide ; P ≈ 1260 mm/an ; Tmax = 38,5 °C et Tmin = 14,9 °C

Méthodes utilisées :

Bac Colorado sur pelouse (EPEL)

Formule de PENMAN (EP) ($a= 0.05$)

Périodes d'observation :

EPEL : 1966 - 1972

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado pelouse en mm/j, Bebedjia

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1966	5.9	7.2	7.7	7.3	5.3	5.5	5.0	3.8	4.1	4.9	5.1	5.2
1967	5.5	6.5	7.7	7.2	6.3	4.6	4.1	3.3	4.0	4.8	5.3	5.5
1968	5.6	6.1	7.1	7.1	5.2	4.0	4.0	4.0	4.3	4.8	4.9	5.7
1969	6.4	6.7	7.4	7.0	5.9	4.7	4.3	4.1	4.1	4.8	5.6	5.2
1970	5.5	7.4	8.5	7.2	6.4	5.2	3.7	3.9	4.1	5.1	6.1	5.5
1971	5.7	6.7	7.5	7.4	7.1	5.3	3.8	3.6	4.1	4.8	5.8	5.2
1972	5.7	6.7	7.5	6.7	4.9	4.9	4.2	4.0	4.0	4.9	5.7	5.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur pelouse (EPEL) en mm/j
Bebedjia (1966-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.8	6.8	7.6	7.1	5.9	4.9	4.2	3.8	4.1	4.9	5.5	5.4

EPEL (moyenne 1966-72) : 2000 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculées selon Penman (EP) ($a=0.05$) en mm/j
Bébédjia

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.8	6.7	7.5	6.8	6.4	5.6	5.0	4.8	5.1	5.5	5.6	5.6

EP : 2150 mm/an

* Lieu : N'DJAMENA (12°07'N , 15°02'E) alt.= 295 m

Sources : BOUCHARDEAU, 1961 ; RIOU & al., 1964 ; RIOU & DUBOIS, 1966 ; RIOU, 1967 ; RIOU, 1975 ; Monographie n°2, 1974 ; ORSTOM, 1974 ;

Cadre : Etude de l'évaporation

Climat : sahélien ; P = 635 mm/an ; Tmax = 40,4 °C et Tmin = 13,6 °C

Méthodes utilisées :

Bac Colorado sur pelouse (EPEL)

Bac Colorado sur sol nu (ESN)

Bac classe A (ECLA)

Formule de PENMAN (EP) ($a= 0.05$)

Périodes d'observation :

EPEL : 1964-1973

ESN : Mai 1960 - Déc. 1973

ECLA : Fev. 1964- Déc. 1973

Résultats :

Station : N'DJAMENA Evaporation bac Colorado pelouse (mm/j)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964		6.9	7.7	7.2	6.9	6.0	4.4	3.1	4.7	5.7	5.8	5.5
1965	5.6	6.7	7.8	7.1	8.0	5.9	5.5	4.4	5.1	5.7	6.0	4.8
1966	5.3	7.0	7.7	7.3	6.4	5.3	5.7	4.5	4.7	6.1	6.4	5.8
1967	5.6	7.0	8.0	7.5	7.5	6.5	4.9	3.7	4.4	5.4	5.9	4.8
1968	5.3	6.8	7.5	7.2	6.5	5.1	4.7	4.4	5.0	6.2	5.8	5.4
1969	5.5	6.2	6.8	7.3	6.6	6.2	5.0	4.3	4.7	5.0	6.1	5.2
1970	5.2	6.6	8.0	7.9	6.9	6.8	5.0	4.0	4.4	5.9	6.3	5.2
1971	5.1	6.6	7.2	8.4	7.1	7.3	5.4	4.1	4.9	6.9	6.4	6.1
1972	5.5	7.0	8.3	8.3	6.9	6.5	5.6	4.6	5.3	5.9	6.5	5.2
1973	6.1	6.8	8.0	8.3	7.7	7.5	6.4	4.5	5.1	6.5	6.6	5.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur pelouse (EPEL) en mm/j
N'djamena (1964-1973)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.5	6.8	7.7	7.7	7.1	6.3	5.3	4.2	4.8	5.9	6.2	5.3

EPEL (moyenne 1964-73) : 2210 mm/an

Station : N'DJAMENA Evaporation bac Colorado sol nu (mm/j)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1956	5.8	7.8	7.8	7.9	7.1	5.5	3.5	3.2	4.9	8.3	5.9	6.9
1960						6.7	3.1	3.8	4.5	7.1	8.3	5.5
1961	7.5	8.6	9.8	10.3	10.9	9.1		3.2	2.6	5.8	5.8	
1962												6.1
1963	5.9	7.8	9.3	8.5	8.5	7.8	6.1	4.1		5.5	7.1	5.9
1964		8.0	8.9	9.0	9.2	7.6	4.9	3.4	4.9	6.5	6.8	6.4
1965	6.6	7.7	9.1	9.1	9.8	7.2	6.4	5.1	5.7	6.8	6.9	5.7
1966	6.1	7.8	8.8	8.7	7.6	6.1	6.4	4.9	5.3	6.8	7.3	6.4
1967	6.2	7.8	9.0	8.9	9.3	7.9	5.6	4.1	4.7	6.5	7.1	5.9
1968	6.0	7.5	9.0	9.5	8.4	6.0	5.3	4.7	5.7	7.1	6.9	6.3
1969	6.3	7.5	8.6	9.2	8.4	7.8	5.8	4.9	5.4	6.0	7.1	6.2
1970	6.1	7.3	9.1	9.7	9.0	8.5	5.9	4.3	4.8	7.0	7.0	5.7
1971	5.7	7.4	8.7	9.8	8.8	8.6	6.0	4.1	5.1	7.4	6.8	6.3
1972	5.7	7.4	8.9	9.5	8.4	8.0	6.4	5.0	6.1	6.6	7.3	6.0
1973	6.8	7.8	9.2	9.8	9.2	8.9	7.5	5.1	6.0	7.9	7.3	6.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado sur sol nu (ESN) en mm/j
N'djamena (1960-1973)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.3	7.7	9.0	9.3	9.0	7.7	5.8	4.4	5.1	6.7	7.1	6.1

ESN (moyenne 1960-73) : 2550 mm/an

Station : N'DJAMENA Evaporation bac Classe A (mm/j)

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964		8.9	10.1	10.6	10.7	8.6	5.5	4.0	5.7	7.3	6.9	6.6
1965	7.2	8.6	10.3	9.8	10.8	7.3	6.5	6.0	6.4	7.3	7.3	6.0
1966	6.9	8.8	10.2	9.9	8.5	7.0	7.3	5.6	5.9	7.8	8.0	7.1
1967	7.0	9.1	10.4	10.4	10.7	9.0	6.5	4.9	5.3	7.0	7.2	6.2
1968	6.4	8.2	9.7	10.5	9.0	6.5	5.6	5.1	6.1	7.8	7.3	6.6
1969	6.7	8.6	9.9	10.0	8.9	8.6	6.2	5.4	6.0	6.7	7.4	6.8
1970	6.7	8.4	10.2	10.7	10.1	9.2	6.6	4.7	5.5	7.2	7.1	6.2
1971	6.1	8.4	9.9	10.7	9.6	9.1	6.4	4.6	5.5	7.8	7.5	6.8
1972	6.3	8.2	10.2	10.6	9.0	8.7	6.7	5.3	6.5	7.0	7.6	6.3
1973	7.2	8.6	10.0	11.0	10.0	9.5	8.1	5.4	6.5	8.3	7.6	6.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j N'djamena (1964-1973)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	8.6	10.1	10.4	9.7	8.4	6.5	5.1	5.9	7.4	7.4	6.5

ECLA (moyenne 1964-73) : 2820 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation calculées selon Penman (EP) (a=0.05) en mm/j N'djamena

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	6.9	7.7	8.0	7.6	6.8	5.9	5.3	6.0	6.5	5.7	5.1

EP : 2340 mm/an

Relation entre ECOL et ECLA

Relation entre l'évaporation sur nappe et l'évaporation sur bac

* Lieu : **DIK DIK** (30 km à l'ouest de Moundou)
 bassin versant de Bade : 8°30'-8°40'N , 15°40'-15°56'E

Sources : *Billon & al., 1964 ; CALLEDE & al., 1965 ;*
 Cadre : Etude hydrologique du bassin de Bade

Appareil utilisé : Bac Colorado
 Période d'observation : 1963-1964

Résultats :

Station de DIK DIK, évaporation bac Colorado, valeurs moyennes mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963								3.9	4.2	5.0	6.8	6.7
1964	7.1	9.3	10.5	9.2	7.3	5.6	4.0	3.8	5.2	4.8		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Dik Dik (1963-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.1	9.3	10.5	9.2	7.3	5.6	4.0	3.9	4.7	4.9	6.8	6.7

ECOL (moyenne 1963-64) : 2420 mm/an

* Lieu : DOUGUIA (12°39'N , 14°49'E)

Sources : ANONYME, 1955 ;

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1954

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Dougouia (1954)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	8.5	9.7	10.7	9.1	8.1	5.5		3.9	6.0	6.2	6.8

ECOL (1954) : 2720 mm/an

Le bac de Dougouia est situé au bord du Chari, toujours bordé par une galerie de petits arbres. L'humidité est plus forte qu'à Maroua et Bogo (Cameroun) en saison sèche, malgré une situation plus septentrionale.

* Lieu : FADA (17°10'N , 21°33'E) alt.= 540 m

Sources : ROCHE, 1963 ; RODIER, 1964 ;

Cadre : Etude hydrologique

Climat : P = 100 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1976-1979 (sauf Mai et Juin)

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Fada (1976-1979)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.1	10.8	12.5	10.6			12.2	8.8	10.6	11.2	11.5	11.1

* Lieu : LAI (9°24'N , 16°18'E) alt= 358 m

Sources : BOUCHARDEAU, 1957 ; BOUCHARDEAU, 1961 ; ROCHE, 1963 ;

Cadre : Etude de l'évaporation

Climat : P = 1080 mm/an

Appareils utilisés : Bac Colorado (ECOL)

Périodes d'observation : 1954 - 1957

Résultats :

Evaporation sur bac Colorado en mm/j, Lai

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1954	9.7	9.8	10.2	10.5	7.6	4.5	2.9	3.4	4.1	5.2	6.9	7.4
1955	6.4	7.7	9.2	8	6.2	4.5	2.4	2.9	3.3	4.6	5.4	5.7
1956	5.7	7.7	7.3	8.5	7.5	5.7	3.8	2.9	2.9	4.9	6.4	6.1
1957	6.6	7.9	7.3									

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Lai (1954-1957)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.2	8.3	8.5	8.9	7.4	5.0	3.3	3.5	3.7	5.6	7.0	6.4

ECOL (moyenne 1954-57) : 2270 mm/an

* Lieu : Bassin représentatif du MAYO LIGAM
(près des chutes de Gauthiot : 9°43'N , 14°34'E)

Sources : CALLEDE, 1966 ;

Cadre : Etude hydrologique pour l'aménagement des chutes Gauthiot

Appareil utilisé : Bac Colorado

Périodes d'observation : Juil. 1961 - Avril 1962 et Juil. 1964 - Sept. 1965

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelle en mm/j, Mayo Ligam

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961							3.7	3.7	4.7	7.2	9.3	
1962	9.7	12.1	13.6	12.3								
1964							5.4	4.8	5.9	6.4	7.6	9.1
1965	8.8	10.0	12.5	11.6	9.9	6.0	5.5	4.4	4.5			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Mayo ligam (1961-1965)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.3	11.1	13.1	12.0	9.9	6.0	4.9	4.3	5.0	6.8	8.5	9.1

ECOL (moyenne 1961-65) : 3030 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau de très grande dimension : 1900 mm/an

ANNEXE III.15

TOGO

BAFILO

CORREKOPE

DZOBEGAN

Lac ELIA

KANDE

LOME-ORSTOM

MANDOURI

MANGO

NADJOUNDI

NAGBETO

KPADAYO

Plaine de PAIOKOU

Lac TOGO- AGBODRAFO

Projet de retenue d'ADJARALA

Projet de retenue sur la KOZA

Barrage de N'GAMBETO

* Lieu : **BAFILO** (9°20'N , 1°15'E) alt.= ?

Sources : *COLOMBANI & LAMAGAT, 1970* ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Oct. 1957 - Oct. 1958 (sauf Mars)

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Bafilo

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957										4.0	4.6	5.4
1958	6.7	8.1		7.0	7.4	5.7	4.8	4.5	5.1	5.4		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Bafilo (1957-1958)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	8.1		7.0	7.4	5.7	4.8	4.5	5.1	4.7	4.6	5.4

ECOL (moyenne 1957-58) : 1940 mm/11mois

* Lieu : **CORREKOPE** (7°45'N , 1°15'E) alt.= 160 m

Sources : *COLOMBANI & LAMAGAT, 1970* ; *BOUCHARDEAU, 1965* ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : 1964 -1969

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Correkope

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	3.4	4.6	5.2	4.7	4.0	3.5	3.1	2.8	2.6	3.8	5.1	4.3
1965	4.5	5.2	5.8	5.5	5.5	3.7	3.0	2.8	3.3	4.0	4.4	3.8
1966	3.8	5.4	5.9	5.2	5.1	3.2	3.5	2.3	2.8	3.4	4.2	3.4
1967	3.7	4.9	5.4	5.1	5.3	3.2	2.7	2.6	3.1	3.3	4.2	3.5
1968	3.2	4.5	5.2	5.1	4.4	3.1	2.6	2.9	3.0	3.4	3.6	3.1
1969	3.6	4.1		3.8	4.0	3.6	2.9	2.3	2.7	3.1	3.7	3.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Correkope (1964-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.7	4.8	5.5	4.9	4.7	3.4	2.9	2.6	2.9	3.6	4.3	3.6

ECOL (moyenne 1964-69) : 1430 mm/an

* Lieu : DZOBEGAN (7°14'N , 0°42'E) alt.= 784 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ; BOURGES, 1979 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Sept. 1963 - Déc. 1975

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Dzobegan

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963									1.8		3.3	2.9
1964	3.4	4.4	4.8	3.2	2.7	2.1	1.6	1.5	1.5	2.5	3.5	2.7
1965	2.8	2.7	3.7	3.5	3.2	2.3	2.1	1.7	1.9	2.9	3.8	3.3
1966	3.4	4.2	3.4	3.0	3.2	2.3	1.7	1.3	1.7	2.4	3.1	2.8
1967	3.8	3.3	3.6	2.6	3.2	2.1	1.6	1.4	2.0	2.6	3.4	2.3
1968	3.8	3.1	2.9	2.5	2.9	2.6	1.7		1.8	2.6	2.7	2.3
1969	3.0	3.3	3.0	2.4	2.6	2.0	1.4	1.1	1.6	1.9	3.2	2.7
1970	2.6	3.1	3.2	2.7	2.5	2.2	1.6	1.3	1.4	2.4	2.9	2.9
1971	3.0	3.2	3.1	3.4	3.2	2.4	1.9	1.9	1.7	2.7	3.7	3.2
1972	3.2	3.0	3.1	3.1	3.4	2.0	1.8	1.7	2.2	2.4	3.7	3.1
1973	3.6	4.1	4.9	4.2	4.3	2.6	2.6	2.2	2.7	3.1	4.1	3.0
1974	3.5	4.0	3.8	3.5	3.3	2.5	2.4		1.6	2.8		3.3
1975	4.3	3.8	3.8	3.7	3.5	2.9	2.2	1.7	1.9	3.1	4.2	3.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Dzobégan (1963-1975)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.4	3.5	3.6	3.1	3.2	2.3	1.9	1.6	1.8	2.6	3.4	2.9

ECOL (moyenne 1963-75) : 1010 mm/an

* Lieu : Lac ELIA (6°34'N , 1°36'E) alt.= 20 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Juin 1962 - Déc. 1964

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Lac Elia

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962						3.3	2.4	2.2	3.5	3.8	3.8	3.9
1963	4.0	6.0	5.7	5.6	4.1	3.8	2.9	3.5	3.2	3.4	3.2	3.8
1964	3.4	4.7	6.8	5.3	5.9	4.6	3.6	4.0	5.0	5.1	6.2	6.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Lac Elia (1962-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.7	5.3	6.2	5.4	5.0	3.9	3.0	3.2	3.9	4.1	4.4	4.6

ECOL (moyenne 1962-64) : 1610 mm/an

* Lieu : KANDE (9°55'N , 1°03'E) alt.= 270 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : 1962 - 1964

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Kande

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962	12.0	14.2	10.1	8.6	6.9	4.7	3.9	3.5	3.3	4.7	5.1	6.8
1963	6.5	7.3	8.2	7.6	6.1	6.2	4.6	3.6	4.1	5.1	6.9	6.7
1964	7.8	9.7	8.8	7.8	7.5	5.8	5.7	3.7	3.9	6.5	6.9	6.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Kande (1962-1964)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	10.4	9.0	8.0	6.8	5.6	4.7	3.6	3.8	5.4	6.3	6.7

ECOL (moyenne 1962-64) : 2400 mm/an

* Lieu : LOMÉ ORSTOM (6°07'N , 1°13'E) alt.= 5 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareils utilisés :

Bac Colorado sur pelouse (EPEL)

Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation :

EPEL : 1962 - 1969

ECLA : Fev. 1963 - Mars 1965 et Janv. 1967 - Juil. 1968

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Lomé

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962	4.7	5.4	5.8	5.7	5.8	2.8	4.2	4.8	5.7	4.5	5.0	5.0
1963	4.7	5.7	6.4	5.6	5.4	4.4	4.0	4.6	4.8	5.6	5.1	4.6
1964	3.8	4.9	6.2	5.3	5.1	4.3	3.8	4.3	5.0	5.6	5.5	4.4
1965	4.2	5.2	5.2	5.3	5.5	3.9	3.8	4.7	5.1	5.7	5.4	4.0
1966	3.6	4.8	5.9	5.6	5.0	4.1	4.4	4.5	4.7	5.6	5.3	4.4
1967	3.5	4.4	4.6	4.8	5.2	4.3	4.2	4.1	4.9	5.3	5.2	4.2
1968	3.7	4.6	5.3	5.0	4.9	3.5	3.8	3.2	4.5	4.8	5.0	4.5
1969	3.8	5.0	6.2	6.0	5.6	4.6	3.9	4.4	4.9	5.1	5.0	4.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (EPEL) en mm/j
Lomé (1962-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.0	5.0	5.7	5.4	5.3	4.0	4.0	4.3	5.0	5.3	5.2	4.5

EPEL (moyenne 1962-69) : 1650 mm/an

Evaporation bac Classe A, valeurs mensuelles en mm/j, Lomé

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963		5.8	6.4	5.9	5.4	4.1	4.1	4.3	5.3	5.5	5.1	4.7
1964	3.8	4.8	6.2	5.3	5.0	3.9	3.2	3.5	4.5	5.0	4.9	4.0
1965	4.0	5.0	5.3									
1966												
1967	3.6	4.4	4.6	4.8	5.0	4.1	4.0	3.8	4.5	5.2	5.5	4.4
1968	3.8	4.9	5.0	4.6	4.7	3.2	3.5					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j Lomé (1963-1968)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.8	5.0	5.5	5.1	5.0	3.8	3.7	3.9	4.8	5.2	5.2	4.4

ECLA (moyenne 1963-68) : 1680 mm/an

* Lieu : MANDOURI (10°51'N , 0°49'E) alt.= 138 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Juil. 1967 - Déc. 1969

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Mandouri

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1967							4.7	3.3	3.2	4.3	6.2	
1968	8.1	8.9	10.5	9.7	8.5	4.4	3.5	3.3	3.2	4.4	5.1	5.9
1969	7.3	8.7	10.1	8.0	9.4	6.7	4.7	3.8	3.6	5.3	7.4	7.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j Mandouri (1967-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.7	8.8	10.2	8.8	9.0	5.6	4.3	3.4	3.4	4.7	6.2	6.9

ECOL (moyenne 1967-69) : 2410 mm/an

* Lieu : MANGO (10°22'N , 0°28'E)

Sources : ROCHE & DUBREUIL, 1960 ;

Cadre : Synthèse des résultats d'évaporation sur bac Colorado en Afrique de l'Ouest d'expression Française

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1959 - 1960

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j
Mango (1959-1960)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.4		(9.0)	8.5	5.8	3.8	3.4	3.4	3.9	7.3	7.5	

* Lieu : NADJOUNDI (11°01'N , 0°11'E) alt.= 260 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Mai 1962 - Nov. 1963

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Nadjoundi

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962					8.5	5.9	5.1	4.2	4.1	5.6	6.1	7.8
1963	7.9	8.1	10.2	9.7	7.9	7.1	5.4	4.0	4.7	5.0	6.7	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Nadjoundi (1962-1963)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.9	8.1	10.2	9.7	8.2	6.5	5.3	4.1	4.4	5.3	6.4	7.8

ECOL (moyenne 1962-63) : 2550 mm/an

* Lieu : NAGBETO (7°26'N , 1°26'E) alt.= 119 m

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Sept. 1964 - Nov. 1969

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Nagbéto

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964									2.6	3.3	4.4	4.1
1965	4.3	4.4	3.9	4.8	4.5	4.2		4.8	4.8	4.3	5.2	5.3
1966	4.8	5.7	5.7	5.8	4.1	4.6	4.5	3.9	4.4	4.2	4.1	3.9
1967	4.3	4.6	5.0	4.3	3.7				2.3	3.0	3.7	3.5
1968	3.5	4.2	4.7	3.7	2.8	2.5	1.6	1.8	2.0	2.7	3.2	2.8
1969	3.1	4.3	4.4	3.2	2.6	2.0	1.5	1.4	2.1		3.4	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Nagbéto (1964-1969)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.0	4.6	4.7	4.4	3.5	3.3	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	3.9

ECOL (moyenne 1964-69) : 1350 mm/an

* Lieu : **KPADAYO** (9°41'N , 1°11'E)
 Bassin de la KOZA : 9°37'-9°41'N , 1°10'-1°13'E)

Sources : *L'HOTE & al., 1975 ; MOYON & al., 1976 ;*
 Cadre : Etude hydrologique de la Koza
 Climat : Tropical de transition

Appareil utilisé : Bac Colorado
 Période d'observation : Sept. 1974 - Avril. 1976

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm, Kpadayo

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1974									2.4	3.7	6.6	8.8
1975	9.9	8.7	8.7	6.6	4.0	4.4	2.8	2.7	2.6	4.1	5.8	8.8
1976	8.1	7.5	8.7	7.2								

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
 Kpadayo (1974-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.0	8.2	8.7	6.9	4.0	4.4	2.8	2.7	2.5	3.9	6.2	8.8

ECOL (moyenne 1974-76) : 2070 mm/an

* Lieu : PAIOKOU (10°15'N , 0°27'E) alt= 119 m
Plaine inondable

Sources : BOUCHARDEAU & al., 1962 ;

Cadre : Données de base pour l'aménagement de la plaine de Paiokou

Appareil utilisé : Bac Colorado sur pelouse

Période d'observation : Avril - Oct. 1959-1961

Résultats :

Evaporation bac Colorado, valeurs mensuelles en mm/j, Paiokou

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1959				9.5	7.3	3.8	3.1	2.2	2.2	4.7		
1960				9.3	8.5	5.8	3.2	2.9	2.4	6		
1961					9.2	6.1	3.5	3.4	3	6.1		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
Paiokou (1959-1961)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(7.1)	(8.4)	(9.3)	(9.3)	8.3	5.2	3.3	2.8	2.5	5.6	(6.6)	(6.4)

Les chiffres entre parenthèses sont les moyennes des stations ayant même climat (900 < P < 1000 mm/an):
Kénié, Lai, Dounfing

Estimation l'évaporation annuelle sur bac à Paiokou : 2270 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe : 1810 mm/an

* Lieu : Lac TOGO - Station d'AGBODRAFO (6°10'N , 1°30'E)

Sources : MILLET, 1981, 1983 et 1984 ;

Méthodes utilisées :

Bac Colorado (ECOL)

Formule de Penman (a= 0.05) (EP)

Périodes d'observation :

ECOL : Juillet 1981 - Octobre 1982

EP : Juillet 1981 - Décembre 1982

Résultats :

Station d'Agbodrafo, évaporation sur bac Colorado , valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1981							4.9	5.6	5.0	5.0	5.6	4.4
1982	5.0	6.0	5.6	4.1	3.0	2.2	3.3	5.1	6.2	5.8		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Colorado (ECOL) en mm/j Agbodrafo (1981-1982)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.0	6.0	5.6	4.1	3.0	2.2	4.1	5.4	5.6	5.4	5.6	4.4

ECOL (moyenne 1981-82) : 1710 mm/an

Station d'Agbodrafo, évaporation Penman avec a= 0.05, valeurs mensuelles en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1981							3.91	4.23	5.07	5.53	4.77	4.98
1982	5.02	5.11	5.46	5.03	4.70	3.59	4.08	3.85	4.57	5.32	5.34	4.87

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation Penman avec a= 0.05 (EP) en mm/j Agbodrafo (1981-1982)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.0	5.1	5.5	5.0	4.7	3.6	4.0	4.0	4.8	5.4	5.1	4.9

EP (moyenne 1981-82) : 1740 mm/an

* Lieu : **ADJARALA** (6°54'N , 1°36'E)
 Sur le Mono

Sources : *ANONYME, 1988* ;
 Cadre : Etude de faisabilité du projet Adjarala

Méthodes utilisées :

Bacs Colorado de
 Nangbéto (7°25'N , 1°25'E)
 Lac Elia (6°34'N , 1°36'E)

Bac Classe A de Tabligbo (6°35'N , 1°30'N)

Formule de Penman (ETP)
 Atakpamé
 Tabligbo

Périodes d'observation :

Nangbéto : 1964-1969
 Lac Elia : 1962-1964
 Tabligbo : depuis 1978

Résultats :

Tableau : Estimations mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Colorado (ECOL) en mm/j
 Adjarala

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.2	5.7	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.9	4.1	4.5	5.0	4.9

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac à Adjarala : 1750 mm/an

ETP (Atakpamé) : 1540 mm/an

ETP (Tabligbo) : 1470 mm/an

Estimation de l'évaporation sur la retenue : 1500 mm/an

Tableau : Répartitions mensuelles de l'évaporation sur la retenue en mm/j
 Adjarala

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.9	4.5	5.1	5.3	4.8	4.0	3.4	3.3	3.7	3.6	4.0	4.9

* Lieu : **Projet de retenue de la KOZA**
(Région de LAMA-KARA et NIAMTOUGOU)

Sources : ORSTOM, 1972 ;

Cadre : Détermination de la retenue à créer sur la Koza

Climat : tropical de transition ; P ≈ 1260 mm/an

Appareil utilisé : Bac Colorado

Période d'observation : 1971

Résultats :

Estimation de l'évaporation annuelle sur bac : 1700 mm/an

Estimation de l'évaporation sur nappe : 1700 mm/an

* Lieu : **Retenue de NAGBETO** (Sud Est d'ATAKPAME)
Sur le MONO

Sources : COLOMBANI & LAMAGAT, 1970 ; BOUCHARDEAU, 1965 ;

Cadre : Etude de l'évaporation au Togo

Appareil utilisé : Bac Colorado de CORREKOPE

Période d'observation : 1964 - 1969

Résultats : Estimation de l'évaporation sur la retenue : 1300 mm/an ($k=0.85$)

ANNEXE IV

MESURES RECUEILLIES AUX STATIONS CLIMATOLOGIQUES

LISTE DES STATIONS CLIMATOLOGIQUES

ANNEXE IV.1	:	BENIN
ANNEXE IV.2	:	BURKINA FASO
ANNEXE IV.3	:	CAMEROUN
ANNEXE IV.4	:	REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE
ANNEXE IV.5	:	COTE D'IVOIRE
ANNEXE IV.6	:	GABON
ANNEXE IV.7	:	GHANA
ANNEXE IV.8	:	MALI
ANNEXE IV.9	:	MAURITANIE
ANNEXE IV.10	:	NIGER
ANNEXE IV.11	:	SENEGAL
ANNEXE IV.12	:	TCHAD
ANNEXE IV.13	:	TOGO

Légende (*) :

(**) .:

Liste des stations

BENIN

- 1 BOHICON.....(7°10'N , 2°04'E)
- 2 COTONOU.....(6°21'N , 2°23'E)
- 3 KANDI.....(11°08'N , 2°56'E)
- 4 NATTINGOU.....(10°19'N , 1°23'E)
- 5 PARAKOU.....(9°21'N , 2°36'E)
- 6 SAVE (1970-78).....(7°59'N , 2°26'E)

BURKINA FASO

- 7 BEREGADOUGOU (1979-87).....(10°45'N , 4°44'W)
- 8 BOBO DIULASSO (**)...(11°10'N , 4°19'W)
- 9 DORI.....(14°02'N , 0°02'W)
- 10 FADA N'GOURMA.....(12°02'N , 0°22'E)
- 11 FARAKO BA.....(11°06'N , 4°20'W)
- 12 MOGTEDO.....(12°17'N , 0°50'W)
- 13 NIANGOLOKO.....(10°16'N , 4°55'W)
- 14 NIANKA-SUD (**)...(10°45'N , 4°44'W)
- 15 OUAGADOUGOU.....(12°21'N , 1°31'W)
- 16 OUAHIGOUYA (**)...(13°35'N , 2°26'W)
- 17 SARIA.....(12°16'N , 2°09'W)
- 18 SEREFEDOUYOU.....(10°44'N , 4°42'W)

CAMEROUN

- 19 AMBAM (*).....(2°23'N , 11°16'E)
- 20 BATOURI (**)...(4°26'N , 14°22'E)
- 21 DOUALA.....(4°01'N , 9°42'E)
- 22 GAROUA.....(9°20'N , 13°23'E)
- 23 KOUNDJA.....(5°38'N , 10°45'E)
- 24 MAMFE (*).....(5°44'N , 9°19'E)
- 25 MAROUA.....(10°27'N , 14°15'E)
- 26 MEIGANGA (**)...(6°32'N , 14°17'E)
- 27 NKOLBISSON (*).....(3°52'N , 11°27'E)
- 28 N'GAOUNDERE.....(7°21'N , 13°33'E)
- 29 YABASSI (*).....(4°27'N , 9°58'E)
- 30 YAOUNDE.....(3°51'N , 11°30'E)
- 31 YOKO (**)...(5°32'N , 12°18'E)

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

- 32 BANGUI (*).....(4°24'N , 18°31'E)
- 33 BOSSANGOYA (*).....(6°29'N , 17°26'E)

COTE D'IVOIRE

34 ABIDJAN	(5°15'N , 3°56'W)
35 BOUAKE	(7°44'N , 5°04'W)
36 KORHOGO	(9°25'N , 5°37'W)
37 ODIENNE	(9°30'N , 7°34'W)
38 YAMOOUSSOUKRO.....	(6°54'N , 5°21'W)

GABON

39 LIBREVILLE (*)	(0°27'N , 9°25'E)
-------------------------	-------------------

GHANA

40 BUI (*)	(8°17'N , 2°17'W)
41 EJURA (*)	(7°24'N , 1°22'W)
42 HO (*)	(6°36'N , 0°29'E)
43 KETEKRACHI (*)	(7°48'N , 0°04'W)
44 KPONG (*)	(6°08'N , 0°04'E)
45 NAVRONGO (*)	(10°53'N , 1°51'W)
46 TAMALE (*)	(9°25'N , 0°53'W)
47 WA (*)	(10°04'N , 2°30'W)

MALI

48 BAMAKO (**)	(12°38'N , 8°02'W)
49 BOUGOUNI (*)	(11°25'N , 7°30'W)
50 GAO (*)	(16°16'N , 0°03'W)
51 KAYES (*)	(14°26'N , 11°26'W)
52 MOPTI	(14°31'N , 4°06'W)
53 SEGOU	(13°24'N , 6°09'W)
54 SIKASSO (*)	(11°21'N , 5°41'W)

MAURITANIE

55 NOUAKCHOTT	(18°08'N , 15°58'W)
---------------------	---------------------

NIGER

56 AGADEZ AERO (1982-89).....	(16°58'N , 7°59'E)
57 BIRNI N'KONNI (1982-89)	(13°48'N , 5°17'E)
58 CHIKAL (**)	(14°25'N , 3°26'E)
59 GOURE (1984-89 sans 1986).....	(13°59'N , 10°15'E)
60 MAGARIA (1982-89).....	(12°59'N , 8°56'E)
61 MAINE SOROA (**)	(13°14'N , 11°59'E)
62 MARADI (1982-89).....	(13°28'N , 7°05'E)
63 N'GUIGMI (1982-89).....	(14°15'N , 13°07'E)
64 NIAMEY AERO (1982-89).....	(13°29'N , 2°10'E)
65 TAHOUA AERO (1982-89)	(14°54'N , 5°15'E)
66 TILLABERY (**)	(14°12'N , 1°27'E)
67 ZINDER (1982-89).....	(13°47'N , 8°59'E)

SENEGAL

68 DAKAR YOUFF (**)...(14°44'N , 17°30'W)

TCHAD

69 ABECHE (*)...(13°51'N , 20°51'E)

70 AM TIMAN (**)...(11°02'N , 20°17'E)

71 ATI...(13°13'N , 18°20'E)

72 BANDA SONASUT (*)...(9°08'N , 18°23'E)

73 BEBEDJIA (*)...(8°41'N , 16°34'E)

74 BOKORO (*)...(12°23'N , 17°03'E)

75 BOL BERIM (*)...(13°28'N , 14°43'E)

76 BOL MATAFO (*)...(13°26'N , 14°44'E)

77 FAYA LARGEAU (*)...(18°00'N , 19°10'E)

78 GASSI (*)...(12°05'N , 15°01'E)

79 GUELENDENG (*)...(10°55'N , 15°33'E)

80 N'DJAMENA (**)...(12°08'N , 15°02'E)

TOGO

81 ATAKPAME (*)...(7°35'N , 1°15'E)

82 LOME...(6°10'N , 1°15'E)

83 TABLIGBO (*)...(6°35'N , 1°30'E)

ANNEXE IV.1

BENIN

BOHICON

COTONOU

KANDI

NATTINGOU

PARAKOU

SAVE

* Station : BOHICON (7°10'N , 2°04'E) alt. = 166 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de BOHICON , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	4.0	5.6	5.1	5.0	4.5	3.9			3.5	3.6	4.6	4.1
1971		4.8	5.3	4.7	5.5	3.7	3.5	3.0	3.1	3.9	4.9	4.3
1972	4.5	5.3	5.1	4.3	3.9	3.5	2.9	3.1	3.8	4.2	4.8	4.0
1973	4.5	5.5	5.7	3.4	4.3	3.8	4.0	3.1	2.9	3.6	4.4	3.7
1974	3.9	4.6	5.0	5.0	4.1	3.9	3.2	3.4	3.1	3.8	4.6	4.5
1975	5.0	5.2	5.6	4.8	4.1	3.3	3.1	2.9	2.9	3.7	3.6	3.5
1976	3.9	4.5	4.1	4.6	4.1	3.5	3.2	2.8	4.0	3.1	3.9	4.1
1977	3.8	5.0	5.7	5.7	5.3	4.3	3.3		3.5	3.7	5.1	4.3
1978	4.6	5.5	5.0	4.3	4.0	3.8	3.5	3.3	3.8	3.6	4.3	4.1

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bohicon (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.3	5.1	5.2	4.6	4.4	3.7	3.3	3.1	3.4	3.7	4.5	4.1

ECLA (moyenne 1970-78) : 1500 mm/an

CV = 3,7 % pour neuf années (1970 à 1978)

* Station : COTONOU AERO (6°21'N , 2°23'E) alt. = 4 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de COTONOU AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970		4.5	5.3	4.8	4.4	4.2	3.9	4.1	3.6		3.8	3.6
1971	3.4	3.7	4.9	4.9	4.4	3.3	4.0	3.9	3.9	4.2	4.5	4.1
1972	3.5	4.7	5.4		4.3		3.8	4.1	4.2	4.1		3.2
1973	3.5	4.5	4.9	5.0				4.1		4.3	4.5	
1974	3.1	4.2	5.6	4.6	3.8		3.7	4.4		4.4	4.9	3.9
1975	3.9	4.5	5.2	5.6	4.2	3.9		3.8	4.1	4.9	4.2	3.7
1976	3.4	4.5	4.6	4.7	4.6	3.3	3.5	3.8	5.0	4.4	5.5	4.2
1977		4.5	5.2	5.7	4.9		4.0		4.6	4.5	4.9	4.0
1978	4.1	5.5		4.4	4.4	3.4	3.6	4.5	4.8	4.6	4.2	3.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Cotonou aéro (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.6	4.5	5.1	5.0	4.4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.4	4.6	3.8

ECLA (moyenne 1970-78) : 1555 mm/an

CV = 2 % pour six années (1970, 71, 74, 75, 76 et 78)

* Station : KANDI (11°08'N , 2°56'E) alt. = 290 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de KANDI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	8.1	9.5	9.5	9.7	7.3	6.8	4.1	3.6	4.4	5.6	6.6	6.5
1971	7.0	8.7	9.4	9.3	7.2	6.3	4.5	3.5	3.9	5.7	6.9	6.8
1972	7.4	9.2	10.2	8.8	7.0	5.2	4.2	4.0	5.1	5.4	6.3	5.8
1973	7.4	8.5	10.1	10.2	9.1	6.0	5.1	4.1	3.9	5.4	7.3	6.6
1974	7.3	10.0	10.4	9.5	7.5	6.5	4.1	3.6	3.8	4.7	6.5	6.8
1975	7.6	8.6	9.7	6.5	6.2	3.9	4.0	3.4	4.2	5.2	6.3	7.4
1976	7.8	9.0	9.9	9.2	6.6	5.2	4.0	3.5	4.2	4.5	6.1	7.2
1977	8.2	10.2	11.6	10.1	7.5	6.3	4.8		4.2	5.0	6.3	7.3
1978	8.5	9.8	9.2	7.2	5.4	5.1	3.8	4.0	4.6	5.1	7.3	7.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Kandi (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.7	9.3	10.0	8.9	7.1	5.7	4.3	3.7	4.2	5.2	6.6	6.9

ECLA (moyenne 1970-78) : 2420 mm/an
CV = 4,3 % pour neuf années (1970 à 1978)

* Station : NATTINGOU (10°19'N , 1°23'E) alt. = 460 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)
Périodes d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de NATTINGOU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	5.7	6.0	6.1	5.4	4.2	4.2	2.6	2.5	2.7	3.9	4.9	4.8
1971	5.7	5.3	5.6	5.3	4.2	3.5	2.7	2.3	3.2	3.7	4.8	4.6
1972	5.2	6.0	5.9	4.6	3.8	3.2	2.9	2.5	2.9	3.3	4.4	4.3
1973	5.5	5.9	5.9	5.3	4.6	3.7	3.2	2.8		3.3	4.4	4.6
1974	5.2	7.0	6.6	5.3	4.3	3.7	2.9	2.5	2.5		5.2	5.9
1975	6.7	6.7	6.6	5.9	4.6	4.1	3.3	2.9	3.0	3.7	4.8	5.5
1976	5.8	6.8	7.3	6.5	4.1	3.6	3.1	2.8	3.4	2.9	3.9	5.2
1977	5.8	7.2	7.7	5.9	5.1	4.0	3.2		3.1	3.6	5.4	5.1
1978	6.4	7.1	5.7	4.5	4.3	4.0	3.3	3.0	2.9	3.2	4.4	5.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Natitingou (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.8	6.5	6.4	5.4	4.3	3.8	3.0	2.7	3.0	3.4	4.7	5.0

ECLA (moyenne 1970-78) : 1640 mm/an
CV = 5,4 % pour neuf années (1970 à 1978)

* Station : PARAKOU (9°21'N , 2°36'E) alt. = 392 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)
Périodes d'observation : 1970 à 1988

Résultats :

Station de PARAKOU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	5.7	7.1	6.7	7.0	6.1	4.5	4.3	2.6	3.2	4.4	5.9	5.6
1971	6.8	7.3	7.3	7.1	5.6	4.9	3.8	2.8	3.8	4.1	5.3	5.7
1972	6.5	7.5	7.9	6.6	4.5	4.6	4.0	3.0	4.0	4.3	5.6	5.7
1973	6.0	7.4	8.3	7.2	6.1	4.8	4.0	3.4	3.5	4.5	5.4	5.1
1974	5.8	6.5	7.2	6.5	5.4	4.8	3.8	3.8	4.0	4.0	5.4	6.7
1975	7.7	7.1	7.2	6.2	5.1	4.7		3.3	3.9	4.4	4.8	6.1
1976	6.2	6.5	7.5	6.5	5.2	4.6	3.8	3.0	3.6	4.5		4.7
1977	5.6	8.0	8.5	6.5	6.1	5.8	4.2		3.6	4.4	6.3	5.9
1978	7.0	7.9	6.8	6.2	4.8	5.2	3.2	3.1	5.0	3.9	5.4	5.3
1979	6.1	8.0	8.0	7.6	5.8	6.7	4.0	3.4	4.0	3.6	4.2	6.1
1980	6.1	7.5	8.2	6.5	4.6	0.0	3.1	2.7	3.5	3.6	4.4	5.9
1981	7.5	8.0	7.2	6.2	4.7	4.5	3.0	2.8	3.5	4.5	5.7	5.6
1982	8.2	7.3	7.5	6.1	4.6	4.2	3.3	2.7	3.6	3.5	4.5	5.7
1983	8.3	8.6	10.1	8.4	7.2	4.0			3.9	4.7	3.1	5.4
1984	7.7	8.8	8.6	6.4	8.0	6.3	4.1	4.0	4.1	4.4	5.5	6.5
1985	7.0	10.3	8.9	6.7	5.6	5.4	4.4	3.4	4.7	4.8	5.7	6.5
1986	6.9	7.2	7.4	8.4	7.2	5.3	3.8	2.8	3.6	4.1	4.9	6.6
1987	6.3	7.4	7.5	7.6	7.0	5.1	4.6	3.8	4.0	4.7	5.6	6.2
1988	6.3	7.3	7.8	6.7	6.3	5.0	4.7	3.3	4.1	4.6	5.8	6.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Parakou (1970-1988)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	7.7	7.8	6.9	5.8	5.0	3.9	3.2	3.9	4.3	5.2	5.9

ECLA (moyenne 1970-88) : 2010 mm/an avec CV = 5,2 % pour 19 ans (1970 à 1988)

ECLA (moyenne 1970-78) : 1970 mm/an avec CV = 2,2 % pour 8 ans (1970 à 1978 sauf 1976)

ECLA (moyenne 1979-88) : 2080 mm/an avec CV = 5,6 % pour 8 ans (1979 à 1988 sauf 1980 et 1983)

Le coefficient de variation le plus faible est obtenu sur la période 1970-78 correspondant aux données fournies par l'ASECNA. Cependant, la valeur moyenne de ECLA pour la période 1970-88 semble satisfaisante.

* Station : SAVE (7°59'N , 2°26'E) alt. = 199 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970 à 1987

Résultats :

Station de SAVE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	4.7	6.3	6.1	5.4	5.1	4.6	3.1	2.2	2.8	3.7	5.5	5.3
1971	5.1	5.9	6.7	6.0	5.3	4.1	3.7	2.7	3.3	4.0	5.2	5.4
1972	5.1	6.5	6.1	5.1	4.4	3.3	3.0	3.0	3.0	3.5	5.0	4.6
1973	5.3	6.3	7.3	6.0	5.3	4.1	3.6	2.7	2.6	3.8	4.7	4.5
1974	5.6	5.6	5.7	4.8	4.5	4.1	3.1	3.2	3.0	3.4	4.5	5.1
1975	6.5	5.8	5.6	4.9	4.8	5.9	2.8	2.5	2.8	3.8	4.4	4.4
1976	5.0	5.5	5.5	5.8	4.5	3.5	3.0	2.7	3.4	2.7	4.3	4.5
1977	4.0	6.1	7.0	6.6	5.5	4.0	2.7		2.9	3.6	5.1	4.8
1978	5.0	6.4	5.8	4.4	3.9	3.5	2.5	2.5	2.9	3.3	4.6	4.3
1979	4.8	6.5	7.5	5.6	4.9	3.5	3.5	2.8	3.8	4.1	3.8	5.0
1980	4.7	6.6	7.0	6.8	5.0	4.0	3.0	2.7	2.9	4.0	4.1	5.1
1981	5.0	6.1	7.1	6.6	5.6	4.0	2.8	2.6	3.5	4.0	5.1	4.5
1982	7.2	6.8	7.2	6.3	5.1	4.0	3.2	3.0	3.5	3.8	5.3	5.8
1983	9.7	8.0	9.3	7.1	6.5	4.3	3.4	3.0	3.2	4.4	5.0	4.6
1984	6.5	8.4	7.4	6.7	5.6	4.5	3.8	3.9	3.9	3.8	4.9	5.7
1985	6.3	8.4	7.2	6.1	6.0	4.3	3.5	3.5	3.9	4.2	5.0	6.4
1986	6.1	6.9	6.6	6.9	5.9	5.2	3.0	3.0	3.3	3.9	5.1	6.0
1987	5.5	6.9	7.1	6.8	6.3	4.6	3.5	3.2	3.7	4.2	5.2	5.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Save (1970-1987)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.7	6.7	6.8	6.0	5.2	4.2	3.2	2.9	3.2	3.8	4.8	5.1

ECLA (moyenne 1970-87) : 1750 mm/an avec CV = 9,3 % pour 18 ans (1970 à 1987)

ECLA (moyenne 1970-78) : 1620 mm/an avec CV = 4,9 % pour 8 ans (1970 à 1978 sauf 1977)

ECLA (moyenne 1979-87) : 1860 mm/an avec CV = 6,8 % pour 9 ans (1979 à 1988)

On note une nette différence entre les valeurs de ECLA pour la période 1970-1978 et celle pour la période 1979-1987 (200 mm d'écart). Seuls les données de 1970 à 1978 seront utilisés (CV < 5 %)

ANNEXE IV.2

BURKINA FASO

**BEREGADOUGOU
BOBO DIOULASSO
DORI
FADA N'GOURMA
FARAKO BA
MOGTEDO
NIANGOLOKO
NIANKA-SUD
OUAGADOUGOU
OUAHIGOUYA
SARIA
SEREFEDOUGOU**

* Lieu : BEREGADOUGOU (10°45'N , 4°44'W) alt.= 331 m

Sources : SO.SU.CO, 1988 ; ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1971 - 1987

Résultats :

Station de BEREGADOUGOU, Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	9.2	8.2	7.6	7.8	6.9	4.5	5.1	2.0	3.2	5.0	5.6	6.5
1972	7.8	8.7	9.3	6.1	4.6	4.0	3.4	3.2	3.1	3.8	5.2	7.4
1973	9.5	9.9	9.7	8.7	6.3	5.5	3.6	2.5	3.2	5.2	7.2	7.9
1974	9.4	11.0	7.9	6.9	6.4	4.8	2.7	2.5	2.9	4.3	6.9	8.8
1975	10.7	10.8	9.4	7.9	5.6	5.6	3.4	3.9	4.3	5.4	6.8	7.0
1976	8.3	9.6	9.8	8.1	6.6	5.2	4.7	4.1	4.3	3.9	5.5	7.9
1977	8.7	11.4	10.9	9.5	6.1	5.0	4.1	3.7	4.2	5.3	7.0	7.9
1978	9.6	9.1	8.3	6.6	5.5	5.2	4.0	4.8	4.0	5.0	6.2	7.5
1979	8.4	11.2	9.2	9.0	6.9	5.0	4.7	4.1	4.2	5.4	6.7	8.9
1980	8.1	11.2	10.6	8.6	7.3	5.0	4.3	3.9	4.4	5.0	5.7	7.6
1981	10.5	11.5	9.1	8.6	6.1	5.7	4.0	3.8	4.1	5.8	8.1	9.3
1982	10.3	9.8	8.7	6.5	6.6	5.2	4.5	3.4	4.1	4.7	6.1	8.9
1983	10.2	10.9	12.6	9.7	7.8	5.3	4.6	4.1	4.6	7.0	7.4	9.4
1984	10.3	12.8	10.3	9.7	6.7	5.8	4.7	4.3	4.2	4.8	6.7	8.3
1985	10.0	11.6	9.4	8.4	6.9	5.0	3.8	3.5	3.8	5.0	6.4	8.4
1986	9.8	10.5	10.1	9.5	6.6	5.5	4.2	3.3	3.8	5.0	6.0	8.2
1987	9.3	10.7	10.2	10.6	8.7	5.1	4.6	3.2	4.0	4.6	6.1	7.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Beregadougou (1971-1987)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.4	10.5	9.6	8.4	6.6	5.1	4.1	3.5	3.9	5.0	6.4	8.1

ECLA (moyenne 1971-87) : 2450 mm/an avec CV = 7.7 % pour 17 ans (1971 à 1987)

ECLA (moyenne 1971-78) : 2310 mm/an avec CV = 6,6 % pour 8 ans (1971 à 1978)

ECLA (moyenne 1979-87) : 2570 mm/an avec CV = 5 % pour 9 ans (1979 à 1987)

Il existe un écart de 260 mm/an entre la valeur de ECLA (1970-1978) et la valeur de ECLA (1979-1987).
Les données exploitées seront celles de la période 1979-1987 (CV = 5 %).

* Lieu : BOBO DIOULASSO (11°10'N , 4°19'W) alt.= 459 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de BOBO DIOULASSO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	10.4	9.9	9.9	9.8	9.0	6.8	5.1	3.5	4.7	6.3	7.9	6.8
1972	9.9	11.1	10.7	9.0	6.5	6.1	5.0	4.5	4.2	5.7	7.8	9.2
1973	11.1	13.6	13.4	11.2	9.6	7.4	4.8	3.4	4.4	6.9	9.2	9.5
1974	10.5	12.4	10.1	9.8	8.9	6.9	4.8	3.3	4.3	5.7	7.6	8.8
1975	10.3	10.6	10.5	9.5	8.4	6.3	4.7	5.0	5.0	5.6	7.7	8.4
1976	8.9	10.0	11.0	9.8	8.2	6.6	4.3	4.2	4.2	3.8	6.4	8.1
1977	8.3	10.8	11.2	11.0	8.0	6.2		3.5	4.0	6.1	7.9	8.8
1978	9.6	9.4	10.5		7.4	6.0	4.6	4.2	3.6	5.0	6.5	8.1

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bobo dioulasso (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.0	11.2	11.0	10.1	8.3	6.6	4.9	4.0	4.3	5.7	7.6	8.5

ECLA (moyenne 1970-78) : 2800 mm/an

CV = 6.2 % pour 9 années (1970 à 1978)

Le coefficient de variation est un peu élevé. Ces données ne seront pas utilisées.

* Lieu : DORI (14°02'N , 0°02'W) alt.= 288 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de DORI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	7.0	4.3	9.7	10.2	10.0	9.9	7.3	5.0	5.7	7.4	7.5	6.5
1971	6.7		9.9	11.1	10.7	10.1	7.1	5.7	6.1	8.3	8.1	7.0
1972	7.5	9.1	10.9	10.8	9.7	7.7	7.2	5.8	6.4	7.9	7.7	6.7
1973	7.7	8.8	10.2	11.1	11.2	10.9	8.2	6.0	6.5	8.0	8.4	6.4
1974	6.8	8.5	10.7	10.5	11.0	10.2	6.4	5.4	5.9	7.0	7.7	7.1
1975	6.9	8.0	9.5	10.5	9.3	10.4	7.2	6.4	5.8	8.7	7.8	8.0
1976	6.9	8.2	10.1	10.8	10.0	9.0	7.8	6.4	6.7	6.4	7.1	6.7
1977	7.3	8.7	10.1	10.6	11.0	10.2		6.1	6.1	7.8	7.4	7.5
1978	7.8	8.4	10.1	9.8	10.3	9.2	6.9	6.6	6.5	8.3	8.4	7.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Dori (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.2	8.1	10.1	10.6	10.4	9.7	7.3	5.9	6.2	7.7	7.8	7.0

ECLA (moyenne 1970-78) : 2980 mm/an

CV = 3.5 % pour 8 années

* Lieu : FADA N'GOURMA (12°02', 0°22'E) alt.= 308 m

Sources : ASECNA ; ANONYME, 1981 à 1984 ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978 et 1981-1984

Résultats :

Station de FADA N'GOURMA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	10.3		10.0	11.0	8.9			3.5	4.4	6.2	6.8	6.4
1971	7.2	8.5	9.1	10.6	9.2	7.8	5.6	4.1	4.5	6.2	7.3	6.0
1972	7.9	9.6	10.4	8.5	8.1	5.3	5.8	4.8	5.3	6.2	7.0	6.5
1973	8.4	9.6	10.6	10.9	10.2	8.6	6.8	4.8	5.0	7.0	8.1	7.2
1974	7.6	9.4	10.9	10.7	10.2	9.1	5.9	4.4	3.8	5.5	6.5	7.2
1975	8.4	9.2	10.3	11.2	8.4	8.0	4.9	4.5	4.1	5.8	6.8	7.8
1976	7.8	8.6	10.2	9.7	8.1	5.9	5.9	4.1	4.4	5.0	6.5	7.2
1977	7.9	9.5	10.7	11.5	9.0	7.1		4.5	4.2	5.3	7.0	6.6
1978	8.0	9.0	8.4	11.2	11.9	7.0	5.4	5.1	4.9	6.4	7.7	8.4
1981	7.8	9.4	9.5	9.6	6.8	7.0	4.4	3.6	3.9	5.5	7.0	7.2
1982	7.7	8.5	10.2	10.6	8.2	7.0	5.4	3.9	4.4	5.3	6.2	6.9
1983	8.2	9.3	10.9	10.2	8.7	5.5	5.3	3.9	4.1	6.1	6.9	7.2
1984	8.1	10.1	10.6	9.7	9.8	7.2	7.2	6.3	5.0	6.0	7.6	7.8

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Fada n'gourma (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.2	9.2	10.1	10.6	9.3	7.3	5.7	4.4	4.5	6.0	7.1	7.0

ECLA (moyenne 1970-78) : 2720 mm/an
CV = 4.6 % pour 8 années

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Fada n'gourma (1981-1984)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.9	9.4	10.3	10.0	8.4	6.7	5.6	4.4	4.4	5.7	6.9	7.3

ECLA (moyenne 1981-84) : 2640 mm/an

Les résultats des deux périodes semblent comparables (80 mm d'écart).

* Lieu : FARAKO BA (11°06'N , 4°20'W) alt.= 308 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de FARAKO BA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	6.9	8.2	8.6	8.0		8.8		3.9	4.3	5.5	5.8	5.9
1971	7.5	7.7	7.9	7.4	6.9	6.0	4.8	3.6	4.1	5.1	5.8	7.1
1972	6.8	8.6	9.5	6.9	5.7		4.8	4.5	4.6	5.1	5.6	6.0
1973	7.8	9.2		8.1	7.3	6.2	5.2	4.2	4.5	5.3	6.4	5.9
1974	7.4	9.2	7.7	7.5	7.4	6.3	4.4	3.4	3.7	4.6	5.7	6.3
1975	7.4	8.2	8.2	7.6	7.0	6.3	4.3	4.3	4.3	5.0	5.5	6.1
1976	7.4	8.5	9.2	7.7	6.7	5.3	5.3	4.4	4.4	4.2	5.5	6.3
1977	7.0	9.5	9.9	9.2	7.2	5.8	5.1	4.2	4.8	5.7	6.1	6.1
1978	8.0	8.0	8.0	7.2	5.8	5.5	4.6	4.5	4.4	5.6	5.7	7.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Farako ba (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.3	8.6	8.6	7.7	6.8	6.3	4.8	4.1	4.3	5.1	5.8	6.3

ECLA (moyenne 1970-78) : 2300 mm/an

CV = 3.1 % pour 8 années

* Lieu : MOGTEDO (12°17'N , 0°50'W) alt.= 272 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de MOGTEDO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	8.5	9.6	11.1	11.0	10.4	9.7	6.0	4.8	5.0	6.7	7.7	7.0
1971	8.4	9.3	9.6	10.5	9.7	8.2	6.2	4.8	5.4	6.8	7.4	5.2
1972	9.0	10.5	11.1	9.1	8.5	6.7	6.2	4.9	5.5	6.0	6.8	6.7
1973	8.7	10.0	10.3	9.9	10.2	7.9	6.4	5.3	5.2	5.9	7.5	6.9
1974	7.6	9.9	10.7	10.2	8.8	7.6	5.1	4.0		4.9	6.4	7.5
1975	8.3	9.5	10.7	11.0	9.3	8.4	5.2	4.4	4.6	5.4	6.1	6.7
1976	7.7	9.5	11.1	10.1	7.9	6.7	5.5	3.3	4.8	5.1	5.5	6.0
1977	7.0	9.4	11.4	10.4	9.4	8.1	7.0	5.1	4.0	5.1	7.7	7.7
1978	9.0	8.8	9.3	8.5		6.8		5.0				6.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Mogtedo (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.2	9.7	10.6	10.1	9.3	7.8	6.0	4.6	4.9	5.8	6.9	6.7

ECLA (moyenne 1970-78) : 2750 mm/an
CV = 4.4 % pour 8 années

* Lieu : NIANGOLOKO (10°16'N , 4°55'W) alt.= 320 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de NIANGOLOKO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	7.6	11.2					4.6	4.1	3.8	5.0	5.4	5.7
1971	7.9	7.7	7.7	7.0	6.4	5.2	4.2	3.8	4.4	5.0	5.3	7.4
1972	6.9	8.3	7.6	5.7	5.9	4.4	4.0	4.0	4.5	4.6	5.0	6.1
1973	8.1	9.2	8.0	7.5	6.3	5.0	4.4	3.4	4.4	4.7	5.4	5.9
1974	7.1	8.8	7.3	6.1	6.3	5.3	3.6	3.1	3.3	4.7	5.4	6.3
1975	7.8	8.6	7.8	5.7	5.2	4.9	3.5	3.6	4.0	5.0	5.3	5.2
1976	7.0	8.3	7.7	6.5	6.8	4.3	4.2	3.9	3.7	3.9	4.5	5.4
1977	6.7	8.5	8.4	8.1	5.9	5.0	4.0	3.7	4.0	4.8	5.3	6.4
1978	7.7	7.9	6.7	5.7	5.7	4.4		4.6	5.0	4.6	0.0	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Niangoloko (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.4	8.8	7.7	6.5	6.1	4.8	4.1	3.8	4.1	4.7	5.2	6.2

ECLA (moyenne 1970-78) : 2110 mm/an
CV = 3.4 % pour 7 années

* Lieu : NIANKA SUD 3 (10°45'N , 4°43'W)

Sources : SO.SU.CO, 1988 ;

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1978 - 1987

Résultats : valeurs mensuelles en mm

Station de NIANKA-SUD , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1978										4.5	5.2	6.3
1979	7.0	9.0	7.5	7.6	5.8	4.5	4.2	3.6	4.0	4.7	4.8	5.6
1980	5.0	8.7	8.6	7.1	5.9	4.5	3.8	3.7	4.1	4.8	4.5	5.1
1981	6.9	8.2	7.8	6.8	5.1	4.8	3.6	3.6	3.5	4.8	5.1	5.5
1982	6.7	6.8	7.3	6.2	5.8	4.8	4.0	3.2	4.0	4.5	4.6	5.9
1983	7.6	7.9	10.6	8.3	6.6	4.6	4.3	3.9	4.7	5.9	5.2	6.3
1984	7.2	10.3	8.7	8.1	5.8	5.4	4.7	4.3	4.1	4.4	5.1	5.6
1985	6.9	9.3	8.2	7.6	6.2	4.6	3.6	3.5	3.8	4.9	5.3	7.6
1986	8.7	9.0	8.7	8.3	5.8	4.9	3.9	3.3	4.0	4.8	5.1	6.3
1987	7.5	9.8	9.0	9.2	6.9	4.7	4.4	3.3	4.1	4.6	5.2	5.8

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Nianka-Sud (1978-1987)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.0	8.8	8.5	7.7	6.0	4.7	4.0	3.6	4.0	4.8	5.0	6.0

ECLA (moyenne 1978-87) : 2130 mm/an avec CV= 5.8 % pour 9 ans (1979 à 1987)

* Lieu : OUAGADOUGOU AERO (12°21'N , 1°31'W) alt.= 304 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de OUAGADOUGOU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	8.3	9.7	10.8	11.3	10.7	9.2	7.2	4.5	5.0	7.0		
1971	8.2	9.3	10.1	11.4	10.5	9.6	7.4	5.1	5.6	7.5	7.6	7.1
1972		10.3	10.9	9.8	8.9	8.2	6.7			7.5	7.7	7.5
1973	8.9	9.7	11.0		10.7	8.8	7.3	5.7	6.3	8.0	9.1	7.5
1974	8.0	10.0	10.9	11.8	11.2	10.2	6.7	6.0	5.8	7.0	8.2	8.1
1975	8.3	9.1	10.9	11.6	10.5	10.2	6.4	5.7	5.6	7.6	8.0	8.5
1976	7.7	9.5	10.8	10.9	9.7	7.4	7.0	5.2	5.1	5.5	7.4	7.7
1977	8.3	9.7	10.6	11.0	10.1	8.2		5.9	5.7	7.3	8.0	7.0
1978	9.2	10.1	11.5	9.3	8.7	7.7	6.3	5.7	5.6	6.9	7.9	7.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Ouagadougou (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.3	9.8	10.8	10.9	10.1	8.8	6.9	5.5	5.6	7.1	8.0	7.6

ECLA (moyenne 1970-78) : 3020 mm/an
CV = 3.5 % pour 7 années

* Lieu : OUAHIGOUYA (13°35'N , 2°26'W) alt.= 329 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de OUAHIGOUYA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	7.7	8.9	9.9	9.9	9.9	9.2	6.4	5.1	5.0	7.4	7.7	6.8
1971	7.4	8.1	8.6	9.9	9.5	8.4	6.5	5.1	5.4	8.0	7.9	7.9
1972	7.6	8.7	10.3	8.8	8.1	7.3	7.2	5.4	6.0	6.7	7.4	6.7
1973	7.6	8.9	9.9	10.0	9.9	8.8	6.6	5.9	5.3	7.6	8.7	6.4
1974	7.3	8.7	9.6	10.0	10.6	8.9	5.1	4.1	5.2	6.4	7.7	7.6
1975	7.8	7.7	9.2	9.8	8.6	7.7	4.4	4.8	4.8	6.9	7.2	7.1
1976	6.9	7.7	8.9	9.4	7.5	6.8	4.8	4.5	4.8	4.9	7.3	
1977	7.1	8.6	9.5	8.6	7.8	7.6		4.6	5.0	6.8	7.6	7.3
1978	7.7	7.8	8.0	8.0	7.8	6.4	5.7	5.4	5.1	5.8	7.3	6.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Ouahigouya (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.5	8.4	9.3	9.4	8.9	7.9	5.8	5.0	5.2	6.7	7.6	7.0

ECLA (moyenne 1970-78) : 2700 mm/an
CV = 5.7 % pour 9 années (1970 à 1978)

Le coefficient de variation est un peu élevé.

* Lieu : SARIA (12°16'N , 2°09'W) alt.= 300 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970 à 1978

Résultats :

Station de SARIA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	9.2	11.1	11.5	10.7	9.4	8.4	5.6	4.2	4.3	6.8	8.4	7.9
1971	9.0	9.7	9.7	9.9	9.6	8.2	6.0	4.5	4.8	7.3	8.6	
1972	9.3	10.7	11.0	9.4	8.0	5.8	5.5	4.8	5.0	5.8	8.2	7.9
1973	8.9	10.1	11.1	10.6	9.6	7.6	5.6	5.1	5.0	7.2	9.2	8.4
1974	9.2	10.6	10.6	10.9	10.0	9.2	5.6	4.3	4.7	6.0	7.9	8.6
1975	8.7	9.8	9.6	9.7	8.4	8.0	5.3	4.9	4.7	6.6	7.6	8.5
1976	8.4	10.7	11.1	10.4	8.7	6.9	5.8	4.3	5.1	5.1	7.0	7.7
1977	8.3	10.5	11.6	10.9	9.2	8.5	6.9	5.4	5.1	6.6	7.9	7.6
1978	8.5	8.3	9.7	8.7	8.9	7.6	5.4			6.1	7.2	7.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Saria (1970-1978)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	10.2	10.7	10.1	9.1	7.8	5.8	4.7	4.8	6.4	8.0	8.0	

ECLA (moyenne 1970-78) : 2860 mm/an

CV = 3.1 % pour 9 années (1970 à 1978)

* Lieu : SEREFEDOUGOU (10°44'N , 4°42'W) alt.= 306 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1971 à 1973

Résultats :

Station de SEREFEDOUGOU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	9.2	8.2	8.0	8.1	7.1	5.6	5.2	3.9	4.9	5.1	5.8	8.2
1972	7.8	8.9	9.3	6.7	6.0	4.8	4.2	3.9	4.2	4.6	5.2	7.4
1973	9.5	9.9	9.7	7.0	7.2	6.3	4.5	3.6	4.3			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Serefedougou (1971-1973)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	9.1	9.0	7.3	6.8	5.6	4.6	3.8	4.5	4.9	5.5	7.8

ECLA (moyenne 1971-73) : 2350 mm/an
(seulement trois années de mesures)

Cette station a été remplacée par celle de Beregadougou, très proche de Serefedougou.

ANNEXE IV.3

CAMEROUN

**AMBAM
BATOURI
DOUALA
GAROUA
KOUNDJA
MAMFE
MAROUA SALAK
MEIGANGA
N'KOLBISSON
N'GAOUNDERE
YABASSI
YAOUNDE
YOKO**

* Lieu : AMBAM (2°23'N , 11°16'E) alt.= 602 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1977 - 1982 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de AMBAM , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977												3.3
1978								1.7	2.0	1.0		
1979		3.0	3.1	2.0	4.0							
1980		3.0	2.8		2.6		1.8		1.8	1.7	1.9	2.7
1981	2.2	2.8		3.0	2.6	2.2	1.9	1.9	2.6	2.4	2.2	1.8
1982				3.1		2.5		1.7				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Ambam (1977-1982)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2.2	3.0	2.9	2.7	3.1	2.4	1.8	1.8	2.1	1.7	2.1	2.6

ECLA (moyenne 1977-82) : 860 mm/an
(trop de données manquantes)

* Lieu : BATOURI (4°26'N , 14°22'E) alt.= 660 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun* ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de BATOURI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		3.1	3.5	3.6	3.4	3.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.2	2.9
1977	3.1	4.4	4.9	4.2	4.7	3.1	2.6	2.6	3.1	5.0	3.1	2.7
1978	4.1	4.8	4.7	2.3		3.0	1.3	2.4	3.9		4.4	3.4
1979	5.1	4.2	5.0	4.3	3.9	4.0	3.1	2.8		3.7	3.1	3.3
1980	3.9	5.2	5.2		3.4	3.7	2.1		4.2	3.6	3.5	3.3
1981	3.9	5.3	4.8	5.8	3.9	3.4	2.6	2.2	2.2	3.5	4.1	2.6
1982			4.5	4.3	3.8	3.2	2.3	3.2	2.7	3.0	3.8	3.2
1983			6.5		3.4	3.4	2.7	2.8				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Batouri (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.0	4.5	4.9	4.1	3.8	3.4	2.3	2.6	3.1	3.6	3.6	3.0

ECLA (moyenne 1976-83) : 1300 mm/an
CV = 7,3 % pour 6 années (1976 à 1981)

Le CV est trop élevé. Ces données ne seront pas exploitées.

* Lieu : DOUALA (4°01'N , 9°42'E) alt.= 13 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de DOUALA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		3.6	3.7	3.6	3.4	2.7	2.2	2.2	3.1	2.9	3.1	5.0
1977	3.0	3.5	3.8	3.7	3.3	2.4	2.3	2.1	2.6		3.3	2.8
1978	3.3	4.0	3.5	3.7	3.0	3.1	2.5	1.8	2.2	2.7	3.2	3.0
1979	3.4	3.7	3.5	3.5	3.3	3.6	2.5	1.7	2.7	2.8	3.1	2.8
1980	3.3		4.2	3.4	3.9	2.7	2.3		3.4	3.2	3.0	2.9
1981	2.9	3.5	3.8	4.0	3.0	3.0	2.8	2.4	2.5	3.0	3.1	2.9
1982			4.0	3.6	3.3	2.3	2.5	2.5	2.6		3.2	3.0
1983	3.3			4.1	3.4		1.8	1.6				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Douala (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.2	3.7	3.8	3.7	3.3	2.8	2.4	2.1	2.7	2.9	3.2	3.2

ECLA (moyenne 1976-83) : 1120 mm/an
CV = 2,9 % pour 6 ans (1976 à 1981)

* Lieu : GAROUA (9°20'N , 13°23'E) alt.= 242 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de GAROUA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		8.8	10.2	8.8	7.6	6.0	5.4	5.5	5.3	4.6	5.7	6.2
1977	6.4	8.0	9.4	11.0	9.0	6.0	5.8	5.0	5.6	6.1	6.8	6.2
1978	7.3	8.8	11.0	8.5	6.5	5.8	6.0	5.4	4.8	5.5	5.8	6.4
1979	6.9	8.7	10.4	9.7	7.0	5.4	6.4	5.1	5.4	6.5	6.3	5.8
1980	7.1	8.3	9.3	10.3	7.4	6.0	4.5		5.2	6.1	6.5	6.0
1981	6.0	8.6	9.6	10.8	6.7	6.3	4.7	4.8	5.5	5.7	5.8	6.1
1982			10.0	9.9	7.9	6.2	3.9	4.1	4.7	5.8	6.4	6.2
1983	5.8	8.7	9.6	9.5	8.6	6.1	5.0	4.6				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Garoua (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.6	8.6	9.9	9.8	7.6	6.0	5.2	4.9	5.2	5.7	6.2	6.1

ECLA (moyenne 1976-83) : 2490 mm/an

CV = 1,9 % pour 6 ans (1976 à 1981)

* Lieu : KOUNDJA (5°38'N , 10°45'E) alt.= 1208 m

Sources : ASECNA ; OLIVRY, 1973 ; NOUVELOT & al., 1971 ;

Cadre : Hydrologie du bassin du Noun

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mars 1968 - Sept. 1971

Résultats :

Station de KOUNDJA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968			6.2	4.7	4.4	3.7	2.9	3.6	3.8	5.1	4.1	4.9
1969	5.5	7.5	4.4	4.9	4.2	4.1	3.3	3.3	4.0	4.6	5.2	5.2
1970	5.5	6.9	6.3	6.2	5.2	4.5	3.2	2.7	3.9	4.9	5.6	5.7
1971	5.7	7.5	6.1	5.3	5.1	4.2	3.5		4.0			
1976		5.1	6.2	6.8	4.9	4.0	3.6	3.4	3.6	4.0	4.7	3.1
1977	4.8	6.7	7.1	5.1	4.3	3.9	3.6	2.7	3.3	4.0	5.0	5.1
1978	5.9	6.9	5.3	5.1	3.8	4.4	2.9		2.9	3.7	4.6	4.7
1979	5.3	5.7	5.5	4.0	3.8	3.6	2.8	2.7	3.4		3.9	4.4
1980	5.5	6.8	6.5	4.8	3.5	3.6	3.0		3.7	4.4	4.4	4.4
1981	4.8	7.1	6.4	4.9	3.3	3.7	3.0	2.6	3.6	4.0	2.9	
1982			5.2		3.2	3.8	1.9	2.9	2.8	3.8	3.9	4.5
1983	5.9			5.3	4.1	3.1	4.1	2.3				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Koundja (1968-1971)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	7.3	5.8	5.3	4.6	4.1	3.1	3.2	3.9	4.9	5.0	5.2

ECLA (moyenne 1968-71) : 1770 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Koundja (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.4	6.5	6.0	5.1	3.9	3.8	3.1	2.8	3.3	4.0	4.2	4.4

ECLA (moyenne 1976-83) : 1590 mm/an avec CV = 4,5 % pour 6 ans

* Lieu : MAMFE (5°44'N , 9°19'E) alt.= 126 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de MAMFE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		3.2	4.0	3.6	4.0	2.9	1.9	1.9	2.6	2.7	2.9	5.6
1977	2.7	3.7	4.2	3.6	3.8	3.0	1.9	1.8	2.9		3.7	2.8
1978	3.1	3.9	3.6	3.1	3.6	3.8		1.6	2.5	3.2		
1979		3.6	3.4		3.4	3.0	2.4	2.1	3.2	2.8	2.8	2.6
1980	3.1	3.8	3.7		2.8	2.7	1.6		2.1		3.0	3.0
1981	3.1	4.2	4.4	4.8	3.5	3.2	2.7	2.1	3.2	3.2	4.4	2.7
1982			3.6	3.9	3.0	2.7	1.8	1.4	2.5	2.7	3.4	2.6
1983	3.5		4.8	4.2	3.5	2.3	2.8	2.2				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Mamfe (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.1	3.8	4.0	3.9	3.4	3.0	2.2	1.9	2.7	2.9	3.4	3.2

ECLA (moyenne 1976-83) : 1140 mm/an
(une seule année complète)

* Lieu : MAROUA SALAK (10°27'N , 14°15'E) alt.= 423 m

Sources : Bulletins météorologiques du Cameroun

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de MAROUA SALAK , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		13.9	16.1	13.7	11.4	7.7	7.2	5.6	5.9	7.0	10.0	9.4
1977	10.1	13.5	17.3	17.1	13.5	10.0	6.7	5.6	6.2	8.9	11.9	10.3
1978	11.1	13.5	16.3	11.8	10.6	7.4	5.6	5.3	6.0	8.0	10.6	10.4
1979	10.9	13.4	16.7	14.7	10.8	7.8	6.4	5.8	7.0	7.8	10.4	10.7
1980	11.8	15.3	16.5	15.5	10.4	8.7	5.4		6.8	7.2	10.9	9.4
1981	10.2	14.6	16.4	16.4	10.4	10.2	5.3	7.0	5.4	8.6	12.3	10.4
1982			16.3	14.0	11.3	8.5	6.9	7.9	6.4		9.7	7.4
1983	11.2		17.1	18.2	14.6	9.2	8.7					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Maroua (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.9	14.2	16.6	15.2	11.6	8.7	6.5	6.2	6.2	7.9	10.8	9.7

ECLA (moyenne 1976-83) : 3780 mm/an
CV = 3,9 % pour 6 ans (1976 à 1981)

* Lieu : MEIGANGA (6°32'N , 14°17'E) alt.= 1027 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun* ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)
Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de MEIGANGA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		5.8	6.1	4.7	4.1	3.2	3.1	2.9	3.1	3.4	4.3	5.6
1977	6.5	7.6	8.3	5.7	4.2	3.6	3.3	2.9	3.1	4.0	5.7	5.8
1978	6.7	7.2	5.8	4.2	4.1		2.8	3.2	3.4	3.2	5.2	5.6
1979	6.0	6.2	5.8	4.1	4.2	3.4	3.0	3.1	3.3	3.3	2.6	5.4
1980	6.9	7.8	7.0	5.2	3.8	3.4	3.0		3.5	3.3	4.2	5.1
1981	5.4	7.3	6.6	5.5	3.8	3.5	2.6	2.8	3.4	3.5	4.8	5.6
1982			6.3	5.2	4.1	3.4	3.0	2.7	3.5	3.5	4.9	5.6
1983	6.5	8.7	8.1	6.5	4.5	3.6	3.2	2.8				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Meiganga (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.3	7.3	6.8	5.2	4.1	3.4	3.0	2.9	3.3	3.5	4.5	5.5

ECLA (moyenne 1976-83) : 1690 mm/an
CV = 5,8 % pour 6 ans (1976 à 1981)

Le CV est élevé. Ces données ne seront pas utilisées.

* Lieu : NKOLBISSON (3°52'N , 11°27'E) alt.= 740 m

Sources : Monographie n°3, 1975 ; Monographie n°6, 1986 ; THEBE, 1987 ; ROCHE, 1963 ;

Cadre : Monographies hydrologiques des fleuves du Cameroun

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : ?

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Nkolbisson

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.0	2.4	2.7	3.1	3.3	3.3	2.8

ECLA (moyenne) : 1175 mm/an

* Lieu : N'GAOUNDERE (7°21'N , 13°33'E) alt.= 1113 m

Bassin de la Vina du Nord

Sources : NAAH, 1979 ; Monographie n°9, 1986 ; Bulletin Météorologiques du Cameroun ;

Cadre : Etudes hydrologiques

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1968 - 1973 et 1976 - 1983

Résultats :

Station de N'GAOUNDERE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968	6.7	7.7	6.7	5.6	4.5	4.4	3.2	3.7	3.8	4.4	4.5	6.0
1969	5.7	6.5	5.2	4.2	4.8	3.4	3.3	3.4	3.7	4.5	5.3	6.5
1970	6.5	8.2	9.1	5.8	4.2	4.8	4.2	4.0	3.4	4.6	6.5	7.2
1971	6.6	8.0	6.5	6.1	5.0	4.7	4.4	3.7	4.4	4.9	4.8	7.0
1972	7.2	8.4	7.3	5.2	4.6	4.2	3.5	4.3	4.8	4.7	6.2	6.7
1973	7.5	8.5	8.4	7.5	6.2	5.8	3.9	3.9	3.3	4.5	6.3	5.9
1976		7.0	7.4	5.5	4.3	4.5	3.5	3.7	4.0	3.9	5.1	6.2
1977	6.5	8.4	9.0	7.0	5.7	3.9	4.0	3.5	3.8	4.6	6.4	6.4
1978	6.9	8.7	7.6	6.1	4.9	4.1	3.3	4.0	4.0	4.2	6.0	5.9
1979	7.1	7.5	7.2	6.0	3.9	3.9	4.0	3.6	3.4	3.9	4.7	6.2
1980	7.3	7.7	7.3	5.6	4.7	4.1	3.6		4.3	4.4	5.6	6.5
1981	6.8	9.3	9.0	7.0	4.4	4.5	3.4	3.9	4.6	4.9	6.0	7.2
1982			7.2	6.0	5.3	4.6	3.8	4.4	4.2	4.5	2.9	6.7
1983		9.9	10.0	8.0	6.2	4.6	4.8					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
N'gaoundere (1968-1973)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.7	8.0	7.2	5.7	4.9	4.6	3.7	3.8	3.9	4.6	5.6	6.5

ECLA (moyenne 1968-73) : 1980 mm/an avec CV = 7,6 % pour 6 ans
comparaison avec SARKI (RCA) => ECLA = 1980 mm/an => ECOL = 1540 mm/an

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
N'gaoundere (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.9	8.5	8.1	6.4	4.9	4.3	3.8	3.8	4.1	4.3	5.2	6.4

ECLA (moyenne 1976-83) : 2025 mm/an avec CV = 5,1 % pour 6 ans (1976 à 1981)

La dispersion est moins grande pour la période 1976-1981 que pour la période 1968-1973 (CV = 5,1 % contre CV = 7,6 %).

Les valeurs moyenne de ECLA pour les deux périodes sont sensiblement identiques.

* Lieu : YABASSI (4°27N , 9°58'E) alt.= 40 m

Sources : Bulletins météorologiques du Cameroun

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1981 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de YABASSI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976										3.8		
1977												3.8
1978				4.3	3.8		2.2	2.1	3.0	3.2	3.9	3.7
1979	4.0	4.7	4.4		4.0		2.3		3.6			
1980	0.0	4.6	4.9	4.5	3.8	3.0				2.8	3.5	3.3
1981	3.5	4.3		5.0	3.1	3.0	1.8					

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Yabassi (1976-1981)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.8	4.6	4.7	4.6	3.7	3.0	2.1	2.1	3.3	3.3	3.7	3.6

ECLA (moyenne 1976-81) : 1280 mm/an
(trop de données manquantes)

* Lieu : YAOUNDE (3°51'N , 11°30'E) alt.= 760 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de YAOUNDE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		3.9	4.1	4.3	3.7	3.0	2.6	2.7	3.2	4.0	3.3	2.9
1977	3.3	4.3	4.6	4.1	3.7	3.0	2.7	2.9	3.3	3.7	3.4	3.1
1978	4.0	4.8	3.9	4.4						3.6	3.8	2.9
1979	3.2	4.1	4.4	3.9	3.8		3.1	2.5	3.5	4.0	3.6	3.1
1980	3.5	4.1	4.3	3.9	3.5	2.8	2.3		3.4	3.7	3.4	3.2
1981	3.3	4.9	4.2	4.5	2.6	3.1	2.4	2.4		4.2	4.9	
1982			4.3	4.1	3.7	3.4	2.8	2.5	3.5	3.4	3.6	3.2
1983	5.2	5.1		5.2	4.8	4.2	3.0	2.8				

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Yaounde (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.7	4.5	4.3	4.3	3.7	3.3	2.7	2.6	3.4	3.8	3.7	3.1

ECLA (moyenne 1976-83) : 1310 mm/an
CV = 1,6 % pour 5 ans (1976 à 1981 sauf 1978)

* Lieu : YOKO (5°32'N , 12°18'E) alt.= 1031 m

Sources : *Bulletins météorologiques du Cameroun*

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1976 - 1983

Résultats :

Station de YOKO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976		4.8	4.0	4.8		3.7	3.2	2.8	3.4	3.0	3.6	4.9
1977	5.7	7.8	7.1	5.2	3.9	3.6		2.9	3.5	3.9	5.6	5.8
1978	7.0	6.9	5.3	4.2	4.3	3.4	2.5	2.8	3.8	3.8	6.3	5.7
1979	6.5	2.4	5.3	4.5	4.8	3.1	2.8	2.9	3.1	3.2	3.8	5.3
1980		6.3	6.4	4.3	4.0	3.3	2.8		2.9	3.3	4.8	5.5
1981	6.2	7.8	5.9	5.6	4.3	3.9	2.9	2.4		4.1	5.1	4.7
1982			5.8	4.2	3.8	3.4		2.6	3.1		5.4	5.4
1983	8.7	8.8	8.8	5.7	4.3	3.1						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Yoko (1976-1983)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.8	6.5	6.1	4.8	4.3	3.4	2.8	2.7	3.3	3.6	4.9	5.3

ECLA (moyenne 1976-83) : 1660 mm/an
CV = 6,4 % pour 6 ans (1976 à 1981)

Les données ne sont pas exploitables.

ANNEXE IV.4

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

BANGUI

BOSSANGO

* Lieu : BANGUI (4°24'N , 18°31'E) alt. = 365 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Période d'observation : Oct. 1973 - Nov. 1974

Résultats :

Station de BANGUI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973										3.5	4.3	3.2
1974	4.2	5.1	5.6	5.0	4.2	3.5	3.6	3.3	3.5	3.6	3.9	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bangui (1973-1974)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.2	5.1	5.6	5.0	4.2	3.5	3.6	3.3	3.5	3.5	4.1	3.2

ECLA (moyenne 1973-74) : 1480 mm/an
(seulement un an de données)

* Lieu : BOSSANGOA (6°29'N , 17°26'E) alt. = 463 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Période d'observation : Juin 1973 - Oct. 1974

Résultats :

Station de BOSSANGOA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973						4.6	5.1	3.5	4.0	5.4	8.4	6.3
1974	7.6	7.8	5.8	4.5	4.4	6.0	4.4	5.1	5.6	5.4		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bossangoa (1973-1974)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.6	7.8	5.8	4.5	4.4	5.3	4.8	4.3	4.8	5.4	8.4	6.3

ECLA (moyenne 1973-74) : 2100 mm/an (seulement une année de données)

ANNEXE IV.5

COTE D'IVOIRE

ABIDJAN

BOUAKE

KORHOGO

ODIENNE

YAMO USSOUKRO

* Lieu : **ABIDJAN** (5°15'N , 3°56'W) alt.= 7 m

Sources : Note sur l'estimation de l'évaporation

Méthode utilisée : Formule de PENMAN (a= 0.05)

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation calculées selon Penman avec a = 0.05 (EP) en mm/j
Abidjan

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.6	5.2	5.3	5.4	4.6	3.7	3.6	3.5	4.0	4.6	4.9	4.4

EP : 1645 mm/an

* Lieu : **BOUAKE** (7°44'N , 5°04'W) alt.= 376 m

Sources : Note sur l'estimation de l'évaporation

Méthode utilisée : Formule de PENMAN (a= 0.05)

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation calculées selon Penman avec a = 0.05 (EP) en mm/j
Bouaké

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.3	5.8	5.8	5.6	5.1	4.4	4.0	4.1	4.5	4.7	4.7	4.7

EP : 1785 mm/an

* Lieu : **KORHOGO** (9°25'N , 5°37'W) alt.= 381 m

Sources : Note sur l'estimation de l'évaporation

Méthode utilisée : Formule de PENMAN (a=0.05)

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation calculées selon Penman avec $a = 0.05$ (EP) en mm/j
Korhogo

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.4	7.0	6.8	6.6	6.1	5.5	4.9	5.0	5.4	5.6	5.7	5.7

EP : 2150 mm/an

* Lieu : ODIENNE (9°30'N , 7°34'W) alt.= 434 m

Sources : Note sur l'estimation de l'évaporation

Méthode utilisée : Formule de PENMAN ($a = 0.05$)

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation calculées selon Penman avec $a = 0.05$ (EP) en mm/j
Odienné

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.2	6.0	6.2	6.1	5.9	5.4	4.9	4.9	5.1	5.2	5.1	4.7

EP : 1975 mm/an

* Lieu : YAMOUSSOUKRO (6°54'N , 5°21'W) alt.= 196 m

Sources : Note sur l'estimation de l'évaporation

Méthode utilisée : Formule de PENMAN ($a = 0.05$)

Résultats :

Tableau : Valeurs mensuelles de l'évaporation calculées selon Penman avec $a = 0.05$ (EP) en mm/j
Yamoussoukro

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.1	5.6	5.9	5.8	5.3	4.9	4.2	4.2	4.6	4.9	4.7	4.3

EP : 1815 mm/an

ANNEXE IV.6

GABON

LIBREVILLE

* Lieu : LIBREVILLE (0°27'N , 9°25'E) alt.= 12 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970-1978

Résultats :

Station de LIBREVILLE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970		4.3			3.8	3.4	3.8	3.8	3.9	4.9		4.5
1971				4.6		4.2	4.3				4.4	4.4
1972	3.5	5.0	4.1	4.4	4.0	4.2	3.7	3.7	3.9			3.9
1973				4.1		3.4	3.8	4.0	3.6	3.2	2.9	3.5
1974	4.0	3.9	3.4	3.5	4.0	4.0	4.2	3.5	3.8	3.3	3.2	3.5
1975	3.7	4.2	4.3	4.0	4.2	4.1	3.7	3.7	4.0	2.7	2.9	3.1
1976	1.8			2.5	2.9	2.6	2.8	2.4	3.9	2.3	2.6	2.2
1977	1.7	3.0	3.6	4.0	3.2	2.6	2.5					
1978	3.0	3.3		3.0	2.5	2.9		4.4		2.5	3.9	2.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Libreville (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.0	4.0	3.8	3.8	3.5	3.5	3.6	3.6	3.8	3.1	3.3	3.5

ECLA (moyenne 1970-78) : 1290 mm/an
(seulement deux années de mesures complètes)

ANNEXE IV.7

GHANA

BUI

EJURA

HO

KETEKRACHI

KPONG

NAVRONGO

TAMALE

WA

* Lieu : 8 stations climatologiques du Ghana

Sources: MONIOD & al, 1977 ;

Cadre : Monographie hydrologique du fleuve Volta

Appareils utilisés : Bacs évaporatoires de type spécial ; le plus répandu a les dimensions suivantes : 49 1/2" * 36" * 17". Il est peint en jaune de chrome et recouvert d'un grillage.

Périodes d'observations : elles varient de 7 à 14 ans. Les valeurs ont été relevées dans les Annuaire Hydrologiques du Ghana jusqu'en 1968.

Résultats :

+ Station de BUI (8°17'N , 2°17'W) alt.= 107 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Bui

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.8	7.1	7.0	6.1	5.2	4.1	3.6	3.5	3.6	4.2	4.4	4.3

Ebac annuelle : 1790 mm/an

+ Station de EJURA (7°24'N , 1°22'W) alt.= 232 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Ejura

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.8	6.4	6.2	5.6	5.0	4.2	3.8	4.0	3.9	4.2	4.5	4.4

Ebac annuelle : 1730 mm/an

+ Station de HO (6°36'N , 0°29'E) alt.= 158 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Ho

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.5	5.4	5.2	4.8	4.4	3.6	3.0	3.3	3.4	4.0	4.3	4.1

Ebac annuelle : 1520 mm/an

+ Station de KETEKRACHI (7°48'N , 0°04'W) alt.= 67 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Ketekrachi

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.3	7.6	7.8	6.6	6.0	4.3	3.6	3.5	3.6	4.5	4.9	4.7

Ebac annuelle : 1890 mm/an

+ Station de KPONG (6°08'N , 0°04'E) alt.= 23 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Ho

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.2	6.7	7.3	6.0	5.2	4.5	4.5	4.7	4.7	5.0	5.0	4.7

Ebac annuelle : 1920 mm/an

+ Station de NAVRONGO (10°53'N , 1°51'W) alt.= 201 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Navrongo

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	9.6	10.5	9.6	8.8	6.1	4.9	4.0	4.3	5.6	7.1	7.7

Ebac annuelle : 2650 mm/an

+ Station de TAMALE (9°25'N , 0°53'W) alt.= 184 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Tamale

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.7	9.4	9.1	7.3	6.4	4.8	4.3	4.0	3.8	4.9	5.6	6.0

Ebac annuelle : 2220 mm/an

+ Station de WA (10°04'N , 2°30'W) alt.= 323 m

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac en mm/j ; Wa

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.0	11.0	9.9	8.4	6.8	5.4	4.8	4.1	4.2	5.8	7.3	8.4

Ebac annuelle : 2610 mm/an

Ces données d'évaporation sur bac sont homogènes ; elles montrent l'accroissement de l'évaporation du sud au nord du bassin de la Volta, sa recrudescence à l'extrême sud (Kpong) en raison de la chute brutale de la pluviométrie, et l'effet modérateur qu'apportent les Monts du Togo (Ho).

Evaporation sur nappe d'eau au Ghana :

La hauteur annuelle de la lame évaporée est de l'ordre de 1500 mm à Akosombo, de 1800 mm en queue de retenue. Elle atteint 2200 mm au coeur du Ghana, 2600 mm à la frontière du Burkina Faso.

ANNEXE IV.8

MALI

BAMAKO

BOUGOUNI

GAO

KAYES

MOPTI

SEGOU

SIKASSO

* Lieu : BAMA KO (12°38'N , 8°02'W) alt.= 331 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970-1978

Résultats :

Station de BAMA KO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	7.1	8.3	10.1	10.0	9.8	8.3	8.0	6.2	7.7	5.4	6.6	6.2
1971	7.5	8.4	9.7	9.1	10.2	8.7	11.5	17.1	7.1	6.6	6.5	6.2
1972			9.7	9.0	8.3	7.1	6.7	7.2	7.3	5.6	6.0	6.4
1973	8.0	10.0	11.2	11.2	8.7	7.8	6.8	9.5	6.6	7.3	7.0	6.7
1974	7.5	10.0	11.5	10.5	10.8							5.8
1975	7.1	7.9	9.2	9.7	8.3	8.4						5.8
1976	7.1	8.8	9.3	8.7	7.6	6.5	7.9	4.5	5.3	7.2	4.8	4.9
1977	5.8	7.8	8.3	8.7	8.5	7.1	4.9	5.1	4.9	4.8	5.2	6.6
1978		8.6	9.3	8.6	7.3	6.6	6.4	5.6	4.2	4.9	5.2	6.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bamako (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.1	8.7	9.8	9.5	8.8	7.5	7.5	7.9	6.1	6.0	5.9	6.1

ECLA (moyenne 1970-78) : 2770 mm/an

CV = 12,6 % pour 6 années (1970 à 1978 sauf 1972, 74 et 75)

Ces données ne sont pas exploitables.

* Lieu : BOUGOUNI (11°25'N , 7°30'W) alt.= 350 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Déc. 1973 - Déc. 1978

Résultats :

Station de BOUGOUNI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973												7.7
1974	8.5			9.4	9.5	7.6	5.2	4.4	5.1	5.7	7.0	
1975							4.6	5.3	4.8	5.8	6.3	6.8
1976	7.9	9.8	10.2	10.0	7.0	5.8	5.9	4.9	5.1	4.9	6.1	6.9
1977	7.4	10.1	10.4	9.2	9.0	6.5	5.4	4.6	5.4	6.0	7.1	7.9
1978	8.8	9.3	10.5	8.6	7.4	6.2	4.3	4.6	5.7	5.8	6.7	7.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bougouni (1974-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.1	9.8	10.4	9.3	8.2	6.5	5.1	4.7	5.2	5.6	6.6	7.4

ECLA (moyenne 1974-78) : 2640 mm/an
(seulement trois années complètes)

* Lieu : GAO (16°16'N , 0°03'W) alt.= 258 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : Sept. 1971 - Juin 1977

Résultats :

Station de GAO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971									11.6	7.6	12.4	10.5
1972	10.4	12.6	15.6	19.8	15.9	16.2	14.3	12.5	13.7		13.5	10.4
1973	12.1			16.1	18.9	16.9	16.4	10.5		14.2	13.6	8.8
1974	9.9	11.8	14.2	15.1		15.0		9.8	11.7		7.5	
1975									7.3			
1976			14.1	15.8	15.0	15.1	14.0	10.8		10.6	11.8	9.6
1977	10.2	10.6	15.0	16.4	17.6	15.6						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Gao (1971-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.6	11.8	14.7	16.7	16.8	15.8	14.9	10.9	11.1	10.8	11.7	9.8

ECLA (moyenne 1972-77) : 4740 mm/an
(de nombreuses lacunes, pas d'années complètes)

* Lieu : KAYES (14°26'N , 11°26'W) alt.= 46 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Période d'observation : Janv. 1970 - Mars 1976 (nombreuses lacunes en 1974, 1975)

Résultats :

Station de KAYES , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	7.6	8.8	11.8	12.3	12.2	11.0	7.7	5.8	3.3	6.5	7.1	7.0
1971	8.0	9.6	11.4	13.1	13.4	12.6	7.1	1.8	4.8	6.1	6.2	6.5
1972	7.3	9.4	10.7	11.5	12.7	9.6	7.0	5.2	5.0	8.2	7.4	7.6
1973	8.7	11.6	13.7	14.2					5.6	6.3	7.7	
1974	9.2	10.9		12.6								
1975											6.8	6.8
1976	7.3	9.8	11.0									

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Kayes (1970-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.0	10.1	11.7	12.7	12.7	11.0	7.3	4.3	4.7	6.8	7.0	7.0

ECLA (moyenne 1970-76 : 3140 mm/an
(seulement trois années complètes)

* Lieu : MOPTI (14°31'N , 4°06'W) alt.= 271 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Juin 1970-Déc 1978 (1975 : incomplète)

Résultats :

Station de MOPTI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970						12.3	9.6	6.5	5.7	7.4	8.7	8.0
1971	9.0	11.2	12.8	14.5	14.7	12.3	10.0	6.9	6.1		9.5	8.7
1972	9.7	11.7	14.0	12.8	12.7	9.6	9.7	7.9	7.3	7.5	9.6	8.9
1973	9.9	11.7	13.9	13.1	13.5	12.0	9.5	6.8	7.7	9.7	11.4	9.3
1974	10.1	12.1	16.1	17.6	15.2	13.8	8.3	6.3	7.8	9.3	10.1	
1975							9.7	8.9	7.1	8.2	10.2	10.2
1976	10.3	12.3	14.0	15.6	13.1	10.9	9.1	6.7	6.6	7.2	9.4	8.7
1977	9.6	11.9	14.3	14.4	14.2	12.3	10.1	7.0	7.5	9.3	10.6	10.1
1978	11.3	11.5	14.1	13.3	13.3	13.1	8.6	8.2	6.8	8.3	11.0	10.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Mopti (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.0	11.9	14.2	14.5	13.8	12.0	9.4	7.3	6.9	8.4	10.0	9.3

ECLA (moyenne 1970-78 : 3880 mm/an
CV = 3,6 % pour 8 années (1971 à 1978 sauf 1975)

* Lieu : SEGOU (13°24'N , 6°09'W) alt.= 288 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970- 1978 (1975 : incomplète)

Résultats :

Station de SEGOU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	8.1	10.2	11.6	11.6	10.8	9.9	7.2	4.6	5.0	6.1	7.0	7.0
1971	8.3	9.2	10.6	10.5	10.4	9.5	6.0	5.1	5.2		7.9	8.0
1972	8.4	10.3	12.0	10.0	10.4	9.0	7.0	5.2	5.7	7.0	8.4	7.8
1973	9.1	10.9	12.1	13.8	10.7	10.2	7.1	5.2	5.2	7.4	8.8	7.7
1974	9.0	10.4	12.2	12.2	12.3		6.3	5.2	5.1	6.4	7.7	
1975							6.3	5.6	4.7	6.2	6.9	7.6
1976	7.9	9.4	10.6	10.5	10.6	7.9	7.1	5.1	5.1	5.1	6.6	
1977	7.6	10.3	11.5	10.5	10.7	9.3	7.2	5.8	4.7	6.4	8.0	7.7
1978	8.7	9.0	10.7	9.9	9.3	9.7	5.3	5.6	4.5	6.0	7.5	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Segou (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.4	10.1	11.4	11.1	10.6	9.4	6.6	5.3	5.0	6.3	7.6	7.6

ECLA (moyenne 1970-78) : 3020 mm/an

CV = 4,6 % pour 7 années (1970 à 1978 sauf 1974 et 75)

* Lieu : SIKASSO (11°21'N , 5°41'W) alt.= 374 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Nov. 1975- Déc. 1978

Résultats :

Station de SIKASSO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1975											5.8	6.1
1976	6.7	8.4	9.5	7.5		4.6	4.7	3.6	4.0	4.0	5.2	5.8
1977	6.0	8.5	9.2	7.5	7.0	5.2	4.0		4.7	5.1	6.5	6.6
1978	7.6	8.4	7.8		4.9	4.2	4.9		5.9	4.7	5.7	6.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Sikasso (1976-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.8	8.5	8.8	7.5	5.9	4.6	4.5	3.6	4.9	4.6	5.8	6.2

ECLA (moyenne 1976-78) : 2180 mm/an
(pas d'années complètes)

ANNEXE (IV.9)

MAURITANIE

NOUAKCHOTT

* Lieu : NOUAKCHOTT (18°08'N , 15°58'W)

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Juil.1970- Déc.1978

Résultats :

Station de NOUAKCHOTT , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970							8.5	9.5	9.8		10.0	9.4
1971			10.6	11.5	12.4	11.3		8.2	9.8	11.9	9.0	10.4
1972	10.3	12.0	10.7	11.4	11.3	10.7	9.4	10.4	10.6	10.8	11.0	9.7
1973	11.6	11.1	11.6	10.2	5.9	13.2	9.3	8.8	9.8	12.4	10.7	10.9
1974	13.3	12.7	11.3	10.9	10.6	11.2	9.5	6.7	10.5	12.4	10.7	9.7
1975	12.0	10.7	11.2	9.5	12.1	3.6	8.8	9.5	8.5	11.4	8.8	8.0
1976	10.9	9.8	9.5	9.3	9.5	12.4	12.4	9.8	10.6	10.7	9.6	7.2
1977	9.5	10.5	12.5	11.7	11.9	11.1	9.6	9.5	10.0	10.4	9.0	9.6
1978	6.5	5.9		11.7	12.3	12.2		10.0	10.1	11.2	7.2	10.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Nouakchott (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.6	10.5	11.1	10.8	10.7	10.7	9.6	9.1	10.0	11.4	9.6	9.5

ECLA (moyenne 1970-78) : 3760 mm/an

CV = 4,1 % pour 6 ans (1972 à 1977)

ANNEXE IV.10

NIGER

AGADES

BIRNI N'KONNI

CHIKAL

GOURE

MAGARIA

MAINE SOROA

MARADI

N'GUIGMI

NIAMEY

TAHOUA

TILLABERY

ZINDER

* Lieu : AGADEZ AERO (16°58'N , 7°59'E) alt.= 501 m

Sources : ASECNA ; *Annuaire Météorologiques du Niger* ; BILLON & PEPIN, 1982 et 1981 ; RIBSTEIN & al., 1983 ; BRICQUET & al., 1984 et 1985 ; GALLAIRE & al, 1986 et 1987 ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970-1978 et 1980-1989

Résultats :

Station de AGADES , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	11.9	14.0	16.4	18.5	18.4	19.0	13.3	10.7	15.3	17.3	14.1	12.5
1971	11.4	14.6	16.7	20.1	17.6	19.3	13.5	13.5	14.4	16.1	14.4	13.4
1972	11.3	14.4	16.0	17.5	17.8	15.5	15.8	13.2	17.6	17.8	14.5	11.7
1973	11.8	11.9	15.4	19.2	19.9	18.9	13.8	11.8	17.2		14.9	13.0
1974	12.5	12.8	17.0	16.9	18.0	17.2	11.6	10.0	13.2	15.4	13.0	11.2
1975	10.7	11.6	14.2	17.2	17.3	17.5	13.2	9.5	10.2	13.1	11.9	10.7
1976	9.0	11.7	11.6	14.2	15.6	12.3	9.7	7.8	13.6	14.0	11.9	9.8
1977	10.5	11.9	13.7	13.8	13.9	13.6	9.7	7.5	14.1	13.5	10.9	9.3
1978	10.7	11.4	13.5	12.9	13.0	11.0	8.9	8.0	10.5	12.1	11.2	10.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Agadez Aéro (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.1	12.8	15.0	16.7	16.8	16.0	12.2	10.2	14.0	14.9	13.0	11.3

ECLA (moyenne 1970-78) : 4990 mm/an avec CV = 12,1 % pour 8 ans (1970 à 1978 sauf 1973)

Les données de 1970 à 1978 ne sont pas exploitables.

Station de AGADEZ AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	13.1	14.9	17.7	17.4	17.8	14.4	12.4	12.4	16.8	16.7	14.0	9.1
1981	12.7	16.4	15.7	19.1	19.1	16.8	14.1	14.6	15.7	16.9	15.0	0.0
1982	11.3	14.0	18.5	18.5	18.2	15.1	15.2	13.0	14.6	15.2	12.9	12.2
1983	12.3	14.8	16.1	20.6	20.0	17.6	14.9	12.1	14.9		13.0	11.6
1984	16.6	12.8	15.7	17.2	20.0	19.3	16.7	17.5	16.4	17.0	15.2	12.5
1985	11.4	16.2	17.6	17.3	19.6	17.8	15.5	13.0	17.3		14.0	12.9
1986	12.2	13.8	18.1	20.6	21.0	18.8	14.1	12.9	14.3	17.4	14.8	13.0
1987	14.4	14.9	17.7	24.0	23.2	20.5	17.4	14.1	17.3	17.9	15.1	14.4
1988	14.7	15.2	18.9	19.9	22.9	20.7	13.6	12.5	16.2	18.2	16.3	12.9
1989	15.3	16.5	18.6	19.5	20.8	18.7	14.3	11.4	15.7	17.2	15.0	14.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Agadez Aéro (1980-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13.4	15.1	17.5	19.4	20.3	18.0	14.8	13.3	15.9	17.1	14.5	12.5

ECLA (moyenne 1980-89) : 5830 mm/an avec CV = 5 % sur 6 ans (1982 à 1989 sauf 1983 et 85)

* Lieu : BIRNI N'KONNI (13°48'N , 5°17'E) alt.= 272 m

Sources : ASECNA ; Annuaire Météorologique du Niger ;

Méthodes utilisées : Bac classe A (ECLA)
Périodes d'observation : 1970-1978 et 1982-1989

Résultats :

Station de BIRNI N'KONNI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	9.2	11.6	12.9	12.6	10.6	11.6	16.0	10.7	8.7	8.7	9.6	10.1
1971	9.0	10.3		14.0	11.6	11.5	10.3	12.3	7.9	9.7	10.3	9.5
1972	9.5	11.7	13.5	12.1	8.4	12.0	9.4	10.5	9.6	10.3	10.7	9.1
1973	10.1	11.2	12.9	13.7	12.7	10.8	8.5		4.4	10.8	12.6	9.3
1974	10.2	11.9	15.2	13.2	11.4	11.7	7.7	2.5	3.1	7.7		9.5
1975	9.4	10.2	11.7	11.8	10.0	10.3	7.3	2.7	2.7	6.7	8.2	9.6
1976	8.7	9.5	10.7	11.0	8.2	5.5	4.0	3.0	6.4	6.0	7.7	8.3
1977	9.5	11.2	13.4	12.8	9.8	8.7	4.3	2.1	5.7	6.7	9.1	8.8
1978	9.3	10.4	11.6	9.6	8.6	5.4	3.9	2.7	3.3	5.1	8.9	8.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Birni n'konni (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.4	11.0	12.7	12.3	10.1	9.7	7.9	5.8	5.7	8.0	9.6	9.2

ECLA (moyenne 1970-78) : 3390 mm/an avec CV = 15,3 % sur 6 ans (1970 à 1978 sauf 1971, 73 et 74)

Les données de 1970 à 1978 ne sont pas exploitables.

Station de BIRNI N'KONNI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	9.2	11.2	13.2	11.8	10.7	8.6	8.4	5.8	7.8	8.6	10.0	9.6
1983	11.5	12.8	14.0	14.8	12.3	9.5	7.4	6.0	6.4	10.4	9.6	8.8
1984	9.1	11.2	12.6	12.1	10.7	9.4	7.8	7.2	7.1	9.5	10.2	10.4
1985	10.6	12.8	13.1	14.3	12.1	11.0	8.4	5.7	5.7	10.4	10.0	11.8
1986	9.2	11.1	12.0	11.9	11.5	10.7	7.0	6.5	5.6	7.6	8.4	8.2
1987	9.0	9.4	11.5	14.3	13.3	10.2	8.4	6.5	8.7	9.2	9.0	9.1
1988	9.3	11.7	14.1	12.8	13.1	13.2	10.0	11.1	7.9	8.7	8.4	8.1
1989	8.8	10.1	12.6	12.1	11.4	11.8	10.7	10.5	7.9	8.0	9.7	8.5

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Birni n'konni (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.6	11.4	12.9	13.0	11.9	10.6	8.5	7.4	7.1	9.0	9.4	9.3

ECLA (moyenne 1982-89) : 3650 mm/an avec CV = 4,9 % sur 8 ans (1982 à 1989)

* Lieu : CHIKAL (14°25'N , 3°26'E) alt.= ? m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1983-1989

Résultats :

Station de CHIKAL , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983	11.2	13.6		15.8	13.2	9.7	6.6		7.1	8.2	7.9	8.4
1984	10.2	11.0	11.6	12.2	11.8	11.4	11.0	10.5	7.5	8.8	10.7	10.3
1985	11.0	14.5	14.9	15.8	13.0	12.9	11.3	6.1	5.1	9.3	9.3	8.8
1986	8.4	10.7	12.2	12.4	12.4	12.1	8.4	5.7	5.6	7.5	8.7	9.3
1987	9.6	10.9	12.7	17.3	15.7	13.0	10.9	9.7	7.6	9.4	10.5	10.7
1988	10.5	13.0	14.9	13.7	14.6	11.6	8.6	6.2	6.7	8.8	9.6	9.0
1989	11.2	12.2	14.2	13.4	14.1	13.1	10.5	7.1	7.5	9.3	11.5	11.1

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Chikal (1983-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.3	12.4	13.4	14.4	13.5	12.0	9.6	7.6	6.7	8.8	9.7	9.7

ECLA (moyenne 1983-89) : 3890 mm/an avec CV = 6,4 % sur 6 ans (1984 à 1989)

Ce coefficient de variation est élevé. Ces données ne seront pas exploitées.

* Lieu : GOURE (13°59'N , 10°15'E) alt.= 459 m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Méthodes utilisées : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : Août 1983 - Déc. 1989

Résultats :

Station de GOURE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983								12.1	13.4	18.1	13.3	13.0
1984	12.9	15.0	14.6	18.7	17.8	17.3	12.5	14.6	14.7	17.2	15.7	12.9
1985	14.7	17.5	17.0	15.5	15.4	18.4	11.1	11.8	11.4	18.5	14.1	12.4
1986	3.6	5.4	5.9	7.0	5.9	19.7	13.7	10.7	11.2	15.3	14.9	12.5
1987	12.6	13.3	16.2	21.5	22.0	22.2	16.3	12.2	13.7	18.1	14.2	13.8
1988	14.2	15.5	19.3	19.7	19.6	18.1	13.4	9.3	11.1	15.8	14.0	11.4
1989	13.2	14.5	15.9	16.5	15.5	17.4	13.5	8.2	11.8	15.7	13.2	11.4

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Goure (1983-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.9	13.7	14.8	16.5	16.0	18.8	13.4	11.3	12.5	17.0	14.2	12.5

ECLA (moyenne 1983-89) : 5250 mm/an avec CV = 13,0 % pour 6 ans (1984 à 1989)

Les valeurs d'évaporation des mois de Janvier, Février, Mars, Avril et Mai 1986 sont très nettement inférieures aux évaporations pour les mêmes mois les autres années. Cela nous conduit à éliminer les résultats de l'année 1986.

ECLA (moyenne 1982-89 sans 1986) : 5520 mm/an avec CV = 5,3 % pour 5 ans (1984 à 1989 sauf 1986)

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Goure (1983-1989 sans 1986)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13.5	15.4	16.6	18.4	18.1	18.7	13.3	11.4	12.7	17.2	14.1	12.5

* Lieu : **MAGARIA** (12°59'N , 8°56'E) alt.= 260 m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1982-1989

Résultats :

Station de **MAGARIA** , Evaporation sur bac classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	7.4	9.1	11.8	11.5	11.9	10.8	7.6	5.4	7.1	8.7	7.8	7.3
1983	7.8	10.0	10.7	13.1	13.3	11.0	8.2	7.6	7.4	9.4	8.2	8.1
1984	7.8	9.5	11.8	12.3	12.7	12.7	8.0	7.8	7.9	9.8	9.2	6.9
1985	8.8	10.3	10.5	13.4	12.6	10.9	7.3	5.9	7.1		9.0	7.7
1986	7.3	9.6	11.1	13.5	12.6	12.2	7.4	6.0	6.4	9.1	8.9	8.1
1987	8.1	9.7	11.4	14.1	14.6	10.5	9.9	6.6	8.1	10.9	8.2	7.6
1988	7.9	9.3	11.7	12.1	13.0	13.9	9.3	10.6	8.0	9.6	8.1	7.0
1989	8.2	10.3	10.7	11.8	11.8	12.3	13.4	8.9	7.4	8.9	8.6	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Magaria (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.9	9.8	11.2	12.7	12.8	11.8	8.9	7.4	7.4	9.5	8.5	7.6

ECLA (moyenne 1982-89) : 3510 mm/an avec CV = 4,2 % sur 7 ans (1982 à 1989 sauf 1985)

* Lieu : **MAINE SOROA** (13°14'N , 11°59'E) alt.= 338 m

Sources : *ASECNA ; Annuaire Météorologiques du Niger ;*

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : Août 1972 - Déc. 1978 et 1982-1989

Résultats :

Station de MAINE SOROA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972								6.1	11.6			10.4
1973	11.0				16.4	13.3	11.9	8.2		13.2	11.5	11.3
1974	11.2	12.5	14.7	14.8	14.8	13.1	13.7	6.4	7.4	12.2	13.0	10.5
1975	9.7	11.5	14.1	16.3	14.0	12.9	9.1	4.4	4.6	10.3	10.4	9.5
1976	8.5	11.4	11.7	13.4	11.5	9.3	6.3	4.6	8.6	9.4	10.3	9.0
1977	9.0	11.3	14.7	14.7	11.8	10.7	6.7	3.1	8.0	10.1	10.0	8.6
1978	9.3	11.1	13.4	12.9	10.6	9.6	5.3	4.8	5.3	8.8	10.8	9.6

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Maine Soroa (1972-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.8	11.7	13.7	14.4	13.2	11.5	8.8	5.4	7.6	10.7	11.0	9.9

ECLA (moyenne 1973-78) : 3880 mm/an avec CV = 9,7 % sur 5 ans (1974 à 1978)

Les données de 1970 à 1978 ne sont pas exploitables.

Station de MAINE SOROA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	10.1	11.5	15.0	14.7	13.5	11.9	8.8	5.9	8.9	11.4	11.8	10.3
1983	10.2	12.9	13.8	11.9	17.2	11.8	10.1	12.8	9.7	14.2	11.2	10.5
1984	10.0	12.9	14.7	15.2	14.1	12.0	9.4	9.8	10.2	13.6	13.2	10.3
1985	11.4	13.6	15.5		15.9	14.8	10.2	8.2	8.8	14.3	12.2	10.4
1986	10.2	13.9	15.8	17.4	15.3	14.6	9.2	8.1	8.9	14.5	13.8	11.9
1987	11.4	13.2	15.7	18.7	17.0	12.9	11.8	8.3	10.6	13.2	13.2	11.9
1988	11.4	13.9	17.7	17.0	16.3	12.0	9.1	6.5	7.9	12.4	11.6	9.6
1989	10.7	12.3	14.3	15.1	12.8	12.0	9.3	6.3	7.7	11.4	12.3	10.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Maine Soroa (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.7	13.2	15.3	15.7	15.2	12.8	9.8	8.2	9.1	13.1	12.4	10.6

ECLA (moyenne 1982-89) : 4440 mm/an avec CV = 5,7 % sur 7 ans (1982 à 1989 sauf 1985)

Le coefficient de variation est élevé. Ces données ne seront pas utilisées.

* Lieu : MARADI (13°28'N , 7°05'E) alt.= 368 m

Sources : ASECNA ; *Annuaire Météorologiques du Niger* ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : Oct. 1974 - Déc. 1978 et 1982-1989

Résultats :

Station de MARADI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1974										8.5	12.5	11.4
1975	11.5	13.2	14.8	13.8	11.9	11.4	8.2	3.3	3.5	8.7	10.2	11.3
1976	11.8	11.6	12.6	13.4	10.0	7.7	5.4	3.0	6.5	6.8	9.2	10.6
1977	12.4	14.6	17.1	16.7	10.5	9.0	5.6	2.6	6.2	7.3	11.0	10.3
1978	11.0	12.5	13.7	11.9	8.9	5.9	3.2	2.8	3.4	5.7	11.4	11.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Maradi (1974-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.7	13.0	14.6	13.9	10.3	8.5	5.6	2.9	4.9	7.4	10.9	10.9

ECLA (moyenne 1975-78) : 3480 mm/an (seulement 4 ans de données)

Station de MARADI AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	12.6	13.8	16.7	13.8	13.7	11.4	8.9	4.5	7.7	9.2	12.2	11.2
1983	12.5	14.8	17.5	19.1	14.5	10.9	8.3	6.8	7.3	13.4	12.4	11.8
1984	11.8	14.7	16.7	16.5	13.8	13.0	8.9	9.2	7.2	10.1	13.4	11.2
1985	12.2	15.7	14.8	18.7	13.0	11.7	7.7	5.2	6.9	12.7	12.2	9.5
1986	13.5	15.5	15.3	16.0	12.7	11.3	7.2	6.1	6.0	9.7	11.1	10.3
1987	11.7	13.2	13.9	18.3	17.3	10.9	11.9	8.0	9.2	12.4	13.3	11.8
1988	12.1	15.6	17.9	15.3	14.3	11.2	16.3	6.3	5.9	10.3	10.9	10.3
1989	11.1	13.9	15.4	14.5	11.9	11.5	8.0	5.7	6.1	10.0	12.0	10.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Maradi (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
12.2	14.8	16.0	16.5	13.9	11.5	9.7	6.5	7.0	11.0	12.2	10.9

ECLA (moyenne 1982-89) : 4320 mm/an avec CV = 5,2 % sur 8 ans (1982 à 1989)

* Lieu : N'GUIGMI (14°15'N , 13°07'E) alt.= 286 m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1982-1989

Résultats :

Station de N'GUIGMI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	9.1	11.6	15.2	14.5	14.7	12.9	11.3	11.1	10.8	12.2	11.0	9.9
1983	9.5	12.9	13.3	18.7	15.8	13.3	11.6	12.2	10.7	15.2	11.9	10.1
1984	9.7	11.9	13.8	15.7	13.6	13.6	12.3	12.2	11.7	14.0	12.3	9.3
1985	10.7	12.2	14.9	16.5	14.6	14.3	11.5	11.5	10.7	14.4	11.8	9.7
1986	9.4	11.9	14.9	17.3	15.3	14.0	11.3	9.8	10.4	13.4	11.8	9.8
1987	9.7	11.1	13.4	17.2	17.0	12.9	12.6	10.5	10.9	13.2	11.0	9.8
1988	8.0	11.2	14.4	14.8	14.5	12.6	9.9	6.7	9.1		10.6	8.7
1989	9.6	10.6	13.0	14.4	12.3	12.4	11.0	7.9	9.8	12.4	11.1	8.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
N'guigmi (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.7	11.8	14.1	16.1	14.7	13.2	11.4	10.2	10.5	13.5	11.4	9.5

ECLA (moyenne 1982-89) : 4450 mm/an avec CV = 4,5 % sur 7 ans (1982 à 1989 sauf 1988)

* Lieu : NIAMEY AERO (13°29'N , 2°10'E) alt.= 222 m

Sources : ASECNA ; *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970-1978 et 1982-1989

Résultats :

Station de NIAMEY AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	10.2	11.7	13.6	12.9	11.7	11.3	10.6	5.8	6.4	9.2	9.7	8.6
1971	9.3	10.4	11.9	14.2	12.7	11.0	9.3	6.1	7.3	9.9	11.1	10.2
1972	11.4	12.3	12.0	12.4	11.2	9.6	9.1	7.9	7.9	10.1	10.7	9.5
1973	10.3	12.0	13.3	14.3	12.7	11.8			8.4	10.0	11.1	8.7
1974	8.9	11.4	13.6	14.1	11.0	12.1			6.8	8.1	9.6	8.6
1975	8.7	10.3	11.4	12.0	8.6	8.9	5.9	2.6	2.8	5.8	7.1	8.5
1976		8.5	10.3	8.9	6.7	4.9	3.5	2.6	6.1	6.2	6.9	7.4
1977	8.3	9.3	11.0	8.6	7.6	6.1	3.3	2.6	6.7	6.0	8.0	7.7
1978	8.3	9.2	8.8	9.8	3.9	4.0	3.4	2.7	2.9	5.1	8.6	8.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Niamey Aéro (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.4	10.6	11.8	11.9	9.6	8.9	6.5	4.3	6.1	7.8	9.2	8.6

ECLA (moyenne 1970-78) : 3180 mm/an avec CV = 19,6 % sur 6 ans (1970 à 1978 sauf 1973, 74 et 76)

Les données de 1970 à 1978 ne sont pas exploitables.

Station de NIAMEY AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	7.7	9.9	11.6	11.2	10.0	8.6	7.4	5.3	6.9	8.0	9.1	8.9
1983	9.7	11.4	12.8	13.2	10.2	7.0	5.8	5.6	5.8	9.7	8.7	8.2
1984	9.1	10.7	12.0	11.7	10.0	8.5	7.4	7.6	9.7	8.6	9.5	9.4
1985	9.6	13.5	12.7	13.2	11.4	9.7	6.9	5.7	6.1	9.7	9.7	9.2
1986	8.7	11.0	12.4	12.0	10.6	9.5	5.9	5.8	6.1	8.4	9.6	8.9
1987	9.3	10.7	11.6	14.4	12.4	9.3	8.1	5.4	6.6	8.3	9.6	9.3
1988	8.8	11.1	13.6	11.0	11.9	7.9	5.5	3.6	4.7	8.1	7.9	8.1
1989	9.5	10.9	12.1	12.0	11.4	9.2	6.8	4.1	5.0	9.7	9.9	9.2

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Niamey Aéro (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.1	11.2	12.4	12.3	11.0	8.7	6.7	5.4	6.4	8.8	9.2	8.9

ECLA (moyenne 1982-89) : 3340 mm/an avec CV = 4,4 % sur 8 ans (1982 à 1989)

* Lieu : TAHOUA AERO (14°54'N , 5°15'E) alt.= 386 m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1984-1989

Résultats :

Station de TAHOUA AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984	14.2	15.4	17.9	17.6	17.1	15.2	15.0	15.4	11.1	13.4	14.8	14.5
1985			17.9					10.0	10.0	17.9	14.7	12.9
1986	12.6	15.9	17.4	18.3	16.3	13.8	10.2	9.0	7.6	13.4	13.6	13.4
1987	13.4	14.8	17.1	20.6	20.2	14.1	13.1	10.2	11.0	14.9	15.0	13.9
1988	14.4	17.4	20.3	18.4	18.7	14.3	10.4	7.2	8.8	14.4	13.6	12.7
1989	15.2	16.3	19.0	18.5	16.5	13.8	13.0	7.7	10.2	14.4	15.5	14.3

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Tahoua Aéro (1984-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
14.0	16.2	18.3	18.7	17.8	14.2	12.4	9.9	9.8	14.7	14.5	13.6

ECLA (moyenne 1984-89) : 5290 mm/an avec CV = 4,1 % sur 5 ans (1984 à 1989 sauf 1985)

* Lieu : TILLABERY (14°12'N , 1°27'E) alt.= 209 m

Sources : *Annuaire Météorologiques du Niger*

Appareil utilisé : Bac Classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1983-1989

Résultats :

Station de TILLABERY , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983	11.0	13.4	14.8	14.3	14.4	11.1	9.5	7.9	9.8	12.0	10.1	9.0
1984	9.6	10.8	13.5	13.7	13.4	12.2	11.3	10.3	9.5	9.7	10.0	9.7
1985	9.4	12.0	12.8	13.4	12.5	11.3	8.3	7.2	7.7	7.1	9.6	8.8
1986	9.0	10.5	11.6	12.7	12.4	10.7	8.3	7.9	7.4	8.7	9.3	8.9
1987	9.3	10.7	12.2	14.9	13.4	11.6	10.6	8.7	10.9	9.5	10.1	12.3
1988	8.6	11.3	13.9	11.9	13.3	11.1	11.0	17.4	8.0	9.3	8.9	9.4
1989	9.7	11.5	12.3	12.8	12.3	11.5	11.8	14.5	10.5	9.5	10.9	9.1

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Tillabery (1983-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9.5	11.6	13.0	13.4	13.1	11.3	10.1	10.6	9.1	9.4	9.8	9.6

ECLA (moyenne 1983-89) : 3970 mm/an avec CV = 5,9 % sur 7 ans (1983 à 1989)

Le coefficient de variation est élevé. Ces données ne seront pas exploitées.

* Lieu : ZINDER (13°47'N , 8°59'E) alt.= 451 m

Sources : ASECNA ; *Annuaire Météorologiques du Niger* ;

Appareil utilisé : Bac classe A (ECLA)

Périodes d'observation : 1970-1978 et 1982-1989

Résultats :

Station de ZINDER , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	11.6	13.8	16.3	17.5	15.0	13.8	12.1	14.0	9.1	13.6	13.4	11.8
1971	11.7	12.6	15.3	19.0	16.4	14.1	12.5	13.1	11.5	14.4	12.9	12.1
1972	11.3	14.2	16.7	14.6	15.1	15.1	11.6	12.3	6.3	15.2	17.3	11.6
1973	12.1	13.6	16.4	18.4	15.9	15.2	12.6		12.2	15.5	14.4	11.1
1974	11.9	14.0	17.0	15.6	15.6	14.7	16.9		10.4	12.0	13.7	11.6
1975	11.1	12.8	15.0	15.8	13.5	13.7	9.9	7.6	6.4	15.9	15.3	9.9
1976	13.5	15.1	15.0	16.6	11.8	8.4	6.3	5.1	8.4	9.2	14.3	10.0
1977	9.1	10.8	13.3	13.2	11.4	10.2	6.9	3.6	8.8	10.1	10.4	9.2
1978	9.8	10.8	13.0	15.3	10.3	8.3	5.1	4.3	5.4	7.8	11.0	10.1

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Zinder (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.3	13.2	15.3	16.2	13.9	12.6	10.4	8.6	8.7	12.6	13.6	10.8

ECLA (moyenne 1970-78) : 4480 mm/an avec CV = 14,6 % sur 7 ans (1970 à 1978 sauf 1973 et 74)

Les données de 1970 à 1978 ne sont pas exploitables.

Station de ZINDER AERO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	11.6	13.6	17.0	14.5	14.6	11.8	9.6	5.5	7.2	10.4	11.7	11.1
1983	11.2	15.5	16.3	20.3	16.3	13.9	10.4	8.1	9.4	14.4	12.4	12.1
1984	9.7	13.7	15.8	16.8	15.4	14.5	10.9	10.6	10.3	14.2	13.7	11.4
1985	13.3	15.7	16.0	20.1	14.8	14.3	9.3	7.7	8.3	15.6	12.8	11.4
1986	10.4	15.3	16.6	18.5	15.3	14.9	9.9	8.5	8.5	13.6	13.0	11.8
1987	11.4	13.2	15.2	20.1	18.8	13.5	12.9	9.4	9.8	14.4	13.1	11.8
1988	12.8	13.8	17.7	16.9	17.0	13.3	10.1	7.1	8.6	11.7	12.5	10.8
1989	12.5	13.8	15.5	16.0	14.7	13.4	11.3	7.5	9.6	14.0	13.2	11.8

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Zinder (1982-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11.6	14.5	16.3	17.9	15.9	13.7	10.5	8.1	8.9	13.6	12.8	11.5

ECLA (moyenne 1982-89) : 4720 mm/an avec CV = 4,6 % sur 8 ans (1982 à 1989)

ANNEXE IV.11

SENEGAL

DAKAR YOFF

* Lieu : DAKAR YOUFF (14°44'N , 17°30'W) alt.= 27 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Juil. 1972 -Déc. 1978

Résultats :

Station de DAKAR YOUFF , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972							6.6	6.8	6.1	6.1	6.5	6.3
1973	6.6	5.9	6.0	10.1	5.9	6.2	5.6	4.3	1.6	6.3	3.7	4.3
1974	6.6	3.3	5.8	6.0	5.4	6.1	6.3	5.0	3.9	5.4	4.9	4.9
1975	5.1	5.3	4.7	6.1	5.5	6.5	2.6	3.8	2.9	4.5	5.5	4.9
1976	4.9	5.2	5.0	5.5	5.3	5.5	5.5	5.2	4.1	4.5	5.3	3.9
1977	4.8	5.9	4.3	6.4	6.0	3.5	4.5	5.8	4.4	6.3	4.9	5.4
1978	5.9	4.9	6.5	6.5	7.2	7.6	7.1	6.5	5.8	6.9	6.5	6.9

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Dakar Yoff (1972-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.6	5.1	5.4	6.8	5.9	5.9	5.5	5.3	4.1	5.7	5.3	5.2

ECLA (moyenne 1972-78) : 2000 mm/an avec CV = 10,5 % sur 6 ans

Les données sont trop dispersées donc inexploitable.

ANNEXE IV.12

TCHAD

ABECHE

AM TIMAN

ATI

BANDA SONASUT

BEBEDJIA

BOKORO

BOL BERIM

BOL MATAFO

FAYA LARGEAU

GASSI

GUELENDENG

N'DJAMENA

* Lieu : ABECHE (13°51'N , 20°51'E) alt= 550 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mars 1987 - Déc. 1990 (quelques lacunes)

Résultats :

Station d'ABECHE , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987			18.2	22.2	19.1	15.3	13.9	10.4	12.8	17.9	17.5	
1988		17.2	21.3	21.6	18.5	15.0	11.3	9.5	9.0	15.8	15.4	13.8
1989	13.9	14.7	18.8	20.5	15.7	13.8	12.2	9.0	10.0	14.2	15.1	12.9
1990	14.8	15.0	19.6	22.3	16.6	13.8		10.9	13.5	17.3	16.2	15.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Abeche (1987-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
14.3	15.8	19.5	21.7	17.5	14.5	12.5	9.9	11.3	16.3	16.1	13.9

ECLA (moyenne 1987-90 : 5570 mm/an
(une année complète seulement)

* Lieu : AM TIMAN (11°02'N , 20°17'E) alt= 436 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Janv. 1970 - Juin 1977 (quelques lacunes)

Résultats :

Station de AM TIMAN , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	4.0	6.9			14.6	10.8		4.5	5.6	9.4	10.0	7.9
1971	10.1	12.9	15.9	15.3	14.9	12.1	3.0	2.7	2.9	3.3	6.4	3.7
1972	3.3	7.5	13.7	13.1	8.6	8.5	6.9	4.6	4.4	6.3	9.1	10.1
1973	11.9	14.0	14.7	10.3	9.6	8.1	8.0	5.4	5.7	7.9	8.8	9.6
1974	10.6	13.1	11.2	10.1	8.7	6.1	3.6	3.9	4.8	5.5	6.0	8.0
1975	10.0	12.1	9.7	10.1	9.3	7.8	4.4	2.6	2.3	4.8	7.9	9.2
1976	10.4	10.4	10.8	9.7	9.1	5.9	4.8	3.3	4.0	5.2	6.4	9.5
1977	9.8	12.9	15.4	14.6	10.5	6.5						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Am Timan (1970-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	11.3	13.1	11.9	10.7	8.2	5.1	3.9	4.2	6.1	7.8	8.3

ECLA (moyenne 1970-77) : 3010 mm/an

CV = 8,9 % sur 6 ans

Le coefficient de variation est trop élevé. Les données ne sont pas exploitables.

* Lieu : ATI (13°13'N, 18°20'E) alt.= 334 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mai 1970 - Juin 1977 (quelques lacunes)

Résultats :

Station de ATI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970					12.0	10.9	11.0	4.1	5.9	9.5	9.2	8.2
1971	8.3	10.7	13.3	13.4	12.4	12.1	9.5	7.8	7.9	10.6	10.1	9.0
1972	9.0	10.6	11.6	12.7	11.5	10.5	7.2	6.3	6.9	8.7	8.4	8.7
1973		9.4	12.4	14.2	13.1	11.6	10.6	3.2	9.3	9.9	9.7	9.1
1974	8.4	10.7	13.9	14.3	13.2	11.5	6.6	5.9	6.0	9.8	9.2	7.9
1975	8.0	9.2	12.4	13.2	11.5	10.6	5.6	5.4	6.7	9.0	10.0	9.0
1976	9.0	11.6	10.7	12.0	13.6	13.0	8.5	7.6	7.6	9.6	9.5	8.7
1977	9.0	11.0	15.8	17.4	16.1	15.1						

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Ati (1970-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.6	10.6	12.9	13.9	12.9	11.9	8.4	5.8	7.2	9.6	9.4	8.7

ECLA (moyenne 1970-77) : 3635 mm/an

CV = 4,3 % sur 6 ans

* Lieu : BANDA SONASUT (9°08'N , 18°23'E)

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Fev. 1984 - Nov. 1990 (quelques lacunes)

Résultats :

Station de BANDA SONASUT , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984		10.0	10.1	7.5	6.0	4.5		4.9			4.2	7.9
1985			9.4	7.4	7.0	5.2	4.3	3.9	4.2	5.4	5.7	5.8
1986	8.6	8.2	8.0	8.5	7.4	6.1	4.2	4.9	5.0	5.0	5.4	8.1
1987	9.3	8.8	8.1	7.3	6.8	4.5	3.8	3.6	4.2	7.8	5.3	7.1
1988			8.3		5.9	4.8	3.6	4.1	3.6	4.7	6.0	6.7
1989	9.4			7.6	5.6	5.4	3.9	3.7	4.0	4.8	5.3	
1990	7.5	8.8	10.6	8.3	6.5	5.2			3.1	6.3	4.9	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Banda Sonasut (1984-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.7	9.0	9.1	7.8	6.4	5.1	4.0	4.2	4.0	5.7	5.3	7.1

ECLA (moyenne 1984-90) : 2310 mm/an
(seulement deux années complètes)

* Lieu : BEBEDJIA (8°41'N , 16°34'E) alt.= 395 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1986 - 1990 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de BEBEDJIA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1986	8.8		8.6		8.2						5.9	8.9
1987		10.9	11.1	9.5	7.6	3.4	2.7	6.3	2.8	4.7	6.5	7.2
1988	8.6	11.3	10.5	8.8	5.5	3.4	2.3	2.7	2.7	4.1	6.4	6.9
1989	7.8	9.7		8.8	4.8	3.7	2.0			2.7	5.3	6.7
1990	8.1	10.0	10.9	10.0		4.1	3.0	2.1	2.2	3.1	5.2	7.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bebedjia (1986-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.3	10.6	10.3	9.3	6.6	3.7	2.5	3.7	2.6	3.6	5.8	7.5

ECLA (moyenne 1986-90) : 2250 mm/an
(seulement une année complète)

* Lieu : BOKORO (12°23'N , 17°03'E) alt.= 299 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Janv. 1986 - Oct. 1987 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de BOKORO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1986	11.7	13.4	15.6		17.4	14.6	9.1	6.9	6.7	10.2	11.7	
1987	10.1	11.0		15.8	13.7	9.3	8.8	7.1		8.3		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bokoro (1986-1987)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.9	12.2	15.6	15.8	15.6	12.0	8.9	7.0	6.7	9.2	11.7	

ECLA (moyenne 1986-87) : 3800 mm/11 mois (sauf décembre)
(trop peu de données)

* Lieu : BOL BERIM (13°28'N , 14°43'E) alt.= 291 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Janv. 1970 - Déc. 1976 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de BOL BERIM , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	9.0	10.8	14.6	15.7	12.8	12.2	10.2	5.5	5.3	9.2	9.6	10.0
1971		11.8	14.5	15.4	12.6	12.1	10.0	7.4	7.6	11.6	10.0	9.3
1972	8.2	10.4	12.0	13.0	11.7	11.5	11.1	8.5	9.7	11.3	12.1	14.9
1973	13.0	12.3	13.6	17.8	13.2	11.7	9.9	7.0	8.5		11.6	
1974	12.8				12.6	10.2	6.3	4.4	5.1	7.7		
1975				12.0	9.6	7.6	6.8	7.4	6.1			
1976							8.0	6.1	6.2	7.9	9.1	8.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bol Berim (1970-1976)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.7	11.4	13.7	14.8	12.1	10.9	8.9	6.6	6.9	9.6	10.5	10.5

ECLA (moyenne 1970-76) : 3850 mm/an
(seulement 2 années complètes entre 1970 et 1975)

* Lieu : BOL MATAFO (13°26'N , 14°44'E) alt.= 291 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mars 1984 - Déc. 1990 (sauf 1985 et 1986) (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de BOL MATAFO , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984			5.9	11.9	12.3	14.0		8.9	8.5	11.3	11.6	6.7
1985												
1986												
1987	8.9	10.4	10.7	12.0			8.2	6.3	8.5	10.7	10.8	10.4
1988		10.1		10.6			5.6			10.4		
1989		8.5			9.3	8.9	8.3	6.8	7.7		10.9	7.7
1990		8.2			9.9	8.9	7.2	8.0	9.4			

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Bol Matafo (1984-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.9	9.4	8.3	11.5	10.5	10.6	7.3	7.5	8.5	10.8	11.1	8.3

ECLA (moyenne 1984-90) : 3420 mm/an
(pas d'années complètes)

* Lieu : FAYA LARGEAU (18°00'N , 19°10'E) alt.= 234 m

Sources : ASECNA ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Janv. 1970 - Fev. 1977 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de FAYA LARGEAU , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	14.3	14.8	17.2		16.7	17.2			19.7	20.3	16.5	15.8
1971	11.7	15.7				18.6	16.3	13.6		17.0	17.7	14.2
1972	13.5	17.2		19.3	20.5	21.4	18.8	18.0	23.2	17.5	20.8	19.3
1973	22.6	18.9	22.0	22.3		24.7	17.7	19.9		20.6	15.8	17.7
1974	15.8	16.8	17.3	19.9	20.2	23.1	16.1	17.5	18.4	20.8	21.2	16.6
1975	17.2	18.7	20.8	22.6	22.3	24.6	15.6	19.9	24.6	23.0	19.6	14.9
1976	17.4						19.1	22.5	20.0	18.7	16.1	16.9
1977	16.4	18.5										

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Faya Largeau (1970-1977)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
16.1	17.3	19.3	21.0	19.9	21.6	17.2	18.6	21.2	19.7	18.2	16.5

ECLA (moyenne 1970-77) : 6900 mm/an
(seulement 2 années complètes entre 1970 et 1976)

* Lieu : GASSI (12°05'N , 15°01'E) alt.= ?

Sources : Bulletins Climatologiques Tchadien ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mai 1985 - Oct. 1989 (nombreuses lacunes)

Résultats :

Station de GASSI , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1985					11.0	11.5	10.3		7.9			
1986	10.4	12.8	13.6	14.3	13.0	13.0	9.1	7.5	6.6	10.6	12.3	12.0
1987	4.5	13.1	14.6	17.2	15.8	4.2		6.9	9.0	12.5	13.6	12.1
1988		14.6		17.1								
1989	11.4		16.5	14.9	14.5					9.8		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Gassi (1985-1989)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8.8	13.7	14.9	15.9	13.6	9.6	9.7	7.2	7.8	11.0	13.0	12.1

ECLA (moyenne 1985-89) : 4160 mm/an
(seulement une année complète)

* Lieu : GUELENDENG (10°55'N , 15°33'E) alt.= 315 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mai 1984 - Oct. 1990 (quelques lacunes)

Résultats :

Station de GUELENDENG , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984					11.8		7.2	7.1	7.5	8.6	10.2	
1985		13.3	13.2	14.1	13.3	9.5	5.6	5.8	5.5	7.1	8.2	7.9
1986	8.2	11.2	12.8	12.8	8.7	10.5	7.3	6.7	5.8	7.6	8.1	9.6
1987	11.3	12.5	13.6	14.5	15.7	10.5	8.9	9.0	6.9	7.8	10.5	9.8
1988			14.4	12.9	11.7	6.4	7.0	6.2	4.8	7.1	9.0	7.0
1989	15.0	11.1			10.1	8.7	6.3	5.9	6.2	5.8	12.3	8.1
1990	9.1		15.0	11.5	11.1	10.6	7.4	5.2	6.1	7.6		

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Guclendeng (1984-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.9	12.0	13.8	13.1	11.8	9.4	7.1	6.5	6.1	7.4	9.7	8.5

ECLA (moyenne 1984-90) : 3530 mm/an
(seulement deux années complètes)

* Lieu : N'DJAMENA (12°08'N , 15°02'E) alt.= 295 m

Sources : *Bulletins Climatologiques Tchadien* ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Mars 1984 - Nov. 1990 (quelques lacunes)

Résultats :

Station de N'DJAMENA , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984			12.3	10.9	10.7	9.7	7.8	8.0	7.5	9.8	10.1	8.2
1985	11.5	14.3	14.4			9.2	5.3	6.8	4.5	11.0		10.3
1986	10.1	13.4	15.5	16.5	13.9	11.6	8.0	6.6	6.6	9.2		9.8
1987	10.7	13.8	14.7	19.3	15.6	9.6	9.5	6.4	7.9	11.4	11.8	14.1
1988	10.0	13.6	17.1	15.1	13.2	9.9	7.4	4.6	5.4	8.2	12.9	10.1
1989	11.6	14.5	16.9	14.3	12.3	10.6	7.1	5.4	6.2	10.0	12.2	10.5
1990		14.9	18.5	15.9	14.0	12.3	7.4	6.8	8.4	12.8	13.1	

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
N'djamena (1984-1990)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10.8	14.2	15.6	15.3	13.3	10.4	7.5	6.4	6.6	10.3	12.0	10.5

ECLA (moyenne 1984-90) : 4030 mm/an avec CV = 6,2 % sur 5 ans (1984 à 1989 sauf 1985)

Mais d'après les données de RIOU (1975), ECLA (moyenne 1964-73) : 2820 mm/an avec CV = 2,7 % sur 10 ans

Les données de 1984 à 1990 ne sont donc pas exploitables.

ANNEXE IV.13

TOGO

ATAKPAME

LOME

TABLIGBO

* Lieu : ATAKPAME (7°35'N , 1°15'E) alt.= 400 m

Sources : ASECNA ; IMBERNON & al., 1987 ;

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : Avril 1970 - Déc. 1972 et 1975-1985

Résultats :

Station de ATAKPAME , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970				5.4	4.6	4.7	3.4	2.6	2.6	4.5	6.0	
1971	7.0	6.4	6.4	5.8	5.6	3.8	3.3	2.8	2.9	4.4	6.0	
1972		6.8	5.9	4.3	4.7	3.9	3.1	3.3	4.2	4.5	9.2	10.7

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Atakpame (1970-1972)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7.0	6.7	6.1	5.2	5.0	4.2	3.3	2.9	3.2	4.5	7.1	10.7

ECLA (moyenne 1970-72) : 2000 mm/an
(L'évaporation de Décembre 1972 semble douteuse!)

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Atakpame (1975-1985)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6.9	7.3	6.7	6.1	5.9	4.5	3.5	3.2	3.7	4.6	5.3	5.6

ECLA (moyenne 1975-85) : 1920 mm/an
(Nous ne disposons que des données interannuelles)

* Lieu : LOME (6°10'N , 1°15'E) alt.= 20 m

Sources : ASECNA

Appareil utilisé : Bac classe A

Période d'observation : 1970-1978

Résultats :

Station de LOME , Evaporation sur bac Classe A en mm/j

Date	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	4.7	5.4	6.0	5.8	5.6	5.2	4.3	4.5	5.2	5.6	4.7	4.2
1971	4.3	5.5	6.1	6.2	5.7	4.5	4.5	4.1	5.2	5.7	5.6	4.9
1972	4.3	5.9	6.3	5.7	5.4	4.2	4.2	4.7	5.6	5.6	5.5	4.4
1973	4.8	6.2		6.2	6.0	4.6	5.7	4.6	5.1	5.2		4.6
1974	4.5	4.9	6.5	6.2	5.5	3.8	4.0	5.2	4.4	5.3	5.4	
1975	4.8	5.5	6.6	7.4	5.2	4.8	3.9	4.4	5.3	6.1	5.4	4.5
1976	4.9	5.7	5.8	5.4	5.2	4.6	4.2	4.7	6.1	5.7	5.7	3.5
1977	5.3	5.5	6.0	6.3	5.4	4.5	5.1	5.3	5.7	5.7	5.8	5.1
1978	4.9	6.5	6.7	5.4	5.1	4.7	4.9	5.5	6.1	6.8	6.1	5.0

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Lome (1970-1978)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.7	5.7	6.3	6.1	5.5	4.6	4.5	4.8	5.4	5.7	5.5	4.5

ECLA (moyenne 1970-78) : 1920 mm/an
CV = 3,6 % sur 7 années

* Lieu : TABLIGBO (6°35'N , 1°30'E) alt.= 51 m

Sources : ANONYME, 1979 ; IMBERNON, 1987 ;

Appareil utilisé : Bac classe A
Période d'observation : 1976-1986

Résultats :

Tableau : Moyennes mensuelles interannuelles de l'évaporation sur bac Classe A (ECLA) en mm/j
Tabligbo (1976-1986)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4.2	5.0	5.4	5.0	4.2	3.7	3.2	3.5	4.2	3.7	3.7	3.5

ECLA (moyenne 1976-86) : 1500 mm/an
(Nous ne disposons que des données interannuelles)

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Estimation du rayonnement solaire global à partir de la durée d'insolation à la station de N'djamena.....	18
Figure 2 : Diagramme schématique du bilan d'énergie au-dessus d'une surface d'eau libre.....	21
Figure 3 : Variation du coefficient de Dalton en fonction de la surface du réservoir.....	24
Figure 4 : Bac de Classe A sur pelouse.....	30
Figure 5 : Bac Colorado sur sol nu.....	30
Figure 6 : Bac flottant.....	30
Figure 7 : Bac d'évaporation de Classe A (schémas).....	31
Figure 8 : Pointe de mesure du bac de classe A.....	32
Figure 9 : Bac Colorado version ORSTOM (schéma).....	33
Figure 10 : Pointe de mesure du bac Colorado.....	34
Figure 11 : Mesure de la température de l'eau d'un bac Colorado.....	34
Figure 12 : Bac d'évaporation flottant (schéma).....	35
Figure 13 : Variation de l'écart entre les données de deux bacs identiques en fonction du nombre de jours de mesures.....	39
Figure 14 : Exemple de présentation des mesures.....	40
Figure 15 : Pluviomètre au sol (type Snowdon) avec écran de protection.....	41
Figure 16 : Station météorologique sur sol nu.....	41
Figure 17 : Températures de l'eau des bacs à différentes époques de l'année à N'Djamena.....	43
Figure 18 : Coefficient b et vitesse du vent pour les bacs enterrés "sol nu".....	54
Figure 19 : Coefficient b et vitesse du vent pour les bacs enterrés pelouse.....	54
Figure 20 : Comparaison du coefficient $E / (e_s - e_d)$ et de la vitesse du vent pour les bacs enterrés.....	55
Figure 21 : Formule de Dalton pour le bac Colorado de St-Paul.....	56
Figure 22 : Localisation des sites expérimentaux.....	74
Figure 23 : Localisation des stations climatologiques.....	78
Figure 24 : Evolution de l'évaporation sur bac Colorado avec la latitude.....	85
Figure 25 : Répartition des valeurs annuelles de $k = E_{lac} / E_{COL}$	87
Figure 26 : Evolution de l'évaporation sur bac Classe A avec la latitude.....	88

Figure 27 : Evolution de l'évaporation sur lac avec la latitude pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre.....	90
Figure 28 : Evaporation sur lac dans l'Afrique de l'Ouest et du Centre (carte).....	91
Figure 29 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado.....	92
Figure 30 : Evolution mensuelle de l'évaporation Classe A.....	94
Figure 31 : Evaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (SIRCOULON, 1966) (carte).....	97
Figure 32 : Evaporation sur nappe d'eau libre en Côte d'Ivoire (MOLINIER, 1968) (carte).....	98
Figure 33 : Evaporation sur nappe d'eau libre au Mali (Carte).....	101
Figure 34 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans le bassin du Niger supérieur.....	102
Figure 35 : Evolution mensuelle de l'évaporation Colorado dans la cuvette lacustre du Niger.....	102
Figure 36 : Localisation des lacs et mares du Sud-Est de la Mauritanie (carte).....	105
Figure 37 : Estimation de l'évaporation Piche en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	107
Figure 38 : Estimation du coefficient $R' = E_{\text{piche}} / E_{\text{Colorado}}$ en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	108
Figure 39 : Estimation de l'évaporation sur bac Colorado en fonction de l'altitude et de la latitude au Togo.....	108

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evaporation du lac de Bam en mm/j.....	52
Tableau 2 : Evaporation du lac Tchad.....	52
Tableau 3 : Moyennes mensuelles interannuelles de divers paramètres avec $a = 0.08$ pour le lac de Bam...	61
Tableau 4 : Moyennes interannuelles de $k = E_{lac} / E_{COL}$	86
Tableau 5 : Valeurs annuelles de $k' = E_{lac} / E_{CLA}$	89
Tableau 6 : Valeurs mensuelles de $k = E_{lac} / E_{COL}$	93
Tableau 7 : Moyennes mensuelles interannuelles de $k' = E_{lac} / E_{CLA}$	95
Tableau 8 : Estimation de l'évaporation sur nappe d'eau libre des régions Nord, Centres et Sud (Bassin du Bandama, Côte d'Ivoire).....	99