

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer



Centre de Recherches Tchadiennes



FORT LAMY

RÉSULTATS RÉCENTS
DES MESURES D'ÉVAPORATION AU TCHAD



par

CH. RIOU

J. CALLÈDE

et A. BOUCHARDEAU

MARS 1964

MESURES D'EVAPORATION AU TCHAD

par

CH.RIOU

J.CALLEDE

et A.BOUCHARDEAU

O.R.S.T.O.M
CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

SOMMAIRE

- Introduction
- I Description des stations.
- 2 Résultats des mesures d'évaporation sur bac.
- 3 Relation entre l'évaporation sur les deux types de bac.
- 4 Comparaison des stations de BOL-ILE et BOL-DUNE.
- 5 Evaporation et Rayonnement.
- 6 Utilisation des données des bacs. Formule de PENMAN.
- 7 Evaporomètre de PICHE.
- 8 Evapotranspiration potentielle. Formules diverses.
- 9 Mesures envisagées.
- Bibliographie.

.../...

Des études d'évaporation ont été entreprises depuis plusieurs années, à BOL et à FORT-LAMY. Quelques résultats commencent à apparaître, qu'il paraît intéressant de mettre en évidence. C'est le but de cette note.

I - Description des stations -

Trois stations ont été installées dans la région de BOL.

BOL-DUNE, est située à une dizaine de mètres au dessus du niveau du Lac et à 200 m à l'Est de celui-ci. Elle est bien dégagée, l'obstacle le plus proche est constitué par quelques arbres peu élevés situés à une vingtaine de mètres. Le sol autour de la station est du sable nu. La station comporte outre l'abri météorologique, (comprenant thermomètres, psychromètre, thermomètre et hygromètre enregistreurs, évaporomètre de Piche), un bac Colorado enterré, un bac Colorado posé sur le sol, et un bac rond "Classe A".

BOL-ILE, se trouve à 800 m au Sud du village de BOL, dans une petite île d'environ 6 hectares. L'abri météorologique est au dessus de l'eau et le bac Colorado est monté sur un flotteur. La turbulence est atténuée par un rideau de papyrus situé à quelques mètres du bac.

BOL-MATAFO, station récente, se trouve sur le polder de MATAFO, situé à 1300 m du Lac, elle se tient au milieu d'une zone de culture, en un endroit plat et dégagé.

A FORT-LAMY, la station météorologique se tient au centre de recherches, dans un endroit dégagé. Le sol est nu pendant la saison sèche, mais se recouvre de carex en saison humide. Le sol est lourd et draine mal. Cette station est actuellement en cours d'agrandissement et d'amélioration.

Ces deux dernières stations comportent les trois types de bac existant à BOL-DUNE.

- Caractéristiques climatiques -

Elles se résument dans le tableau suivant. On avait pensé, à l'origine des études, que la station de BOL-DUNE, échappait pratiquement à l'influence du Lac TCHAD. En fait, FORT-LAMY, bien que plus au Sud est la station la plus sèche, et celle qui présente les maxima les plus forts et les minima les plus bas. BOL-ILE, où l'influence du Lac est prépondérante a bien entendu les amplitudes thermiques les plus faibles. A BOL-MATAFO, les données sont encore trop récentes pour pouvoir faire des comparaisons valables. Il semble que la température soit nettement plus faible qu'à BOL-DUNE en saison sèche. En ce qui concerne l'hygrométrie, elle est légèrement différente de BOL-DUNE, la zone d'implantation de la station comportant des cultures, maintenant une forte évapotranspiration à certaines époques, notamment en Septembre.

- FORT-LAMY - moyenne 1951-1960 - Météorologie
- BOL-DUNE - moyenne 1954-1962)
- BOL-ILE - moyenne 1957-1961) - ORSTOM

.../...

TEMPERATURE		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
MAXIMA °C	BOL-DUNE	31,1	33,2	36,9	39,2	38,6	36,0	33,4	30,8	33,1	36,4	35,5	31,6	34,6
	BOL-ILE	29,2	29,4	33,4	35,3	35,0	34,6	31,5	29,6	31,6	35,7	34,1	30,8	32,4
	FT-LAMY	32,6	35,1	38,6	41,0	40,2	37,1	32,9	30,2	32,7	36,0	36,5	33,7	35,6
TEMPERATURE														
MINIMA °C	BOL-DUNE	13,9	16,4	21,7	25,2	26,5	26,9	25,9	24,6	25,1	23,3	18,9	14,6	21,8
	BOL-ILE	14,8	15,1	17,9	24,0	26,9	27,8	26,1	24,5	26,1	22,8	19,0	16,2	21,8
	FT-LAMY	13,6	16,0	20,2	24,3	25,0	23,2	22,5	22,1	22,3	21,4	18,4	15,3	20,4
TENSION DE VAPEUR	BOL-DUNE	6,9	5,9	8,5	13,3	17,4	19,6	20,6	20,9	21,4	14,7	10,3	8,1	13,96
	FT-LAMY	6,3	5,6	7,0	9,6	13,6	17,2	18,8	20,1	19,3	15,9	9,6	7,3	11,72
mm/Hg														
PLUIE	BOL					8	8	70	154	46	6			292
	FT-LAMY				6	37	66	183	262	107	21	1		683
mm														

2 - Résultats des mesures d'évaporation sur bac -

Ils sont résumés dans le tableau. Pour BOL-DUNE et BOL-ILE, nous possédons des moyennes portant sur 6 années. FORT-LAMY et MATAFO sont par contre des stations récentes. Les valeurs entre parenthèses concernent des mois incomplets.

.../...

Mesures d'évaporation (mm/jour)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
BOL-DUNE	Bac Colorado enterré (moy.57-62)	8,55	9,98	11,00	10,65	9,23	8,21	7,13	6,28	6,82	9,30	9,03	8,02	8,68(1)
BOL-ILE	Bac flottant (moy.57-62)	5,44	6,53	7,20	7,20	6,30	6,80	6,39	5,10	5,25	6,53	6,25	5,66	6,24(2)
FORT-LAMY	Bac Colorado enterré 1962													6,10
	1963	5,95	7,80	9,30	8,50	8,50	7,80	(6,10)	(4,10)	-	4,80	7,15	5,95	
	Bac Classe A 1962													6,75
	1963	7,30	8,90	10,55	10,20	9,10	8,55	(6,70)	(4,45)	-	5,70	7,70	6,60	
BOL- MATAFO	Bac Colorado enterré 1962							8,7	6,1	5,5	-	8,3	7,7	
	1963	6,2	6,6	9,3	9,8	9,6	8,45	7,0	6,2	5,4				
	Bac Classe A 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				
	(1) BOL-DUNE		3168	mm/an.										
	(2) BOL-ILE		2278	mm/an										

3 - Relation entre l'évaporation sur les deux types de bac -

La relation entre Bac "Classe A" et Colorado enterré a pu être dégagée en 2 stations FORT-LAMY et BOL-MATAFO, sur un nombre encore restreint de mois. Les résultats sont les suivants.

	Rapport $\frac{\text{Classe A}}{\text{Colorado}}$											
FORT-LAMY												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1962												I,II
1963	I,23	I,14	I,14	I,20	I,07	I,10	I,10	I,08	-	I,19	I,08	I,II
MATAFO												
1962						I,23	I,21	I,14	-	I,21	I,24	
1963	I,19	I,16	I,19	I,19	I,19	-	I,17	I,27	I,21	-	-	-

Ces résultats sont représentés dans les graphiques suivants. Les droites de regression correspondent aux formules

- FORT-LAMY $E \text{ classe A} = 1,13 E \text{ colorado}$
- BOL-MATAFO $E \text{ classe A} = 1,20 E \text{ colorado}$.

Ces chiffres recourent ceux donnés par divers auteurs. (I,17. KOHLER)

4 - Comparaisons des stations BOL-DUNE et BOL-ILE -

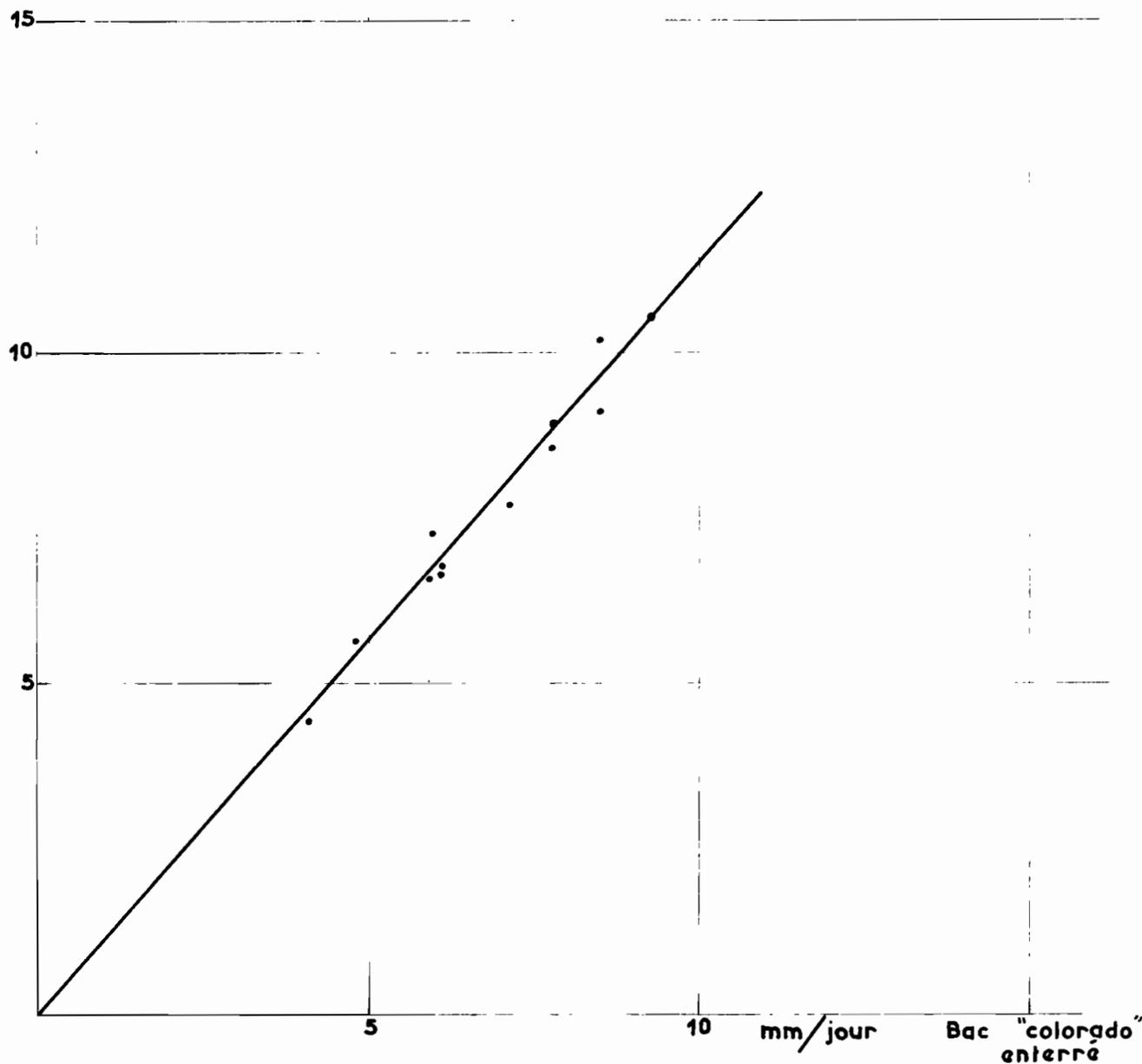
Ces deux stations étant maintenant assez anciennes peuvent faire l'objet d'une comparaison.

Bac
Classe A

mm/jour

FORT - LAMY (1962 - 1963)

E classe A = 1,13 E col. ent.



CRT 7386

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 20-2-64 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

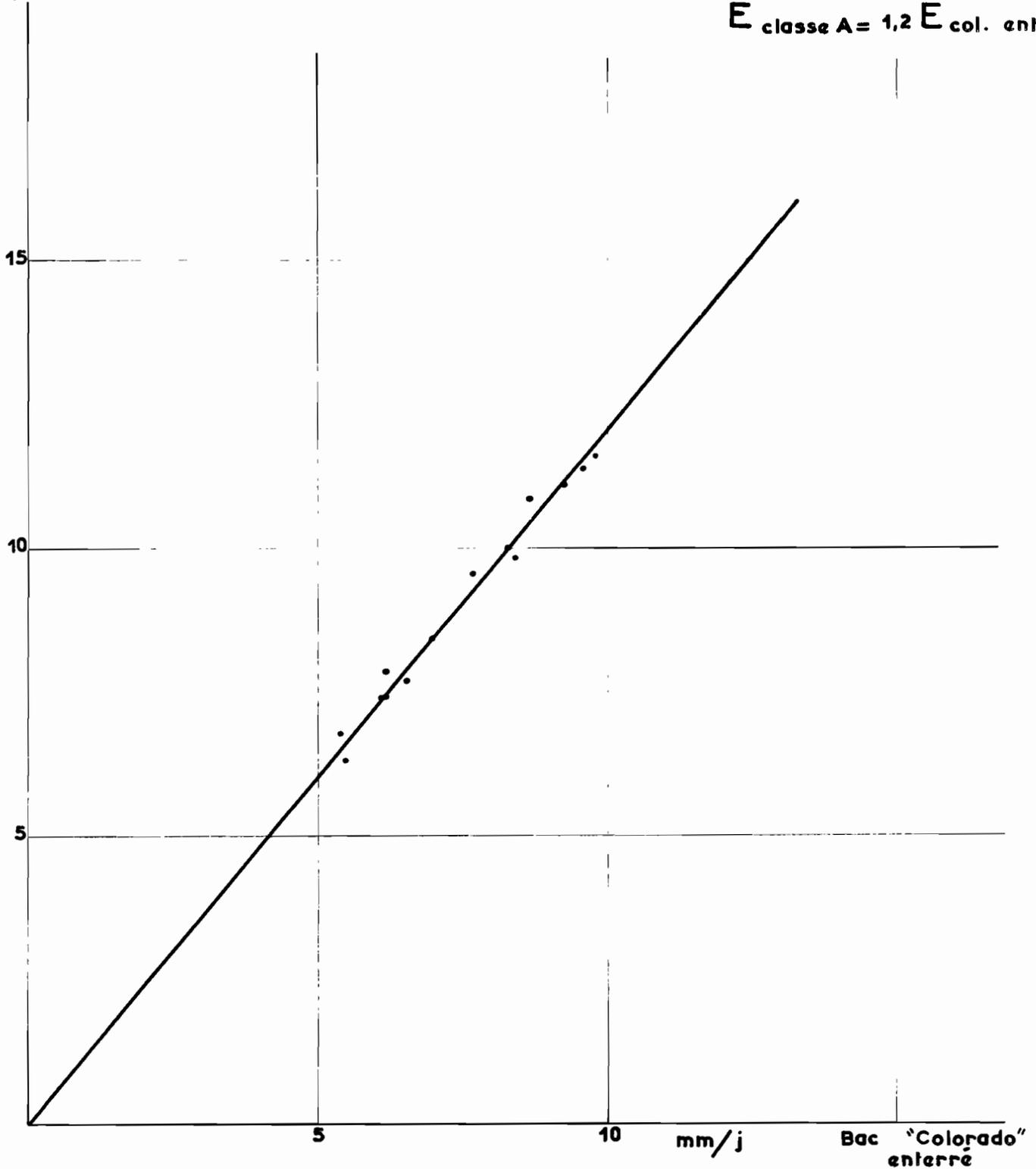
Bac
Classe A

BOL MATAFO

(1962 - 1963)

$$E_{\text{classe A}} = 1,2 E_{\text{col. ent.}}$$

mm/j



CRT 7369

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 2-1-64 | DES: L. TRENQU | VISA: | TUBE N° | H

En période sèche, BOL-DUNE reçoit une part très importante d'énergie advective, fortement réduite à BOL-ILE. En saison des pluies, les différences s'estompent. C'est ce que fait apparaître le graphique donnant l'évaporation moyenne mensuelle pour les deux stations. En saison des pluies, en effet, l'évaporation autour de BOL-DUNE devient plus importante, réduisant l'effet de bord. Si l'on compare, les évaporations annuelles, on constate une bonne corrélation, mise à part l'année 1961, d'ailleurs douteuse à BOL-ILE.

Les rapports		$\frac{\text{BOL-DUNE}}{\text{BOL-ILE}}$	sont les suivants :	
1957	1,37	-	1961	1,62 (douteux)
1958	1,33	-	1962	1,42
1959	1,34	-	1963	1,40
1960	1,38			

5 - Evaporation et Rayonnement -

Il est prévu, dans un proche avenir l'installation d'un solarimètre à BOL, ce qui permettra d'obtenir une donnée importante pour l'évaporation : l'énergie fournie par le soleil. Il existe néanmoins un solarimètre à FORT-LAMY (170 km au Sud de BOL) qui fonctionne depuis fin 1957. Ces deux stations étant assez proches, et le rayonnement par ailleurs ayant une variabilité assez faible, il nous paru intéressant, de comparer les données du rayonnement global à FORT-LAMY et les chiffres d'évaporation à BOL.

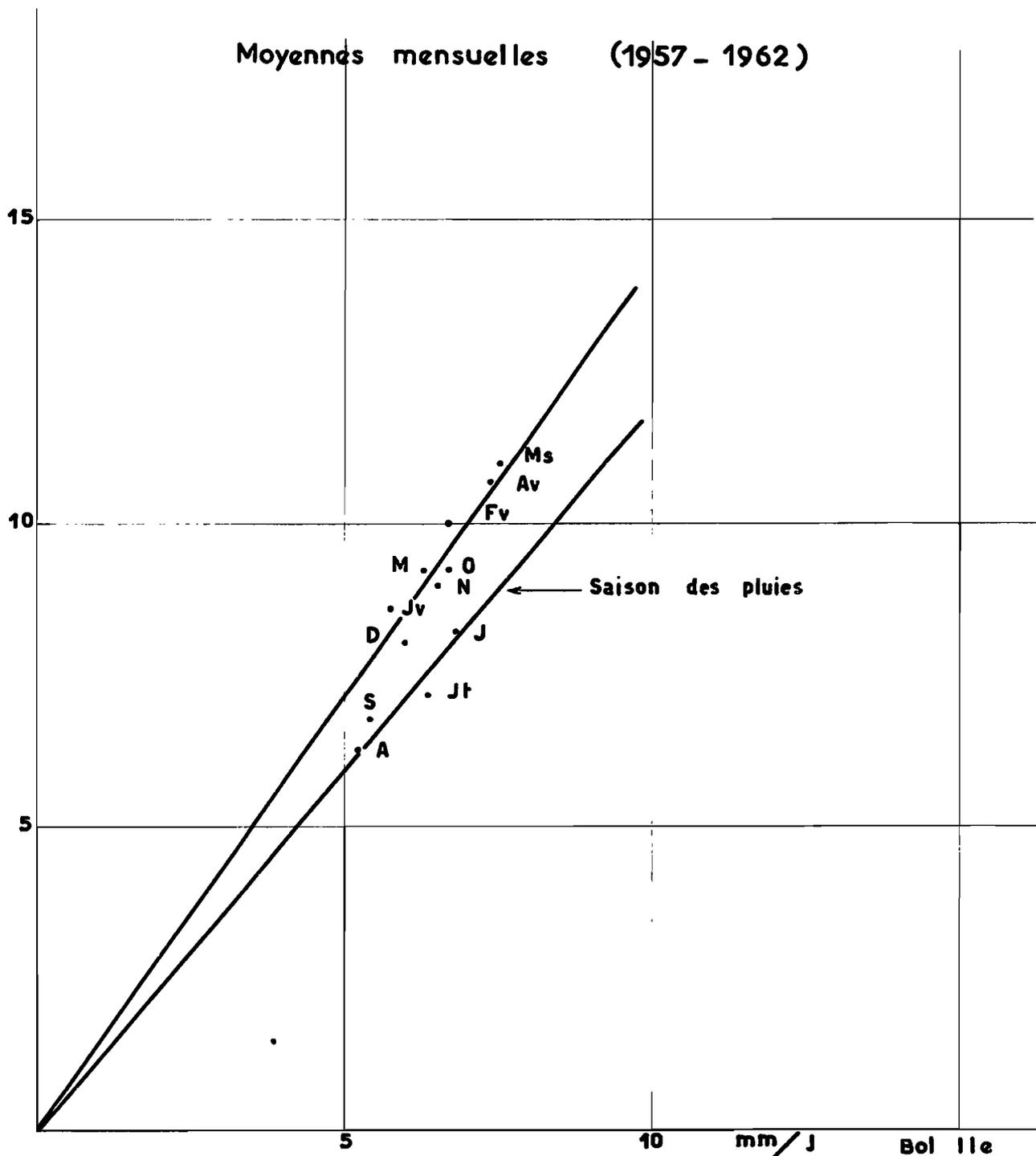
Nous avons comparé les valeurs de 1958 et 1959 pour lesquels nous possédons deux années complètes d'observation du rayonnement global. Ce dernier peut être exprimé en mm d'eau équivalents 1 mm demandant environ 59 calories pour s'évaporer. Notons tout d'abord, que l'évaporation et le rayonnement sont parfaitement en phase. Malgré la dispersion des points, il apparaît une relation qui présente un certain intérêt. On voit en particulier qu'à BOL-DUNE, l'évaporation est parfois supérieure au rayonnement global, ce qui n'est jamais le cas pour BOL-ILE. Ce résultat laisse à penser que le rayonnement global de BOL est supérieur à celui de FORT-LAMY. Il nous montre aussi dans quelle mesure une station comme BOL-DUNE, ou l'évapotranspiration autour du bac est pratiquement nulle en saison sèche, reçoit d'énergie advective. La mesure du rayonnement à BOL, qui va se faire prochainement permettra de préciser ces résultats.

L'ANNÉE 1961 .../...

Bol Dune
mm/J

Comparaison Bol Dune - Bol Ile Bac Colorado

Moyennes mensuelles (1957 - 1962)



CRT 7368

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 13-1-64 DES: L.TRENOU VISA: TUBE N° H

On peut constater également que le rayonnement se présente comme un facteur relativement stable. En 1958, il varie de 8,4 à 10,4 mm, l'évaporation variant de 6,7 à 13,5 mm. On constate donc qu'une fraction importante de l'énergie nécessaire pour l'évaporation du bac de BOL-DUNE est fournie par advection. Il n'en est pas de même à BOL-ILE, où la zone autour du bac a elle même une forte évaporation.

6 - Utilisation des données des bacs - Formules de PENMAN -

Ces quelques remarques mettent en évidence, la difficulté de passer des données des bacs, à l'évaporation des grandes surfaces où l'advection est diminuée, l'inertie thermique augmentée. Le bac flottant constitue évidemment une très bonne approche. En fait, BOL-ILE bénéficie d'une ventilation certainement inférieure à celle du Lac (voisinage du papyrus), ce qui risque de fausser l'utilisation de ses données. Le bilan hydrologique du Lac (BOU-CHARDEAU) a permis d'évaluer avec une précision convenable, l'évaporation annuelle. La répartition mois par mois est par contre faussée par des changements de direction de vent, qui, faisant basculer la surface du Lac perturbent le calcul du bilan.

Il nous parut intéressant d'évaluer l'évaporation du Lac, à partir de la formule de PENMAN.

Celle-ci s'écrit :

$$- E = \frac{d}{d + c} R_n + \frac{c}{d + c} E_a$$

d = dérivé de la fonction e(t) tension de vapeur d'eau saturante fonction de la température.

c = constante psychrométrique.

R_n = représente le rayonnement net.

R_n = R_g - aR_g + R_a - R_t.

R_g = rayonnement global.

aR_g = rayonnement réfléchi.

R_a = rayonnement atmosphérique.

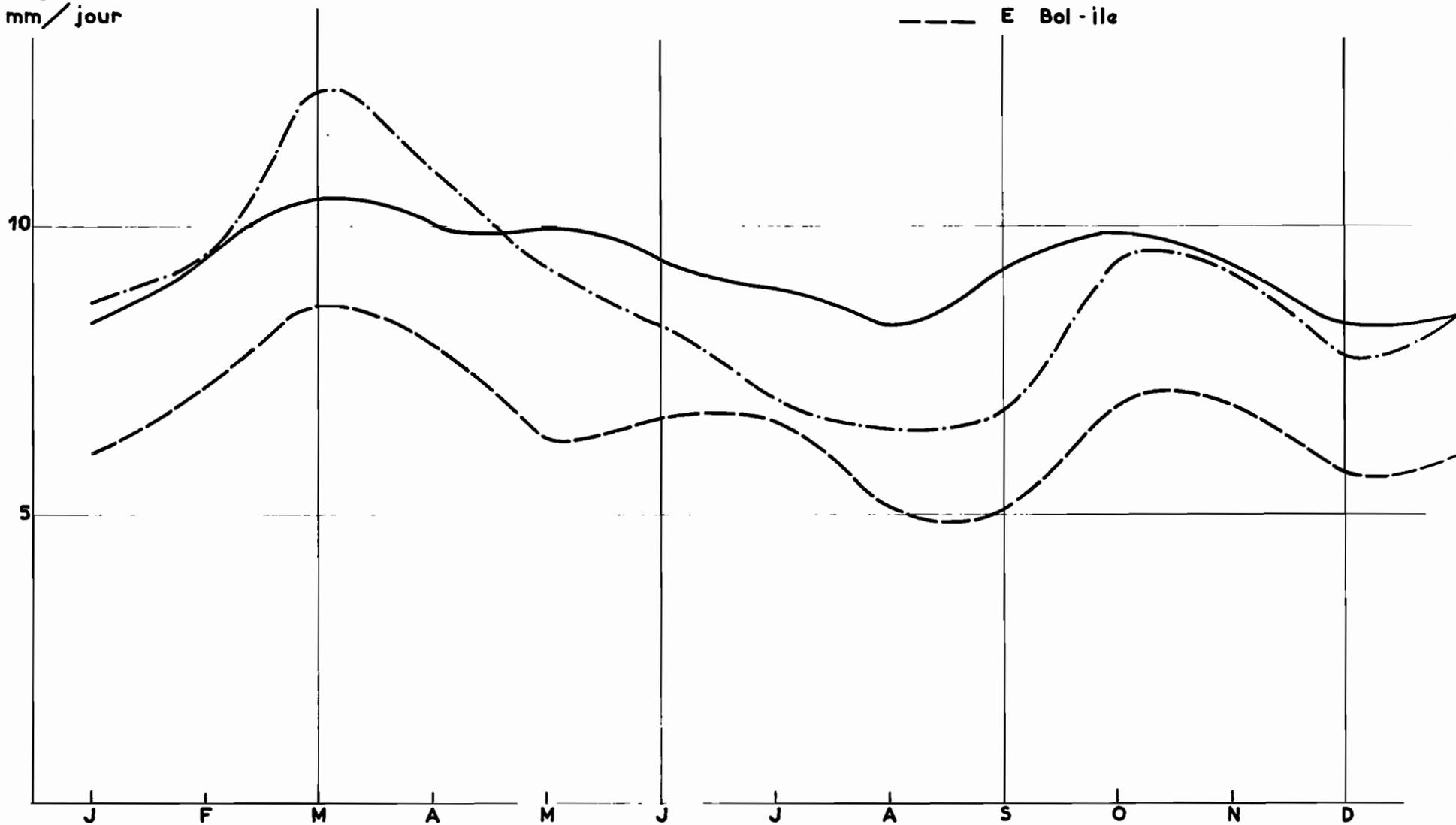
R_t = rayonnement thermique.

a est l'albedo voisin de 5 % pour les nappes d'eau.

Evaporation en bac et rayonnement global (moy - 58 - 59)

E
mm / jour
Rg
mm / jour

—— Rg (Fort-Lamy)
-.-.- E Bol - Dune
- - - E Bol - ile



CRT 7271

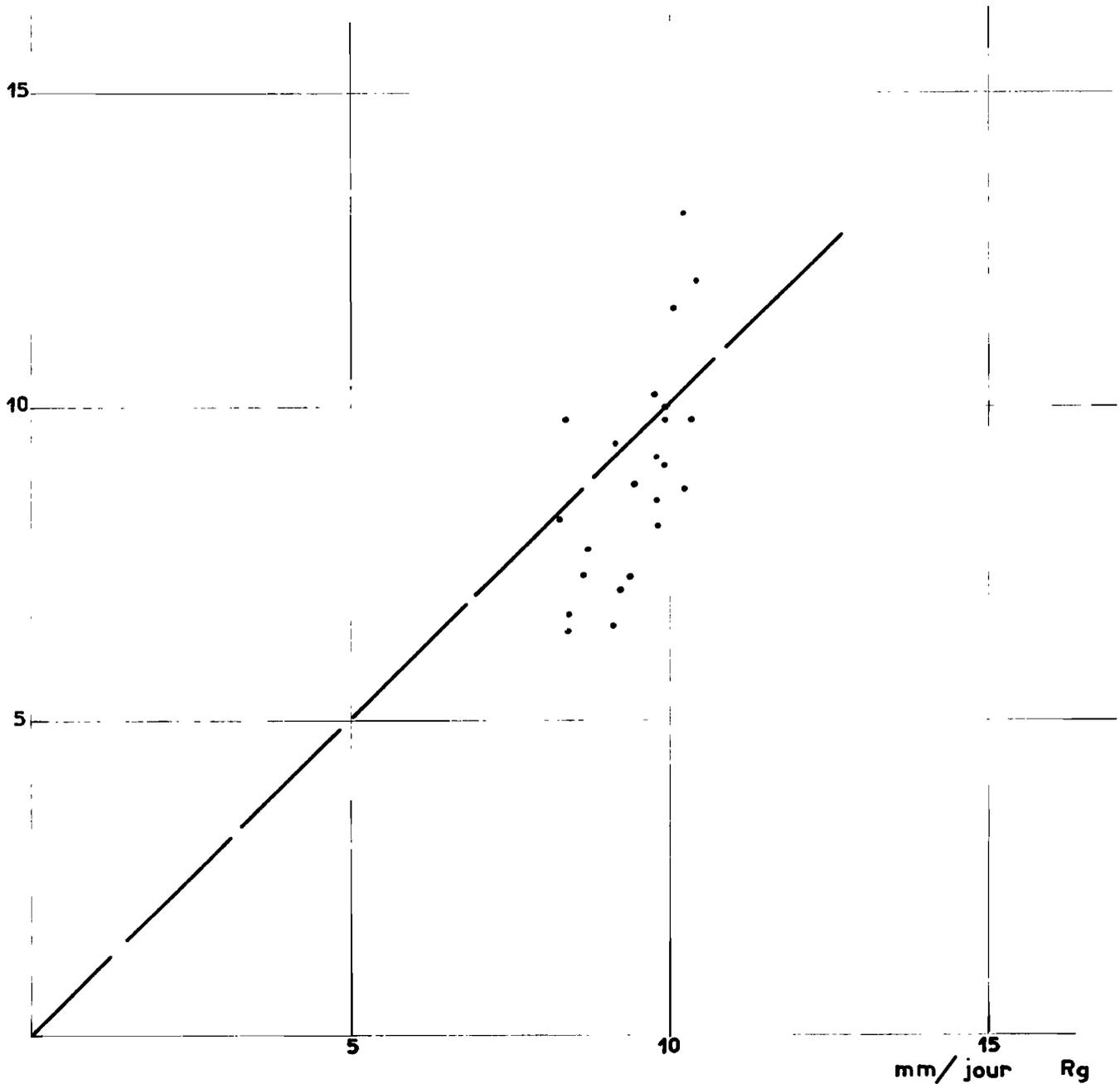
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 29-1-64	DES: L. TRENou	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

BOL - DUNE

E Evaporation en bac et Rayonnement global
(1958 - 1959)

mm/jour



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

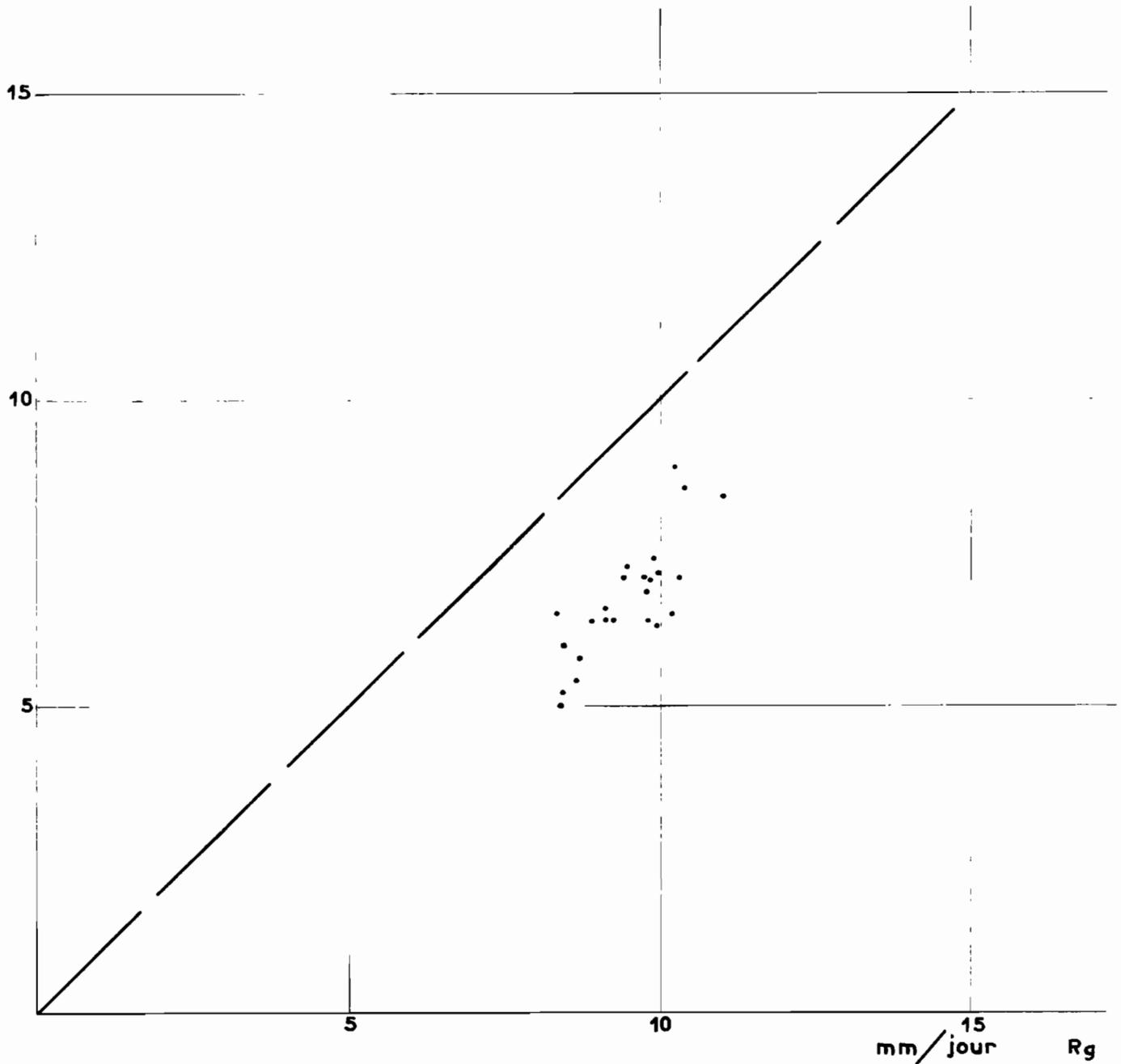
CRT 7388

ED: 1° LE: 19-2-64 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

E
mm/jour

BOL - ILE

Evaporation en bac et Rayonnement global
(1958 - 1959)



CRT 7387

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 20-2-64 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

E_a est l'évaporation d'une surface d'eau libre à la température de l'air.

Les termes R_a et R_t sont estimés au moyen de la formule de BRUNT.

$$- R_t - R_a = \sigma T_a^4 (0,1 + 0,9i)(0,56 - 0,092 \sqrt{e_d})$$

T_a Température absolue de l'air.

σ constante de STEPHAN.

i fraction d'insolation.

e_d tension réelle de vapeur d'eau mesurée dans l'abri.

De nombreux auteurs ont montré l'étroite corrélation entre rayonnement net et évaporation. En fait, les travaux de BOUCHET ont montré que ceci n'était valable, que lorsque la surface évaporante est suffisamment vaste pour influencer le bilan radiatif ce qui n'est pas le cas du bac colorado implanté dans une zone sèche. La comparaison du rayonnement net calculé pour la région, et l'évaporation d'un bac, peut donc nous donner une idée de l'importance de l'effet d'Oasis. Nous avons fait cette comparaison à BOL-DUNE en utilisant la moyenne des années 1958-1959. On voit très nettement qu'en saison humide, le rayonnement net exprimé en mm, est très proche de l'évaporation. En saison sèche, par contre l'évaporation devient supérieure. On note l'existence de deux mois intermédiaires Avril et Octobre, qui correspondent aux changements de direction du vent, amenant de l'air sec ou de l'air humide.

Le terme E_a , fait intervenir l'influence du déficit de saturation de l'air. BOUCHARDEAU évaluait l'évaporation du Lac à l'aide d'une formule :

$$- E = 0,44 (e_s - e_d)$$

e_s Tension de vapeur saturante à la température de la surface du Lac, en mm de mercure.

Nous avons donc adopté pour E_a la formule :

$$E_a = 0,44(e_s - e_d)$$

L'évaporation a été ainsi calculée pour 1958 et 1959; pour lesquelles nous disposons de mesures complètes de rayonnement global. Nous l'avons également calculée, à partir des valeurs moyennes des différents éléments de la formule.

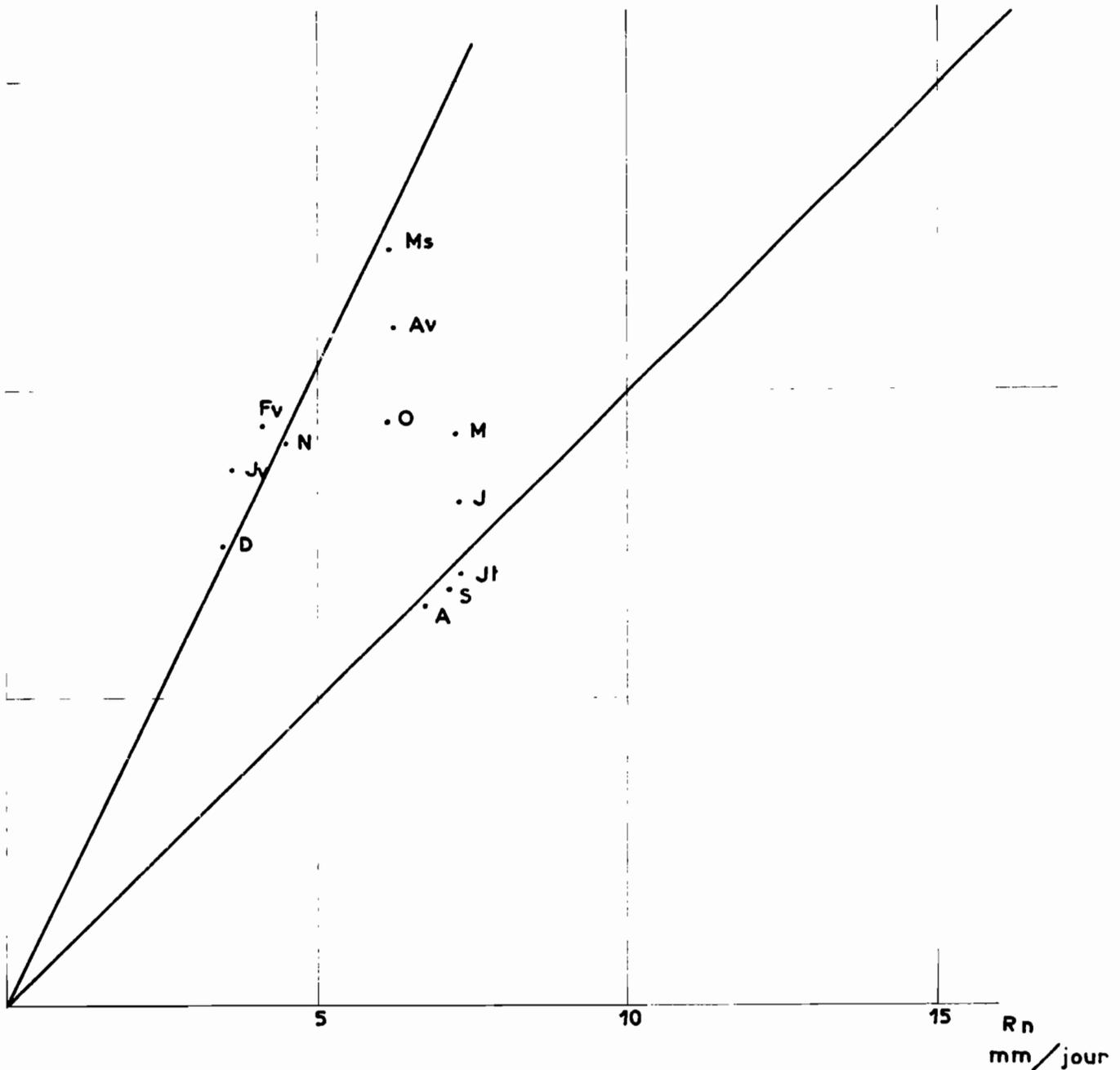
.../...

E
mm/j

Rayonnement net et Evaporation en bac
moy. 58 - 59

Bac
Colorado
enterre

Bol Dune



CRT 7372

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 29-1-64 | DES: L. TRENOU | VISA | TUBE N° | H

Notons tout de suite quelques restrictions à propos de ces calculs.

Le rayonnement global adopté est celui de FORT-LAMY faute d'autres données. Le climat solaire de la région de BOL, est sans doute légèrement différent. Les températures et tensions de vapeur sont celles mesurées à BOL-DUNE, il aurait été plus normal de choisir les données de BOL-ILE, qui se trouve davantage incorporée au climat du Lac. Nous ne possédons malheureusement pas de valeurs de tension de vapeur dans cette station. D'autre part, il est audacieux d'estimer l'évaporation d'une grande surface à partir de données en un point périphérique de cette surface. Cependant, nous pensons qu'une telle estimation présente un certain intérêt.

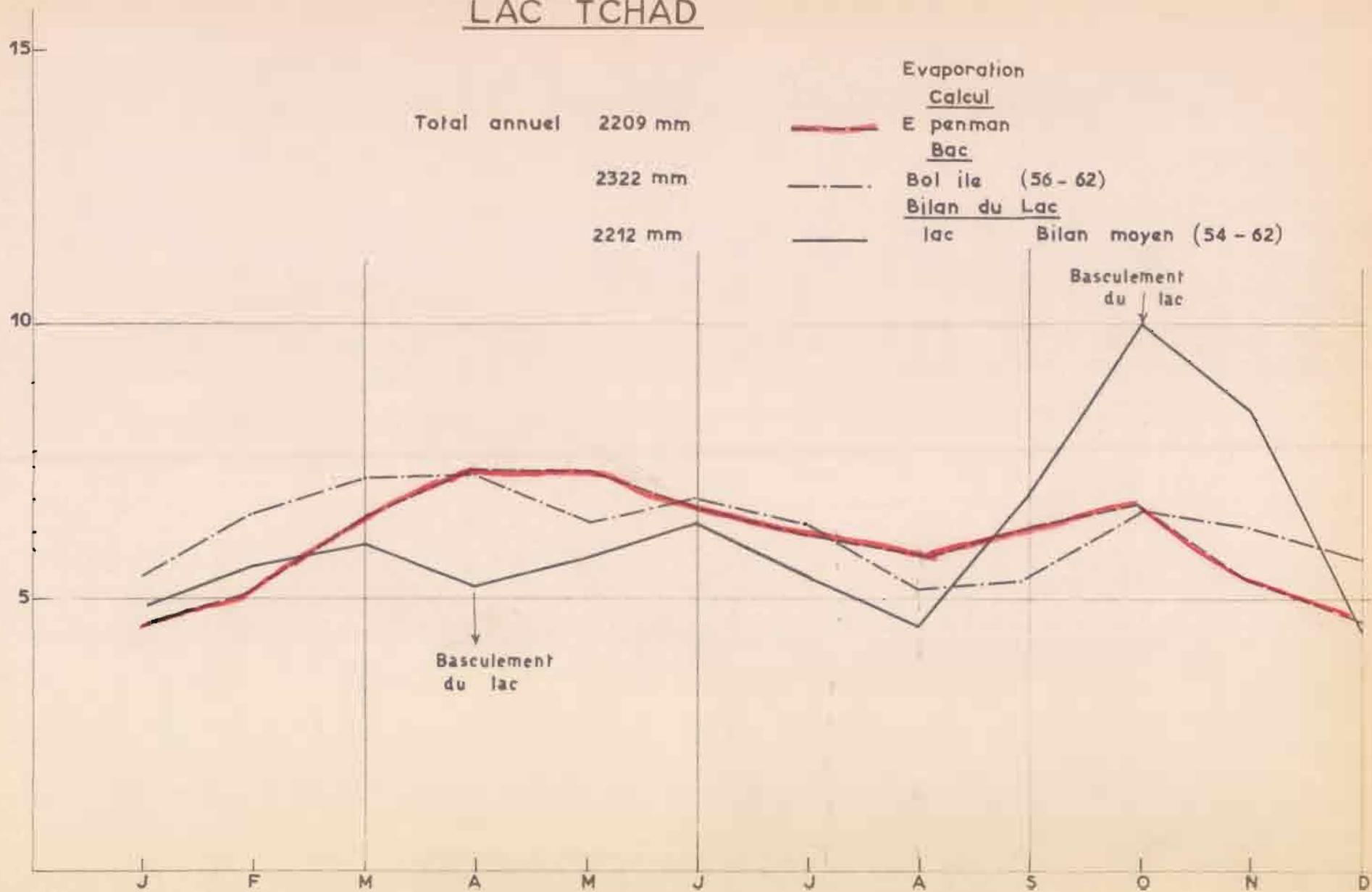
On obtient les évaporations annuelles suivantes :

Année	E calculée PENMAN	E BOL-ILE	E Lac Bilan Hydro	E Lac Loi de DALTON
1958	2258	2480	2114	-
1959	2267	2366	2365	-
Moyenne 1957-62	2209	2180	2270	2244

Les chiffres de BOL-ILE présentent une certaine dispersion. Les évaporations calculées par la formule de PENMAN sont proches des valeurs obtenues par le bilan hydrologique (7 % d'écart maximum). Les répartitions mois par mois sont différentes. Si l'on compare, l'évaporation calculée par la loi de DALTON à l'évaporation calculée par la formule de PENMAN, on note des totaux annuels identiques, et une évolution dans l'année très proche dans les deux méthodes de calcul, la formule de PENMAN ayant tendance à tamponner les grosses variations. Là, encore, la loi de DALTON ayant été calculée par BOUCHARDEAU en tenant compte des chiffres de tension de vapeur à DOUGUIA, et les moyennes portant sur des périodes légèrement différentes, les écarts s'expliquent facilement. L'évaporation du bac de BOL-ILE évolue également comme l'évaporation calculée.

En définitive, la formule de PENMAN offre un indéniable intérêt pour évaluer l'évaporation du Lac. Elle pourra être calculée avec plus de précision dans un proche avenir.

LAC TCHAD



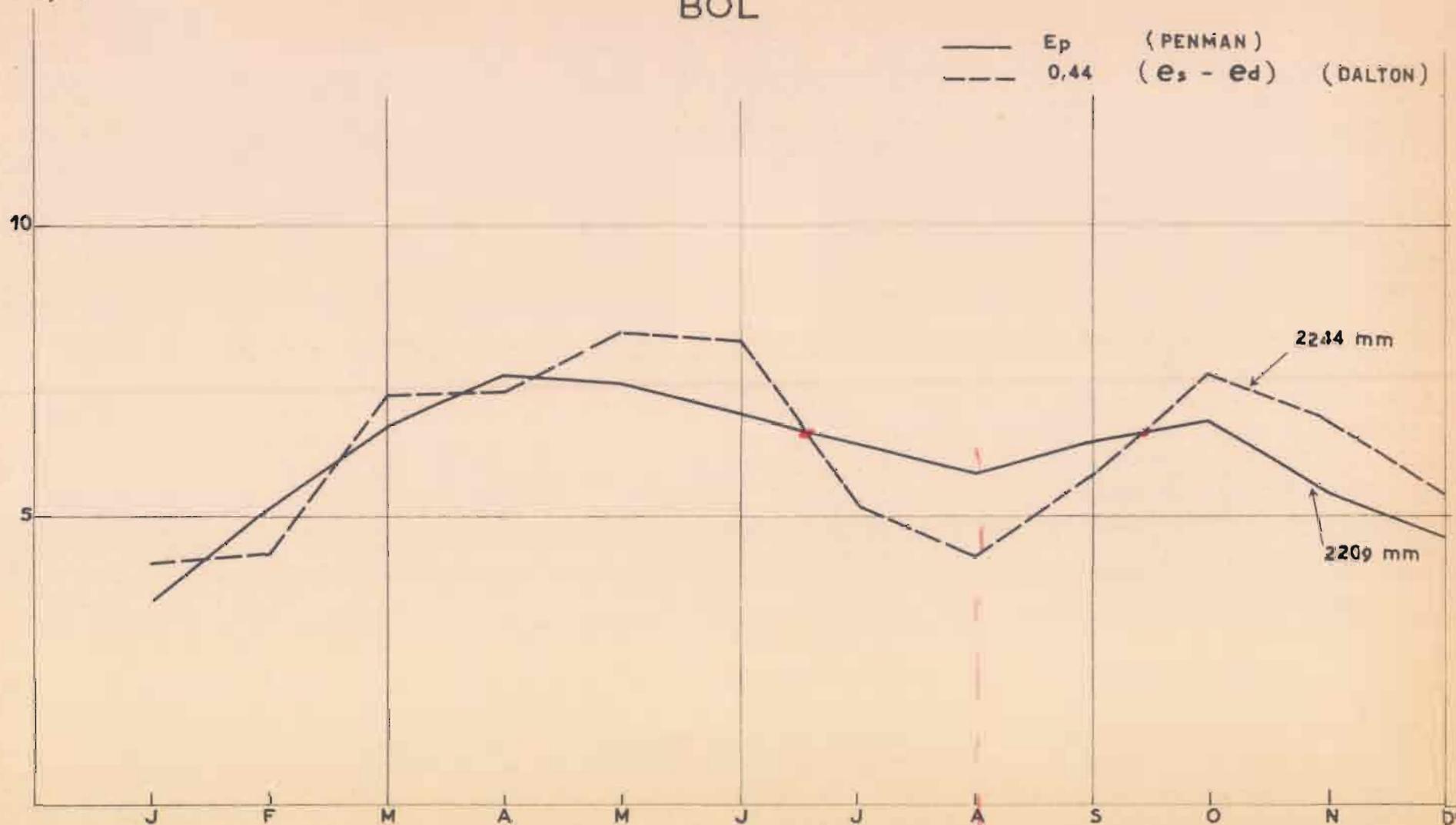
CRT 7373

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1^o | LE: 27-1-64 | DES: L. TRENOU | VISA: | TUBE N^o | H

Evaporations calculées par la formule
de PENMAN et la loi de DALTON
BOL

E
mm/j



CRT 7374

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 25-1-64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

En première conclusion, on peut noter que les valeurs d'évaporation du bac de BOL-DUNE, sont sujettes aux critiques habituelles. On peut grâce à elles, évaluer l'évaporation annuelle d'une grande surface d'eau, en appliquant un "coefficient de bac", mais les valeurs mensuelles sont délicates à utiliser, le coefficient de bac étant variable d'un mois à l'autre. Ce problème se rencontre pour la plupart des bacs installés au TCHAD. L'estimation de l'évaporation à partir de leurs données reste donc un problème à résoudre.

Le bac de BOL-ILE, par son implantation donne des valeurs beaucoup plus proches de celle d'une grande nappe d'eau libre, mais sa position périphérique et sa protection contre le vent entraînent des variations du coefficient de bac.

En admettant que la formule de PENMAN permet une estimation correcte de l'évaporation d'une grande surface d'eau, on trouverait pour les coefficients de bac $\frac{E_{\text{bac}}}{E_{\text{PENMAN}}}$ les valeurs suivantes:

BOL-DUNE

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1,90	1,96	1,69	1,44	1,26	1,23	1,15	1,08	1,08	1,41	1,64	1,74	1,43

BOL-ILE

1,21	1,28	1,11	0,97	0,86	1,01	1,03	0,88	0,83	0,99	1,14	1,23	1,03
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

On constate que ce coefficient diminue pendant la saison des pluies, ce qui est normal, l'effet d'Oasis y étant minimum. Il devient même inférieur à 1 à BOL-ILE, ce qui est dû à la faible ventilation.

7 - Evaporomètre de Piche -

Il est en général très difficile d'établir des corrélations valables entre les données du petit évaporomètre de Piche placé sous abri et les valeurs d'évaporation de nappes d'eau. Ceci tient aux bilans énergétiques différents dans les deux cas. Se basant, sur une étude fine du bilan de l'évaporomètre de Piche, BOUCHET a mis au point une formule permettant de corriger les données du Piche, afin de les rendre comparables aux évaporations obtenues sur de plus grandes surfaces.

.../...

Cette correction peut d'ailleurs se comprendre en partant de la formule de PENMAN.

$$- E = \frac{d R_n}{d + c} + \frac{c E_a}{d + c}$$

Le bilan radiatif du Piche étant pratiquement nul, la formule devient

$$- P = \frac{c E_a}{d + c}$$

ou
 $E_a = \frac{d + c}{c} P = P_c$ Piche corrigé, à un coefficient de forme près.

E_a représente d'après BOUCHET, l'évaporation d'une grande nappe d'eau, ou d'une grande région à forte évapotranspiration (forêt équatoriale), capable d'influencer les données de l'abri. Dans le cas de BOL-DUNE où la zone d'implantation du bac est sèche, E_a ou le Piche "corrigé" P_c prend une signification différente. On peut écrire pour le bac

$$- E_b = \frac{d R_n}{d + c} + \frac{c E_a}{d + c}$$

En admettant avec BOUCHET que le rayonnement net R_n traduit l'évapotranspiration réelle E_r de la région influençant le bac, et en posant

$$- k = \frac{R_n}{E} = \frac{E_r}{E} \quad \text{on aurait}$$

$$- E_b = \frac{c E_a}{d(I-k)+c}$$

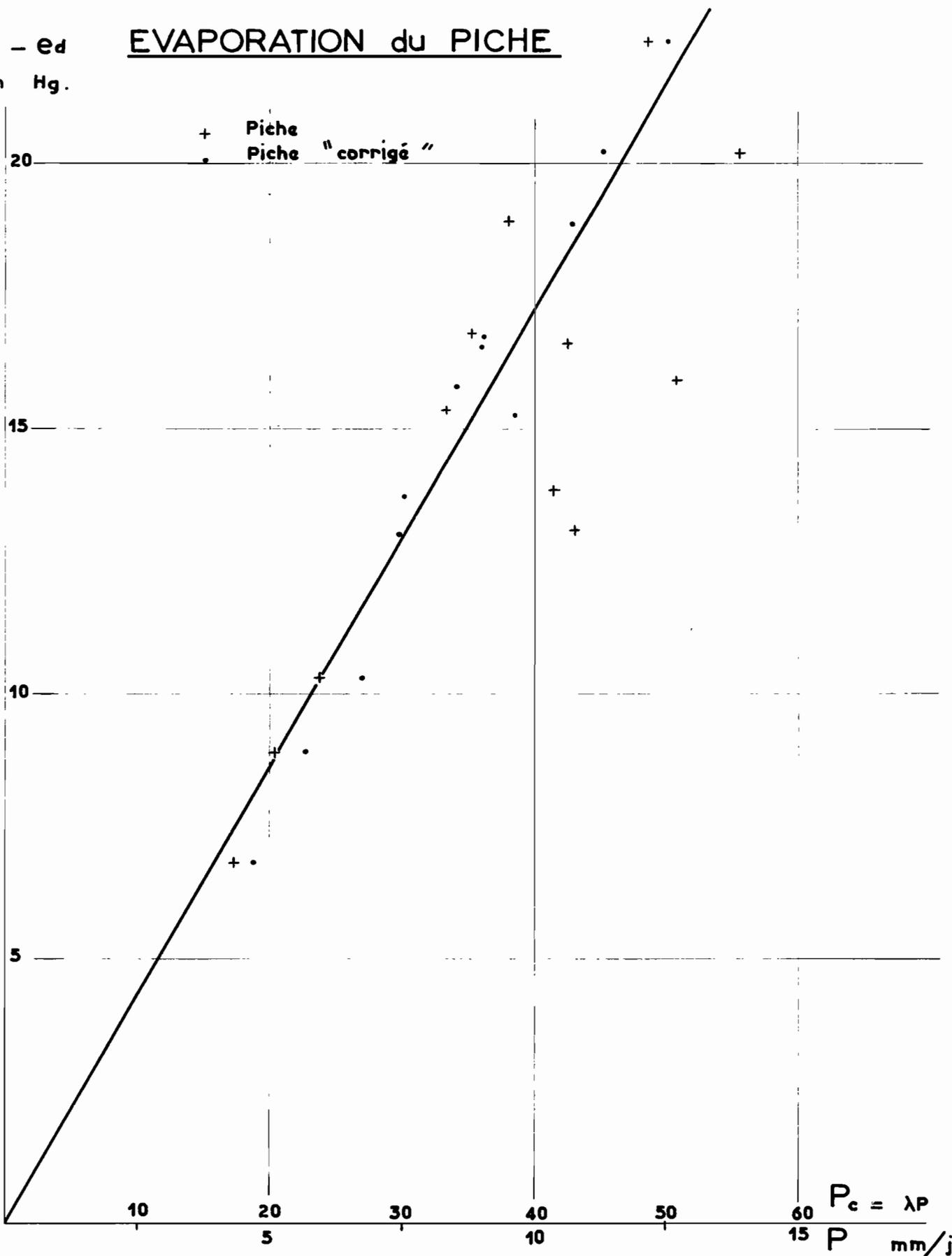
$$= \frac{(d+c)P}{d(I-k)+c} \quad \text{à un coefficient de forme près}$$

cette formule, très schématique, permet cependant de comprendre pourquoi en saison sèche, l'évaporomètre de Piche donne des valeurs supérieures au bac (k faible), ce qui est l'inverse en saison des pluies (k tendant vers 1).

A BOL-DUNE par conséquent, les données du Piches sont difficilement utilisables. Elles permettent cependant après correction d'obtenir une valeur de E_a ce que traduit la relation $P_c = f(e_a - e_d)$ qu'on trouve être linéaire avec un bon accord. On trouverait donc entre le bac colorado et le Piche "corrigé" une relation du même type qu'entre l'évaporation du bac et le déficit de saturation de l'air.

$e_a - e_d$
mm Hg.

EVAPORATION du PICHE



CRT 7367

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 3-1-64 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

A BOL-ILE, les données du Piche seraient beaucoup plus intéressantes car après correction, elles permettraient une estimation directe de l'évaporation. Les mesures sont toutefois trop récentes pour être utilisées.

8 - Evapotranspiration potentielle - Formules diverses -

On sait qu'il s'agit là, des pertes d'eau d'un couvert végétal bien alimenté en eau, suffisamment grand pour réduire les effets de bord parasites. Dans ces conditions, on a pu montrer que les pertes en eau, étaient pratiquement indépendantes du sol et de la plante et se rattachaient directement à des grandeurs climatiques. Notons cependant que pour les plantes à port élevé, l'effet d'augmentation de turbulence intervient. L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été évaluée par de nombreuses formules : empiriques (THORNTHWAITE), physiques (PENMAN, BOUCHET) ou semi empiriques (TURC). Partant des données de BOL-DUNE, il est possible de calculer les différentes estimations de l'ETP. Nous l'avons fait pour deux années ou nous possédions les données complètes du rayonnement 1958-1959.

- Formule de PENMAN -

Il existe un rapport étroit entre l'évaporation d'une nappe d'eau libre E et l'ETP. Ce rapport peut varier chez les auteurs de 0,8 à 1. Certains auteurs signalent même des valeurs de ETP supérieures à E. A TUNIS, le rapport est proche de 1. C'est cette valeur que nous prendrons ici.

- Formule de TURC -

Elle s'exprime sous la forme $ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} (R_g + 50)$ mm/mois, R_g rayonnement global : moyenne journalière en calories, t température moyenne du mois.

Pour les mois où l'humidité relative mensuelle H_r est inférieure à 50 % on multiplie l'ETP par un terme correctif

$$I + \frac{50 - H_r}{70}$$

.../...

- Formule de THORNTHWAITE -

Elle est purement empirique et se propose d'évaluer l'ETP à partir d'un seul facteur : la température. Elle est souvent employée pour cette raison, mais il est évident, que s'il est tentant d'utiliser ce type de formule pour proposer une classification des climats, il est également sûr que cette classification repose sur beaucoup d'arbitraire au moins hors des climats tempérés. A TUNIS par exemple, l'évapotranspiration potentielle a les valeurs annuelles suivantes :

- PENMAN	1337
- THORNTHWAITE	936
- MESUREE	1414

Dans cette méthode, on a : $ETP = 1,6 \left(\frac{10}{T}\right)^a$ ou t est la température mensuelle moyenne, I un indice calculé à partir des températures des 12 mois de l'année, a un coefficient fonction de I.

Les résultats sont les suivants à BOL-DUNE
en mm/mois

PENMAN												
58-59	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	139	140	217	220	232	221	209	182	195	198	172	137
TURC												
58-59	180	195	244	211	191	172	160	142	158	200	205	178
THORNTHWAITE												
(Moy. 57-62)												
	57	72	156	272	302	267	201	147	182	193	123	68

Total annuel en mm

- PENMAN	2262
- TURC	2236
- THORNTHWAITE	2040

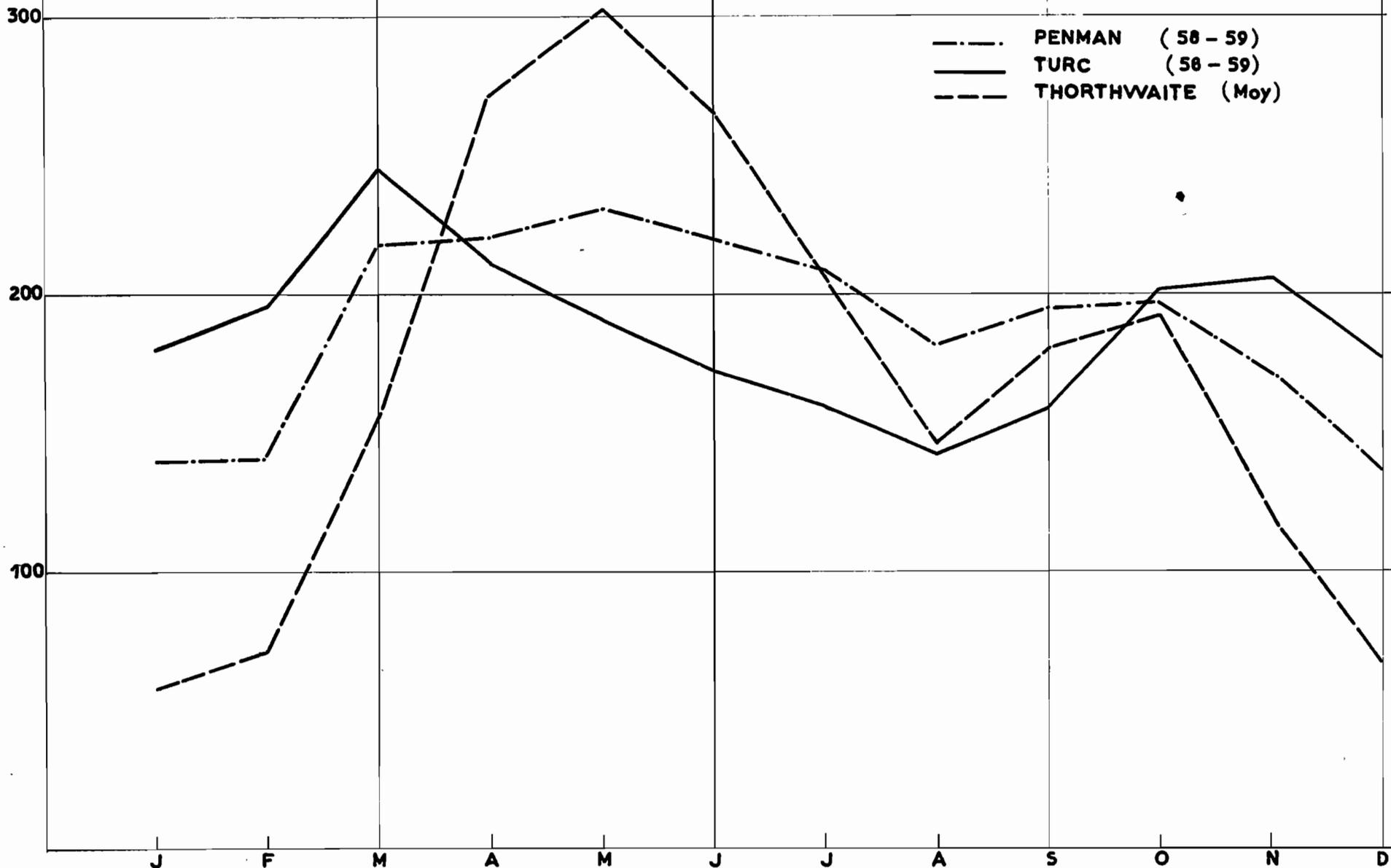
Les chiffres annuels sont évidemment très cohérents d'autant plus que les années 1958-1959 ont des températures plus fortes que la moyenne et donnaient une évaporation THORNTHWAITE de 2429 mm. Par contre la répartition mois par mois varie. Notons tout de suite que la méthode THORNTHWAITE qu'on peut écarter dès maintenant, a tendance à accentuer les valeurs extrêmes, mais l'évolution est la même.

.../...

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE CALCULÉE

BOL

E
mm/mois



CRT 7376

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 24-1-63 | DES: L. TRENOU | VISA: | TUBE N° | H

L'ETP calculée de TURC suit également en gros, les variations des deux autres. Les valeurs de début d'année sont plus fortes, ce qui tient au terme correctif $1 + \frac{50 - H_r}{70}$: qui nous paraît un peu fort; le mois de Mai, par exemple, à une humidité voisine de 50 % et il est à la limite du terme correctif, ce qui a tendance à décaler le maximum de l'ETP.

A FORT-LAMY les calculs donnent les valeurs suivantes :

PENMAN

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
149	156	199	213	227	206	181	181	185	199	161	148	2205

TURC

181	202	230	237	174	164	149	139	150	161	185	175	2147
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

THORNTHWAITE

71	100	170	323	342	240	170	129	153	165	142	90	2095
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	------

Les chiffres sont donc proches de ceux de BOL. On retrouve des écarts importants, mois par mois. Il apparaît évidemment indispensable de vérifier ces chiffres par des mesures, qui nous permettront de tester les formules et de pouvoir étendre les calculs à d'autres régions du TCHAD. La mesure de l'ETP est dès maintenant au programme de l'ORSTOM.

9 - Mesures envisagées -

Nous avons vu que la formule de PENMAN, satisfaisante au point de vue physique offre un grand intérêt. Il est envisagé dans un proche avenir l'installation d'un solarimètre à BOL. Cette station étant située à une latitude moyenne du Lac, fournira des chiffres de rayonnement global, qu'on pourra étendre à l'ensemble du Lac. Les valeurs de la température, de la tension de vapeur et de la vitesse du vent devraient être enregistrées en plusieurs stations périphériques bien réparties, et si possible dans une station située sur le Lac, (station flottante). La formule du Piche corrigée pourrait présenter un certain intérêt pour une station comme BOL-ILE; il y a là une voie qui n'est pas négligeable.

Enfin, on s'attachera à la mesure de l'évapotranspiration potentielle, qui se fera à BOL en zone de Polder, où le bilan hydrique a une grande importance sur le plan agronomique. A cet effet, il est prévu l'installation d'un évapotranspiromètre du type THORNTHWAITE (4 m², plan d'eau à 50 cm). Un tel appareil existe actuellement à FORT-LAMY. D'autres seront repartis en différentes zones climatiques du TCHAD. La connaissance de l'ETP pourra ainsi être d'un grand intérêt dans l'étude de bilans hydriques des bassins versants.

---ooOoo---

BIBLIOGRAPHIE

R.ARLERY - M.GARNIER et R.LANGLAIS

- Application des méthodes de THORNTON à l'esquisse d'une description du climat de la FRANCE.
La Météorologie.
Octobre - Décembre 1954.

B.BILLON - J.CALLEDE - J.SABATIER

- Etude hydro-climatologique des polders de BOL. (ORSTOM) Ronéotypé.

A.BOUCHARDEAU.

- Etudes d'évaporation dans les régions sahélo-soudaniennes.
A.I.H.S. Assemblée Générale de TORONTO - Tome III.

R.BOUCHET.

- Evaporation sous abri et évapotranspiration potentielle.
UNESCO. Echanges hydriques des plantes en milieu, aride et semi-aride.
Actes du Colloque de MADRID.

J.DAMAGNEZ - CH.RIOU - O.DEVILLELE - S.EL AMMAMI.

- Problèmes d'évapotranspiration potentielle en TUNISIE.
Annales Agronomiques. Vol 14 1963 n° 4.

MAX - A.KOHLER.

- Meteorological aspects of evaporation phenomena.
A.I.H.S. Assemblée Générale de TORONTO - Tome III.

M.ROCHE.

- Hydrologie de surface.
GAUTHIER - VILLARS - ORSTOM.

L.TURC

- Evaluation des besoins en eau d'irrigation. Evapotranspiration potentielle.
Annales Agronomiques. Vol 12 1961 n° 1.

J.WESSELING.

- Aids to the calculation of the evaporation from a free water surface.
ICW Wageningen.