

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE - MER

MISSION EN TUNISIE

# LA STATION HYDROCLIMATOLOGIQUE DU MORNAG

---

N° 1 - DESCRIPTION ET RESULTATS 1980 - 1981  
EVAPORATION EN BAC D'EAU LIBRE ET EVAPOTRANSPIRATION  
POTENTIELLE

Par : Ch. RIOU et R. CHARTIER (O.R.S.T.O.M.)

JANVIER 1982

STATION HYDROCLIMATOLOGIQUE DU MORNAÇ

n°1

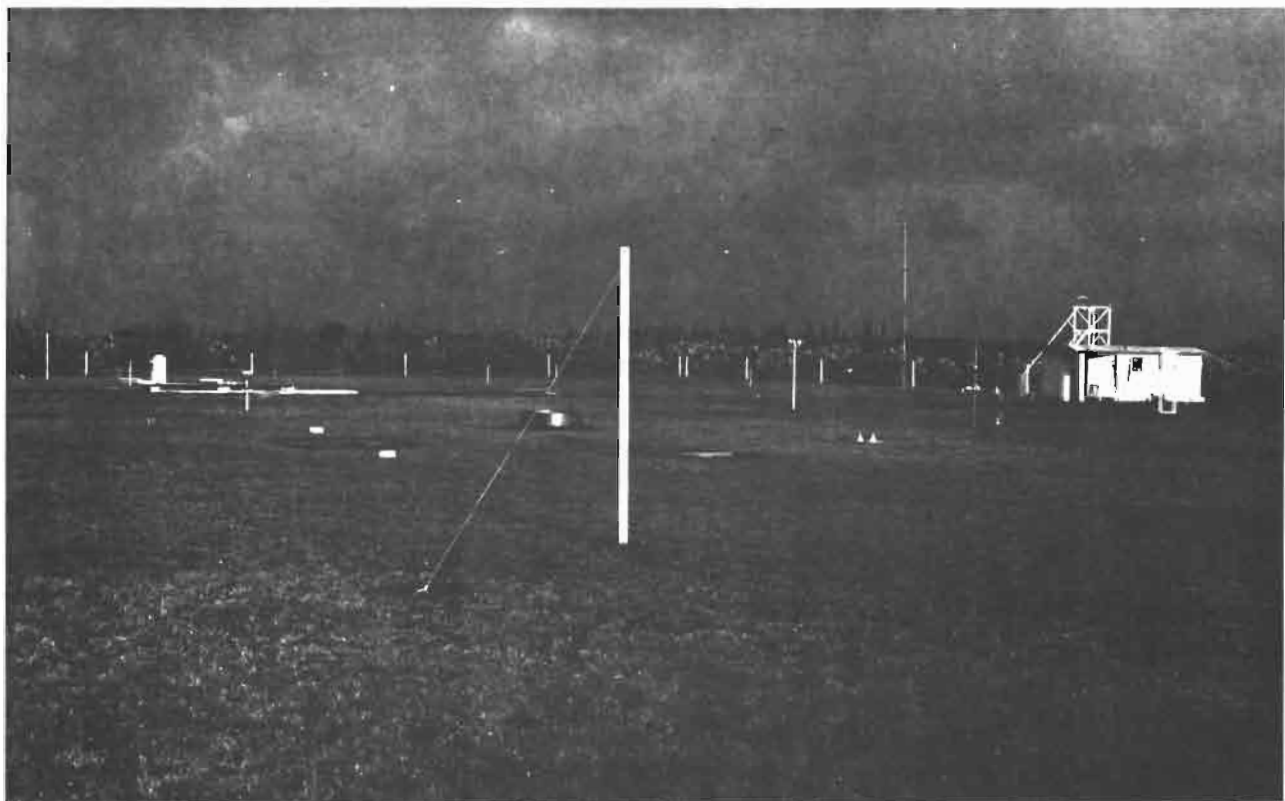
- Description et résultats 1980 - 1981
- Evaporation en bac d'eau libre et évapotranspiration potentielle

Ch. RIOU et R. CHAPTIER

Observateur : Moheddine EEN AMARA

JANVIER 1982

DRES / ORSTOM



VUE GENERALE PELOUSE



VUE GENERALE SOL NU

## 1 - INTRODUCTION

La station hydroclimatologique du MORNAG a été installée sur un terrain de l'INRAT, à partir de l'automne 1979, pour atteindre plusieurs objectifs.

a) Constituer une station climatologique très complète dans la région de Tunis, en un lieu sans obstacles brise-vent à proximité et dans un secteur d'intérêt agricole ; ces conditions sont celles du champ.

b) Permettre la mesure simultanée des consommations d'eau des couverts végétaux et de l'évaporation des réservoirs-standard, la mise au point de méthodes simples et pratiques d'évaluation des besoins en eau des cultures, et l'essai des modèles connus d'évaporation.

c) Constituer, grâce aux trois surfaces naturelles différentes aménagées dans la station, une véritable station expérimentale, se prêtant à de nombreuses recherches dans le domaine de la micrométéorologie, et ouvert de ce fait à la formation d'étudiants de 3ème cycle et d'ingénieurs.

Ces différents objectifs sont-actuellement atteints. La station du Mornag faisant partie du réseau national agrométéorologique fournit ses données à l'Institut de Météorologie, à la DRES, et à l'INRAT. Elle a offert et offre un champ d'expériences à des étudiants de 3ème cycle de l'INAT et de l'ENIT, et à des chercheurs et techniciens du CRGR.

Dans cet article, nous nous proposons de décrire le fonctionnement de la station, de fournir les principales données obtenues en 1980 et 1981, et de dégager quelques résultats intéressants issus de ces données.

## 2 - DESCRIPTION DE LA STATION

Grande de près de 2 hectares, la station est divisée en trois parties : l'une que nous appellerons "sol nu", d'un 1/2 hectare, est maintenue constamment sans végétation ; une deuxième, de même surface, est plantée en kikuyu et irriguée, dès que la pluie devient insuffisante ; sur cette pelouse, le gazon est maintenu à une hauteur peu variable. La troisième surface d'un hectare, est utilisée pour une culture annuelle (actuellement du blé).

Dans le tableau suivant, nous indiquons les éléments qui sont quotidiennement mesurés à 6 h et 12 h tu. sur ces trois surfaces, les appareils utilisés, et les symboles par lesquels nous désignons ces éléments.

Ces trois parcelles rectangulaires ont un point commun occupé par une tour d'observation, et un abri où sont rassemblés les appareils de stockage et de traitement de l'information.

Enfin, hors de la station, mais à proximité, un petit bâtiment sert de bureau à l'observateur, et de magasin.

A côté des mesures systématiques, journalières, de nombreux éléments peuvent être obtenus pendant des périodes plus ou moins longues, dans le cadre d'expérimentations précises correspondant à une opération de recherche. Le tableau II fournit la liste des mesures effectuées pendant les deux années écoulées.

TAELEAU I

Mesures systématiques

Eléments	Symbole	Appareils	Sol nu	Pelouse	Culture	Point Central
Température de l'air	$\theta_a$	Thermomètre		x		
Température MAXIMUM	$\theta_x$	Thermomètre à maximum		x		
Température MINIMUM	$\theta_n$	Thermomètre à minimum		x		
Temp. du point de rosée	$\theta_d$	Psychromètre		A E R I		
Pression de vapeur d'eau	$e_d$	Psychromètre			x	
Humidité relative	$H_r$	Psychromètre			x	
Vitesse du vent à 2 m	$U_2$	Anémomètre totalisateur			x	
Rayonnement solaire global	G	Pyranomètre de KIPP				x
Température du sol						
~ 0.1	$\theta_{..0.1}$	Thermomètre coudé	x	x		
~ 0.2	$\theta_{..0.2}$	Thermomètre coude	x	x		
~ 0.5	$\theta_{..0.5}$	Thermomètre à inertie	x	x		
~ 1.0	$\theta_{..1}$	Thermomètre à inertie	x	x		
Pluie à 1 m	$P_1$	Pluviomètre standard	x	x		
Pluie au sol	$P_0$	Pluviomètre international	x	x		
		Pluviomètres avec fosse ou près du sol		x		
Evaporation						
Bac ORSTOM	$E_r$	Bac ORSTOM	x	x		
Bac classe A	$E_a$	Bac classe A		x		
Fiche	$E_v$	Evaporomètre de Fiche		x		
Température de l'eau des bacs en surface	$\theta_e$	Thermomètre	x	x		
Evapotranspiration potentielle	ETP	Evapotranspiromètre		x		
Humidité du sol	$\theta$	Humidimètre neutronique	x	x	x	
Potentiel de l'eau du sol	$T_n$	Tensiomètres	x	x	x	
	$T_k$					
	$T_c$					

TABLEAU II

Mesures épisodiques

Eléments	Symboles	Appareils
Température de l'air à différents niveaux z	$\theta_z$	Thermocouple en série (5) cuivre constantan - centrale de mesures
Température du sol à différents niveaux z - 0.01, - 0.03, - 0.06, - 0.11, - 0.18, - 0.3, - 0,5	$\theta_{-z}$	Thermocouples en série (2) - cuivre constantan - centrale de mesures
Vitesse du vent à différents niveaux z	$U_z$	Anémomètres sensibles à sortie logique ou analogique - compteurs ou centrale de mesures
Rayonnement net	$R_n$	Pyrradiomètre différentiel
Température de surface	$\theta_s$	-Thermocouple en série (3) - cuivre constantan et centrale de mesures -Radiomètre infra rouge mobile
Albedo	a	Albedomètre constitué par deux pyranomètres
Rayonnement direct	I	Pyrrhéliomètre de LINKE-FEUSSNER
Rayonnement diffus	D	Pyranomètre de KLIP, avec grand anneau pour l'ombrage

### 3 .. RESULTATS 1980-1981

Les appareils ont été mis en place progressivement pendant l'année 1980, les différentes observations ne commencent donc pas simultanément.

Nous avons groupé en annexe les résultats obtenus sous forme de moyennes décadaires et mensuelles ; les mesures d'humidité et du potentiel de l'eau du sol feront l'objet de publications distinctes. Les valeurs indiquées entre parenthèses correspondent à des moyennes portant sur des séries incomplètes (1 ou 2 jours sur 10, seulement pouvant manquer).

Ces données portent sur les éléments suivants :

Température de l'air	Janvier 1980 à Décembre 1981
Humidité de l'air	Janvier 1980 à Décembre 1981
Rayonnement solaire global	Janvier 1980 à Décembre 1981
Vitesse moyenne du vent à 2 m	Mai 1980 à Décembre 1981
Température du sol nu et du sol sous pelouse	Décembre 1980 à Décembre 1981
Pluie à 1 m et au sol	Janvier 1980 à Décembre 1981
Evaporation bacs ORSTOM et classe A (sur sites sol-nu et pelouse)	Mars 1980 à Décembre 1981
Evapotranspiration potentielle	Juin 1980 à Décembre 1981
Température de l'eau des bacs en surface	Mars 1980 à Décembre 1981



#### 4 - PLUIE A 1 M ET PLUIE AU SOL

Il existe sur la station, et à peu de distance six dispositifs différents pour mesurer la pluie.

- 1) Deux pluviomètres standard à 1 m du sol.  
L'un dans la parcelle sol nu, l'autre dans la pelouse :  $P_{rn}$ ,  $P_{rp}$
- 2) Le pluviomètre "international" au sol, entouré d'un écran maillé (Type Snowdon):  $P_i$
- 3) Le pluviomètre standard avec le rebord à 10 cm du sol, et une fosse de protection anti-rebonds :  $P_s$
- 4) Le pluviomètre "Snowdon" avec le rebord à 10 cm du sol et une fosse de protection anti-rebonds :  $P_w$
- 5) Deux pluviomètres standard avec rebord à 10 cm du sol placés dans la pelouse :  $P_{p1}$ ,  $P_{p2}$
- 6) Un pluviographe placé sur le sol nu à 1 m :  $P_G$

La comparaison a porté sur la période allant du 1er août 1980 au 30 décembre 1981.

Pluviomètre	Pluie (mm)
$P_{rn}$	555,9
$P_i$	606,5
$P_s$	576,6
$P_w$	613,0
$P_{rp}$	556,7
$P_{p1}$	547,3
$P_{p2}$	554,7
$P_G$ (seau)	503,0

} moy. 551,0

On peut faire les remarques suivantes :

a) Les deux pluviomètres standard à 1 m, situés à une quarantaine de mètres de distance conduisent à la même évaluation (moins d'1 mm d'écart)

b) Les pluviomètres au sol, sur la parcelle de sol nu reçoivent systématiquement plus d'eau que le pluviomètre à 1 m ; les pluviomètres SNOWDON donnent les plus fortes valeurs de la pluie ; en moyenne, on note + 10 % pour  $P_w$ , + 9 % pour  $P_i$ , + 4 % pour  $P_s$ , par rapport à  $P_{rn}$ .

Quand le vent est fort pendant les épisodes pluvieux, cet écart peut être nettement plus grand ; le tableau suivant compare les mesures par vent faible et par vent fort.

Jour	Vent moyen sur 24 h m/s	$P_{rn}$ (mm)	$P_i$ (mm)	$P_s$ (mm)	$P_w$ (mm)
18.12.1980	2.5	52.3	54.5	56.2	54.0
30.01.1981	1.3	13.9	14.4	14.2	14.2
29.12.1981	8.1	27.8	38.8	37.2	37.6
30.12.1981	5.8	29.4	38.2	40.7	-

Les 29 et 30 décembre, les écarts, par rapport au pluviomètre de référence à 1 m, atteignent 40 et 30 % pour  $P_i$ , 34 et 38 % pour  $P_s$ , 35 % pour  $P_w$ .

On peut donc s'interroger sur la signification des mesures de la pluie à partir du pluviomètre standard, quand un vent fort accompagne le pluie.

c) Les pluviomètres au sol, sur la pelouse reçoivent un peu moins d'eau que le pluviomètre à 1 m placé à côté (- 1 %). Ceci est conforme aux résultats enregistrés en Afrique Centrale où dans des conditions identiques, le pluviomètre au sol conduisait à une évaluation inférieure de 1,7 % à N'DJAMENA, 2,9 % à BRAZZAVILLE, à celle du pluviomètre standard à 1,5 m.

d) Le seau du pluviographe indique systématiquement une hauteur de pluie plus faible, ce qui est attendu (stockage d'un peu d'eau dans le circuit de descente) ; l'écart (- 11 %) est néanmoins élevé.

D'une façon générale, l'ensemble de ces résultats incite à une certaine prudence dans l'interprétation des bilans hydriques. Si l'on admet que le pluviomètre "international" est digne de confiance, la pluviosité annuelle serait sous-estimée d'environ 10 % ; cette sous-estimation est très importante dans un climat comme celui de la région de TUNIS, 45 mm y représentant presque la moyenne mensuelle des mois arrosés.

### 3 - FORMULE DE DALTON POUR LES BACS D'EAU LIBRE

La mesure de la température de la surface de l'eau des bacs permet la recherche d'ajustements conformes à ceux de la formule de DALTON :

$$E = (a + bU_2) (\bar{e}_s - \bar{e}_d)$$

où  $\bar{e}_s$  est la pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface de l'eau, et  $\bar{e}_d$  la pression de vapeur d'eau moyenne de l'air (sous-abri).

Les calculs ont été effectués sur la base suivante :

- température moyenne de l'eau  $1/2 [\theta_e(6 H) + \theta_e(12 H)]$

- Pression de vapeur d'eau moyenne de l'air  $1/2 [e_d(6 H) + e_d(12 H)]$

Les premières corrélations ont été effectuées à partir des valeurs journalières, mois par mois ; elles ont porté sur les grandeurs :

$$E/\Delta e = f(U_2)$$

$$\Delta e = \bar{e}_s - \bar{e}_d$$

Nous avons obtenu :

Bac ORSTOM situé dans la parcelle "sol nu" 1980

Juin	$E/\Delta e = 0.11 U_2 + 0.33$	$r = 0.87$
Juillet	$E/\Delta e = 0.13 U_2 + 0.24$	$r = 0.82$
Août	$E/\Delta e = 0.15 U_2 + 0.24$	$r = 0.84$
Septembre	$E/\Delta e = 0.15 U_2 + 0.18$	$r = 0.83$
Octobre	$E/\Delta e = 0.08 U_2 + 0.25$	$r = 0.76$
Novembre	$E/\Delta e = 0.15 U_2 + 0.14$	$r = 0.91$

Bac ORSTOM situé dans la parcelle "Pelouse"

Juin	$E/\Delta e = 0.10 U_2 + 0.27$	$r = 0.80$
Juillet	$E/\Delta e = 0.15 U_2 + 0.08$	$r = 0.85$
Août	$E/\Delta e = 0.12 U_2 + 0.17$	$r = 0.82$
Septembre	$E/\Delta e = 0.10 U_2 + 0.15$	$r = 0.79$
Octobre 80 à Mars 81	$E/\Delta e = 0.06 U_2 + 0.25$	$r = 0.63$

Ces résultats font apparaître une dispersion assez notable des coefficients a et b.

On remarque que si les coefficients b sont assez proches pour les deux bacs, le coefficient a est systématiquement plus élevé pour le bac "sol nu" que pour le bac "Pelouse". Ceci est conforme à une analyse récente (RIOU-ITIER, 1982) montrant que a, dans la formule de DALTON augmente avec l'instabilité, la pelouse irriguée en été, atténuant celle-ci par rapport au sol nu. \*

---

\* 1982 Ch. RIOU et B. ITIER

Modification de la formule de DALTON à partir d'une nouvelle formulation du flux de chaleur sensible en conditions suradiabatiques. (à paraître)

En fait, une corrélation portant sur l'ensemble des données (avec des valeurs très différentes de E et  $\Delta e$ ) serait plus satisfaisante, et mieux utilisable. On remarque cependant que la fonction  $E/\Delta e = f(U_z)$  a tendance, pour une même vitesse du vent, à diminuer quand l'évaporation diminue.

Pour  $U_z = 2,5$  m/s, nous avons en effet :

$f(U_z)$  pour  $U_z = 2.50$  m/s

	BAC "SOL NU"	BAC "PELOUSE"
1980		
Juin	0.61	0.52
Juillet	0.57	0.46
Août	0.62	0.47
Septembre	0.56	0.40
Octobre	0.45	-
Novembre	0.52	..
Octobre 1980 à Mars 1981 }	--	0.40

Ceci nous a conduit à l'analyse suivante :

Les valeurs de la température moyenne de l'eau et de la pression de vapeur d'eau concernant en fait la période diurne, période pour laquelle la recherche d'une fonction unique  $f(U_z)$  est d'ailleurs plus justifiée, la période nocturne correspondant à une inversion thermique (stabilité) entraînant une nette atténuation de la turbulence, ce qui modifie profondément la relation  $E/\Delta e = f(U_z)$ . Si nous exprimons alors  $E_j/\Delta e_j = a + bU_{zj}$  avec des coefficients horaires, nous obtenons :

$$E = \sum E_j = a' \sum_{T_1}^{T_c} \Delta e_j + b' \sum_{T_1}^{T_c} U_{zj} \Delta e_j$$

où  $T_1$  et  $T_c$  sont les heures de lever et coucher du soleil.

Si  $d_j$  est la durée du jour, et  $\bar{U}_{2j}$  la vitesse moyenne du vent pendant la phase diurne, nous pouvons écrire :

$$E \neq a' \bar{\Delta e} d_j + b' \bar{U}_{2j} \bar{\Delta e} d_j$$

Or  $\bar{U}_{2j} d_j$  peut être considéré comme proportionnel à  $24 \bar{U}_2$  (en absence de vent nocturne, on aurait  $\bar{U}_{2j} d_j = 24 \bar{U}_2$ ) d'où finalement :

$$E / \bar{\Delta e} = a' d_j + 24 b' \bar{U}_2$$

soit à rechercher une fonction de la forme

$$E / \Delta e = a'' d_j + b \bar{U}_2$$

Le coefficient  $a$  de la formule de DALTON augmenterait alors avec la durée du jour ; pour le comparer aux formulations plus traditionnelles où la durée du jour n'est pas prise en compte, la formule de DALTON peut se mettre sous la forme

$$E / \Delta e = a \left( \frac{d_j}{12} \right) + b \bar{U}_2$$

en exprimant  $d_j$  en heures.

Cette formulation va d'autre part dans le sens de l'analyse récente déjà citée ; l'instabilité est en effet plus élevée ici en été (évaporation de la zone autour du site, plus faible) qu'en hiver où la pluviosité est notable.

Sur cette base, nous avons recherché de nouvelles corrélations du type :

$$\bar{E} / \bar{\Delta e} (d_j/12) = f \left[ \bar{U}_2 / (d_j/12) \right]$$

$\bar{E}$ ,  $\bar{\Delta e}$ ,  $\bar{U}_2$  étant des moyennes journalières

Bac ORSTOM "Sol nu"

Juin à septembre 1980

$$E / \Delta e = 0.148 \bar{U}_2 + 0.210 (dj/12)$$

$$r = 0.83$$

Bac ORSTOM "Pelouse"

Juin à septembre 1980

$$E / \Delta e = 0.11 \bar{U}_2 + 0.17 (dj/12)$$

$$r = 0.77$$

Octobre à mars 1981

$$E / \Delta e = 0.07 \bar{U}_2 + 0.25 (dj/12)$$

$$r = 0.68$$

Pour  $U_2 = 2,5$  m/s. et  $dj = 12$ , le calcul conduit à  $f(u) = 0,43$  et la formule précédente à  $0,445$ , valeurs très voisines.

La fonction du vent adoptée finalement pour le bac ORSTOM "pelouse" sera donc :

$$E / \Delta e = 0.11 \bar{U}_2 + 0.17 (dj/12) \quad (1)$$

Comparaison avec les formules traditionnelles

- PENMAN donne comme formule :

$$E / \Delta e = 0.14 U_2 + 0.13 \quad (2)$$

- Les services hydrologiques d'URSS admettent :

$$E/\Delta e = 0.10 U_2 + 0.14 \quad (3)$$

Pour  $U_2 = 2.5$  m/s et des valeurs de  $d_j$  de 10, 12 et 14 heures nous obtenons avec les 3 formules :

Formule	$d_j = 10$ H	$d_j = 12$ H	$d_j = 14$ H
(1)	0.42	0.45	0.47
(2)	0.48	0.48	0.48
(3)	0.39	0.39	0.39

La formule (1) reste proche de celle fournie par PENMAN et elle est intermédiaire entre les formules (2) et (3).

## 6 - APPLICATION DE LA FORMULE DE PENMAN A L'EVAPORATION DU BAC "PELOUSE" ET

### A. L'E.T.P.

Les différentes mesures effectuées nous permettent de comparer ici les résultats fournis par la formule de PENMAN, avec l'évaporation du bac ORSTOM "Pelouse" et avec l'E.T.P. (l'évaporation des autres bacs soumis à une forte advection en période sèche, ne peut être l'objet d'une telle comparaison).

Les bases du calcul de la formule de PENMAN sont données dans l'annexe II.

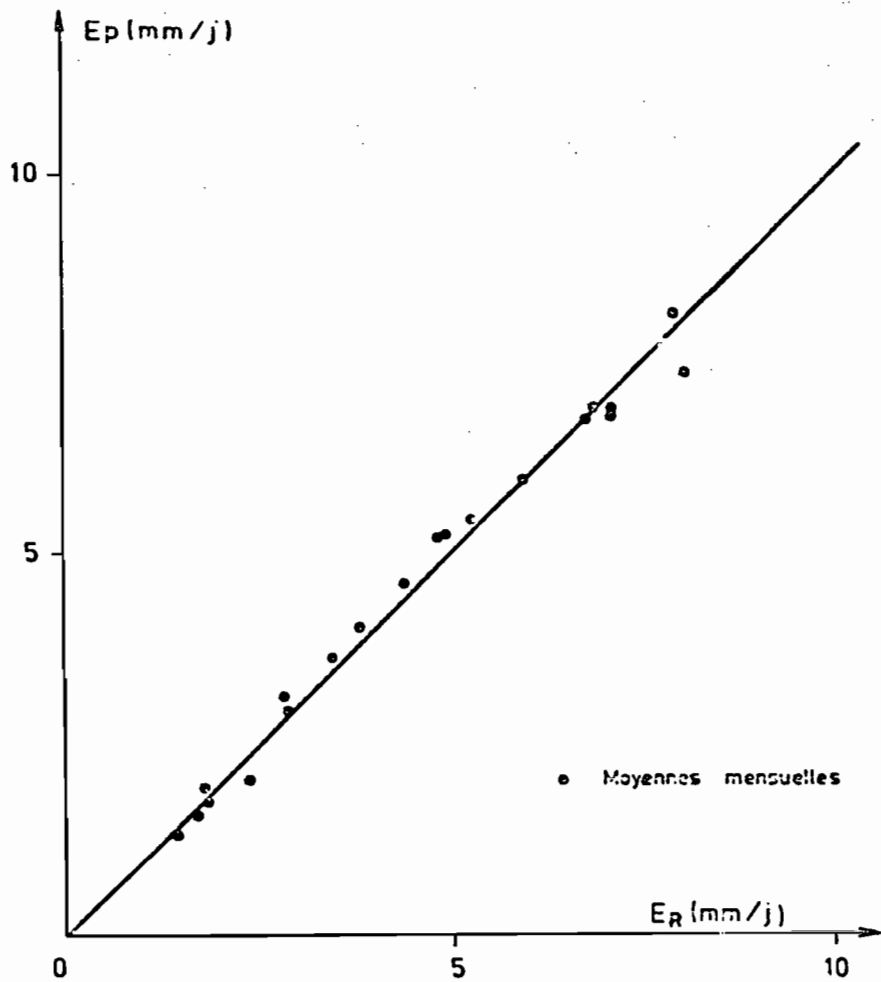
Les résultats sont indiqués sur la figure (1), et sur le tableau III.

La comparaison est tout à fait satisfaisante, aussi bien pour le bac ORSTOM "pelouse" où les totaux de MAI 80 à DECEMBRE 81 diffèrent de moins de 1 %, que pour l'ETP, où l'écart est de 8 %, mais avec des mesures par défaut pour l'E.T.P. pendant cinq mois. Ces résultats confirment donc la validité des différents coefficients adoptés dans le calcul de la formule de PENMAN.

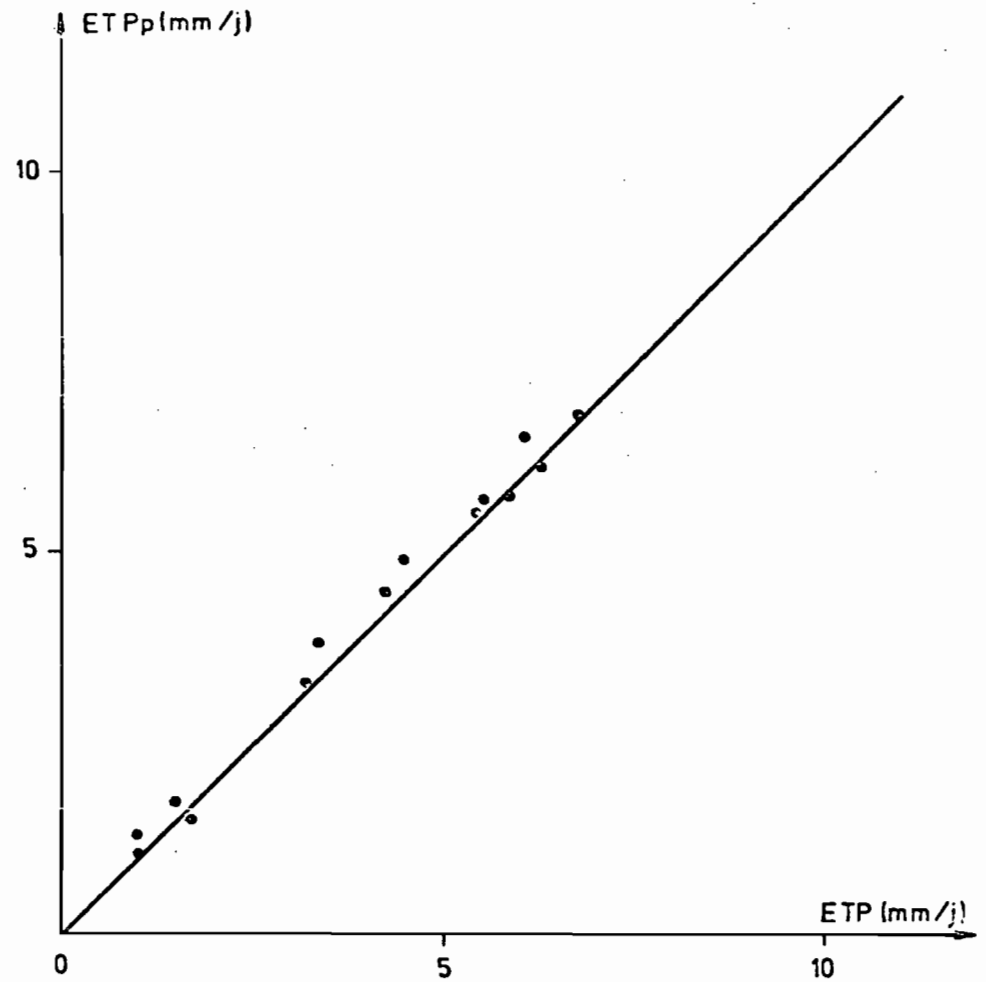


TABLEAU III

MOIS	$E_r$ (Pelouse)	$E_p$	E.T.P.	$ETP_p$
1980				
mai	148	162		
juin	242	221	189	189
juillet	245	252	209	211
août	220	215	182	180
septembre	147	157	108 -	130
octobre	107	111	72 -	93
novembre	70	62	44	52
décembre	44	41	31	33
TOTAL	1223	1221	835 -	888
1981				
janvier	53	50	31 -	42
février	49	53	28 -	44
mars	86	96	70 -	79
avril	132	139	101	115
mai	184	184	137	154
juin	197	202	162	167
juillet	250	241	186	204
août	212	213	171	178
septembre	156	163	125	136
octobre	117	126	97	105
novembre	60	55	50	45
décembre	54	54	51	46
TOTAL	1550	1576	1209	1315



Evaporation mesurée (Bac ORSTOM PELOUSE)  
et calculée (PENMAN)



ETP mesurée et calculée (PENMAN)

Figure 1

## 7 - COMPARAISON ENTRE LES HAUTEURS D'EAU EVAPOREE DU BAC "ORSTOM" ET DU BAC "CLASSE A"

Cette comparaison effectuée sur les deux bacs dans un même site, a un certain intérêt dans la mesure où ces deux modèles de réservoir sont souvent utilisés simultanément dans les réseaux de mesure ; si l'on dispose d'une relation satisfaisante entre leurs données, il est possible d'homogénéiser les résultats, tout au moins à l'intérieur d'une région donnée.

La comparaison portant sur les moyennes décadaires est indiquée par la figure 2 ; elle concerne les hauteurs d'eau évaporée (en mm/jour) par le bac "ORSTOM" placé au sein de la pelouse et par le bac "Classe A" qui est situé à quelques mètres.

L'équation de régression est pour 60 couples :

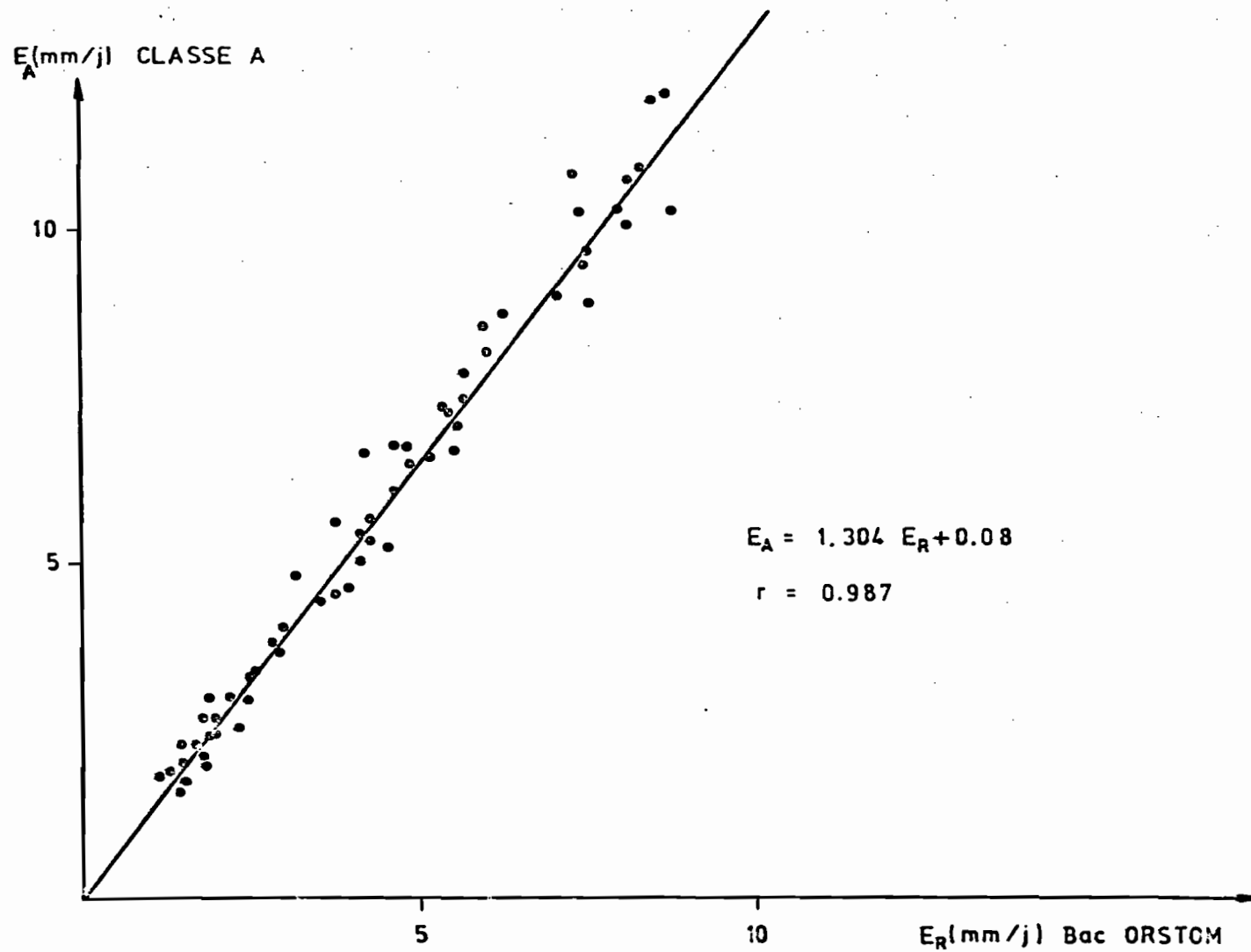
$$E_a = 1,304 E_r + 0,08$$

$$r = 0,987$$

La relation entre les deux bacs peut donc être considérée comme bonne, le bac "Classe A" amplifiant évidemment l'évaporation par rapport au bac ORSTOM. Le rapport  $E_a/E_r$  est supérieur aux valeurs établies en Afrique Centrale (1,11 à 1,15), ce qu'on peut attribuer à la nette supériorité de la vitesse du vent au MORNAG où la moyenne mensuelle de la vitesse du vent varie de 2,04 à 4 m/s, alors que pour les stations étudiées précédemment (N'DJAMENA, BANGUI et BRAZZAVILLE) cette même vitesse variait de 1 à 2,5 m/s.

## 8 - INFLUENCE DU SITE SUR L'EVAPORATION DU BAC "ORSTOM"

La comparaison entre le bac "ORSTOM" situé au milieu de la pelouse irriguée (4000 m<sup>2</sup>) et le même type de bac au sein de la parcelle de sol nu de même surface est effectuée sur la figure (3).



**Figure 2**

Comparaison des hauteurs d'eau évaporée  
 par les bacs "ORSTOM" et "CLASSE A". (Pelouse)

Sur cette figure apparaît nettement l'influence de la pelouse irriguée qui réduit en été (fortes valeurs de l'évaporation) l'évaporation du bac par rapport au sol nu ; cette réduction est de l'ordre de 30 %. En hiver, où la pluviosité plus abondante permet une évaporation notable sur la parcelle de sol nu, les valeurs des hauteurs d'eau évaporée par les deux bacs se rapprochent.

A cet effet advectif s'ajoute l'influence de la rugosité de la zone autour des bacs, le paramètre de rugosité étant de  $10^{-4}$  (m) pour le sol nu, et de  $4 \cdot 10^{-3}$  (m) pour l'herbe.

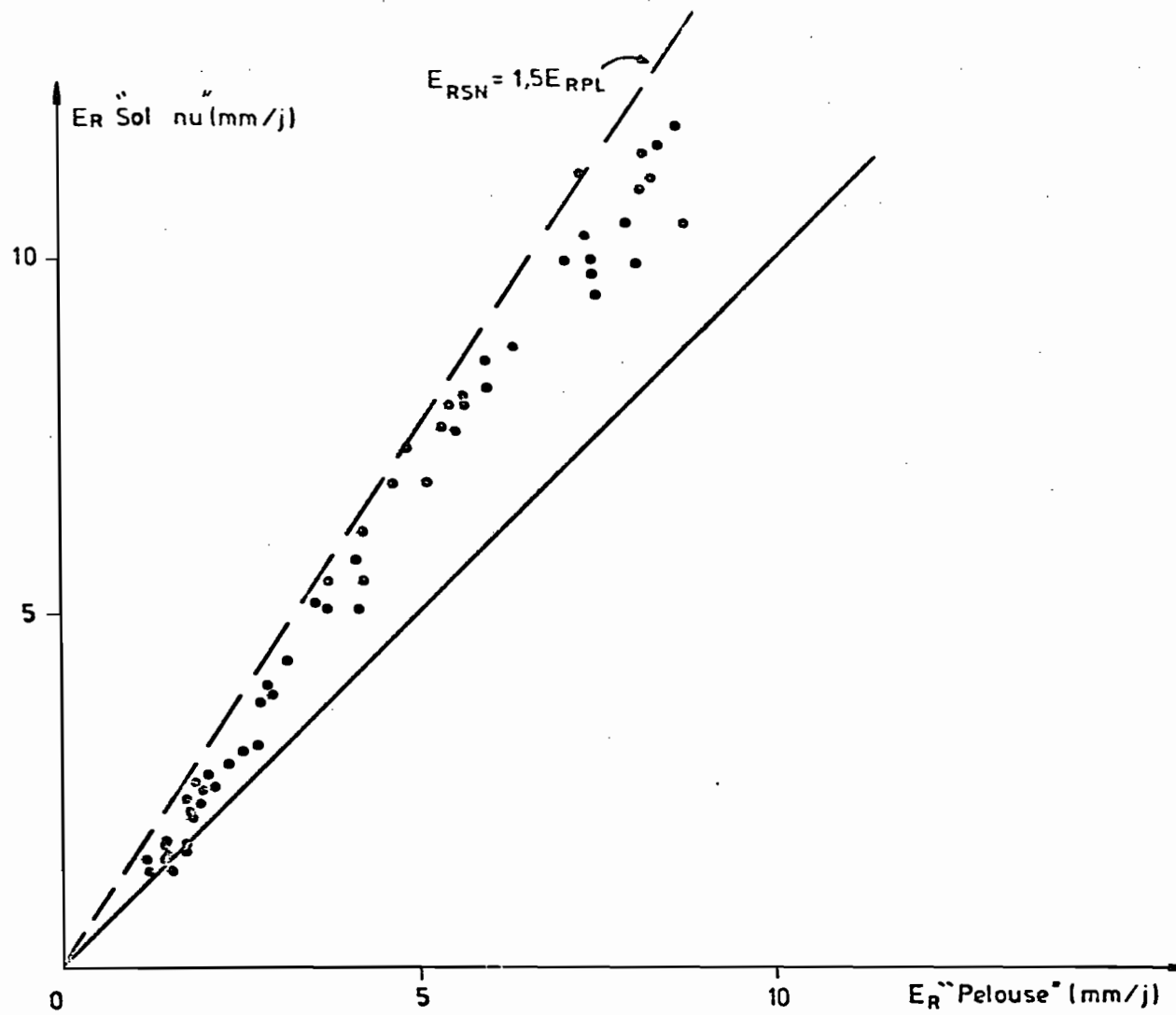
La comparaison des deux bacs nous fournit aussi une bonne approximation du coefficient de correction qu'il faut appliquer à un bac enterré pour évaluer l'évaporation d'une "grande" nappe d'eau libre ; pour plus de précision nous avons groupé les mois en trois catégories :

- mois pluvieux où la hauteur de pluie tombée est proche ou supérieure à l'évaporation
- mois secs où la hauteur de pluie est négligeable devant l'évaporation
- mois intermédiaires : ceux qui n'entrent pas dans ces deux catégories.

Les résultats sont les suivants :

SAISON	$E_r$ mm		RAPPORT $E_r$ PL / $E_r$ SN
	Pelouse	Sol nu	
<u>Mois humides</u> 1980 : décembre 1981 : janvier, février, décembre	199,8	219,9	0,909
<u>Mois intermédiaires</u> 1980 : mai, octobre, novembre 1981 : mars, avril, octobre, nov.	719,0	926,9	0,776
<u>Mois secs</u> 1980 : juin, juil. <sup>†</sup> , août, sept. 1981 : mai, juin, juil. <sup>†</sup> , août, sept.	1853,2	2522,2	0,735
Année 1981	1550	2127	0,73
Mai à décembre 1980	1222	1542	0,79
Mai à décembre 1981	1229	1714	0,71

On voit le coefficient de correction diminuer quand la sécheresse augmente ; on note aussi la différence entre l'année 1980 et 1981, cette dernière étant nettement plus sèche.



**Figure 3** Comparaison des hauteurs d'eau évaporée par les bacs "ORSTOM", "sol nu" et "Pelouse"

## 9 - UTILISATION DES BACS D'EAU LIBRE POUR EVALUER L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

L'évapotranspiromètre est un appareil relativement coûteux et surtout d'un entretien exigeant ; il est donc naturel de rechercher des corrélations entre les hauteurs d'eau évaporée par les bacs d'eau libre, appareils plus simples et d'une pratique aisée, et l'E.T.P. On peut noter également que les réseaux de mesure de l'évaporation en bac sont plus denses que les réseaux de mesure de l'ETP, et qu'il est alors très utile de compléter les quelques données concernant l'ETP obtenue directement par des estimations effectuées à partir des bacs.

Les corrélations ont été établies ici à partir des moyennes décennales, pour les trois bacs : Bacs "ORSTOM" sol nu et pelouse, Bac "Classe A", comparés à l'évapotranspiromètre.

### a) Bac "ORSTOM SOL NU" et E.T.P.

$$ETP = 0,58 E_{rsn} + 0,03 \text{ (mm/jour)}$$

$$r = 0,972 \quad (39 \text{ couples})$$

### b) Bac "ORSTOM PELOUSE" et E.T.P.

$$ETP = 0,814 E_{rpl} - 0,13 \text{ (mm/jour)}$$

$$r = 0,982 \quad (43 \text{ couples})$$

### c) Bac "CLASSE A" et E.T.P.

$$ETP = 0,600 E_a - 0,02 \text{ (mm/jour)}$$

$$r = 0,970 \quad (41 \text{ couples})$$

La meilleure corrélation est obtenue entre le Bac "ORSTOM Pelouse" et l'ETP, mais les trois relations sont bonnes ; elles peuvent être simplifiées aisément en :

$$ETP \approx 0,58 E_{rsn}$$

$$ETP \approx 0,80 E_{rpl}$$

$$ETP \approx 0,60 E_a$$

La très bonne liaison entre le bac "ORSTOM Pelouse" et l'ETP mise en évidence sur la figure (4) où sont comparées les valeurs mesurées de l'ETP et celles qui sont calculées à partir du bac, conduit à préconiser sur les périmètres irrigués, la mise en oeuvre d'un tel dispositif : petite parcelle de gazon irrigué pendant les mois insuffisamment pluvieux, bac "ORSTOM" au milieu de la parcelle ; simple et peu coûteuse, cette méthode pourrait permettre une notable économie de l'eau d'irrigation quand celle-ci est mise en excès, et permettrait dans tous les cas de disposer immédiatement des données nécessaires à une bonne maîtrise de l'eau.

La figure 5 compare les valeurs de l'ETP calculée à partir du bac "Classe A" et celles de l'ETP mesurée ; la dispersion est un peu plus grande, mais le bac "Classe A" apparaît également ici apte à permettre une évaluation de l'ETP.

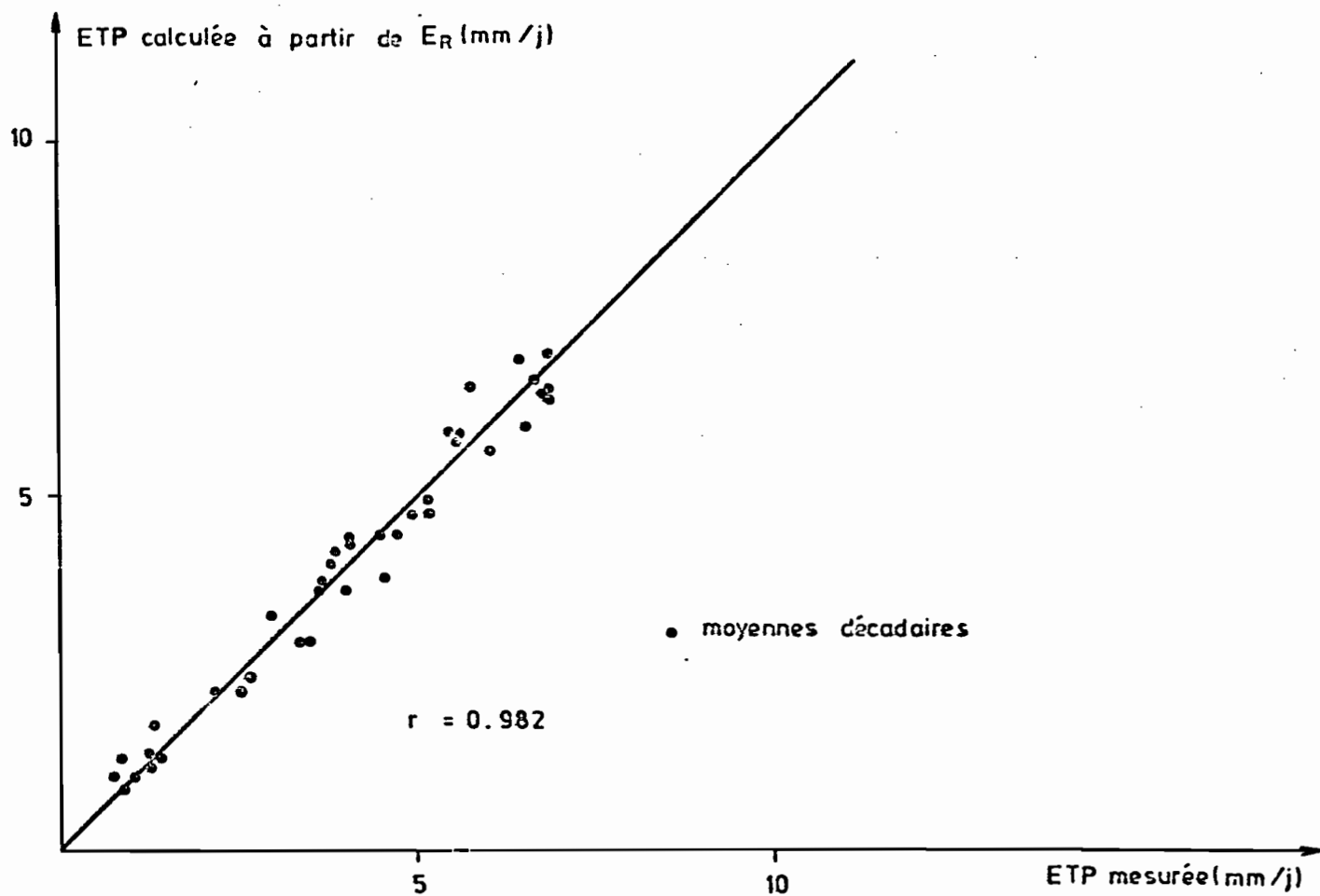
## 10 - CONCLUSION

De ces données portant sur deux années de mesure, on peut dégager deux résultats importants :

- l'imprécision sur la mesure de la pluie, quand la vitesse du vent est élevée pendant les épisodes pluvieux, ce qui n'est pas rare dans le Nord de la TUNISIE, imprécision qui est en fait, une sous-estimation de la pluviosité.

- l'intérêt des mesures en bac, en particulier de celles qu'on obtient avec un bac enterré ; L'évaporation ainsi évaluée est proche de celle d'une grande nappe d'eau, quand le bac est placé dans un anneau de garde suffisant ; l'excellent accord entre les mesures et les calculs obtenus par la formule de PENMAN en témoignent.





**Figure 4 :** ETP calculée à partir du bac "ORSTOM PELOUSE" et ETP mesurée

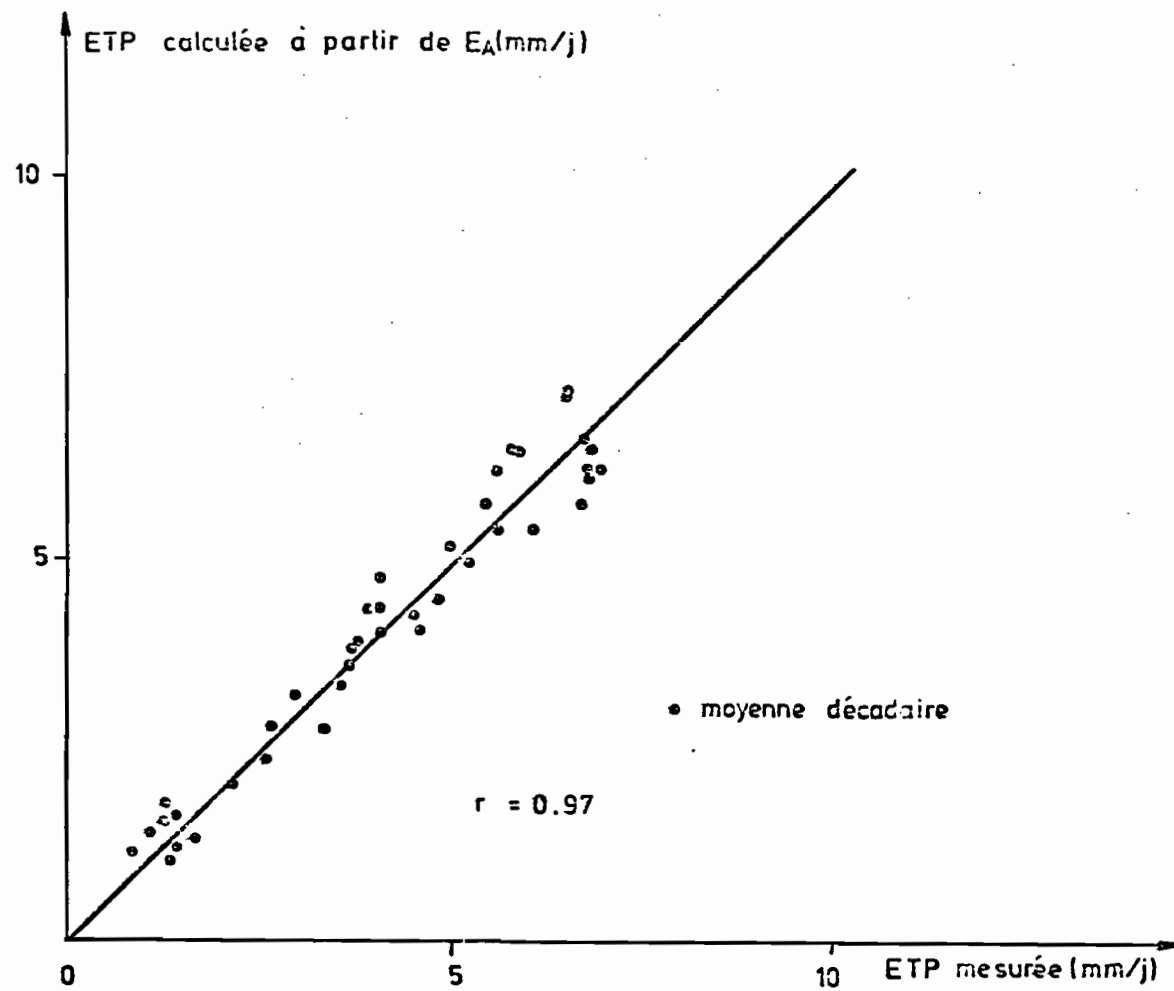


Figure 5 : ETP calculée à partir du bac "classe A" et ETP mesurée

Ce même bac permet également une bonne estimation de l'ETP et la simplicité de la mesure incite à le recommander sur les périmètres irrigués.

Installés sur d'autres sites qu'une pelouse irriguée, les bacs enterrés sont plus délicats à utiliser, car le coefficient de correction, variable avec la pluviosité, demande à être estimé ; le bac "Classe A" est sans doute alors plus commode, malgré sa sensibilité au vent et au rayonnement solaire.

## ANNEXE I

Moyennes décadaires et mensuelles des principaux éléments du climat  
à la station hydroclimatologique du MORNAG. (janvier 1980 à Décembre 1981).

Température : degrés celsius

$e_d$  : millibars

$H_r$  : %

$U_2$  : m/s

$G$  : Cal cm<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>

Pluie : mm

Evaporation : mm

TEMPERATURE DE L'AIR

1980 Mois	Décade	$\theta_a$		$\theta_n$	$\theta_x$	Minimum de l'année	Maximum de l'année
		6 H.T.U.	12 H.T.U.				
JANVIER	1			6.4	14.6		
	2			6.7	14.8		
	3	(5.7)	(16.9)	3.9	17.5		
	M			5.5	15.7		
FEVRIER	1	8.4	17.5	6.8	18.7		
	2	7.9	14.5	6.8	15.9		
	3	8.4	14.4	5.2	15.4		
	M	8.2	15.5	6.3	16.7		
MARS	1	9.0	16.1	7.0	17.6		
	2	8.0	13.4	6.0	14.8		
	3	10.3	19.7	6.6	21.6		
	M	9.1	16.5	6.5	18.1		
AVRIL	1	9.9	17.4	5.9	18.5		
	2	12.0	16.4	9.4	17.3		
	3	11.8	18.3	7.3	19.8		
	M	11.2	17.4	7.5	18.5		
MAI	1	15.8	21.6	10.3	23.1		
	2	14.7	20.3	11.0	21.8		
	3	16.5	22.7	13.3	23.8		
	M	16.0	21.6	11.6	23.0		
JUIN	1	18.7	26.8	12.0	27.8		
	2	21.7	28.7	16.8	29.9		
	3	20.7	29.6	15.4	31.1		
	M	20.4	28.4	14.7	29.6		
JUILLET	1	22.1	31.1	17.6	33.1		
	2	20.9	30.4	16.7	31.6		
	3	20.7	31.7	15.2	33.8		
	M	21.2	31.1	16.5	32.8		
AOÛT	1	22.8	34.7	18.0	36.3		40.4
	2	22.0	31.0	17.9	32.3		
	3	21.9	30.6	18.0	32.8		
	M	22.2	32.1	18.0	33.8		
SEPTEMBRE	1	18.7	28.7	15.9	29.7		
	2	18.7	28.5	16.7	29.6		
	3	20.8	29.9	18.6	31.1		
	M	19.4	29.0	17.1	30.1		
OCTOBRE	1	17.3	26.2	15.1	28.5		
	2	16.6	23.1	14.4	24.6		
	3	10.0	20.8	7.7	22.2		
	M	14.5	23.6	12.3	25.0		
NOVEMBRE	1	13.5	22.5	12.1	23.9		
	2	12.9	20.4	10.7	21.4		
	3	8.7	17.3	6.3	16.9		
	M	11.6	20.1	9.7	21.4		
DECEMBRE	1	6.6	12.0	5.0	13.0	- 2.0	
	2	3.4	13.5	1.3	14.5		
	3	9.8	14.1	7.3	14.9		
	M	6.7	13.2	4.6	14.1		

TEMPERATURE DE L'AIR

1921 Mois	Décade	$\theta_a$		$\theta_n$	$\theta_x$	Minimum de l'année	Maximum de l'année
		6 H.T.U.	12 H.T.U.				
JANVIER	1	7.2	9.6	5.6	12.2	- 0.7	
	2	8.3	12.3	6.3	13.3		
	3	5.7	10.7	3.6	11.7		
	M	7.0	10.8	5.1	12.0		
FEVRIER	1	6.0	14.0	4.5	14.9		
	2	7.9	13.8	7.0	15.0		
	3	4.9	14.0	4.8	14.9		
	M	6.4	13.9	5.5	14.9		
MARS	1	8.9	17.7	7.6	18.6		
	2	9.4	18.8	7.6	19.7		
	3	11.9	20.9	10.1	22.3		
	M	10.1	19.2	8.5	20.2		
AVRIL	1	13.1	21.5	10.5	22.5		
	2	13.7	20.5	11.6	21.8		
	3	14.2	21.8	11.0	22.8		
	M	13.7	21.2	11.0	22.3		
MAI	1	15.1	22.2	11.2	23.6		
	2	16.5	23.8	12.8	24.9		
	3	19.3	27.5	15.3	28.9		
	M	17.1	24.6	13.2	25.9		
JUIN	1	19.4	28.7	14.0	30.0		
	2	22.0	30.2	15.5	31.5		
	3	21.0	27.8	17.5	28.7		
	M	20.7	28.9	15.6	30.0		
JUILLET	1	22.5	30.2	18.8	32.2		40.8
	2	22.0	29.8	18.7	30.7		
	3	22.1	30.9	18.6	31.6		
	M	22.2	30.3	18.7	31.5		
AOÛT	1	23.2	35.3	18.8	36.9		
	2	20.8	31.2	16.8	32.5		
	3	20.2	30.3	17.7	31.5		
	M	21.4	32.2	17.7	33.6		
SEPTEMBRE	1	19.9	30.3	17.9	31.4		
	2	19.6	31.0	17.3	32.2		
	3	21.0	28.4	17.9	29.4		
	M	20.2	29.9	17.7	31.0		
OCTOBRE	1	17.4	29.3	15.7	31.6		
	2	17.5	28.6	15.5	29.8		
	3	13.8	21.7	12.0	22.7		
	M	16.2	26.5	14.3	27.9		
NOVEMBRE	1	10.6	20.3	8.5	21.4		
	2	9.3	17.9	7.2	18.8		
	3	9.1	18.1	6.8	18.8		
	M	9.7	18.8	7.5	19.6		
DECEMBRE	1	9.6	15.6	6.7	16.6		
	2	13.5	18.9	10.0	19.5		
	3	11.2	17.1	8.3	18.5		
	M	11.4	17.2	8.3	18.2		

HUMIDITE DE L'AIR

Mois	Décade	6 H T.U.			12 H T. .		
		$e_d$	$\theta_d$	$H_r$	$e_d$	$\theta_d$	$H_r$
1980							
JANVIER	1						
	2						
	3	(8.2)	(3.9)	88	(10.5)	(7.7)	57
	M						
FEVRIER	1	9.5	6.1	87	11.9	9.5	60
	2	10.0	6.7	91	11.0	8.2	67
	3	10.1	6.8	90	11.8	9.4	74
	M	9.9	6.5	89	11.6	9.0	67
MARS	1	9.4	5.8	82	11.4	8.8	63
	2	9.3	5.9	87	10.5	7.5	68
	3	11.1	8.3	88	12.0	9.3	53
	M	9.9	6.7	86	11.3	8.6	61
AVRIL	1	9.5	6.1	78	9.2	5.5	47
	2	11.6	9.0	83	12.0	9.6	66
	3	10.8	8.0	78	10.4	7.2	49
	M	10.6	7.7	80	10.5	7.4	54
MAI	1	14.0	11.8	78	14.7	12.3	58
	2	12.8	10.5	76	11.9	9.5	52
	3	13.6	11.3	73	13.3	10.9	49
	M	13.5	11.2	76	13.3	10.9	53
JUIN	1	14.9	12.8	70	13.6	11.2	39
	2	15.3	13.2	60	14.6	12.2	37
	3	16.7	14.6	69	15.0	12.7	37
	M	15.6	13.5	66	14.4	12.0	38
JUILLET	1	17.6	15.3	66	16.8	14.7	38
	2	16.7	14.5	67	15.9	13.7	38
	3	16.2	14.1	66	15.9	13.6	34
	M	16.8	14.6	66	16.2	14.0	36
AOUT	1	18.3	15.9	67	18.3	15.8	34
	2	18.8	16.5	71	19.0	16.6	42
	3	19.1	16.4	72	18.5	16.0	50
	M	18.7	16.3	70	18.6	16.1	42
SEPTEMBRE	1	17.6	15.4	82	18.1	15.9	46
	2	16.8	15.6	83	18.6	16.3	47
	3	21.0	18.1	84	22.5	19.3	54
	M	18.8	16.4	83	19.7	17.2	49
OCTOBRE	1	17.2	15.1	87	18.1	15.8	54
	2	12.5	9.8	69	11.6	8.5	40
	3	(10.8)	(8.1)	87	13.8	11.4	57
	M	(13.5)	(11.0)	(81)	14.5	11.9	50
NOVEMBRE	1	11.9	9.3	79	13.2	10.9	50
	2	12.3	11.0	88	14.4	12.3	60
	3	9.5	6.0	85	11.3	8.4	57
	M	11.2	8.8	84	12.9	10.5	56
DECEMBRE	1	8.1	3.4	74	8.6	4.6	61
	2	7.2	2.0	91	9.4	5.7	66
	3	9.7	6.4	80	10.8	8.0	67
	M	8.4	4.0	81	9.6	6.2	65

HUMIDITE DE L'AIR

Mois	Décade	6 H T.U.			12 H T.U.		
		$e_d$	d	$H_r$	$e_d$	d	$H_r$
1981 JANVIER	1	8.3	4.0	81	8.4	4.1	71
	2	8.3	4.1	75	8.8	5.0	62
	3	7.8	3.2	85	7.9	3.3	62
	M	8.1	3.7	81	8.3	4.1	65
FEVRIER	1	8.4	4.4	90	9.2	5.6	59
	2	9.7	6.2	90	10.4	7.4	68
	3	8.7	4.7	89	9.3	5.9	60
	M	8.9	5.1	90	9.7	6.3	63
MARS	1	11.0	8.2	96	12.2	9.7	60
	2	9.6	6.1	83	10.6	7.6	49
	3	12.2	9.7	88	13.4	11.2	55
	M	11.0	8.1	89	12.1	9.6	55
AVRIL	1	12.1	9.6	80	12.3	10.8	52
	2	13.8	11.7	89	13.7	11.5	57
	3	13.6	11.5	88	13.2	10.8	51
	M	13.1	10.9	86	13.0	11.0	53
MAI	1	14.5	12.5	85	13.5	11.1	51
	2	13.6	11.5	73	14.3	11.6	48
	3	14.8	12.7	67	15.8	13.6	44
	M	14.3	12.2	75	14.6	12.1	48
JUIN	1	15.4	13.2	70	16.3	14.2	42
	2	18.9	16.3	71	19.4	16.9	45
	3	17.9	15.7	74	17.6	15.4	47
	M	17.4	15.1	72	17.8	15.5	45
JUILLET	1	18.2	15.9	67	17.2	14.7	40
	2	18.2	15.9	69	15.9	13.7	39
	3	17.2	15.2	66	15.8	13.7	36
	M	17.9	15.6	67	16.3	14.0	38
AOUT	1	16.9	14.7	60	18.5	16.2	32
	2	19.4	17.0	79	19.0	16.1	42
	3	19.3	16.7	81	18.2	15.4	42
	M	18.6	16.2	74	18.5	15.9	39
SEPTEMBRE	1	19.6	17.1	84	18.8	16.4	45
	2	18.3	15.9	80	19.7	17.2	44
	3	19.8	17.0	79	17.6	15.1	45
	M	19.2	16.7	81	18.7	16.2	45
OCTOBRE	1	16.3	14.1	82	18.1	15.7	46
	2	17.7	15.5	89	19.5	17.0	50
	3	13.5	11.3	86	14.9	13.2	60
	M	15.8	13.6	86	17.5	15.2	52
NOVEMBRE	1	11.9	9.3	95	14.4	12.8	59
	2	10.8	7.9	91	10.4	7.5	60
	3	9.1	5.5	80	10.8	7.8	51
	M	10.6	7.6	88	11.9	9.1	54
DECEMBRE	1	9.9	6.6	83	11.2	8.5	64
	2	10.5	7.6	68	11.9	9.2	54
	3	9.7	6.4	73	10.1	6.9	53
	M	10.0	6.9	75	11.0	8.2	57



VITESSE DU VENT

RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL

1980 Mois	Décade	Vitesse du vent à 2 m (m/s) : U <sub>2</sub>	Rayon. <sup>†</sup> solaire moyen Cal cm <sup>-2</sup> jour <sup>-1</sup> : G
JANVIER	1		165
	2		198
	3		219
	M		195
FEVRIER	1		250
	2		242
	3		232
	M		242
MARS	1		270
	2		308
	3		380
	M		321
AVRIL	1		420
	2		354
	3	3,18	455
	M		409
MAI	1	3,11	-
	2	2,53	456
	3	2,90	466
	M	2,85	
JUIN	1	2,63	652
	2	2,92	680
	3	2,77	672
	M	2,77	668
JUILLET	1	3,38	668
	2	3,77	669
	3	2,45	670
	M	3,17	669
AOÛT	1	1,96	634
	2	2,74	589
	3	2,42	508
	M	2,37	574
SEPTEMBRE	1	2,30	531
	2	2,71	471
	3	2,67	407
	M	2,56	470
OCTOBRE	1	2,82	359
	2	3,92	321
	3	2,34	321
	M	3,01	333
NOVEMBRE	1	(2,43)	231
	2	1,80	200
	3	2,32	221
	M	(2,17)	217
DECEMBRE	1	(2,67)	192
	2	1,78	203
	3	4,05	159
	M	(2,89)	185

VITESSE DU VENT

RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL

1981 Mois	Décade	Vitesse du vent à 2 m (ms) : U <sub>2</sub>	Rayon. <sup>†</sup> solaire moyen Cal cm <sup>-2</sup> jour <sup>-1</sup> : C
JANVIER	1	4,80	(153)
	2	4,27	(193)
	3	3,01	(186)
	M	4,00	(178)
FEVRIER	1	2,35	263
	2	2,15	233
	3	2,79	324
	M	2,40	270
MARS	1	1,85	356
	2	2,46	(343)
	3	2,53	404
	M	2,29	(370)
AVRIL	1	2,64	449
	2	2,51	450
	3	3,29	551
	M	2,82	483
MAI	1	3,15	493
	2	2,93	578
	3	(3,53)	585
	M	3,20	553
JUIN	1	2,55	(660)
	2	2,10	641
	3	2,48	545
	M	2,38	(615)
JUILLET	1	2,86	608
	2	3,94	601
	3	3,85	630
	M	3,56	613
AOUT	1	2,37	636
	2	2,09	569
	3	2,72	526
	M	2,40	575
SEPTEMBRE	1	2,15	486
	2	2,10	497
	3	3,24	440
	M	2,50	474
OCTOBRE	1	2,45	434
	2	2,27	396
	3	2,22	313
	M	2,31	378
NOVEMBRE	1	1,51	255
	2	2,08	239
	3	2,53	234
	M	2,04	243
DECEMBRE	1	2,46	194
	2	3,29	160
	3	2,60	196
	M	2,78	184

TEMPERATURE DU SOL

Mois	SOL NU		06 H T.U.		PELOUSE		06 H T.U.	
	- 0.1	- 0.2	- 0.5	- 1.0	- 0.1	- 0.2	- 0.5	- 1.0
1980								
DECEMBRE	7.5	9.1	11.5	13.7	9.4	10.2	11.9	13.9
1981								
JANVIER	7.0	8.0	9.9	11.5	8.0	9.0	10.2	11.8
FEVRIER	8.1	9.5	10.7	11.4	8.9	9.8	10.5	11.3
MARS	13.5	14.7	15.2	14.6	12.7	13.8	13.7	13.4
AVRIL	16.8	18.4	18.9	18.1	15.2	16.3	16.5	16.0
MAI	19.7	21.0	21.5	20.4	17.6	18.4	18.3	17.6
JUIN	25.2	26.7	26.9	25.0	22.0	21.9	21.5	20.3
JUILLET	26.3	27.3	28.6	27.1	22.0	22.9	22.7	21.8
AOUT	27.1	28.9	29.8	28.4	22.4	23.5	23.2	22.1
SEPTEMBRE	25.7	27.5	28.6	27.9	22.4	23.3	23.1	22.5
OCTOBRE	21.3	23.3	24.2	25.4	19.9	21.0	21.5	21.8
NOVEMBRE	14.0	15.9	18.2	19.9	14.8	15.9	17.3	18.6
DECEMBRE	10.9	12.1	14.1	15.7	12.2	13.1	14.1	15.8

PLUIE

MOIS	DECADE	1980		1981	
		Pluie à 1 m (mm)	Pluie au sol (mm)	Pluie à 1 m (mm)	Pluie au sol (mm)
JANVIER	1	40.6		19.2	23.1
	2	11.2		22.6	28.2
	3	6.4		20.9	21.0
	Total	58.2		62.7	72.3
FEVRIER	1	0		12.5	13.3
	2	14.8		18.2	18.1
	3	27.3		11.1	11.4
	Total	42.1		41.8	42.8
MARS	1	32.8		0	0
	2	13.3		17.2	18.1
	3	8.3		4.4	4.1
	Total	54.4		21.6	22.2
AVRIL	1	19.0		4.3	3.8
	2	17.1		24.7	25.3
	3	4.1		0	0
	Total	40.2		29.0	29.1
MAI	1	19.6		8.2	8.6
	2	17.3		14.0	14.2
	3	8.6		0	0
	Total	45.5		22.2	22.8
JUIN	1	4.9		0	0
	2	0		0	0
	3	0		6.6	5.9
	Total	4.9		6.6	6.9
JUILLET	1	0		0	0
	2	0		0	0
	3	0		0	0
	Total	0		0	0
AOÛT	1	0		0	0
	2	0		0	0
	3	16.3	16.8	0.2	T
	Total	16.3	16.8	0.2	T
SEPTEMBRE	1	0	0	1.4	0.8
	2	0.2	0	4.6	4.7
	3	3.4	3.5	5.4	6.0
	Total	3.6	3.5	11.4	11.5
OCTOBRE	1	10.7	10.8	0	0
	2	6.5	6.6	4.8	5.0
	3	12.7	12.6	18.3	19.2
	Total	29.9	30.0	23.1	24.2
NOVEMBRE	1	4.1	4.0	2.1	2.2
	2	12.4	12.7	1.2	1.3
	3	16.9	17.7	12.4	12.7
	Total	33.4	34.4	15.7	16.2
DECEMBRE	1	14.8	14.7	25.2	26.8
	2	107.0	116.2	8.0	8.8
	3	77.4	100.5	6.0	5.7
	Total	199.2	231.4	39.2	41.3
TOTAL ANNUEL		527.7		273.5	289.3

Du 1er septembre 1980 au 31 août 1981

Pluie à 1 m : 450.2

Pluie au sol : 495.4

EVAPORATION

MOIS	DECADE	PELOUSE			SOL NU	ABRI
		$E_r$ (mm)	$E_a$ (mm)	ETP (mm)	$E_r$ (mm)	$E_v$ (mm)
1980 JANVIER	1					
	2					
	3					25.0
	Total					
FEVRIER	1					33.5
	2					23.0
	3	12.9	17.9			14.7
	Total					71.2
MARS	1	24.6	30.2			31.7
	2	19.6	27.4			16.6
	3	37.9	49.5			36.0
	Total	82.1	107.1			84.3
AVRIL	1	39.7	46.6			37.4
	2	25.5	34.1		30.3	26.9
	3	41.1	50.9		44.0	40.4
	Total	106.3	131.6			104.7
MAI	1	41.9	66.8		50.7	46.4
	2	45.2	52.4		(48.1)	37.5
	3	60.5	75.7	48.8	62.2	53.6
	Total	147.6	192.9		(161)	137.5
JUIN	1	74.2	89.5	53.9	88.4	63.8
	2	87.2	(102.9)	67.7	101.1	81.0
	3	80.5	100.4	67.6	100.0	79.5
	Total	241.9	(292.8)	189.2	289.5	224.3
JUILLET	1	80.9	107.1	68.8	109.6	79.4
	2	82.6	109.3	66.8	110.6	92.5
	3	81.7	103.6	73.0	107.4	80.7
	Total	245.2	320.0	208.6	327.6	252.6
AOUT	1	79.1	102.4	69.0	102.2	87.6
	2	75.0	89.0	55.6	92.1	77.3
	3	65.9	90.2	57.2	89.3	83.4
	Total	220.0	281.6	181.8	283.6	248.3
SEPTEMBRE	1	56.7	70.7	44.7	75.8	54.7
	2	48.8	64.1	37.0	67.6	54.9
	3	42.4	57.0	26.1*	61.5	48.3
	Total	146.9	191.8	107.8*	204.9	157.9
OCTOBERE	1	35.8	44.7	26.2*	51.2	38.6
	2	41.2	54.4	28.2*	57.6	63.1
	3	29.8	-	17.9*	35.0	36.0
	Total	106.8	137.8)	72.3*	143.8	137.7
NOVEMBRE	1	28.0	38.2	17.3	37.4	47.5
	2	(18.0)	21.3	14.2	22.4	24.0
	3	23.9	25.2	12.9	29.0	28.8
	Total	69.9	84.7	44.4	88.8	100.3
DECEMBRE	1	15.3	17.2	13.3	13.1	25.0
	2	14.4	14.5	6.7	15.0	16.8
	3	(17.1)	(21.2)	10.5	(15.1)	33.2
	Total	43.8	52.9	30.5	43.2	75.0

EVAPORATION

MOIS	DECADE	PELOUSE			SOL NU	AÉRI
		E <sub>r</sub> (mm)	E <sub>a</sub> (mm)	ETP (mm)	E <sub>r</sub> (mm)	E <sub>v</sub> (mm)
1981 JANVIER	1	14.3	23.8	10.6	17.6	33.7
	2	18.2	30.7	12.4	21.5	36.3
	3	20.4	22.0	8.4*	17.0	30.1
	Total	52.9	76.5	31.4*	56.1	100.2
FÉVRIER	1	17.6	23.4	7.6*	16.2	24.2
	2	11.6	18.2	10.3*	15.8	19.5
	3	19.7	27.2	9.7*	20.1	22.6
	Total	49.1	68.8	27.6*	52.1	66.3
MARS	1	21.8	30.0	15.6*	25.6	20.4
	2	29.5	40.7	25.5	36.9	35.9
	3	35.0	52.9	28.8	48.3	39.1
	Total	86.3	123.6	69.9*	112.8	95.4
AVRIL	1	42.8	53.6	29.5	54.3	48.8
	2	37.7	45.8	33.4	50.8	30.3
	3	51.7	65.8	37.7	68.6	44.4
	Total	132.2	165.2	100.6	173.7	123.5
MAI	1	46.4	60.1	36.1	62.1	48.6
	2	56.7	78.9	40.2	79.4	63.2
	3	80.8	112.9	60.9	113.3	91.2
	Total	183.9	251.9	137.2	254.8	208.0
JUIN	1	74.7	96.8	54.4	99.4	62.6
	2	71.0	90.0	60.1	99.4	62.7
	3	50.8	74.3	47.7	80.3	55.0
	Total	196.5	261.1	162.2	279.1	180.3
JUILLET	1	72.9	108.2	57.2	111.6	78.2
	2	82.0	106.6	57.9	114.4	96.1
	3	95.6	132.8	70.7	130.6	111.7
	Total	250.5	347.6	185.8	356.6	286.0
AOÛT	1	84.0	113.7	64.9	115.2	92.0
	2	62.3	87.2	51.7	87.9	54.3
	3	65.6	94.1	54.1	93.6	70.3
	Total	211.9	301.0	170.8	296.7	216.6
SEPTEMBRE	1	54.4	72.2	40.3	79.2	58.0
	2	48.7	68.2	46.2	73.8	55.7
	3	53.3	73.1	38.6	76.4	63.2
	Total	156.4	213.5	125.1	229.4	176.9
OCTOBRE	1	46.5	67.7	40.1	68.5	63.3
	2	37.8	55.9	35.0	54.8	46.2
	3	32.2	39.8	21.5	44.0	36.7
	Total	116.5	163.4	96.6	167.3	146.2
NOVEMBRE	1	20.0	23.1	16.7	25.4	21.5
	2	20.7	27.8	14.1	27.8	30.0
	3	19.0	25.0	18.9	26.3	31.6
	Total	59.7	75.9	49.7	79.5	83.1
DÉCEMBRE	1	(14.6)	20.3	(15.9)	18.8	29.5
	2	(19.9)	26.1	(17.3)	23.2	44.6
	3	(19.5)	29.9	(17.8)	26.5	45.8
	Total	(54.0)	76.3	(51.0)	68.5	119.9
TOTAL 1981		1550	2125	1209*	2127	1802

\* Valeurs par défaut - 1980 : gazon coupé ras dans l'évapotranspiromètre  
 1981 : herbe de la pelouse gelée

TEMPERATURE DE L'EAU DES BACS

MOIS	6 H T.U.			12 H T.U.		
	PELOUSE		SOL NU	PELOUSE		SOL NU
	Bac ORSTOM	Bac Classe A	Bac ORSTOM	Bac ORSTOM	Bac Classe A	Bac ORSTOM
<u>1980</u>						
MARS	11.7	8.9				
AVRIL	13.2	10.2				
MAI	16.8	14.2	16.9			
JUIN	20.5	17.6	21.4			
JUILLET	21.9	18.3	22.9	28.2	29.8	28.4
AOUT	23.0	19.6	24.3	29.4	30.1	28.6
SEPTEMBRE	21.3	17.4	22.5	28.7	28.4	27.6
OCTOBRE	16.9	(14.0)	17.2	22.8	(23.0)	21.8
NOVEMBRE	13.8	11.1	14.0	18.0	17.7	(17.9)
DECEMBRE	8.4	5.6	7.7	11.2	11.1	10.9
<u>1981</u>						
JANVIER	7.6	5.7	6.5	9.4	10.0	9.0
FEVRIER	8.8	6.7	8.8	13.0	13.4	13.0
MARS	12.9	10.5	13.2	18.8	19.5	18.1
AVRIL	15.3	12.6	15.7	21.7	21.9	21.6
MAI	17.4	14.7	18.0	23.7	25.0	23.5
JUIN	21.1	18.5	22.5	27.8	29.5	27.6
JUILLET	21.6	18.8	22.8	26.8	29.7	27.2
AOUT	22.1	18.8	23.5	28.5	30.6	28.9
SEPTEMBRE	22.0	18.9	22.7	27.6	29.1	28.4
OCTOBRE	18.5	15.7	18.9	24.2	25.1	24.6
NOVEMBRE	12.8	9.7	12.8	17.4	17.3	17.7
DECEMBRE	(10.9)	9.0	10.5	(13.3)	14.7	14.0

## ANNEXE II

### Bases du calcul de la formule de PENMAN

#### Rayonnement net : $R_n$

$$R_n = G(1-a) - L$$

$$L = 0,95 \sigma \bar{T}_a^4 (0,4 + 0,05 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 SS/SS_0)$$

$$a = \text{albedo}$$

$$\bar{T}_a = \text{Température moyenne de l'air en } ^\circ\text{K}$$

$$e_d = \text{millibars}$$

$$SS = \text{durée d'insolation}$$

$$SS_0 = \text{durée du jour}$$

$$0,95 = \text{représente l'émissivité}$$

$$SS/SS_0 = \text{est obtenu ici à partir de la relation}$$

$$G/G_{\max} \approx 0,69 SS/SS_{\max} + 0,31 \quad (\text{RIOU 1979})$$

soit comme  $SS_{\max}$  est peu différent de  $0,92 SS_0$ ,

$$SS/SS_0 = 1,33 (G/G_{\max} - 0,31)$$

a est pris égal à 0,23 pour la pelouse et à 0,05 pour l'eau

Toutes les valeurs en  $\text{cal cm}^{-2} \text{ jour}^{-1}$  sont converties en  $\text{mm jour}^{-1}$

en divisant par 59.

#### Terme $E_a$

$$E_a = |0,11 \bar{U}_2 + 0,17 (d_j/12)| (\bar{e}_a - \bar{e}_d) \text{ mm jour}^{-1}$$

$$\bar{U}_2 = \text{m/s}$$

$$\bar{e}_d, \bar{e}_a = \text{millibars}$$

$\bar{e}_a$  est la pression de vapeur d'eau saturante à la température moyenne

$$\text{de l'air } \bar{e}_a = 1/2 (\bar{e}_n + \bar{e}_x)$$



Calcul de  $E_p$  ou  $ETP_p$

$$E_p = \frac{\Delta R_n + \gamma' E_a}{\Delta + \gamma'}$$

$\Delta$  = pente de la courbe des pressions de vapeur d'eau saturante en fonction de la température pour  $\bar{\theta}_a$

$$\gamma' = \gamma + 0,19 / f(u) \quad (\text{millibars } ^\circ\text{C}^{-1})$$

$$f(u) = 0,11 \bar{U}_2 + 0,17 (d_j/12)$$

$\gamma$  = constante psychrométrique