

Une formule empirique simple pour estimer l'évapotranspiration potentielle moyenne en Tunisie

Ch. RIOU

Directeur de Recherches ORSTOM,
Mission ORSTOM en Tunisie,
Institut National Agronomique de Tunisie

RÉSUMÉ

Quand il est nécessaire de disposer de valeurs moyennes interannuelles de l'E.T.P. (projets d'irrigation, indices d'aridité) et que les données climatologiques sont insuffisantes, il est possible en Tunisie (excepté actuellement pour les stations situées en altitude) d'utiliser une formule empirique simple ne faisant intervenir que la température maximale.

L'auteur justifie cette formule par la bonne corrélation entre le rayonnement solaire global et la température maximale quand le déphasage entre ces deux éléments est pris en compte.

ABSTRACT

This paper deals with a simple empiric formula for estimating potential evapotranspiration in Tunisia.

When it is necessary to estimate mean potential evapotranspiration with inadequate meteorological informations, the use of an empirical formula with maximum temperature only, is possible in Tunisia (except for highland stations).

Good correlation between solar radiation and maximum temperature can explain this approximate method.

De nombreux projets hydroagricoles nécessitent la connaissance des besoins en eau des plantes. Il suffit souvent dans ce cas de disposer de valeurs approchées moyennes servant de point de départ à des calculs variés tenant compte des espèces cultivées, de leur durée d'occupation du sol, etc.

Par ailleurs, décrivant les climats de la Tunisie, et tenant compte des bilans hydriques, les géographes souhaitent disposer d'indices traduisant correctement les déficits hydriques des régions étudiées.

Il est bien évident que les spécialistes ont à leur disposition actuellement des expressions analytiques tout à fait satisfaisantes pour répondre à ces demandes, et en premier lieu la remarquable formule de Penman qui grâce à quelques approximations justifiées et quelques coefficients empiriques soigneusement déterminés fournit en tous lieux de bonnes estimations de l'évapotranspiration potentielle ; en contrepartie de sa précision, cette formule comporte un assez grand nombre de paramètres : température moyenne de l'air, pression de vapeur d'eau, durée d'insolation, rayonnement global, vitesse du vent ; ces paramètres ne sont évidemment pas disponibles en tous les points de l'espace et leur estimation reste alors l'affaire de climatologues avertis. Ceci explique l'usage encore fréquent de fonctions empiriques d'un petit nombre d'éléments du climat pour estimer l'ETP.

Sacrifiant à cet usage, nous nous proposons donc d'établir une formule empirique simple permettant une évaluation souvent suffisante de l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle, en insistant dès le départ sur quelques restrictions.

1. LIMITES D'APPLICATION DE LA FORMULE PROPOSÉE

Comme la plupart des formules empiriques, celle qui est présentée ici se justifie par une bonne corrélation entre des données mesurées et une fonction d'éléments climatiques ; il s'agit de moyennes *interannuelles*, et il n'y a donc pas lieu d'appliquer nos résultats à une année particulière. D'autre part, utiliser la formule hors des zones climatiques où les corrélations se sont révélées être satisfaisantes, présente un risque certain.

En Tunisie, les mesures de référence proviennent essentiellement des stations de Tunis et Gabès, qui ont malgré leur distance des climats assez proches influencés par la mer ; les données de la station d'Avignon ont confirmé la formule proposée, qui doit donc convenir à la zone méditerranéenne sous influence maritime. Pour les stations continentales, l'absence de mesures (mises à part quelques années de mesure à Ksar Rhilane, dans le sud tunisien) ne permet qu'une comparaison entre les résultats de la formule de Penman et ceux que nous proposons ; cette comparaison est positive.

Cette même formule avait été mentionnée pour les climats de l'Afrique Centrale (Ch. RIOU, 1975), ce qui étend évidemment son aire d'application, mais il reste évidemment à la confirmer en multipliant les comparaisons avec des valeurs mesurées ou soigneusement calculées.

Comme nous le verrons par la suite, l'ETP est obtenue ici à partir des seuls renseignements sur la température ; nous avons eu un illustre prédécesseur en la personne de Thornthwaite qu'on peut qualifier « d'inventeur » de l'ETP, et dont la première formule (1948) se fondait exclusivement sur la température moyenne ; cette formule a eu moins de succès que le reste des travaux de l'auteur, car elle est souvent fort imprécise ; c'est le cas notamment en zone méditerranéenne. Nous verrons également qu'ici la fonction température ne fait que traduire l'influence du rayonnement solaire global, d'où l'autre restriction à l'application de la formule présente : telle qu'elle est présentée, elle ne peut être utilisée pour des stations où l'altitude modifie profondément la température et donc sa relation avec le rayonnement solaire. Faute de mesures de l'ETP en altitude, il ne nous est pas possible de préciser dans ce cas les coefficients de l'équation proposée. Ceci bien établi, la genèse de la formule va nous renseigner sur son degré de validité.

2. TEMPÉRATURES MAXIMALES ET RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL

On peut concevoir la température comme un élément qui « traduit » une succession d'états d'équilibre entre différents flux énergétiques : rayonnements du soleil, de l'atmosphère, du sol, flux de chaleur sensible et latente ; le rayonnement solaire, énergie originelle joue évidemment ici le rôle majeur et comme on pouvait s'y attendre, il y a une relation étroite entre l'énergie solaire et la température de l'air, et en particulier, entre le rayonnement global moyen mensuel et la température maximum moyenne du mois. Cette relation n'apparaît cependant avec clarté que si l'on utilise les moyennes interannuelles, les éléments du climat jouant ici un rôle secondaire (vent, humidité, nébulosité, etc.) perdant alors de leur importance ; dans ce cas, les valeurs du rayonnement global interannuel se répartissent selon une sinusoïde presque parfaite, de même que la température maximum moyenne avec un retard d'un mois sur le précédent. Cette répartition est à peu près valable partout, sauf quand on se rapproche de l'équateur, le rayonnement solaire global y passant par deux maximums au moment des équinoxes et la mousson influençant la température (Ch. RIOU, 1975).

Ce déphasage peut-il être expliqué ? L'étude théorique du flux de chaleur dans le sol nous indique qu'il y a un retard d'un huitième de période entre le flux de chaleur et la température de surface, soit d'un mois et demi pour le cycle annuel. On peut admettre que le flux de chaleur du sol étant, lui, à peu près en phase avec le rayonnement solaire, la température de l'air mesurée au-dessus du sol se trouve ainsi en retard sur le rayonnement. Quoi qu'il en soit, il est donc possible de comparer le rayonnement solaire global moyen G_n d'un mois et la température maximum moyenne du mois suivant θ_{n+1}^x , en utilisant les moyennes interannuelles.

Cette comparaison a été faite en Tunisie, à partir des valeurs fournies par l'Institut de la Météorologie qui dispose de mesures du rayonnement global à Tunis, Jendouba, Kairouan, Gafsa, Sfax, Gabès et Djerba : Même si ces mesures ne sont réellement précises qu'à Tunis, elles nous permettent d'évaluer approximativement le degré de liaison entre les deux éléments. Pour la température maximum interannuelle, nous avons considéré la plus longue série possible, de même que pour le rayonnement solaire global, même si ces séries ne correspondent pas à des périodes identiques.

Les résultats sont les suivants : (G en $\text{cal/cm}^{-2}/\text{jour}^{-1}$) :

Station	Equation de régression	Coefficient de corrélation
Tunis	$\theta_{n+1}^x = 0,0384 G_n + 7,04$	0,995
Jendouba	$\theta_{n+1}^x = 0,0575 G_n + 5,58$	0,994
Kairouan	$\theta_{n+1}^x = 0,0525 G_n + 3,69$	0,988
Gafsa	$\theta_{n+1}^x = 0,0569 G_n + 1,31$	0,988
Sfax	$\theta_{n+1}^x = 0,0371 G_n + 6,36$	0,983
Gabès	$\theta_{n+1}^x = 0,0388 G_n + 6,63$	0,987
Djerba	$\theta_{n+1}^x = 0,0396 G_n + 6,03$	0,978

Ce sont là de bons niveaux de corrélation et l'on voit immédiatement qu'apparaissent deux catégories de stations :

Tunis, Sfax, Gabès, Djerba, pour lesquelles le coefficient de G_n varie entre 0,0371 et 0,0396, et Jendouba, Kairouan, Gafsa où ce même coefficient passe de 0,0525 à 0,0575.

Il est bien évident que ce coefficient qui exprime le rapport $C = \frac{\Delta\theta^x}{\Delta G}$ est lié au degré de continentalité et pourrait le traduire, s'il était choisi comme indice ; il permet d'estimer ici qu'une augmentation de 100 cal/cm⁻²/jour⁻¹ entraîne au bord de la mer une augmentation de la température maximum d'environ 3° 8 ; à l'intérieur cette augmentation varie de 5° 2 à 5° 8, « l'effet tampon » de la mer y jouant un rôle beaucoup plus faible, sinon nul. La constante b de l'équation de régression est telle qu'on a :

$$\bar{\theta}^x = a\bar{G} + b$$

Pour des valeurs proches de a, la constante b indique donc le « niveau local » de la température maximum ; plus b est grand, plus la température maximum est alors élevée, pour une même valeur de G. Pour les stations maritimes les valeurs de b sont très proches (6 à 7°). Pour les stations continentales, b est plus variable, Gafsa est une station qui semble relativement plus « froide » que Jendouba, encore que ceci ne peut être affirmé que si l'on dispose de mesures précises du rayonnement solaire.

Si l'on avait recherché des corrélations entre G et les températures moyennes, elles auraient également été satisfaisantes avec un même déphasage d'un mois ; la température maximum, résultat des échanges énergétiques diurnes, nous a paru à ce titre devoir être préférée à la température moyenne de l'air, pour être corrélée à l'énergie solaire ou à l'évaporation ; rappelons d'ailleurs que la température moyenne n'est pas le résultat d'une mesure, mais d'un calcul conventionnel.

Ces niveaux de corrélation très satisfaisants entre la température maximum et le rayonnement solaire nous suggèrent évidemment, en l'absence de mesures de ce dernier élément, d'adopter la température maximum comme paramètre de remplacement.

3. ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL

De nombreuses formules empiriques servant à estimer l'ETP ont utilisé le rayonnement solaire global ; citons entre autres les formules de :

$$\left. \begin{array}{l} \text{WALKER : } \text{ETP} = 0,8 \frac{G\Delta}{(\Delta + \gamma)} \\ \text{MAKKINK : } \text{ETP} = 0,61 \frac{G\Delta}{(\Delta + \gamma)} - 0,12 \end{array} \right\} \text{ (G et ETP en mm/jour)}$$

$$\text{TURC : } \left. \begin{array}{l} \text{ETP en mm/mois} \\ \text{G en cal/cm}^{-2}\text{/jour}^{-1} \end{array} \right\} \text{ETP} = 0,40 \bar{\theta} (G + 50) / (\bar{\theta} + 15)$$

La première a été établie aux Pays-Bas, la deuxième en Afrique de l'Ouest, la troisième s'appuie sur des résultats obtenus sous des climats variés.

Δ ici représente de $(\theta)/d\theta$, dérivée de la fonction pression de vapeur d'eau saturante par rapport à la température,

γ est la constante psychrométrique.

Ces formules indiquent toutes les trois que l'ETP mensuelle peut être obtenue en multipliant le rayonnement solaire global par un coefficient variable, fonction de la température, puisque Δ augmente avec cette dernière ; on peut les mettre toutes les trois sous une forme générale :

$$ETP = \Delta(\theta) G + B \quad (1) \text{ où } B \text{ est pratiquement une constante.}$$

Ces formules indiquent également que le coefficient A augmente avec la température. Ce résultat a été confirmé partout ; entre la zone équatoriale et l'Afrique sahélienne, le coefficient ETP/G passe par exemple de 0,45 à 0,7 (en saison chaude et sèche) (Ch. RIU, 1975).

Une des conclusions immédiates que l'on peut tirer si l'on raisonne sur les moyennes interannuelles, c'est que G étant lui-même une fonction linéaire de la température, il doit être possible d'établir une relation étroite entre l'ETP et la température.

4. RELATIONS ENTRE L'ETP ET LA TEMPÉRATURE MAXIMUM — DÉPHASAGE

La relation se complique un peu, du fait du déphasage d'un mois, mis en évidence, entre G et θ^{\times} .

L'évapotranspiration potentielle est une fonction assez complexe, puisqu'elle met en jeu des éléments climatiques nombreux. Un examen attentif des données en zone méditerranéenne nous montre qu'il existe un déphasage entre l'ETP et le rayonnement solaire global (fig. 1).

Ce déphasage est d'environ 10 jours ; il faut donc comparer ETP_n d'un mois de rang n , à $(2 G_n + G_{n-1})/3$, où G_{n-1} est le rayonnement global du mois de rang $n-1$ (fig. 2) ; il s'agit encore ici, répétons-le, de valeurs moyennes interannuelles.

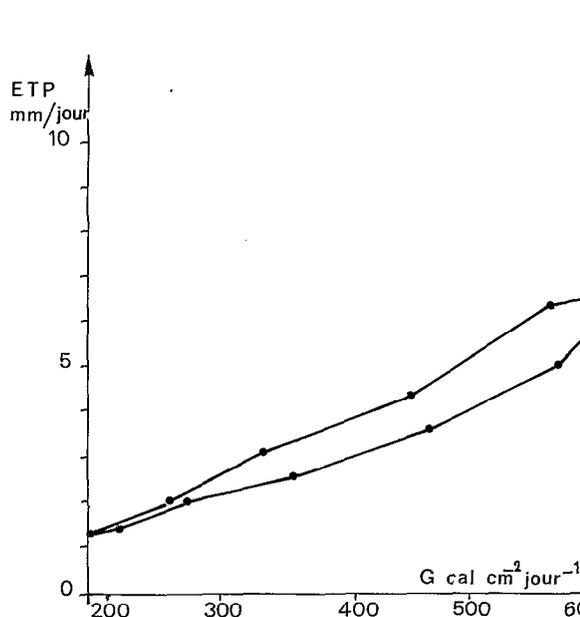


Fig. 1. — $ETP_n = f(G_n)$

ETP et rayonnement solaire global
Tunis 1964-1973

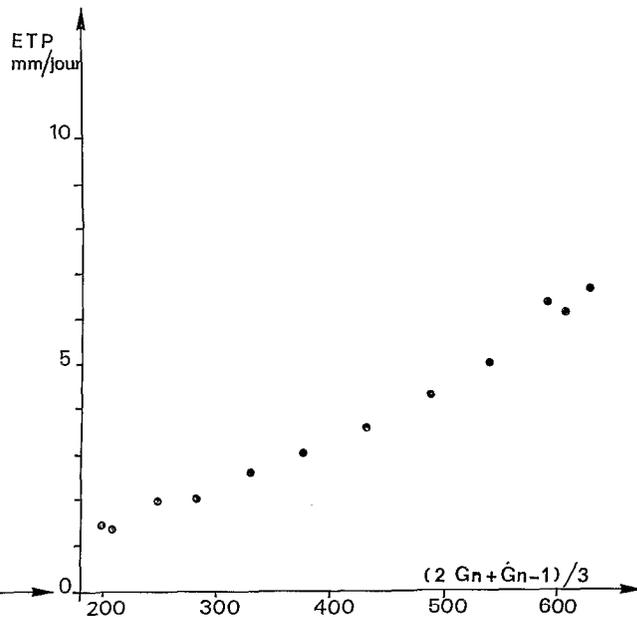


Fig. 2. — $ETP_n = f[(2 G_n + G_{n-1})/3]$

(1) Dans le cas de la formule de TURC, B est légèrement variable passant de 8 pour $\theta = 10^\circ$ à 12 pour $\theta = 25^\circ$.

L'ETP de rang n est donc en avance d'environ 20 jours sur la température maximum, soit en phase avec $(2 \theta_{n+1}^x + \theta_n^x)/3$ et ce sont ces valeurs que l'on doit comparer. On peut remarquer d'ailleurs que ce déphasage est introduit dans la formule de Turc par l'intermédiaire des deux paramètres associés, G et $\bar{\theta}$.

Les corrélations établies à partir des moyennes interannuelles entre $(\theta_n^x + 2\theta_{n+1}^x)/3 = \theta_*$ et ETP_n , ont été effectuées pour les stations suivantes :

Tunis	ETP en mm/jour, mesurée (1959-1972), ETP = 0,313 θ_* — 3,42	θ_* : calculée d'après les normales de température coefficient de corrélation r = 0,995
Gabès	ETP mesurée (1961-1973), ETP = 0,304 θ_* — 3,50	θ_* : normales coefficient de corrélation r = 0,989
Avignon	ETP mesurée (1972-1975), ETP = 0,310 θ_* — 2,73	θ_* : (1972-1975) r = 0,987
Ksar rhilane (sud tunisien)	ETP mesurée (1961-1967) ETP = 0,315 θ_* — 3,97	θ_* : mêmes périodes r = 0,992
(Bizerte)	ETP calculée par la formule de Penman ETP = 0,320 θ_* — 3,74	θ_* : normales r = 0,989
(Kairouan)	ETP Penman ETP = 0,291 θ_* — 3,29	θ_* : normales r = 0,997
(Gafsa)	ETP Penman (1) ETP = 0,303 θ_* — 3,06 (2) ETP = 0,28 θ_* — 2,72	θ_* : normales r = 0,995 r = 0,997

Avec deux hypothèses différentes sur la vitesse du vent.

Rappelons qu'en Afrique centrale nous avons trouvé (mais ici sans qu'il y ait lieu de faire intervenir de déphasage, la relation entre G et θ étant différente, ainsi qu'il est dit dans le paragraphe précédent) :

Boi (lac Tchad)	} zone sahélienne	ETP = 0,30 θ^x — 4,6
Ndjamena		ETP = 0,30 θ^x — 5,5
Zone équatoriale et tropicale humide		ETP = 0,30 θ^x — 5,9

Si l'on tient compte uniquement des comparaisons effectuées avec les mesures, on constate pour les quatre stations une excellente corrélation entre ETP et θ_* , de la forme $ETP = a\theta_* - b$, avec un coefficient a pratiquement constant (0,304 à 0,315). On retrouve ce coefficient quand on utilise les données qui fournissent la formule de Penman : ($\bar{a} = 0,305$) ; il est de plus très proche de celui que nous avons proposé en Afrique centrale.

Le coefficient b varie avec la latitude ; il est de 2,73 à Avignon, peu variable en Tunisie (maximum dans le sud) et continue à augmenter quand on se rapproche de l'équateur.

Sans qu'il y ait de vérifications expérimentales, on peut affirmer qu'il varie également avec l'altitude, l'ETP étant plus sensible au rayonnement solaire qu'à la température, ce qui doit entraîner une diminution de b pour les stations de montagne (un essai effectué à Kasserine, mais avec quatre années de mesure seulement pour ETP et θ_* , a fourni $ETP = 0,28 \theta_* - 1,98$ avec $r = 0,965$).

Valeurs de b avec $ETP = 0,31 \theta_* - b$

Adoptant, pour des raisons pratiques, un même coefficient $a = 0,31$, et modifiant légèrement les relations établies statistiquement, on trouve :

Tunis	ETP = 0,31 θ_* — 3,35
Gabès	ETP = 0,31 θ_* — 3,64
Avignon	ETP = 0,31 θ_* — 2,73
Ksar rhilane	ETP = 0,31 θ_* — 3,83
Bizerte	ETP = 0,31 θ_* — 3,51
Kairouan	ETP = 0,31 θ_* — 3,77
Gafsa	ETP = 0,31 θ_* — 3,47

5. FORMULE PRATIQUE PROPOSÉE

Après avoir adopté un même coefficient $a = 0,31$ pour toutes les stations, il reste pour maintenir la précision précédente à affecter un coefficient b particulier à chaque station ; ces coefficients sont cependant peu variables puisqu'ils passent de 3,35 à Tunis à 3,83 dans le sud tunisien.

Pour tenir compte de la latitude, un ajustement linéaire nous indique qu'on peut prendre pour b la valeur

$$b = 7,1 - 0,1 \Phi$$

où Φ est la latitude en degrés et dixièmes. Cette approximation n'est évidemment valable que dans la zone étudiée, soit entre 30 et 45° de latitude. Avec cette estimation, on trouve :

Stations	b calculé
Tunis	3,42
Gabès	3,71
Avignon	2,70
Ksar rhilane	3,79
(Bizerte)	(3,39)
(Kairouan)	(3,53)
(Gafsa)	(3,66)

Le coefficient b ainsi calculé s'ajuste bien pour les stations maritimes et pour le sud tunisien. En fait, le vent n'est évidemment pas ici pris en compte, bien qu'il joue un rôle important dans le déterminisme de l'évaporation, et particulièrement en Tunisie, où de fortes vitesses de vent sont fréquentes. On adoptera donc la règle suivante :

Stations où le vent est important : $b = 7,1 - 0,1 \Phi$ avec Φ en degrés et dixièmes (1)

Stations abritées : ajouter 0,2 (0,1 à 0,3) à b , ou $b = 7,3 - 0,1 \Phi$ (2)

En général, en Tunisie, b peut être obtenu par la formule (1) pour les stations maritimes et le sud tunisien ; aux stations de l'intérieur dans la moitié nord du pays, il vaut mieux appliquer la formule (2). Pour les stations situées en altitude, il n'est pas actuellement possible de proposer une correction.

6. RÉSUMÉ — VÉRIFICATION DE LA FORMULE

La méthode de calcul de l'ETP est finalement très simple :

(1) Calculer pour le mois de rang n , $\theta_* = (\theta_n^x + 2\theta_{n+1}^x)/3$ où θ_n^x est la température maximum moyenne inter-annuelle du mois n .

(2) Calculer $b = 7,1 - 0,1 \Phi$, où Φ est la latitude en degrés et dixièmes.

(3) Ajouter 0,2 (0,1 à 0,3) à b , si la station est relativement abritée du vent.

(4) Calculer ETP_n d'un mois de rang n , par $ETP_n = 0,31 (\theta_n^x + 2\theta_{n+1}^x)/3 - b$.

Exemple

Tunis $\Phi = 36,8^\circ$ $a = 7,1 - 3,68 = 3,42$ Pas de correction.

Janvier : $\theta^x = 14 . 8$ °C

Février : $\theta^x = 15 . 8$ °C

$\theta_* = [14 . 8 + (2 \times 15 . 8)]/3 = 15 . 47$

ETP janvier = $0,31 \times 15 . 47 - 3,42 = 1,38$ mm/jour

ETP janvier = $1,38 \times 31 = 43$ mm/mois

COMPARAISON DES VALEURS CALCULÉES DE L'ETP ET DES RÉSULTATS DE MESURES

TUNIS	ETP mesurée 1959-1972			θ_* : normales									
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
ETP calculée mm/mois	43	53	81	110	155	182	199	184	141	102	59	40	1 349
ETP mesurée mm/mois	44	56	82	115	153	180	211	192	134	95	61	46	1 369

GABÈS	ETP mesurée 1964-1972			θ_* : normales $\Phi = 33,9^\circ$ $a = 3,71$									
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
ETP calculée mm/mois	51	67	97	120	149	173	195	183	149	111	63	42	1 400
ETP mesurée mm/mois	55	61	98	130	155	175	199	189	137	102	72	52	1 425

AVIGNON	ETP mesurée 1972-1975			θ_* : 1972-1975 (4 années seulement) $\Phi = 44^\circ$ $a = 2,70$									
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
ETP calculée mm/mois	24	40	69	105	144	172	186	156	98	58	24	17	1 093
ETP mesurée mm/mois	27	34	55	91	142	161	198	165	91	56	32	22	1 074

7. ESTIMATION DE L'ETP ANNUELLE POUR DIFFÉRENTES STATIONS EN TUNISIE

Elle a été effectuée, à partir des valeurs de la température moyenne maximum mensuelle fournies par l'Institut météorologique, dans « Climatologie de la Tunisie : normales et statistiques diverses ».

L'ETP annuelle peut être calculée par la formule précédente, directement à partir de la température moyenne annuelle des maximums, puisqu'on a :

$$\Sigma \text{ETP}_n = 0,31/3 \Sigma (\theta_n^{\text{X}} + 2 \theta_{n+1}^{\text{X}}) - b$$

soit :

$$\text{ETP}_{\text{an}} = 0,31 \bar{\theta}_{\text{an}}^{\text{X}} - b$$

Station	Latitude $\bar{\Phi}$ degrés et dixièmes	$7,1 - 0,1 \bar{\Phi}$	Correction	b	$\bar{\theta}^*$	ETP annuelle calculée (en mm)
Ain Draham	36,8	3,42	? 739 m	?	19,35	—
Tabarka	36,9	3,41	—	3,41	22,69	1 323
El Feidja			? 700 m	?	17,91	—
Beja	36,7	3,43	0,2	3,63	23,87	1 376
Bizerte	37,2	3,38	—	3,38	22,54	1 317
Medjez el Bab	36,6	3,44	0,2	3,64	24,34	1 425
Kelibia	36,8	3,42	—	3,42	22,94	1 347
Tunis	36,8	3,42	—	3,42	22,89	1 342
Slimane	36,7	3,43	—	3,43	23,29	1 383
Grombalia	36,6	3,44	0,1	3,54	23,37	1 352
Zaghouan	36,4	3,46	0,1	3,56	22,42	1 237
Jendouba	36,5	3,45	0,3	3,75	24,94	1 453
Zaouem	36,6	3,44	0,3	3,74	25,52	1 522
Thibar	36,5	3,45	0,2	3,65	23,43	1 319
Teboursouk	36,5	3,45	410 m	3,45	22,13	(1 245)
Le Kef	36,2	3,48	? 665 m	?	21,84	—
Makthar	35,9	3,51	? 937 m	?	19,96	—
Thala	35,6	3,54	? 1 020 m	?	21,38	—
Sousse	35,7	3,53	—	3,53	23,01	1 315
El Djem	35,3	3,57	0,2	3,77	25,78	1 541
Sfax	34,7	3,63	—	3,63	23,55	1 340
Kairouan	35,7	3,53	0,3	3,63	26,37	1 586
Gafsa	34,4	3,66	—	3,66	25,97	1 603
Metlaoui	34,3	3,67	—	3,67	26,32	1 639
Tozeur	33,9	3,71	—	3,71	27,86	1 798
Gabès	33,9	3,71	—	3,71	24,32	1 398
Djerba	33,9	3,71	—	3,71	24,68	1 438
Ben Gardane	33,1	3,79	—	3,79	27,02	1 674
Matmata	33,5	3,75	441 m	3,75	24,09	(1 357)
Médénine	33,3	3,77	—	3,77	27,02	1 681
Remada	32,3	3,87	—	3,87	27,10	1 654
Kebili	33,7	3,73	—	3,73	28,93	1 912
Tataouine	32,4	3,86	—	3,86	27,47	1 699

8. CONCLUSION

Dans le but essentiellement pratique de fournir des valeurs moyennes de besoins en eau des plantes, quand les données climatiques manquent, ou de permettre un classement rapide des climats locaux, nous proposons ici une formule simple, nécessitant uniquement la connaissance de la température maximum moyenne interannuelle du mois. Cette formule a fourni des valeurs calculées très proches des mesures effectuées dans les quelques stations méditerranéennes à notre disposition ; elle ne devrait pas entraîner de grosses erreurs d'estimation de l'ETP mensuelle, sauf en altitude où nous la déconseillons actuellement en attendant de pouvoir préciser les coefficients à adopter dans ce cas.

Il est bien évident que lorsque les données climatiques nécessaires sont disponibles, cette formule ne doit pas se substituer à la formule de Penman qui, elle, s'appuie sur une analyse physique de l'évaporation.

9. BIBLIOGRAPHIE

- BALDY (Ch.), COINTEPAS (J.-P. et POUGET (J.-M.) – 1967 – Parcelle d'essai de Ksar rhilane. Résultats de quinze années d'essais.
- DAMAGNEZ (J.), RIOU (Ch.), DE VILLELE (O.) et EL AMAMI (S.) – 1963 – Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie. *L'eau et la production végétale*, INRA, Paris.
- INSTITUT NATIONAL DE LA MÉTÉOROLOGIE TUNISIENNE – 1967 – Climatologie de la Tunisie. Normales et statistiques diverses. — Bulletins du rayonnement solaire.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DE TUNISIE – Résultats des mesures d'ETP.
- RIOU (Ch.) – 1975 – La détermination pratique de l'évaporation. — Application à l'Afrique centrale. *Mémoire ORSTOM*, n° 80.
- THORNTHWAITE (C. W.) – 1948 – An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.*, Vol. 38.
- TURC (L.) – 1961 – Evaluation des besoins en eau d'irrigation — Evapotranspiration potentielle. *Annales agronomiques*, vol. 12, n° 1.
- WALKER (H. O.) – 1956 – Evaporation. *J. West Afr. Sci. Ass.* 2.

Je remercie M. O. de VILLELE de la Station de Bioclimatologie de l'INRA à Montfavet, qui a bien voulu me communiquer les résultats des mesures effectuées sur cette station.