

# ETUDE DE L'EVAPORATION D'UN LAC EN CLIMAT SOUDANO-SAHELIE LE LAC DE BAM

**Bernard POUYAUD**

ORSTOM Centre d'Adiopodoumé  
B.P.V 51 Abidjan  
(Côte d'Ivoire)

## OBJECTIFS DE L'ETUDE

### Motivation théorique et choix d'une méthodologie

La connaissance précise de l'évaporation d'une grande nappe d'eau libre reste en zone soudano-sahélienne indispensable à l'élaboration des grands projets d'aménagement.

Tout en reconnaissant au rayonnement solaire son rôle primordial de moteur énergétique des phénomènes climatiques, on peut concevoir, dans ces climats soudano-sahéliens, l'évaporation sous le strict aspect de *phénomène de diffusion gazeuse*.

Ainsi l'évaporation ELAC d'une nappe d'eau libre serait entièrement définie par sa température de surface TLAC (et la tension de vapeur saturante EW, correspondante) et le profil de tension de vapeur d'eau de l'air surplombant, que nous pouvons grossièrement caractériser par la tension de vapeur d'eau E2 de l'air à une hauteur de référence (2 m). Ces deux paramètres se trouvent intégrés de façon classique (et commode) par le déficit de saturation  $\Delta E \text{ LAC} = EW - E2$ .

Le vent (U2, mesuré à la même hauteur caractéristique) intervient sur E2, puis en déterminant la forme du profil de tension de vapeur entre EW et E2, par le remplacement plus ou moins rapide des couches d'air chargées d'humidité surplombant le lac, par des couches d'air sèches venues des alentours du lac. Le gradient de tension de vapeur est d'autant plus grand que la vitesse du vent est plus élevée.

L'énergie nécessaire à l'évaporation vient donc bien sûr du rayonnement solaire, mais de façon essentiellement indirecte. Elle peut provenir du stock calorifique représenté par l'eau du lac, mais aussi du sol le contenant, et surtout par advection des masses d'air environnantes surchauffées par les sols secs et dénudés de ces latitudes sahéliennes.

Dans cette schématisation, et pour ce régime climatique, le facteur limitant de l'évaporation demeure donc le déficit de saturation de l'air, et non l'énergie, toujours disponible en suffisance si l'état d'humidité de l'air permet une évaporation supplémentaire.

Il faut donc comparer les paramètres climatiques observés au dessus du lac (E2 LAC, TLAC,  $\Delta E \text{ LAC}$ , U2 LAC) avec l'évaporation mesurée directement à l'échelle ELAC.

Mais pour pouvoir extrapoler ces résultats et utiliser les paramètres climatiques classiques obtenus avec les installations plus sommaires, mais habituelles, d'une station météorologique, l'évaporation mesurée ELAC a été directement corrélée avec les paramètres climatiques observés à une station climatologique de référence, non perturbée par la proximité du lac (TABRI, TCOL, ΔE ABRI, U2 ABRI).

### Renseignements généraux sur le lac de Bam

Le lac de Bam présentait l'avantage d'autoriser une mesure directe de l'évaporation, par relevés limnimétriques, plus de la moitié de l'année, si l'on exceptait la période d'hivernage (juin à septembre), et certaines années l'après-hivernage (octobre-novembre). Durant ces périodes les apports directs ou par ruissellement sont difficilement chiffrables, et l'infiltration des surfaces nouvellement ou rarement submergées devient importante.

Un rapport de synthèse sur le régime hydrologique du lac existe(2) complétant les premiers résultats publiés par D. IBIZA dans Cahiers de l'ORSTOM(1).

Le climat est celui, classique, de la zone sahélo-soudanienne. Des renseignements climatiques généraux ont été publiés (4) (5) (6) (7).

### Description sommaire du dispositif de mesure

Un dispositif expérimental important était progressivement mis en place autour du lac de Bam.

- l'équipement hydrologique est décrit en détail dans le rapport(2). Les variations du plan d'eau du lac sont contrôlées par deux limnigraphes.
- 3 stations météorologiques très complètes ont successivement été installées, les deux premières, trop proches du lac, étaient perturbées par son influence, et furent donc complétées par la troisième, située à l'Est près du village de SAINT PAUL, hors de l'influence du micro-climat du lac. Cette dernière servira de station de référence.
- 1 station complète était enfin érigée sur un bâti métallique placé au milieu du lac, avec un anneau de garde suffisant. Elle est décrite dans une publication (3) et porte le nom d'évapotron (EVAP).

On y enregistre de début 1973 à fin 1975, avec quelques courtes interruptions dues à des pannes, les différents rayonnements (net, global, diffus, réfléchi), les températures sèches et humides de l'air à deux niveaux (0,20 m et 2,00 m), les vitesses de vents aux mêmes deux niveaux, et un profil de température, de la surface du lac à 2 m de profondeur. Le pas de temps du dépouillement est la demi-heure, il fournit pour chaque journée 24 valeurs moyennes horaires des différents paramètres retenus.

## INVENTAIRE DES DONNEES DISPONIBLES

Les données sur lesquelles repose cette étude ont trois origines distinctes :

- des observations limnimétriques, faites à l'échelle du lac de Bam, permettent une évaluation indirecte de l'évaporation,
- des observations climatologiques classiques sont effectuées, 3 fois par jour, à la station météorologique de référence de Saint Paul,
- des observations climatologiques (températures et rayonnements) sont enregistrées en continu par l'EVAPOTRON, en un point représentatif du lac de Bam.

### Mesure de l'évaporation par bilan hydrique

Elle repose sur une évaluation suffisamment précise de chacun des termes du bilan hydrique du lac. Certains sont connus sous la forme volumique (apports ruisselés, prélèvements par pompages, déversements), d'autres sous forme de hauteurs d'eau (variation du plan d'eau, pluie, évaporation), l'infiltration enfin sous une forme mixte.

Les relations entre la hauteur d'eau du lac, sa superficie et son volume permettent de passer aisément de l'une à l'autre forme et de réaliser un bilan entre termes de dimensions homogènes.

L'évaluation, pour une période donnée, de ces différentes composantes du bilan hydrique n'est pas toujours facile, et peut prêter à de multiples critiques, mais nous a permis d'évaluer les évaporations mensuelles du lac de Bam depuis le début des études. Les valeurs retenues de 1966 à 1970 ont été prises dans les rapports publiés par D. IBIZA.

Les valeurs entre parenthèses traduisent une large imprécision du bilan causée par des pluies accompagnées ou non de ruissellement. Les mois de plein hivernage n'ont pas été déterminés par suite d'importants apports non précisés du réseau hydrographique. Ils sont traduits par un tiret. La lettre (i), suivant certaines valeurs mensuelles de l'évaporation, signifie qu'elles sont certainement entachées d'une erreur par excès due aux infiltrations non prises en compte.

Les valeurs moyennes annuelles sont obtenues en remplaçant les valeurs mensuelles manquantes par une estimation des valeurs moyennes mensuelles obtenues sur la période plus favorable aux bilans 66-70, ou en évaluant, dans les cas d'infiltration par exemple, une valeur plus vraisemblable de l'évaporation du mois en cause.

Les valeurs mensuelles interannuelles moyennes ont été calculées sur les seules valeurs "sures".

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	(8.0)	(6.8)	-	-	-	(7.1) (i)	6.4	(6.48)
1972	5.7	6.7	8.1	7.0	7.4	6.3	6.1	(5.4)	-	(7.2) (i)	6.7	5.6	(6.43)
1973	6.1	6.5	6.8	6.8	(8.1)	(7.3)	(7.4)	-	-	(7.2) (i)	(7.5) (i)	5.5	(6.58)
1974	6.3	6.7	6.8	8.0	8.1	7.7	(6.4)	-	-	(6.9) (i)	(7.2) (i)	(5.9) (i)	(6.67)
1975	6.0	6.3	7.1	8.3	(7.6)	(7.3)	(6.6)	-	-	(6.5) (i)	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) (i)	6.5	5.8	(6.41)
66/70 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)	(6.8) (i)	(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

ELAC : EVAPORATIONS MOYENNES MENSUELLES en mm/jour

Ce tableau contient donc les valeurs de référence des évaporations mensuelles observées, que nous pourrions mettre en corrélation avec celles calculées à partir des données climatologiques sous abri, ou des observations faites à l'évapotron.

Selon la même méthode, nous avons pu également déterminer les évaporations moyennes en mm/jour sur les pentades et décades pour lesquelles les données de l'évapotron ont été dépouillées. Ces résultats figurent dans les colonnes notées ELAC.

Au premier abord on peut voir sur ces résultats que l'évaporation moyenne annuelle est remarquablement constante d'une année à l'autre. Un ajustement à une loi de Gauss se révèle très satisfaisant, avec les paramètres suivants :

moyenne : ELAC = 6,47 mm/jour  
 écart-type :  $\sigma$ ELAC = 0.164 mm/jour

l'estimation de ELAC avec un intervalle de confiance de 95 % est donc :

$$ELAC = 6.47 \pm 0.10 \text{ mm/jour}$$

soit 2325 mm < ELAC annuelle < 2398 mm

les variations interannuelles peuvent s'estimer ainsi :

décennale humide 6.26 mm/jour - 2289 mm/an  
 quinquennale humide 6.33 mm/jour - 2310 mm/an  
 moyenne 6.47 mm/jour - 2362 mm/an  
 quinquennale sèche 6.61 mm/jour - 2413 mm/an  
 décennale sèche 6.68 mm/jour - 2438 mm/an

### Résultats des observations climatologiques à la station SAINT PAUL

Les observations sont continues du 1.01.1973 au 31.12.1976.

Ces observations, dépouillées et éditées par des moyens informatiques lourds, selon des programmes de traitement rédigés en COBOL et en FORTRAN, ont déjà fait l'objet de publications intégrales (4) (5) (6) (7) (8), à partir de photocopies directes des listings d'ordinateur. Elles comportent les différents paramètres climatiques classiques, ainsi que

les évaporations sur bacs et lysimètres, les durées d'insolation et le rayonnement global.

Parmi eux nous retiendrons, pour les besoins particuliers de cette étude, les valeurs moyennes mensuelles et décadaires de certains. Chaque fois que nécessaire, sont aussi calculées les valeurs moyennes pentadaires pour certaines pentades dont les observations à l'évapotron ont aussi été dépouillées.

Les paramètres retenus sont les suivants :

- T ABRI : Température moyenne de l'air, sous abri - en °C
- E2 ABRI : Tension moyenne de vapeur d'eau de l'air, sous abri - en mb
- T COL : Température moyenne superficielle de l'eau du bac Colorado - en °C
- $\Delta E$  ABRI : Déficit de saturation de l'air :  $EW \text{ COL} - E2 \text{ ABRI}$  - en mb
- U2 ABRI : Vitesse moyenne du vent à 2 m - en m/s
- IN SOL : Durée moyenne d'insolation - en heures et 1/100 d'heure
- R G : Rayonnement moyen solaire global - en Joules/cm<sup>2</sup>

Les observations à 6 h, 12 h et 18 h de la température sèche et humide au psychromètre sous abri météo, permettent de calculer E2 ABRI aux mêmes heures.

Les moyennes décadaires et mensuelles de T ABRI, E2 ABRI, T COL sont faites à 6 h, 12 h et 18 h, puis les valeurs journalières, décadaires et mensuelles, calculées par  $X = \frac{1}{24} (9 X_6 + 6 X_{12} + 9 X_{18})$ , qui donne une estimation satisfaisante de la valeur journalière.

EW COL, tension de vapeur saturante correspondant à T COL, est calculée à partir des valeurs moyennes journalières de T COL par :

$$EW \text{ COL} = T \text{ COL}^3/1386 - T \text{ COL}^2/286 + T \text{ COL} \times .71 + 4.8$$

$$\text{et } \Delta E \text{ ABRI} = EW \text{ COL} - E2 \text{ ABRI}$$

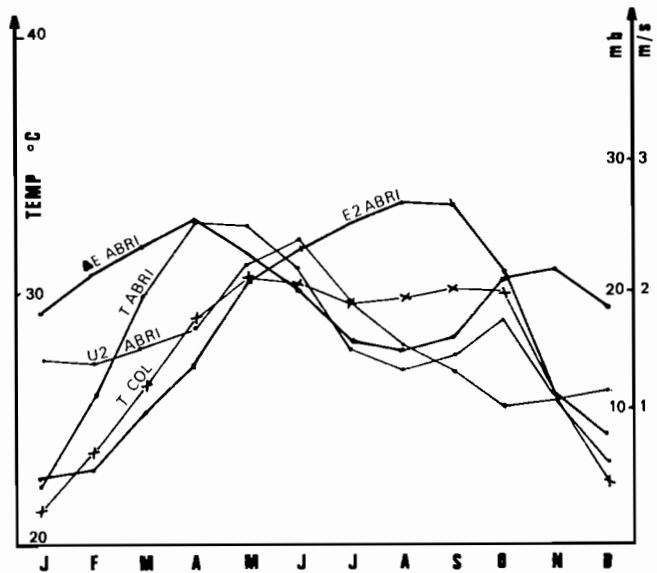
Le calcul de  $\Delta E$  ABRI mensuel ou décadaire à partir des moyennes décadaires ou mensuelles de E2 ABRI et de T COL pourrait paraître critiquable, mais des tests ont montré que les valeurs obtenues ne différaient pas sensiblement de celles issues des moyennes journalières de  $\Delta E$  ABRI calculées avec les moyennes journalières de E2 ABRI et T COL, ou même des valeurs à 6 h, 12 h et 18 h de E2 ABRI et T COL.

Par contre les valeurs moyennes annuelles de  $\Delta E$  ABRI sont calculées à partir des douze moyennes mensuelles, et non à partir des moyennes annuelles de E2 ABRI et T COL.

U2 ABRI est obtenue comme vitesse moyenne journalière du vent, pour une décade ou un mois, des observations faites à la station de SAINT PAUL.

Des valeurs moyennes interannuelles de ces paramètres ont été calculées, afin de mieux caractériser le climat régional.

	T ABRI °C	E2 ABRI mb	T COL °C	ΔE ABRI mb	U2 ABRI m/s
J	22.3	7.3	21.4	18.2	1.45
F	25.6	8.0	23.6	21.1	1.41
M	29.7	10.4	26.1	23.4	1.54
A	32.5	14.2	28.8	25.4	1.69
M	32.4	20.6	30.4	22.8	2.19
J	30.7	23.0	30.2	19.9	2.39
J	27.6	25.1	29.4	15.9	1.91
A	26.8	26.3	29.6	15.2	1.56
S	27.3	26.2	30.0	16.2	1.36
O	28.8	21.4	29.9	20.8	1.08
N	25.7	11.7	25.8	21.5	1.15
D	23.2	8.7	22.5	18.5	1.21
	27.7	16.9	27.3	19.9	1.58
1973	28.3	16.4	27.4	20.6	1.62
1974	27.6	16.4	27.2	20.1	1.60
1975	27.5	17.3	27.4	19.7	1.52
1976	27.5	17.5	27.3	19.2	(1.58)



Résultats des observations climatologiques à l'EVAPOTRON

Mesures climatiques à l'EVAPOTRON même

Les sondes de mesure installées sur un bâti métallique au milieu du lac, reliées par câbles à des enregistreurs abrités sur la rive du lac, constitue un dispositif expérimental que nous avons nommé EVAPOTRON. Elles permettent la mesure et l'enregistrement de multiples données climatiques, dépouillées sous la forme de vapeurs moyennes sur le pas de temps d'une demi-heure. Ces données sont de plusieurs ordres :

- Rayonnements : -  $R_G$  : Rayonnement global - en Joules/cm<sup>2</sup>  
 -  $R_D$  : Rayonnement diffus -"-  
 -  $R_R$  : Rayonnement réfléchi -"-  
 -  $Q$  : Rayonnement net -"-
- Température de l'air : - TS : Température sèche au niveau supérieur (2 m) - °C  
 - TH : Température humide au niveau supérieur (2 m) - °C  
 - ΔTS : Gradient de température sèche entre haut et bas (2 m/0,2 m) - °C  
 - ΔTH : Gradient de température humide entre haut et bas (2 m/0,2 m) - °C
- Température de l'eau : - TLAC: Température superficielle du lac à l'évapotron - °C  
 - T1 à T8 : Température du lac à 8 niveaux (6/12, 5/25/50/100/150/200/Fond)
- Vitesses du vent : - U2 et U0.2 : Vitesse du vent aux niveaux supérieur et inférieur - m/s

Dépouillées directement sur les graphiques d'enregistrement, demi-heure après demi-heure, ces données sont ensuite reportées sur des bordereaux de saisie mécanographique, où figure de plus l'heure du début et de la fin de chaque pas de temps.

La calculatrice utilisée est la TEXAS INSTRUMENT TI 59.

Nous avons dans un premier temps réalisé un programme de traitement complet qui, à partir de ces données, calcule les valeurs moyennes horaires des 20 paramètres suivants :

TS 2	:	Température sèche au niveau 2 (2 m)	- °C
TS 1	:	Température sèche au niveau 1 (0.2 m)	- °C
T LAC	:	Température superficielle du lac	- °C
TH 2	:	Température humide au niveau 2 (2 m)	- °C
TH 1	:	Température humide au niveau 1 (0.2 m)	- °C
E2	:	Tension de vapeur au niveau 2 (2 m)	- mb
E1	:	Tension de vapeur au niveau 1 (0.2 m)	- mb
EW	:	Tension de vapeur saturante correspondant à T LAC	- mb
$\beta$ 2 S	:	Rapport de BOWEN entre surface et niveau 2	
$\beta$ 1 S	:	Rapport de BOWEN entre surface et niveau 1	
$\beta$ 21	:	Rapport de BOWEN entre niveau 1 et 2	
$\Delta E$ S-2	:	Déficit de saturation entre niveau 2 et surface = EW-E2	- mb
Q	:	Rayonnement net	- J/cm <sup>2</sup>
RG	:	Rayonnement global	- J/cm <sup>2</sup>
RD	:	Rayonnement diffus	- J/cm <sup>2</sup>
RR	:	Rayonnement réfléchi	- J/cm <sup>2</sup>
a	:	Albedo - RR/RG	
L ↑	:	Rayonnement thermique de la surface du lac	- J/cm <sup>2</sup>
L ↓	:	Rayonnement atmosphérique, calculé par la formule de BRUNT	- J/cm <sup>2</sup>
$\Sigma$ Q	:	Terme résiduel du bilan radiatif, qui devrait être nul	- J/cm <sup>2</sup>

Ce programme de traitement a été appliqué pour traiter 4 décades choisies pour leur représentativité des diverses situations climatologiques possibles, pour les périodes où l'évaporation du lac pourrait être estimée directement :

1/05/1974 au 10/05/1974	-	Saison sèche chaude
1/11/1975 au 10/11/1975	-	(
1/12/1975 au 10/12/1975	-	( Saison sèche fraîche
27/12/1975 au 05/01/1976	-	(

Ce qui donne une figuration numérique complète, heure par heure, de la climatologie de ces 40 journées représentatives.

L'ensemble de ces résultats a été regroupé en moyennes journalières, pentadaires ou décadaires, afin de faciliter son analyse.

Cette première analyse, qui avait fait l'objet de la publication(9) a permis d'éliminer bon nombre des 20 paramètres retenus initialement et nous a conduit à des programmes de traitement allégés ne calculant que les paramètres indispensables. A ce niveau de l'étude un de ces programmes

a été utilisé pour traiter d'autres décades, et donnait les valeurs moyennes horaires des paramètres suivants :

T S2	: Température sèche de l'air (2 m)	- °C
T LAC	: Température superficielle du lac	- °C
E 2	: Tension de vapeur d'eau de l'air à 2 m	- mb
$\Delta E$	: Déficit de saturation EW-E2	- mb
$\beta$	: Rapport de BOWEN entre lac et niveau 2 m	
Q	: Rayonnement net	- J/cm <sup>2</sup>
R <sub>G</sub>	: Rayonnement global	- J/cm <sup>2</sup>
R <sub>d</sub> /R <sub>G</sub>	: Rapport du rayonnement diffus au rayonnement global	
L ↑	: Rayonnement thermique de la surface du lac	- J/cm <sup>2</sup>
$\Sigma R$	: Bilan radiatif résiduel, L ↓ + R <sub>r</sub>	- J/cm <sup>2</sup>

Devant leur nombre, il n'était plus alors possible d'utiliser directement les moyennes journalières de ces paramètres, et nous avons travaillé avec des valeurs moyennes pentadaires et décadaires. Ce qui permit de vérifier qu'au plan de la comparaison des données climatiques de la station de SAINT PAUL, avec celles observées sur le lac à l'Evapotron, le paramètre important était le déficit de saturation :  $\Delta E = EW - E2$ , que nous avons donc calculé, grâce à un programme très allégé pour 215 journées réparties sur les périodes des trois années d'observation, où il était possible de calculer directement l'évaporation, condition indispensable aux corrélations ultérieures que nous voulions mener.

#### Cas particulier des mesures du vent

Les mesures du vent aux deux niveaux de l'Evapotron ont d'abord permis de déterminer une relation étroite entre les vitesses du vent à ces deux niveaux, et une estimation de la rugosité aérodynamique du lac dans différentes situations climatiques.

On a pu également dégager une corrélation assez étroite entre les vitesses du vent à l'Evapotron et à SAINT PAUL, meilleure naturellement à l'échelle journalière qu'à l'échelle horaire.

En fait cette corrélation évolue en cours d'année avec notamment l'orientation du vent. Nous avons par ailleurs dû supporter de nombreuses pannes des anémomètres sophistiqués installés à l'EVAPOTRON.

Il apparaît aussi, à la lumière des divers essais effectués sur le lac, que le site de l'EVAPOTRON, en ce qui concerne le vent, n'est pas parfaitement représentatif de l'ensemble du lac, puisque certaines directions du vent sont privilégiées par l'orientation des bras du lac et la présence de rideaux d'arbres situés sur la bordure pourtant éloignée de 300 m.

Par contre la situation extrêmement bien dégagée de la station SAINT PAUL fait qu'il nous paraît préférable de considérer les mesures de vent faites à SAINT PAUL (anémographe LAMBRECHT), plutôt qu'à l'EVAPOTRON, comme représentatives de la totalité du lac, ce qui allie donc aux avantages d'une meilleure représentativité, ceux de la continuité absolue de ces mesures.



L'extrapolation des formules, que nous allons dégager, à d'autres sites exigeait aussi que l'on puisse se rattacher à des mesures classiques en station météo, seules mesures accessibles existantes en bien des cas.

### CALCUL DE L'EVAPORATION DU LAC A PARTIR DE PARAMETRES CLIMATIQUES

Le but de l'étude hydrologique du lac de Bam était de déterminer l'évaporation sur lac à partir des seules données climatologiques obtenues en une station de référence (SAINT PAUL), que ne perturberait pas la proximité du lac, et cela à diverses échelles de temps.

Dans un premier temps seront donc corrélées les évaporations du lac, estimées par le bilan hydrologique, avec certaines paramètres climatologiques de SAINT PAUL à l'échelle mensuelle et décadaire.

On vérifiera par la suite que ces évaporations sont encore mieux corrélées aux mêmes paramètres climatiques, mesurés par l'Evapotron sur le lac même.

Il était alors logique d'inventorier et de tester les corrélations entre ces paramètres climatologiques sur le lac et leurs homologues de SAINT PAUL.

#### Calcul de l'évaporation à partir des seules observations à SAINT PAUL

Corrélation trivariante entre moyennes mensuelles de ELAC,  
 $\Delta E_{ABRI}$  et  $U2_{ABRI}$

Cette étude est menée avec les valeurs moyennes mensuelles observées en 1973-74-75 et 76.

Nous disposons tout d'abord des estimations mensuelles de l'évaporation ELAC, obtenues à partir du bilan hydrologique du lac de Bam. Elles seront donc corrélées avec les valeurs correspondantes moyennes de  $\Delta E_{ABRI}$  et de  $U2_{ABRI}$ , déterminées précédemment.

- en fait les imprécisions de la détermination directe de ELAC nous ont contraint à éliminer 23 valeurs moyennes mensuelles sur 48,
- l'absence de mesures du vent à SAINT PAUL à partir de mai 1976 nous fait écarter les données postérieures,
- le mauvais fonctionnement du psychromètre de SAINT PAUL en mars 1976 nous a fait également abandonner ce mois.

Dans ces conditions seuls restent utilisables 22 triplets de valeurs moyennes mensuelles de ELAC,  $\Delta E_{ABRI}$ ,  $U2_{ABRI}$ .

Plusieurs combinaisons de  $\Delta E_{ABRI}$  et  $U2_{ABRI}$  ou de  $\Delta E_{ABRI} \times U2_{ABRI}$  ont été testées, le coefficient de corrélation obtenu permet un classement de ces ajustements.

Il ne faut pas oublier les limites de l'ajustement :

$$5.5 < ELAC < 8.3 \text{ mm}$$

$$17.1 < \Delta E \text{ ABRI} < 27.0 \text{ mb}$$

$$0.95 < U2 \text{ ABRI} < 2.50 \text{ m/s}$$

ni l'amplitude globale de ces mêmes grandeurs mensuelles en 73 → 76 :

$$(4.5) < ELAC < 8.3 \text{ mm}$$

$$17.1 < \Delta E \text{ ABRI} < 27.0 \text{ mb}$$

$$0.95 < U2 \text{ ABRI} < 2.50 \text{ m/s}$$

	ELAC	U2 ABRI	ΔE ABRI	U2 x ΔE									
3	J	6.1	1.43	18.7	26.7	1	1975	J	6.0	1.50	17.1	25.6	12
	F	6.5	1.47	21.8	32.0	2		F	6.3	1.19	20.5	24.4	13
	M	6.8	1.64	24.3	39.9	3		M	7.1	1.43	24.3	34.7	14
	A	6.8	1.72	24.1	41.4	4		A	8.3	1.81	27.0	48.9	15
	M	(8.1)	2.17	23.2	-	x		M	7.6	2.23	22.4	50.0	16
	J	(7.3)	2.36	19.7	-	x		J	7.3	2.33	20.0	46.6	17
	J	(7.4)	2.12	17.5	-	x		J	(6.6)	1.69	15.2	-	x
	A	-	1.51	15.8	-	x		A	-	1.57	14.9	-	x
	S	-	1.46	15.7	-	x		S	-	1.24	15.6	-	x
	O	(7.2)	1.12	24.4	-	x		O	(6.5)	1.02	20.4	-	x
	N	(7.5)	1.36	22.7	-	x		N	6.2	0.95	20.5	19.5	18
	D	5.5	1.09	19.4	21.1	5		D	5.9	1.24	18.6	23.1	19
4	J	6.3	1.43	18.7	26.7	6	1976	J	5.7	1.33	17.9	23.8	20
	F	6.7	1.57	22.3	35.0	7		F	6.4	1.37	19.6	26.9	21
	M	6.8	1.54	24.9	38.3	8		M	7.8	1.55	(20.5)	-	x
	A	8.0	1.55	26.8	41.5	9		A	7.3	1.75	23.9	41.8	22
	M	8.1	2.17	25.7	39.8	10		M	(6.8)	-	20.2	-	x
	J	7.7	2.50	22.1	55.2	11		J	(8.0)	-	18.3	-	x
	J	(6.4)	1.92	14.7	-	x		J	(6.8)	-	15.8	-	x
	A	-	1.61	14.2	-	x		A	(4.5)	-	15.8	-	x
	S	-	1.38	16.3	-	x		S	(5.0)	-	17.1	-	x
	O	(6.9)	1.11	21.0	-	x		O	(6.3)	-	17.0	-	x
	N	(7.2)	1.13	19.0	-	x		N	6.5	-	23.7	-	x
	D	(5.9)	1.31	15.9	-	x		D	5.8	-	20.1	-	x

Les ajustements obtenus

sont :

$$(1a) \text{ ELAC} = 1.47 + 0.170 \cdot \Delta E \text{ ABRI} + 1.01 \cdot U2 \text{ ABRI}$$

$$r = 0.95$$

$$(1b) \text{ ELAC} = 1.22 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.520} + U2 \text{ ABRI}^{0.244}$$

$$r = 0.94$$

$$(1c) \text{ ELAC} = 2.72 + \Delta E \text{ ABRI} (0.115 + 0.045 \cdot U2 \text{ ABRI})$$

$$r = 0.93$$

$$(1d) \text{ ELAC} = 2.08 \cdot (\Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI})^{0.336}$$

$$r = 0.88$$

$$(1e) \text{ ELAC} = 0.067 \cdot \Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI} + 4.47$$

$$r = 0.87$$

De toutes ces formulations (1b) est la plus satisfaisante physiquement, puisqu'elle est la seule pour laquelle  $ELAC = 0$  si  $\Delta E \text{ ABRI} = 0$ . Cet avantage théorique n'est en fait pas déterminant pour le domaine de détermination de ces équations entre valeurs moyennes mensuelles.  $\Delta E \text{ ABRI}$  ne saurait en effet avoir une valeur moyenne mensuelle nulle.

(1a) présente au contraire l'avantage de faire intervenir séparément  $\Delta E$  ABRI et U2 ABRI, ce qui peut éventuellement permettre de modifier l'ajustement de l'une de ces variables sans toucher à celui de l'autre.

Corrélations trivariables entre moyennes décennales de ELAC,  $\Delta E$  ABRI et U2 ABRI

Nous avons dans un second temps repris cette étude utilisant les valeurs moyennes décennales de ces paramètres climatiques à SAINT PAUL, obtenues pour les 215 journées dépouillées à l'EVAPOTRON.

Cette approche qui s'appuie sur une durée et donc une quantité d'informations inférieure à la précédente, est cependant intéressante sur deux plans :

- Elle exploite les mêmes périodes d'observations que les corrélations entre ELAC et  $\Delta E$  LAC et U2 ABRI que nous verrons ultérieurement, ce qui rendra possibles des comparaisons et le passage de l'une à l'autre.

- Elle repose sur des valeurs décennales, ce qui nous permettra de voir l'évolution des corrélations ELAC avec  $\Delta E$  ABRI, U2 ABRI, lorsque diminue la durée de la période sur laquelle s'effectue les moyennes, accroissant la dispersion des paramètres, et modifiant donc les termes de la corrélation.

Parmi les 215 journées dépouillées, 195 correspondent à des journées pour lesquelles ELAC peut être évalué à l'échelle de la décennie.

22 triplets de valeurs décennales (certains se recouvrant de 5 jours en 5 jours) ont ainsi été obtenus à partir de cet échantillon, en fait également représentatif des 22 mois sélectionnés au paragraphe précédent, et sont regroupés dans le tableau suivant.

	ELAC	$\Delta E$ ABRI	U2 ABRI	U2 + $\Delta E$	
16/25-02-73	7.35	20.2	2.08	42.0	1
1/10-03-73	8.1	20.2	2.37	47.9	2
6/15-03-73	6.6	23.1	1.71	39.5	3
21/30-04-73	7.6	24.9	1.91	47.6	4
1/10-12-73	6.2	20.3	1.10	22.3	5
11/20-12-73	5.8	18.9	1.18	22.3	6
16/25-12-73	5.0	18.6	0.97	18.0	7
21/30-12-73	5.1	19.3	1.00	19.3	8
1/10-01-74	6.9	20.2	1.40	28.3	9
21/30-01-74	6.3	18.4	1.42	26.1	10
11/20-02-74	7.0	23.1	1.67	38.6	11
21/30-03-74	6.85	26.3	1.69	44.4	12
21/30-04-74	8.2	28.1	1.62	45.5	13
1/10-05-74	8.7	27.6	1.78	49.1	14
1/10-03-75	7.45	22.9	1.53	35.0	15
6/15-04-75	8.8	27.7	2.08	57.6	16
1/10-11-75	6.5	22.0	0.97	21.3	17
6/15-11-75	6.25	21.4	0.92	19.7	18
1/10-12-75	5.85	20.7	1.19	24.6	19
10/20-12-75	6.2	17.4	1.46	25.4	20
16/25-12-75	5.5	17.8	1.16	20.6	21
27-12-75/5-1-76	4.95	16.9	1.12	18.9	22

Les mêmes types de corrélation ont été utilisés et aboutissent aux ajustements suivants :

$$(2a) \text{ ELAC} = 0.75 + 0.172 \cdot \Delta E \text{ ABRI} + 1.51 \cdot U2 \text{ ABRI}$$

$$(2b) \text{ ELAC} = 1.06 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.558} \cdot U2 \text{ ABRI}^{0.333}$$

$$r = 0.92$$

$$(2c) \text{ ELAC} = 2.85 + \Delta E \text{ ABRI} (0.079 + 0.066 \cdot U2 \text{ ABRI})$$

$$r = 0.91$$

$$(2d) \text{ ELAC} = 1.67 \cdot (\Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI})^{0.404}$$

$$r = 0.91$$

$$(2e) \text{ ELAC} = 0.083 \cdot \Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI} + 3.99$$

$$r = 0.91$$

Les limites de l'ajustement sont plus étendues :

$$4.95 < \text{ELAC} < 8.8 \text{ mm}$$

$$16.9 < \Delta E \text{ ABRI} < 28.1 \text{ mb}$$

$$0.92 < U2 \text{ ABRI} < 2.37 \text{ m/s}$$

Ces corrélations sont sensiblement différentes des précédentes. Il s'agit en effet cette fois de moyennes décadaires, et non plus mensuelles, donc nécessairement amorties, d'où l'évolution des coefficients et des exposants de ces corrélations.

#### Calcul de l'évaporation à partir des observations à l'évapotron

##### Corrélations trivariables directes entre ELAC, E LAC et U2 LAC

Nous venons de voir que 215 journées d'observations à l'évapotron avaient été dépouillées, fournissant les  $\Delta E \text{ LAC}$  moyennes journalières, ainsi que les moyennes décadaires des 22 décades retenues.

Les corrélations qui suivent sont donc établies pour des valeurs décadaires.

	ELAC	ΔE ABRI	U2 ABRI	U2 + ΔE
16/25-02-73	7.35	2.08	17.2	35.8
1/10-03-73	8.1	2.37	16.2	38.4
6/15-03-73	6.6	1.71	17.8	30.4
21/30-04-73	7.6	1.91	19.1	36.5
1/10-12-73	6.2	1.10	17.7	19.5
11/20-12-73	5.8	1.18	16.0	18.9
16/25-12-73	5.0	0.97	14.5	14.1
21/30-12-73	5.1	1.00	14.9	14.9
1/10-01-74	6.9	1.40	18.2	25.5
21/30-01-74	6.3	1.42	16.8	23.9
11/20-02-74	7.0	1.67	19.2	32.1
21/30-03-74	6.85	1.69	18.6	31.4
21/30-04-74	8.2	1.62	24.4	39.5
1/10-05-74	8.7	1.78	24.9	44.3
1/10-03-75	7.45	1.53	18.8	28.8
6/15-04-75	8.8	2.08	20.4	42.4
1/10-11-75	6.5	0.97	20.4	19.8
6/15-11-75	6.25	0.92	19.5	17.9
1/10-12-75	5.85	1.19	17.5	20.8
11/20-12-75	6.2	1.46	15.2	22.2
16/25-12-75	5.5	1.16	15.4	17.9
27-12-75/5-1-76	4.95	1.12	14.5	16.2

Les limites de l'ajustement sont évidemment les mêmes qu'en p.

Des corrélations trivariabiles analogues ont permis des ajustements nettement meilleurs que dans le cas précédent.

$$(3a) \text{ ELAC} = -0.02 + 0.230 \cdot \Delta E \text{ LAC} + 1.74 \cdot U2 \text{ ABRI}$$

$$r = 0.97$$

$$(3b) \text{ ELAC} = 0.89 \cdot \Delta E \text{ LAC}^{0.651} \cdot U2 \text{ ABRI}^{0.372}$$

$$r = 0.97$$

$$(3c) \text{ ELAC} = 2.56 + \Delta E \text{ LAC} (0.085 + 0.096 U2 \text{ ABRI})$$

$$r = 0.97$$

$$(3d) \text{ ELAC} = 1.55 (\Delta E \text{ LAC} \cdot U2 \text{ ABRI})^{0.450}$$

$$(3e) \text{ ELAC} = 0.114 \cdot \Delta E \text{ LAC} \cdot U2 \text{ ABRI} + 3.64$$

$$r = 0.95$$

Ces relations seront extrapolées à l'échelle journalière ou horaire, lorsque l'on cherchera, dans le bilan énergétique du lac, la part de l'évaporation.

Corrélation entre E2\_LAC, TLAC, ΔE\_LAC et E2\_ABRI, TCOL, ΔE\_ABRI

Deux démarches sont possibles pour lier les paramètres climatiques de l'air surplombant le lac, à ceux de l'air baignant l'abri de SAINT PAUL.

La première consiste à établir des corrélations entre E2 LAC et E2 ABRI, puis entre TL AC et TCOL, calculer les ΔE LAC et ΔE ABRI correspondants, ce qui permettrait de passer de l'un à l'autre.

La seconde est de tenter une corrélation directe entre  $\Delta E$  LAC et  $\Delta E$  ABRI.

- CORRELATION E2 LAC - E2 ABRI

Cette étude a été faite avec 8 couples seulement de valeurs moyennes pentadaires obtenues pour des décades représentatives.

	E2 LAC	E2 ABRI
1/05-05-74	12.1	9.1
6/10-05-74	18.3	17.7
1/05-11-75	15.1	11.6
6/10-11-75	14.4	12.2
1/05-12-75	13.2	9.4
6/10-12-75	11.6	9.3
27/31-12-75	11.2	8.5
1/05-01-76	15.0	12.2

La corrélation est satisfaisante pour l'éventail des valeurs prospectées :

$$(4) E2 LAC = 0.75 \cdot E2 ABRI + 5.39$$

$$r = 0.96$$

- CORRELATION TLAC - TCOL

Nous avons vu que l'on pouvait considérer les mesures de la température de surface du lac faites à l'EVAPOTRON, comme représentatives de la température superficielle de l'ensemble du lac, car ne s'écartant pas de façon significative de la moyenne des températures observées 3 fois par jour en 3 points du lac à partir d'une pirogue. Les moyennes pondérées de ces 3 observations journalières donnent les valeurs de TLAC. TCOL a déjà été déterminé.

Pour ces deux paramètres, nous disposons des observations complètes de l'année 1975, dépouillées en totalité, décades par décades, soit 12 couples de valeurs mensuelles, ou 36 couples de valeurs décadales.

	TLAC	TCOL
JANV.	21.0	20.3
FEV.	24.7	23.3
MARS	26.9	26.8
AVR.	30.1	29.6
MAI	30.0	30.5
JUIN	29.3	30.2
JUIL.	28.3	39.2
AOUT	29.1	29.8
SEPT.	29.5	30.2
OCT.	30.1	30.0
NOV.	26.3	25.9
DEC.	23.6	23.1

L'examen de ces couples montre que ces valeurs s'organisent selon deux droites de régression distinctes pour les mois de saison sèche (oct. à avril) et les mois d'hivernage (mai à septembre).

$$(5a) TLAC = 0.93 \cdot TCOL + 2.44 \quad r = 0.99$$

valable d'octobre à avril

$$(5b) TLAC = 1.21 \cdot TCOL - 7.16 \quad r = 0.98$$

valable de mai à septembre

- CORRELATION  $\Delta E$  LAC -  $\Delta E$  ABRI

Une première corrélation portant sur les mêmes 4 décades représentatives avait permis de dégager l'existence d'une liaison très satisfaisante entre  $\Delta E$  LAC et  $\Delta E$  ABRI :

	$\Delta E$ LAC	$\Delta E$ ABRI
1/05-05-74	27.5	31.0
6/10-05-74	22.4	24.3
1/05-11-75	20.6	18.8
6/10-11-75	20.2	21.1
1/05-12-75	17.6	21.9
6/10-12-75	17.4	19.5
27/31-12-75	16.1	17.3
1/05-01-76	12.9	16.5

$$(6) \Delta E \text{ LAC} = 0.93. \Delta E \text{ ABRI} - 1.02$$

$$r = 0.96$$

Des calculs de  $\Delta E$  LAC, par les diverses formules précédemment établies, avaient alors permis de vérifier que l'on obtenait de meilleurs résultats à partir de la corrélation directe  $\Delta E$  LAC  $\rightarrow$   $\Delta E$  ABRI, plutôt qu'en calculant indirectement  $\Delta 2$  LAC  $\rightarrow$  E2 ABRI et TLAC  $\rightarrow$  TCOL.

Corrélations directes entre  $\Delta E$  LAC,  $\Delta E$  ABRI et U2 ABRI

La corrélation directe  $\Delta E$  LAC  $\rightarrow$   $\Delta E$  ABRI, a été étendue aux 215 journées dépouillées, en introduisant le vent U2 ABRI comme variable corrective. Les moyennes pentadaires et décadaires sont regroupées dans un même tableau.

	ELAC		ΔE LAC		ΔE ABRI		U2 ABRI		ΔE LAC x U2		ΔE ABRI x U2	
	5 j.	10 j.	5 j.	10 j.	5 j.	10 j.	5 j.	10 j.	5 j.	10 j.	5 j.	10 j.
16-20/02/73 21-25/02/73	6.0 8.7	x 7.35	16.8 17.7	17.2	19.5 20.9	20.2	1.54 2.63	2.08	25.9 46.6	35.8	30.0 54.9	42.0
1- 5/03/73 6-10/03/73 11-15/03/73	8.7 7.5 5.7	x 8.1 x 6.6	16.4 16.1 19.6	16.2 17.8	20.4 20.0 26.2	20.2 23.1	2.55 2.20 1.22	2.37 1.71	41.8 35.4 23.9	38.4 30.4	52.0 44.0 31.9	47.9 39.5
21-25/04/73 26-30/04/73	7.2 8.0	x 7.6	21.7 16.6	19.1	26.6 23.3	24.9	1.46 2.35	1.91	31.7 39.0	36.5	38.8 54.8	47.6
21-25/08/73 26-30/08/73	- -	-	11.9 12.5	12.2	17.8 16.6	17.2	1.29 1.67	1.48	15.4 20.9	18.1	22.9 27.7	25.5
1- 5/12/73 6-10/12/73 11-15/12/73 16-20/12/73 21-25/12/73 26-30/12/73	5.8 6.6 6.4 5.2 4.8 5.4	x 6.2 6.5 x 5.8 x 5.0 x 5.1	18.2 17.1 16.3 15.7 13.4 16.4	17.7 16.7 16.0 14.5 14.9	20.1 20.6 19.0 18.9 18.2 20.5	20.3 19.8 18.9 18.6 19.3	0.92 1.29 1.43 0.96 0.98 1.01	1.10 1.36 1.18 0.97 1.00	16.7 22.1 23.3 15.1 13.1 16.5	19.5 22.7 18.9 14.1 14.9	18.4 26.6 27.1 18.1 17.8 20.7	22.3 26.9 22.3 18.0 19.3
1- 5/01/74 6-10/01/74	6.4 7.4	x 6.9	19.4 17.0	18.2	21.3 19.2	20.2	0.93 1.87	1.40	18.0 31.8	25.5	19.8 35.9	28.3
21-25/01/74 26-30/01/74	6.7 5.9	x 6.3	16.3 17.3	16.8	17.9 18.8	18.4	1.65 1.18	1.42	26.9 20.4	23.9	29.5 22.2	26.1
11-15/02/74 16-20/02/74	7.0 7.0	x 7.0	18.6 19.8	19.2	22.2 24.0	23.1	1.59 1.76	1.67	29.6 34.8	32.1	35.3 42.2	38.6
21-25/03/74 26-30/03/74	7.4 6.3	x 6.85	18.2 19.0	18.6	25.7 27.0	26.3	1.59 1.79	1.69	28.9 34.0	31.4	40.9 48.3	44.4
21-25/04/74 26-30/04/74	8.0 8.4	x 8.2	26.6 22.3	24.4	30.0 26.3	28.1	1.35 1.89	1.62	35.9 42.1	39.5	40.5 49.7	45.5
1- 5/05/74 6-10/05/74	9.3 8.1	x 8.7	27.5 22.4	24.9	31.0 24.3	27.6	1.50 2.07	1.78	41.2 46.4	44.3	46.5 50.3	49.1
1- 5/03/75 6-10/03/75	7.9 7.0	x 7.45	18.4 19.2	18.8	22.0 23.8	22.9	1.60 1.46	1.53	29.4 28.0	28.8	35.2 34.7	35.0
6-10/04/75 11-15/04/75	8.2 9.4	x 8.8	18.7 22.2	20.4	26.1 29.3	27.7	1.93 2.24	2.08	36.1 49.7	42.4	50.4 65.6	57.6
22-26/08/75 27-31/08/75	- -	-	12.6 12.0	12.3	14.2 12.4	13.3	1.99 1.41	1.70	25.1 16.9	20.9	28.3 17.5	22.6
1- 5/11/75 6-10/11/75 11-15/11/75	6.8 6.2 6.3	x 6.5 x 6.25	20.6 20.2 18.8	20.4 19.5	22.8 21.1 21.7	22.0 21.4	1.01 0.92 0.93	0.97 0.92	20.8 18.6 17.5	19.8 17.9	23.0 19.4 20.2	21.3 19.7
1- 5/12/75 6-10/12/75 11-15/12/75 16-20/12/75 21-25/12/75	5.8 5.9 6.3 6.1 4.9	x 5.85 6.1 x 6.2 x 5.5	17.6 17.4 15.6 14.8 16.1	17.5 16.5 15.2 15.4	21.9 19.5 17.6 17.2 18.4	20.7 18.5 17.4 17.8	1.04 1.34 1.63 1.29 1.03	1.19 1.48 1.46 1.16	18.3 23.3 25.4 19.1 16.6	20.8 24.4 22.2 17.9	22.8 26.1 28.7 22.2 18.9	24.6 27.4 25.4 20.6
27-31/12/75 1- 5/01/76	5.5 4.4	x 4.95	16.1 12.9	14.5	17.3 16.5	16.9	1.21 1.03	1.12	19.5 13.3	16.2	20.9 17.0	18.9



Les ajustements suivants ont été obtenus :

Entre valeurs de  $\Delta E$  LAC et  $\Delta E$  ABRI :

$$(7a) \Delta E \text{ LAC} = 0.722 \Delta E \text{ ABRI} + 2.40 \quad r = 0.89$$

$$(7b) \Delta E \text{ LAC} = 1.36 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.842} \quad r = 0.88$$

Entre valeurs de  $\Delta E$  LAC et  $\Delta E$  ABRI + U2 ABRI :

$$(7c) \Delta E \text{ LAC} = 1.13 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.91} \cdot U2 \text{ ABRI}^{-0.07} \quad r = 0.89$$

$$(7d) \Delta E \text{ LAC} = 2.95 + 0.775 \Delta E \text{ ABRI} - 1.134 U2 \text{ ABRI} \quad r = 0.88$$

Il semble donc que les corrélations précédentes ne soient guère améliorées par l'introduction de U2 ABRI en paramètre correctif, par contre les corrélations entre les produits  $\Delta E$  LAC x U2 ABRI et  $\Delta E$  ABRI x U2 ABRI sont extrêmement satisfaisantes.

$$(7e) \Delta E \text{ LAC} \cdot U2 \text{ ABRI} = 0.745 \Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI} + 2.68 \quad r = 0.97$$

$$(7f) \Delta E \text{ LAC} \cdot U2 \text{ ABRI} = 1.10 \cdot (\Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI})^{0.919} \quad r = 0.98$$

d'où l'on extrait :

$$(7g) \Delta E \text{ LAC} = 0.745 \cdot \Delta E \text{ ABRI} + \frac{2.68}{U2 \text{ ABRI}}$$

$$(7h) \Delta E \text{ LAC} = 1.10 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.919} \cdot U2 \text{ ABRI}^{-0.081}$$

Les formules (3a) à (3e) établies à la page peuvent être transformées par les relations (7a) à (7h) :

$$(3a) \text{ par } (7d) \rightarrow (8a) \quad ELAC = 0.65 + 0.18 \cdot \Delta E \text{ ABRI} + 1.48 \cdot U2 \text{ ABRI}$$

$$(3b) \text{ par } (7c) \rightarrow (8b) \quad ELAC = 0.96 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.59} \cdot U2 \text{ ABRI}^{0.32}$$

$$(3b) \text{ par } (7f) \rightarrow (8b') \quad ELAC = 0.95 \cdot \Delta E \text{ ABRI}^{0.60} \cdot U2 \text{ ABRI}^{0.32}$$

$$(3d) \text{ par } (7f) \rightarrow (8d) \quad ELAC = 1.61 \cdot (\Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI})^{0.41}$$

$$(3e) \text{ par } (7e) \rightarrow (8e) \quad ELAC = 0.085 \cdot \Delta E \text{ ABRI} \cdot U2 \text{ ABRI} + 3.95$$

Les formules obtenues (8a) à (8e) sont très semblables à celles obtenues directement (2a) à (2e), ce qui prouve la compatibilité des ajustements entre moyennes décadales de ELAC  $\Delta E$  LAC, U2 ABRI d'une part, et ELAC,  $\Delta E$  ABRI, U2 ABRI d'autre part.

Estimation de  $\Delta E_{ABRI}$  à partir de  $T_{ABRI}$ ,  $T_{COL}$  étant inconnu

Toutes les stations météorologiques n'étant pas équipées d'un bac COLORADO, il peut être intéressant de connaître les corrélations entre la température moyenne sous abri et la température superficielle moyenne d'un Colorado sous sol nu.

Nous disposons de 4 années d'observations, soit 48 couples de valeurs moyennes mensuelles ou 12 couples de valeurs moyennes mensuelles interannuelles. Les valeurs mensuelles figurent dans des tableaux précédents, et nous regroupons ci-dessous les valeurs interannuelles concernées.

	TABRI	TCOL
JANV.	22.3	21.4
FEV.	25.6	23.6
MARS	29.7	26.8
AVR.	32.5	28.8
MAI	32.4	30.4
JUIN	30.7	30.2
JUIL.	27.6	29.4
AOUT	26.8	29.6
SEPT.	27.3	30.0
OCT.	28.9	29.9
NOV.	25.7	25.8
DEC.	23.2	22.5

Ces doublets s'organisent régulièrement sur 3 droites de corrélation selon la période de l'année considérée.

Janvier à avril

$$TCOL = 0.711 \cdot TABRI + 5.42 \quad r = 0.99$$

Mai à octobre

$$TCOL = 0.141 \cdot TABRI + 25.84 \quad r = 0.84$$

Octobre à janvier

$$TCOL = 1.312 \cdot TABRI - 7.90 \quad r = 0.99$$

Ces corrélations, dans l'ensemble très satisfaisantes à l'exception de celle plus lâche de la période d'hivernage, permettent donc d'estimer TCOL si l'on connaît TABRI, et donc de déterminer  $\Delta E_{ABRI}$  à partir des seules observations sous abri, tout au moins dans le cas de conditions climatiques comparables à celles de la station SAINT PAUL.

Comparaison entre les évaporations calculées et leurs estimations directes

Application aux valeurs mensuelles et annuelles 73-74-75-76

Afin de tester dans la réalité la qualité de corrélations obtenues, nous les avons utilisées pour calculer les valeurs mensuelles des évaporations durant les quatre années d'observations à SAINT PAUL (73-74-75-76), à partir des valeurs mensuelles de  $\Delta E_{ABRI}$  et  $U_2_{ABRI}$ .

Ce test est donc fait dans l'ordre pour les 10 équations (1a) à (1e) et (2a) à (2e).

Nous n'avons pas jugé utile de tester les 5 équations (8a) à (8e), fort peu différentes des équations (2a) à (2e).

L'ensemble de ces résultats est fourni en annexe. Les mêmes calculs ont été effectués avec les valeurs moyennes annuelles de  $\Delta E$  ABRI et U2 ABRI, et leurs résultats figurent sous les moyennes annuelles des 12 valeurs mensuelles de l'évaporation, dont ils ne diffèrent pas sensiblement.

Nous avons alors calculé une régression linéaire entre chacune des valeurs calculées par (1a) + (1e), (2a) + (2e) et les valeurs correspondantes de l'évaporation mesurée, si elle était connue avec assez de précision. Ce qui donne 10 ajustements de 10 x 22 couples de valeurs, dont nous avons regroupé les résultats ci-dessous, concernant la régression :

$$Y = m.X + b_0 \text{ avec } Y = \text{ELAC CALCULEE}, \quad X = \text{ELAC MESUREE}$$

		EQUATIONS SUR MOYENNES MENSUELLES					EQUATIONS SUR MOYENNES DECADAIRES				
		(1a)	(1b)	(1c)	(1d)	(1e)	(2a)	(2b)	(2c)	(2d)	(2e)
ordonnée à l'origine	$b_0$	1.223	1.339	1.041	1.510	1.439	0.130	0.258	0.115	0.458	0.246
pente	$m$	0.815	0.794	0.844	0.775	0.789	0.993	0.971	0.993	0.950	0.976
coefficient de corrélation	$r$	0.888	0.886	0.885	0.866	0.861	0.884	0.887	0.886	0.865	0.861
Moyenne des Y : $\bar{Y}$		6.790	6.764	6.807	6.810	6.829	6.913	6.896	6.910	6.950	6.919
Moyenne des X : $\bar{X}$		6.835	6.835	6.835	6.835	6.835	6.835	6.835	6.835	6.835	6.835
$\bar{X} / \bar{Y}$		1.007	1.010	1.004	1.004	1.001	0.989	0.991	0.989	0.983	0.988

L'examen des coefficients de corrélation obtenus permet dans tous les cas de constater que les équations les plus simples (1d) (1e) (2d) et (2e), du type  $a.\Delta E.U2 + b$  et  $a (\Delta E.U2)^b$  sont les moins satisfaisantes, qu'il s'agisse de celles établies à partir de valeurs mensuelles (1) ou de valeurs décadaires (2).

Le classement entre les 3 premiers types d'équation n'est pas net, puisqu'il varie d'un ajustement à l'autre, de façon d'ailleurs peu sensible puisque  $r$  varie de 0.884 à 0.888.

Mais l'examen du seul coefficient de corrélation n'est pas suffisant, puisque notre but n'est pas seulement d'avoir des évaporations mensuelles calculées étroitement corrélées aux évaporations mensuelles réellement observées, mais aussi qu'elles soient, si possible, égales.

La pente de la droite de régression devrait donc être aussi proche de 1 que possible, et à ce titre on doit constater que les équations issues de l'ajustement entre moyennes décadaires sont plus satisfaisantes, puisque leurs pentes sont comprises entre 0.971 et 0.993, alors que celles concernant les équations obtenues à partir des valeurs moyennes mensuelles ont des pentes comprises entre 0.794 et 0.844.

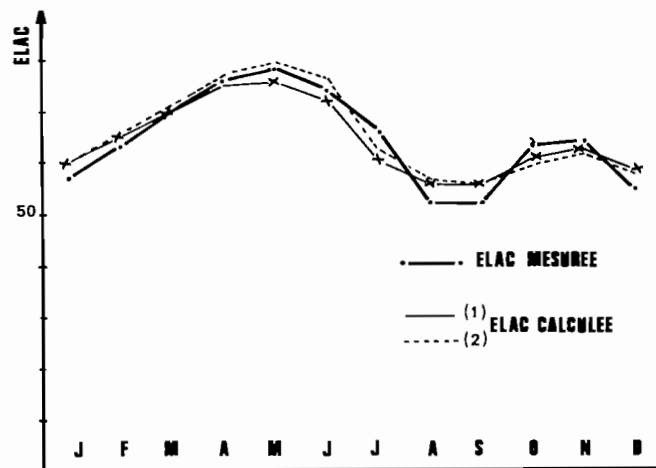
Nous serions donc tentés de préférer les équations (2a) (2b) et (2c) quoiqu'elles surestiment légèrement (environ 1%) l'évaporation, si l'on examine les valeurs du rapport  $\bar{X} / \bar{Y}$ .

Il est bien difficile maintenant de recommander une équation plutôt qu'une autre et de choisir entre les formes (a) ou (c). En fait le choix peut être guidé par la liaison souhaitée entre  $\Delta E$  ABRI et  $U_2$  ABRI, dans le cas d'extrapolation de ces formules à des environnements où l'importance respective de  $U_2$  et de  $\Delta E$  varierait. La forme (a) :  $a + b.U_2 + c.\Delta E$  peut être alors intéressante dans la mesure où l'influence de  $U_2$  et  $\Delta E$  est nettement individualisée.

Application aux valeurs interannuelles mensuelles

Le climat régional à SAINT PAUL a été caractérisé par des moyennes mensuelles interannuelles de  $\Delta E$  ABRI et  $U_2$  ABRI, qui seront utilisées pour calculer ELAC à partir des équations (1a) + (1c) et (2a) + (2c), jugées les plus satisfaisantes. Nous ne retiendrons que les deux valeurs (1) et (2) moyennes de ces deux groupes d'équation.

		ELAC MESUREE	ELAC CALCULEE (1)	ELAC CALCULEE (2)
INTERANNUUEL	JANV.	5.7	6.02	6.06
	FEV.	6.3	6.48	6.51
	MARS	7.0	7.01	7.10
	AVRIL	7.6	7.52	7.69
	MAI	7.8	7.55	7.94
	JUIN	7.4	7.20	7.63
	JUIL.	6.6	6.01	6.22
	AOUT	5.2	5.59	5.66
	SEPT.	5.2	5.59	5.88
	OCT.	6.3	6.08	5.96
	NOV.	6.4	6.27	6.18
	DEC.	5.5	5.84	5.77
			6.42	6.45
19731973		6.58	6.61	6.72
1974		6.67	6.50	6.60
1975		6.54	6.36	6.42
1976		6.41	6.29	6.37



Il semblerait donc que les formules (2) soient mieux appropriées que les (1) puisqu'elles apparaissent plus sensibles aux variations mensuelles de l'évaporation, assez remarquablement suivies en cours d'année.

CALCUL DE L'EVAPORATION DU LAC DE BAM A L'ECHELLE JOURNALIERE ET HORAIRE

Heure par heure, les calculs de l'évaporation, d'après une formule moyenne, issus de (3a) (3b) et (3c), ont été effectués par 3 pentades représentatives, 2 au 6/5/74 ; 1 au 5/11/75 ; 1 au 5/1/76.

Les tableaux complets figurent en annexes. Leurs moyennes ou totaux journaliers sont regroupées dans le tableau unique ci-dessous.

	$\Delta E$	U2	ELAC (a) Σ Horai.	ELAC (b) Journée →	ELAC	Q	1+β	R <sub>G</sub>	R <sub>d</sub>	R <sub>R</sub>	L†	L† Bilan	L† BRUNT	S	R <sub>d</sub> /R <sub>G</sub>
2/5	25.13	1.93	9.11	9.25	2247	1722	0.942	2620	800	-194	-3896	3193	3271	-313	0.31
3/5	29.52	1.13	8.39	8.46	2049	1910	0.987	2537	1240	-197	-3940	3511	3168	- 73	0.49
4/5	29.57	1.51	9.13	9.35	2271	1771	0.968	2459	1105	-159	-3936	3407	3190	-378	0.45
5/5	29.36	1.28	8.59	8.79	2136	1685	0.995	1507	1085	-185	-3941	3300	3166	-372	0.43
6/5	27.55	1.84	9.33	9.57	2325	1565	0.992	2296	909	-185	-3963	3417	3263	-721	0.40
1/11	22.00	1.11	6.67	6.89	1667	1189	1.05	2305	995	-205	-3837	2926	3090	-472	0.43
2/11	20.92	1.03	6.38	6.50	1379	1359	1.07	2513	684	-214	-3844	2904	3122	-255	0.27
3/11	20.40	0.91	6.10	6.16	1497	1250	1.06	2310	1120	-212	-3843	3015	3135	-247	0.48
4/11	18.97	0.84	5.66	5.73	1392	1225	1.08	2300	956	-208	-3835	2968	3138	-209	0.42
5/11	20.80	1.14	6.62	6.69	1626	1287	1.03	2436	524	-212	-3811	2874	3098	-313	0.22
1/1	15.60	1.00	5.21	5.37	1301	811	1.00	1514	1036	- 98	-3601	2998	2882	-448	0.68
2/1	14.85	1.12	5.31	5.39	1309	895	1.01	1556	1024	-106	-3614	3059	2919	-388	0.66
3/1	13.95	1.16	5.22	5.23	1272	932	1.00	1562	1000	- 80	-3604	3054	2959	-253	0.64
4/1	9.24	1.05	3.91	4.02	978	763	0.89	1337	801	- 79	-3616	3121	3133	- 68	0.60
5/1	11.21	0.72	3.96	3.98	967	1043	1.03	1659	787	- 80	-3701	3165	3154	+ 71	0.47

$\Delta E$  : Déficit de saturation à l'évapotron,  $\Delta E$  LAC - en mb

U2 : Vitesse du vent à SAINT PAUL - en m/s

ELAC : Evaporation calculée par (3a) (3b) (3c), à partir de  $\Delta E$  et U2 horaires, en mm/jour. La moyenne journalière (a) supérieure est obtenue à partir des valeurs horaires. La valeur journalière (b) inférieure à partir des valeurs moyennes journalières de  $\Delta E$  et U2.

ELAC : Equivalent énergétique de l'évaporation en Joules obtenu à partir de la colonne précédente pondérée pour retrouver une valeur journalière (b).

Q : Rayonnement net - en J.

β : Rapport de BOWEN

R<sub>G</sub> : Rayonnement global - en J.

R<sub>d</sub> : Rayonnement diffus - en J.

R<sub>R</sub> : Rayonnement réfléchi - en J.

L† : Rayonnement de grande longueur d'onde de l'envir. :  $L† = \epsilon \cdot \sigma \cdot TLAC^4$

L† Bilan: est obtenue par  $L† = Q - R_G + R_R + L†$

L† BRUNT: est obtenue par calcul avec la formule de BRUNT :  $L† = \sigma \cdot TAIR^4 \cdot (0.60 + 0.05\sqrt{E2 LAC})$ .

S : Energie sortant du système (par transmission de chaleur à l'eau, ou par advection).

Ces résultats, à la réserve d'admettre la bonne représentativité du ELAC ainsi calculée, permettent de tirer quelques conclusions partielles sur le bilan énergétique du lac.

En effet le système constitué par le lac et l'air environnant est presque systématiquement déficitaire en énergie, gagnée sur le milieu extérieur. Celle-ci parviendrait pour une bonne part du volant thermique constitué par l'eau du lac et le sol le contenant, qui lui apporte un flux thermique en permanence.

Mais cela provient pour une autre part, certainement déterminante les jours de forte évaporation, des échanges d'énergie latéraux par advection, l'air chaud continental, éventuellement poussé par l'Harmattan, venant remplacer les masses d'air humide et plus frais stagnant sur le lac.

## CONCLUSION

Dans les conditions climatiques qui sont celles du lac de BAM, il semble donc que *l'évaporation*, à des échelles aussi diverses que mensuelle ou horaire, puisse s'évaluer à l'aide de formules mettant en cause *le déficit de saturation de l'air et la vitesse du vent* mesurés en une station représentative du climat régional.

Il va de soi qu'avec la plus ou moins bonne représentativité de la station choisie, et de sa situation géographique, relative au lac, les ajustements (coefficients multiplicateur et exposants) de ces deux paramètres, varient.

Mais il est possible en connaissant par exemple l'ordre de grandeur de l'évaporation à certaines périodes privilégiées *de "caler" ces formules*, puis de les utiliser, avec leurs coefficients ainsi déterminés, pour évaluer l'évaporation sur *des périodes autrement inaccessibles*.

Cela a été tenté avec succès dans le cas du Lac TCHAD avec les observations à la station climatologique de BOL-MATAFO.

Le présent travail présente aussi une illustration des résultats qui peuvent être obtenus *en associant* étroitement les *moyens informatiques lourds* pour tout ce qui est gestion de gros fichiers, avec les facilités des *mini calculatrices* de bureau programmables, à grande capacité de mémoire et de programmation.

BIBLIOGRAPHIE "ETUDE DU LAC DE BAM"

- (1) D. IBIZA - Mesure de l'évaporation d'un lac en climat sahélien. Lac de Bam (premiers résultats). Cahiers ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX, n° 3, 1972, pp. 45-64.
- (2) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Le régime hydrologique. Document ronéotypé, juin 1975, 37 p. + graph.
- (3) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Description d'une installation pour la mesure continue de l'évaporation d'une nappe d'eau libre. Document ronéotypé, juin 1975, 38 p. + graph.
- (4) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - 3 années d'observations du vent à la station climatologique de Saint Paul : 1973-1974-1975. Document ronéotypé, juillet 1976, 48 p., + graph.  
G.J. DUBOIS  
P. LEDUC
- (5) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Observations climatologiques aux stations de Saint Paul, Kongoussi et Bam - année 1973. Document ronéotypé, 1975, 116 p.  
G.J. DUBOIS  
P. LEDUC
- (6) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Observations climatologiques aux stations de Saint Paul, Kongoussi et Bam - année 1974. Document ronéotypé, 1976, 142 p. + graph.  
G.J. DUBOIS  
P. LEDUC
- (7) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Observations climatologiques aux stations de Saint Paul, Kongoussi et Bam - année 1975. Document ronéotypé, 1976, 138 p. + graph.  
G.J. DUBOIS  
P. LEDUC
- (8) B. POUYAUD - Etude du lac de Bam - Observations climatologiques aux stations de Saint Paul, Kongoussi et Bam - année 1976. Document ronéotypé, 1977, 109 p. + graph.  
G.J. DUBOIS  
P. LEDUC
- (9) B. POUYAUD - Etude de l'évaporation d'un lac en climat soudano-sahélien. Le lac de Bam. Rapport provisoire, 33 p., janvier 1979.

ANNEXE 1

CALCUL DES EVAPORATIONS MENSUELLES ET ANNUELLES

1973 - 74 - 75 - 76



1973

ELAC MES	ΔE ABRI	U2 ABRI	(1a)	(1b)	(1c)	(1d)	(1e)	(2a)	(2b)	(2c)	(2d)	(2e)
6.1	18.6	1.43	6.08	6.10	6.05	6.26	6.25	6.11	6.12	6.08	6.27	6.20
6.5	21.8	1.47	6.66	6.67	6.67	6.66	6.61	6.72	6.75	6.69	6.77	6.65
6.8	24.3	1.64	7.26	7.24	7.30	7.17	7.14	7.41	7.43	7.40	7.39	7.30
6.8	24.1	1.72	7.31	7.30	7.35	7.27	7.24	7.49	7.52	7.49	7.51	7.43
(8.1)	23.2	2.17	7.61	7.57	7.65	7.76	7.84	8.02	7.95	8.01	8.12	8.12
(7.3)	19.7	2.36	7.21	7.10	7.07	7.55	7.58	7.70	7.46	7.48	7.86	7.85
(7.4)	17.5	2.12	6.59	6.50	6.40	7.00	6.95	6.96	6.74	6.69	7.18	7.07
(-)	15.8	1.51	5.68	5.68	5.61	6.04	6.07	5.75	5.69	5.68	6.00	5.97
(-)	15.7	1.46	5.61	5.61	5.55	5.96	6.00	5.66	5.66	5.61	5.91	5.89
(7.2)	24.4	1.17	6.74	6.61	6.75	6.32	6.30	6.64	6.56	6.59	6.34	6.26
(7.5)	22.7	1.36	6.70	6.68	6.72	6.58	6.54	6.71	6.72	6.68	6.66	6.56
5.5	19.4	1.09	5.87	5.83	5.90	5.80	5.88	5.73	5.72	5.78	5.72	5.75
(6.58)	20.6	1.62	→ 6.61 * 6.61	6.57 6.63	6.59 6.59	6.69 6.76	6.70 6.70	6.74 6.74	6.69 6.75	6.68 6.68	6.81 6.88	6.76 6.76

1974

6.3	18.7	1.43	6.09	6.11	6.07	6.27	6.26	6.13	6.14	6.10	6.29	6.21
6.7	22.3	1.57	6.85	6.85	6.86	6.87	6.81	6.96	6.98	6.93	7.01	6.90
6.8	24.9	1.54	7.26	7.23	7.31	7.08	7.04	7.36	7.38	7.35	7.27	7.18
8.0	26.8	1.55	7.59	7.52	7.67	7.27	7.25	7.70	7.71	7.71	7.51	7.44
8.1	25.7	2.17	8.03	7.99	8.18	8.03	8.20	8.45	8.42	8.57	8.46	8.62
7.7	22.1	2.50	7.76	7.64	7.74	8.00	8.17	8.33	8.11	8.25	8.43	8.58
(6.4)	14.7	1.92	5.91	5.80	5.68	6.39	5.36	6.18	5.92	5.88	6.43	6.34
-	14.2	1.61	5.51	5.45	5.38	5.95	6.00	5.62	5.47	5.48	5.90	5.89
-	16.3	1.38	5.64	5.64	5.60	5.92	5.97	5.64	5.62	5.63	5.86	5.86
(6.9)	21.0	1.11	6.16	6.10	6.18	5.99	6.03	6.04	6.02	6.05	5.95	5.93
(7.2)	19.0	1.13	5.84	5.82	5.87	5.83	5.91	5.73	5.72	5.77	5.75	5.77
(5.9)	15.9	1.31	5.50	5.50	5.48	5.77	5.86	5.46	5.44	5.48	5.68	5.72
(6.67)	20.1	1.60	→ 6.51 * 6.50	6.47 6.52	6.50 6.47	6.61 6.67	6.65 6.62	6.63 6.62	6.58 6.53	6.60 6.56	6.71 6.77	6.70 6.66

1975

6.0	17.1	1.50	5.89	5.90	5.84	6.18	6.19	5.96	5.93	5.90	6.18	6.12
6.3	20.5	1.19	6.16	6.13	6.17	6.08	6.10	6.07	6.08	6.08	6.06	6.02
7.1	24.3	1.43	7.05	7.01	7.07	6.85	6.80	7.09	7.10	7.07	6.99	6.88
8.3	27.0	1.81	7.89	7.84	8.02	7.68	7.74	8.13	8.15	8.21	8.02	8.05
(7.6)	22.4	2.23	7.53	7.48	7.54	7.74	7.81	7.97	7.87	7.92	8.09	8.14
(7.3)	20.0	2.33	7.23	7.13	7.11	7.56	7.59	7.71	7.50	7.51	7.87	7.86
(6.6)	15.2	1.69	5.76	5.72	5.62	6.19	6.19	5.92	5.78	5.75	6.19	6.13
-	14.9	1.57	5.59	5.56	5.48	6.00	6.03	5.68	5.58	5.58	5.96	5.93
-	15.6	1.24	5.37	5.37	5.38	5.63	5.76	5.31	5.29	5.36	5.52	5.60
(6.5)	20.4	1.02	5.97	5.89	6.00	5.76	5.86	5.80	5.76	5.84	5.68	5.72
6.2	20.5	0.95	5.91	5.80	5.95	5.64	5.77	5.71	5.64	5.76	5.53	5.61
5.9	18.6	1.24	5.88	5.89	5.89	5.97	6.01	5.82	5.83	5.85	5.92	5.91
(6.54)	19.7	1.52	→ 6.35 * 6.36	6.31 6.38	6.34 6.33	6.44 6.51	6.49 6.47	6.43 6.43	6.37 6.45	6.40 6.39	6.50 6.58	6.50 6.48

1976

5.7	17.9	1.33	5.86	5.87	5.85	6.03	6.06	5.84	5.85	5.84	6.00	5.97
6.4	19.6	1.37	6.19	6.20	6.18	6.28	6.27	6.19	6.21	6.17	6.30	6.22
7.8	(20.5)	1.55	6.52	6.54	6.50	6.65	6.60	6.62	6.64	6.57	6.74	6.63
7.3	23.9	1.75	7.30	7.30	7.35	7.29	7.27	7.50	7.53	7.50	7.53	7.46
(6.8)	20.2	-	6.85	6.84	6.78	7.11	7.07	7.12	7.07	7.01	7.31	7.21
(8.0)	18.3	-	7.00	6.85	6.79	7.40	7.40	7.51	7.19	7.19	7.67	7.62
(6.8)	15.8	-	6.09	6.01	5.89	6.53	6.49	6.35	6.15	6.09	6.60	6.50
(4.5)	15.8	-	5.73	5.72	5.64	6.10	6.12	5.82	5.75	5.73	6.08	6.04
(5.0)	17.1	-	5.75	5.77	5.73	5.98	6.03	5.75	5.74	5.74	5.94	5.92
(6.3)	17.0	-	5.45	5.43	5.50	5.53	5.70	5.31	5.30	5.41	5.40	5.52
6.5	23.7	-	6.66	6.56	6.67	6.31	6.29	6.56	6.51	6.53	6.34	6.26
5.8	20.1	-	6.11	6.09	6.12	6.07	6.10	6.04	6.04	6.05	6.05	6.01
(6.41)	19.2	(1.58)	→ 6.29 * 6.33	6.27 6.35	6.25 6.29	6.44 6.54	6.45 6.50	6.38 6.44	6.33 6.44	6.32 6.37	6.50 6.62	6.45 6.51

\* la ligne supérieure est la moyenne des valeurs mensuelles  
la ligne inférieure est calculée à partir des ΔE ABRI et U2 ABRI moyens annuels.

ANNEXE 2

CALCUL DES EVAPORATIONS JOURNALIERES ET HORAIRE  
pour quelques journées représentatives

4/5/74	ΔF LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L + J	L + J BIAN	L + J BRUNT	S J
0	29.2	0.3	6.16	64	-32	1.05	0	0	0	-165	133	126	-49
1	30.6	0.3	6.17	75	-32	1.04	0	0	0	-163	131	125	-101
2	31.0	0.4	6.19	74	-32	1.04	0	0	0	-163	131	125	-109
3	30.5	0.4	6.70	69	-18	1.04	0	0	0	-162	126	122	-93
4	30.7	0.4	7.33	74	-36	1.04	0	0	0	-162	126	122	-107
5	29.1	0.6	7.06	73	-44	1.06	1	0	-1	-162	116	111	-121
6	27.7	0.2	5.56	58	7	1.07	33	29	-7	-162	143	123	-55
7	27.7	1.2	6.46	88	79	1.02	118	72	-10	-162	133	126	-11
8	30.6	2.7	12.99	125	154	0.95	185	85	-11	-163	143	130	+35
9	28.7	4.4	14.77	153	230	0.89	268	120	-15	-162	159	135	+94
10	28.3	4.6	14.99	155	204	0.88	317	121	-17	-163	167	138	+168
11	30.0	3.2	12.92	134	325	0.88	330	126	-18	-162	176	139	+267
12	31.4	2.6	12.11	126	329	0.87	329	113	-19	-164	163	139	+219
13	33.1	2.5	12.34	128	286	0.88	307	113	-17	-165	159	135	+174
14	33.5	2.5	12.45	129	226	0.88	256	117	-15	-166	151	140	+110
15	33.6	2.8	13.12	116	149	0.88	179	105	-10	-166	146	141	+29
16	32.2	2.4	11.50	123	69	0.88	99	69	-9	-166	145	141	+34
17	30.4	1.5	9.50	99	6	0.90	37	33	-6	-166	143	143	+53
18	28.2	0.7	7.16	74	-30	0.94	2	2	-42	-167	137	142	-160
19	26.9	0.5	6.40	66	-33	0.97	0	0	0	-166	133	139	-97
20	24.8	0.4	5.77	60	-33	1.07	0	0	0	-165	132	137	-94
21	23.1	0.2	4.88	51	-33	1.06	0	0	0	-165	132	136	-67
22	28.2	0.8	7.42	77	-33	1.00	0	0	0	-164	131	131	-110
23	29.3	0.4	6.50	67	-33	1.00	0	0	0	-164	131	130	-100
24	29.57	1.51	9.13 9.35	2271	1771	0.968	2459	1105	-159	-3936	3407	3190	-374

Rd/RG = 0.45

2/5/74	ΔF LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L + J	L + J BIAN	L + J BRUNT	S J
0	19.7	0.2	4.29	44	-35	1.04	0	0	0	-162	127	135	-81
1	22.2	0.3	4.69	51	-35	1.03	0	0	0	-162	127	133	-88
2	24.3	0.3	5.32	55	-35	1.04	0	0	0	-162	127	129	-92
3	24.7	0.2	5.03	52	-35	1.04	0	0	0	-162	127	129	-89
4	23.1	0.3	5.13	53	-35	1.06	0	0	0	-162	127	129	-91
5	21.0	0.4	5.41	56	-27	1.04	1	1	0	-162	134	130	-85
6	22.5	0.4	5.49	56	26	1.01	24	21	-10	-161	173	131	-30
7	24.1	2.0	9.13	94	70	0.99	116	46	-12	-161	127	131	-23
8	25.9	4.2	13.59	140	159	0.92	208	62	-15	-161	127	134	+30
9	29.1	4.7	14.53	152	228	0.86	271	78	-18	-161	136	134	+94
10	27.9	4.7	14.30	157	275	0.85	353	80	-20	-162	134	138	+142
11	27.9	4.9	16.04	165	310	0.84	357	79	-20	-162	137	139	+171
12	29.5	4.6	15.69	161	304	0.84	348	80	-21	-163	140	140	+169
13	30.4	3.7	14.24	146	274	0.83	325	83	-20	-163	132	140	+153
14	30.9	3.6	14.20	146	221	0.84	277	84	-18	-164	126	141	+98
15	30.2	3.3	13.37	137	149	0.84	203	89	-15	-164	125	142	+34
16	30.6	3.0	12.30	126	73	0.83	124	69	-12	-163	124	144	-32
17	26.6	2.2	10.60	110	11	0.84	44	28	-11	-163	141	142	-81
18	27.4	1.0	7.74	79	-21	0.88	0	0	0	-163	142	140	-91
19	19.9	0.3	4.63	40	-31	0.97	0	0	0	-163	132	141	-77
20	21.5	0.4	5.17	52	-31	0.98	0	0	0	-163	132	138	-83
21	21.8	0.6	5.73	59	-31	0.98	0	0	0	-163	132	138	-89
22	23.0	0.3	4.35	45	-31	1.04	0	0	0	-162	132	137	-78
23	22.4	0.7	6.07	62	-31	1.01	0	0	0	-162	132	134	-94
24	25.13	1.93	9.11 9.25	2247	1722	0.942	2620	800	-194	-3896	3193	3271	-313

Rd/RG = 0.34

3/5/74	ΔF LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L + J	L + J BIAN	L + J BRUNT	S J
0	21.1	1.2	7.52	77	-31	1.00	0	0	0	-162	131	132	-108
1	27.3	0.4	5.95	54	-31	1.02	0	0	0	-162	131	127	-88
2	27.1	0.2	5.38	55	-31	1.03	0	0	0	-161	130	125	-88
3	27.6	0.4	6.16	63	-31	1.05	0	0	0	-161	130	122	-97
4	26.4	0.1	4.82	49	-31	1.06	0	0	0	-161	130	123	-83
5	26.5	0.2	5.29	54	-31	1.04	0	0	0	-160	130	123	-87
6	26.1	1.3	8.16	83	-24	1.03	58	44	-10	-160	136	123	-61
7	25.5	0.5	6.11	62	82	0.91	114	77	-12	-160	140	126	+19
8	28.0	1.0	7.86	80	149	0.98	173	88	-15	-161	152	126	+71
9	31.3	1.7	10.22	104	241	0.96	253	223	-17	-162	167	127	+141
10	33.0	1.9	11.09	113	273	0.96	282	164	-20	-164	175	130	+164
11	32.0	2.4	11.98	122	299	0.92	322	169	-21	-164	162	133	+187
12	33.1	2.7	12.94	132	347	0.91	348	144	-22	-165	186	134	+227
13	35.1	2.8	13.71	140	316	0.91	329	117	-21	-166	174	136	+189
14	35.2	2.8	13.74	140	276	0.91	291	97	-20	-167	172	138	+149
15	36.3	1.9	11.87	121	167	0.91	197	95	-16	-168	154	140	+57
16	37.9	1.5	11.19	114	79	0.92	113	77	-12	-170	146	140	-26
17	36.9	1.4	10.71	109	26	0.92	53	43	-10	-169	152	139	-105
18	30.5	1.0	8.35	85	-28	0.95	2	2	-1	-168	159	142	-70
19	27.3	0.7	6.97	71	-31	0.98	0	0	0	-167	138	142	-101
20	24.2	0.4	5.81	59	-31	1.03	0	0	0	-166	135	139	-92
21	24.6	0.2	5.01	51	-31	1.05	0	0	0	-166	133	136	-85
22	25.2	0.3	5.46	56	-31	1.06	0	0	0	-165	134	134	-90
23	26.1	0.2	5.23	53	-31	1.08	0	0	0	-165	134	131	-88
24	29.42	1.13	8.39 8.46	2049	1910	0.987	2537	1240	-197	-3940	3511	3168	-73

Rd/RG = 0.49

5/5/74	ΔF LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L + J	L + J BIAN	L + J BRUNT	S J
0	23.9	0.1	4.58	47	-37	1.00	0	0	0	-163	126	130	-85
1	26.6	0.3	5.75	60	-37	1.09	0	0	0	-163	126	125	-102
2	28.1	0.2	5.62	58	-37	1.09	0	0	0	-163	126	126	-100
3	26.2	0.4	6.00	62	-37	1.10	0	0	0	-162	125	124	-104
4	26.2	0.4	6.00	62	-37	1.10	0	0	0	-162	125	123	-105
5	26.2	0.4	6.00	62	-37	1.10	0	0	0	-162	125	123	-105
6	26.5	0.4	6.05	63	4	1.11	0	0	0	-162	125	122	-94
7	28.8	0.5	6.72	70	64	1.09	27	22	-10	-162	149	123	-65
8	30.8	2.8	12.35	128	120	0.97	156	87	-12	-162	133	125	-7
9	30.4	3.5	13.63	141	260	0.92	286	108	-18	-162	151	127	+92
10	30.9	3.6	13.97	145	292	0.90	322	136	-20	-163	153	135	+171
11	32.6	3.9	15.71	167	312	0.89	351	127	-20	-164	153	135	+147
12	32.7	3.2	13.71	142	317	0.89	337	133	-20	-165	160	137	+111
13	34.0	2.8	13.23	137	306	0.89	328	146	-18	-166	162	138	+184
14	35.4	2.6	13.17	136	260	0.89	266	114	-15	-166	155	136	+137
15	33.9	2.2	11.89	123	109	0.89	159	80	-12	-166	158	140	+10
16	33.7	1.7	10.68	111	83	0.89	119	51	-11	-167	142	141	-16
17	27.5	0.3	5.98	103	-10	0.92	31	17	-10	-165	137	141	-104
18	27.0	0.1	5.01	52	-34	0.95	0	0	0	-167	133	144	-92
19	26.5	0.3	5.74	59	-34	1.05	0	0	0	-166	132	143	-80
20	28.4	0.2	5.66	59	-34	1.07	0	0	0	-165	132	134	-96
21	28.7	0.3	6.03	63	-37	1.08	0	0	0	-165	131	134	-104
22	26.0	0.4	5.97	62	-37	1.10	0	0	0	-164	127	128	-105
23	29.36	1.28	8.59 8.79	2136	1685	0.995	2507	1085	-181	-3941	3100	3166	-372

Rd/RG = 0.43

1/11/75	AE LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>J</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	22.8	0.08	4.23	44	- 41	1.10	0	0	0	- 160	119	124	- 89
1	22.7	0.06	4.10	43	- 41	1.08	0	0	0	- 159	118	124	- 90
2	19.8	0.11	3.97	42	- 41	1.16	0	0	0	- 159	118	124	- 90
3	20.1	0.21	4.18	45	- 41	1.18	0	0	0	- 159	118	122	- 99
4	20.1	0.25	4.51	47	- 41	1.23	0	0	0	- 159	118	119	- 99
5	19.3	0.22	4.30	45	- 41	1.25	0	0	0	- 159	118	119	- 99
6	20.4	0.03	3.69	38	- 36	1.22	10	8	- 4	- 159	117	118	- 82
7	20.4	0.17	4.29	45	* 2	1.18	79	44	- 14	- 159	96	121	- 51
8	18.4	0.30	4.89	51	* 82	1.12	171	73	- 17	- 159	88	128	+ 25
9	23.2	0.03	3.97	42	- 41	1.02	247	105	- 21	- 160	101	131	+ 74
10	23.7	2.75	10.94	114	240	0.94	305	122	- 24	- 162	121	131	+ 13
11	25.6	3.34	12.22	127	276	0.90	333	127	- 21	- 161	125	136	+ 162
12	25.5	3.28	11.90	124	289	0.89	339	121	- 22	- 161	134	137	+ 179
13	25.3	3.11	11.59	120	264	0.88	306	116	- 23	- 162	141	139	+ 158
14	26.1	3.05	11.42	120	209	0.87	245	111	- 21	- 162	147	139	+ 105
15	26.5	2.87	11.05	115	135	0.86	163	94	- 19	- 162	151	139	+ 80
16	26.0	1.78	9.16	95	52	0.87	83	59	- 13	- 161	163	139	+ 40
17	23.4	0.61	6.04	63	- 21	0.94	16	15	- 4	- 161	128	135	+ 40
18	21.1	0.36	5.51	57	- 36	1.01	0	0	0	- 160	124	131	- 94
19	21.8	0.61	5.75	60	- 36	1.02	0	0	0	- 159	123	128	- 97
20	21.4	0.50	5.41	56	- 36	1.00	0	0	0	- 158	120	125	- 97
21	18.5	0.17	4.01	42	- 39	1.10	0	0	0	- 158	119	127	- 85
22	16.4	0.34	3.61	37	- 39	1.15	0	0	0	- 158	119	124	- 88
23	18.2	0.22	4.13	43	- 39	1.15	0	0	0	- 158	119	124	- 88
	22.70	1.11	6.67 4.87	1667	1189	1.05	2305	995	- 205	-3837	2926	3090	- 472

R<sub>d</sub>/R<sub>G</sub> = 0.43

2/11/75	AE LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>J</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	18.1	0.25	4.29	43	- 40	1.18	0	0	0	- 158	118	123	- 91
1	16.6	0.29	4.00	41	- 41	1.25	0	0	0	- 158	117	122	- 92
2	16.7	0.31	4.15	43	- 41	1.27	0	0	0	- 158	117	121	- 96
3	19.8	0.22	3.92	40	- 42	1.29	0	0	0	- 158	116	120	- 94
4	19.1	0.17	3.66	36	- 43	1.32	0	0	0	- 158	115	119	- 91
5	19.0	0.47	4.92	51	- 44	1.31	0	0	0	- 158	114	115	- 111
6	19.7	0.14	4.11	42	- 38	1.26	32	6	- 6	- 158	94	116	- 91
7	20.4	0.4	4.71	43	* 16	1.14	115	39	- 17	- 158	77	122	- 33
8	22.1	1.38	7.47	77	117	1.01	205	65	- 17	- 159	88	128	+ 39
9	24.8	1.36	11.38	115	205	0.95	279	83	- 21	- 160	107	130	+ 96
10	25.1	3.39	11.98	127	244	0.90	329	83	- 21	- 161	118	135	+ 155
11	25.6	2.56	11.16	115	295	0.88	354	77	- 21	- 161	127	137	+ 198
12	26.2	2.28	10.21	105	255	0.88	342	80	- 24	- 162	139	139	+ 203
13	27.1	2.47	10.82	112	268	0.89	315	70	- 25	- 163	141	139	+ 168
14	26.9	2.17	10.17	105	216	0.88	255	66	- 23	- 163	147	141	+ 124
15	26.4	1.92	9.54	98	114	0.87	180	56	- 21	- 163	148	141	+ 29
16	25.4	1.36	8.58	88	59	0.87	91	41	- 15	- 162	156	141	+ 88
17	21.3	0.34	3.58	57	- 21	0.92	16	10	- 3	- 161	127	139	- 73
18	17.2	0.42	4.50	46	- 36	1.01	0	0	0	- 161	125	137	- 82
19	17.6	0.31	4.18	- 3	- 36	1.06	0	0	0	- 161	125	135	- 82
20	17.7	0.65	5.33	37	- 36	1.08	0	0	0	- 161	125	133	- 76
21	18.2	0.11	3.93	39	- 36	1.10	0	0	0	- 161	125	131	- 79
22	16.4	0.06	3.54	37	- 36	1.11	0	0	0	- 160	124	130	- 81
23	18.1	0.11	3.67	40	- 36	1.12	0	0	0	- 160	124	129	- 87
	20.52	1.03	6.34 6.56	1579	1359	1.07	2513	684	- 214	-3844	2904	3122	- 255

R<sub>d</sub>/R<sub>G</sub> = 0.27

3/11/75	AE LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>J</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	21.8	0.14	4.46	46	- 36	1.11	0	0	0	- 160	124	125	- 87
1	22.0	0.31	5.06	52	- 36	1.09	0	0	0	- 160	124	125	- 93
2	18.4	0.28	4.48	46	- 36	1.18	0	0	0	- 159	123	125	- 90
3	18.7	0.19	4.69	42	- 37	1.23	0	0	0	- 159	123	123	- 89
4	17.8	0.08	3.64	37	- 39	1.23	0	0	0	- 159	120	123	- 84
5	16.4	0.17	3.77	39	- 37	1.25	0	0	0	- 159	122	124	- 86
6	18.0	0.22	4.17	43	- 25	1.25	15	14	- 5	- 159	123	121	- 80
7	17.4	0.36	4.45	45	* 21	1.22	84	62	- 12	- 159	108	123	- 34
8	22.7	1.33	7.46	75	107	1.05	177	100	- 18	- 159	107	125	+ 27
9	24.7	1.83	8.79	89	185	0.97	256	121	- 23	- 160	112	131	+ 97
10	24.1	1.41	9.79	100	246	0.92	311	134	- 25	- 161	121	135	+ 154
11	25.6	3.08	11.40	117	260	0.91	336	140	- 25	- 161	130	136	+ 174
12	25.8	2.52	11.17	114	284	0.89	333	139	- 25	- 162	136	137	+ 183
13	27.5	2.22	10.24	106	250	0.90	304	131	- 24	- 164	140	139	+ 161
14	27.2	1.78	9.37	96	201	0.89	238	115	- 21	- 163	147	140	+ 116
15	25.2	1.69	9.02	92	132	0.88	168	95	- 19	- 163	146	140	+ 51
16	24.4	0.97	7.08	72	49	0.87	75	57	- 12	- 162	148	140	+ 14
17	19.3	0.47	5.02	51	- 21	0.93	13	12	- 3	- 160	129	138	- 68
18	13.1	0.19	3.32	34	- 36	1.03	0	0	0	- 159	123	137	- 71
19	14.1	0.28	3.70	38	- 36	1.09	0	0	0	- 159	123	134	- 77
20	19.2	0.22	4.35	45	- 36	1.06	0	0	0	- 159	123	139	- 84
21	16.3	0.25	3.99	41	- 37	1.14	0	0	0	- 159	122	128	- 82
22	16.3	0.25	3.62	37	- 39	1.18	0	0	0	- 159	120	129	- 83
23	14.8	0.28	3.82	39	- 39	1.21	0	0	0	- 159	120	128	- 86
24			5.10 6.16	1497	1250	1.06	2310	1120	- 212	-3843	3015	3135	- 247

R<sub>d</sub>/R<sub>G</sub> = 0.48

4/11/75	AE LAC mb	U2 ABRI m/s	ELAC mm	ELAC J Homog.	Q J	I + B	R <sub>G</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>J</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	15.7	0.19	3.73	38	- 39	1.21	0	0	0	- 159	120	127	- 85
1	15.6	0.33	4.07	42	- 39	1.25	0	0	0	- 159	120	127	- 91
2	18.0	0.33	4.47	46	- 39	1.24	0	0	0	- 159	120	121	- 96
3	19.2	0.17	4.19	43	- 39	1.21	0	0	0	- 159	121	121	- 91
4	16.1	0.36	4.22	43	- 39	1.28	0	0	0	- 158	119	122	- 94
5	16.1	0.19	3.79	39	- 39	1.28	0	0	0	- 158	119	122	- 89
6	15.9	0.28	4.00	41	- 25	1.27	25	19	- 4	- 158	112	122	- 77
7	14.4	0.28	3.75	38	* 26	1.25	92	57	- 12	- 157	103	124	- 21
8	15.4	0.42	4.23	43	95	1.13	168	83	- 17	- 157	101	127	+ 46
9	21.7	1.67	7.86	81	179	0.99	251	101	- 18	- 157	105	130	+ 99
10	24.5	2.44	9.85	102	242	0.91	304	111	- 21	- 158	116	146	+ 146
11	25.3	1.89	9.13	94	274	0.89	327	114	- 21	- 160	124	135	+ 193
12	24.2	2.22	9.47	97	269	0.90	315	113	- 24	- 161	139	137	+ 182
13	24.2	1.94	8.96	92	252	0.90	298	108	- 25	- 162	141	139	+ 167
14	25.3	1.86	9.07	93	204	0.90	247	98	- 25	- 163	145	140	+ 120
15	21.5	0.36	3.76	39	139	0.88	167	82	- 21	- 161	154	141	+ 54
16	18.7	0.17	3.29	35	59	0.87	85	54	- 16	- 162	145	142	+ 2
17	16.2	0.50	4.90	50	- 15	0.90	20	16	- 4	- 161	130	141	+ 60
18	19.7	0.53	5.23	54	- 39	1.00	0	0	0	- 161	122	134	- 83
19	18.1	0.36	4.56	47	- 39	1.05	0	0	0	- 161	122	134	- 84
20	18.6	0.28	4.43	45	- 39	1.09	0	0	0	- 161	122	132	-

1/1/76	AE LAC mb	UZ ABRT m/s	ELAC cm	ELAC Homog.	Q J	I + B J	R <sub>C</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>f</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	19.5	0.08	3.79	39	-31	1.09	0	0	0	-151	120	113	-73
1	18.8	0.17	4.06	42	-32	1.09	0	0	0	-150	118	112	-78
2	17.4	0.39	4.46	44	-33	1.10	0	0	0	-150	117	113	-84
3	16.8	0.36	4.29	45	-33	1.07	0	0	0	-149	116	114	-81
4	16.7	0.53	4.66	48	-33	1.11	0	0	0	-149	116	112	-86
5	16.8	0.58	4.78	50	-33	1.10	0	0	0	-148	115	111	-88
6	16.4	0.28	4.02	42	-25	1.10	7	6	-4	-148	120	112	-71
7	13.3	0.33	3.97	41	+10	1.12	47	38	-7	-149	119	114	-36
8	15.6	1.17	5.53	58	66	1.09	110	79	-10	-149	115	115	+3
9	17.5	3.81	10.17	106	133	0.97	171	117	-10	-149	121	118	+30
10	17.9	3.31	9.57	99	163	0.92	216	141	-10	-150	127	120	+92
11	17.8	2.67	8.57	89	213	0.87	242	252	-12	-150	133	123	+136
12	18.2	2.69	8.72	91	216	0.84	237	250	-11	-151	141	126	+140
13	18.7	1.76	7.38	77	190	0.82	207	140	9	-152	144	128	+127
14	18.1	1.75	7.18	75	135	0.79	156	113	-9	-151	137	129	+76
15	17.6	1.25	6.21	65	72	0.78	87	70	-9	-151	145	129	+21
16	16.5	0.81	5.18	54	10	0.80	29	27	-5	-151	137	129	-33
17	11.8	0.42	3.56	37	-21	0.90	3	3	-2	-151	129	128	-54
18	10.3	0.44	3.33	35	-27	0.99	0	0	0	-150	123	126	-62
19	9.5	0.47	3.23	34	-29	1.04	0	0	0	-150	121	126	-67
20	10.9	0.33	3.23	34	-30	1.08	0	0	0	-151	121	124	-67
21	12.0	0.08	2.77	28	-30	1.09	0	0	0	-151	121	122	-61
22	13.0	0.22	3.33	35	-30	1.09	0	0	0	-150	121	120	-68
23	12.3	0.17	3.09	32	-30	1.16	0	0	0	-150	121	118	-67
	15.60	1.00	5.21 5.35	1301	811	1.00	1514	1036	-98	-3601	2998	2882	-448

Rd/Rc = 0.68

2/1/76	AE LAC mb	UZ ABRT m/s	ELAC cm	ELAC Homog.	Q J	I + B J	R <sub>C</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>f</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	12.8	0.11	2.99	31	-30	1.18	0	0	0	-150	120	117	-66
1	12.4	0.17	3.11	31	-30	1.19	0	0	0	-150	120	117	-68
2	14.9	0.08	3.17	33	-30	1.13	0	0	0	-149	119	115	-67
3	14.4	0.11	3.21	33	-30	1.15	0	0	0	-149	119	115	-68
4	16.1	0.42	4.31	44	-30	1.12	0	0	0	-149	119	113	-79
5	15.4	0.42	4.31	44	-30	1.12	0	0	0	-149	113	113	-79
6	17.2	0.89	5.47	56	-27	1.11	6	6	-3	-149	119	112	-76
7	16.4	2.19	7.44	74	7	1.09	43	36	-4	-149	119	113	-76
8	16.6	3.33	9.18	94	66	1.02	106	75	-8	-149	117	116	-30
9	18.0	3.25	9.51	98	134	0.95	176	113	-10	-149	119	117	+43
10	18.5	3.28	9.72	100	190	0.89	224	135	-12	-149	127	120	+101
11	19.0	3.03	9.49	97	214	0.83	245	145	-14	-150	135	123	+135
12	19.0	2.53	8.70	89	216	0.81	239	145	-13	-150	140	126	+144
13	17.5	2.11	6.54	67	192	0.82	211	133	-11	-149	144	129	+137
14	15.3	1.47	6.99	72	146	0.82	163	114	-11	-153	147	129	+87
15	18.8	1.60	6.61	62	78	0.85	97	79	-9	-154	144	130	+25
16	13.4	0.39	3.78	39	17	0.84	40	37	-6	-153	136	133	-16
17	11.4	0.31	3.27	34	-15	0.96	6	6	-3	-153	135	131	-48
18	10.4	0.47	3.20	35	-25	0.99	0	0	0	-152	127	129	-60
19	10.4	0.44	3.14	34	-24	1.04	0	0	0	-152	129	127	-58
20	10.7	0.44	3.40	35	-19	1.08	0	0	0	-152	133	126	-57
21	10.4	0.42	3.31	34	-22	1.13	0	0	0	-151	129	124	-60
22	11.5	0.42	3.47	36	-28	1.11	0	0	0	-151	125	123	-68
23	11.9	0.42	3.58	37	-30	1.10	0	0	0	-150	120	121	-71
	14.85	1.125	5.31 5.39	1309	895	1.01	1556	1024	-106	-3614	3059	2919	-389

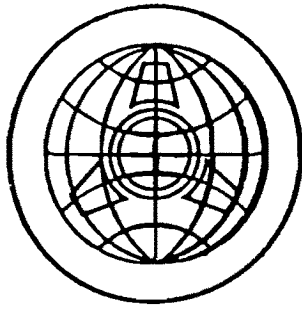
Rd/Rc = 0.66

3/1/76	AE LAC mb	UZ ABRT m/s	ELAC cm	ELAC Homog.	Q J	I + B J	R <sub>C</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>f</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	12.5	0.4	3.68	37	-30	1.16	0	0	0	-150	120	118	-73
1	11.4	0.4	3.49	35	-30	1.21	0	0	0	-150	120	118	-72
2	11.9	0.4	3.58	36	-30	1.21	0	0	0	-150	120	117	-74
3	11.0	0.4	3.42	35	-30	1.25	0	0	0	-149	119	117	-74
4	10.2	0.4	3.27	33	-30	1.26	0	0	0	-149	119	118	-72
5	12.1	0.4	3.61	37	-30	1.18	0	0	0	-149	119	117	-74
6	18.2	0.4	4.67	47	-29	1.01	1	1	-1	-149	120	115	-76
7	16.1	1.0	5.44	55	+3	1.06	37	31	-2	-149	117	115	-55
8	17.7	2.1	7.58	77	71	0.96	109	74	-7	-149	118	117	-3
9	18.9	3.4	9.88	100	134	0.87	170	104	-11	-149	124	120	+47
10	18.7	3.7	10.25	104	194	0.82	221	231	-11	-149	133	123	+109
11	18.6	2.8	8.89	90	216	0.79	242	143	-12	-150	136	126	+145
12	18.6	3.1	9.34	95	225	0.76	248	145	-11	-150	138	128	+153
13	17.3	2.2	7.62	77	199	0.76	215	137	-7	-151	142	131	+140
14	17.0	1.7	6.78	69	150	0.77	170	114	-7	-153	140	133	+97
15	16.7	1.9	7.01	71	87	0.76	105	80	-5	-152	139	134	+33
16	14.0	1.5	5.75	58	21	0.78	39	35	-2	-152	136	133	-24
17	14.2	0.3	3.77	38	-19	0.86	5	5	-4	-151	131	129	-52
18	10.8	0.2	2.98	30	-24	0.93	0	0	0	-151	127	128	-52
19	10.1	0.4	3.25	33	-24	1.17	0	0	0	-150	126	126	-63
20	8.3	0.2	2.58	26	-23	1.09	0	0	0	-151	128	126	-51
21	7.8	0.2	2.49	25	-23	1.13	0	0	0	-151	128	126	-51
22	11.1	0.2	3.03	31	-23	1.13	0	0	0	-150	127	122	-58
23	11.6	0.1	2.84	29	-23	1.05	0	0	0	-150	127	122	-53
	13.95	1.16	5.22 5.23	1272	932	1.00	1562	1000	-80	-3604	3054	2959	-253

4/1/76	AE LAC mb	UZ ABRT m/s	ELAC cm	ELAC Homog.	Q J	I + B J	R <sub>C</sub> J	R <sub>d</sub> J	R <sub>R</sub> J	L <sub>f</sub> J	L <sub>J</sub> J BILAN	L <sub>J</sub> J BRUNT	S J
0	8.8	0.1	2.43	25	-19	1.13	0	0	0	-149	130	123	-47
1	10.5	0.3	3.14	33	-19	1.14	0	0	0	-149	130	120	-57
2	13.5	0.6	4.23	44	-19	0.99	0	0	0	-149	130	121	-53
3	11.6	0.3	3.33	35	-19	0.99	0	0	0	-149	130	123	-54
4	11.5	0.3	3.31	35	-19	0.96	0	0	0	-149	130	124	-53
5	9.4	0.4	3.13	33	-19	0.99	0	0	0	-149	130	125	-52
6	8.0	0.5	3.02	31	-14	0.98	3	3	3	-149	135	126	-44
7	7.2	0.5	2.86	30	+22	0.99	35	32	5	-149	141	127	-8
8	7.2	2.3	4.88	51	76	0.86	101	80	-8	-149	132	130	+32
9	7.2	2.8	5.38	56	94	0.81	112	95	-7	-150	139	132	+49
10	7.3	2.4	5.01	52	80	0.76	140	148	-7	-150	136	132	+49
11	8.9	1.9	4.95	52	107	0.71	150	139	-7	-151	145	134	+70
12	10.7	2.8	6.51	68	200	0.65	255	70	-10	-151	166	156	+156
13	12.1	2.6	6.70	70	239	0.64	242	68	-10	-157	159	129	+194
14	11.5	2.1	5.91	62	114	0.62	131	83	-8	-152	143	139	+76
15	11.2	1.6	5.19	54	104	0.65	125	59	-10	-152	141	139	+64
16	9.9	1.0	4.10	43	4	0.71	42	23	-3	-153	117	138	-7
17	8.2	0.9	3.62	38	-20	0.86	1	1	-1	-154	124	137	-53
18	8.0	0.5	3.02	31	-23	0.90	0	0	0	-153	130	125	-51
19	7.3	0.2	2.41	25	-23	0.90	0	0	0	-152	129	134	-46
20	7.3	0.2	2.41	25	-23	1.00	0	0	0	-152	129	131	-48
21	6.6	0.3	2.46	26	-23	1.05	0	0	0	-152	129	131	-50
22	8.6	0.5	3.13	33	-23	1.02	0	0	0	-151	128	129	-57
23	9.2	0.2	2.72	28	-23	1.07	0	0	0	-151	126	127	-53
	9.24	1.05	3.91 4.02	978	763	0.89	1337	801	-79	-3616	3121	3133	-66

Rd/Rc = 0.60

5/1/76	AE LAC mb	UZ ABRT m/s	ELAC cm	ELAC Homog.	Q J	I + B J	R <sub>C&lt;/</sub>
--------	-----------	-------------	---------	-------------	-----	---------	---------------------



INFORMATIQUE ET BIOSPHERE  
(association internationale)

ACTES DU COLLOQUE  
D'ABIDJAN

INFORMATIQUE ET BIOSPHERE

1979

JOURNEE D'ETUDE  
DU 22 NOVEMBRE 1979

I S B N : 2 - 86267 - 011 - 1

La loi du 11 Mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'Article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droits ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'Article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les Articles 425 et suivants du Code Pénal.



INFORMATIQUE ET BIOSPHERE - PARIS - 1980