



BRGM

BUREAU de RECHERCHES
GEOLOGIQUES & MINIERES

74 rue de la Fédération
PARIS (15°)

Direction Scientifique
Département Géologie
Service d'Hydrogéologie

NOTE POUR LE CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ETp.

Méthode de L. TURC

par

M. LALEYE

INTRODUCTION.

L'ETp d'après L. TURC, correspond à la double hypothèse du maintien du taux d'humidité du sol à une valeur très voisine de sa capacité de rétention et d'un développement végétatif optimum. L'évapotranspiration réelle est $\ll$ à ETp.

Sous climat humide équatorial dans la région couverte par la forêt, l'ETp diffère peu de l'évapotranspiration réelle.

Plusieurs formules de calcul sont proposées. Nous exposerons ici la formule simplifiée de L. TURC établie à la suite de nombreuses expériences sur cases lysimétriques et d'analyses de bilan hydrologiques, de multiples bassins dans le monde entier.

1. Formule simplifiée de L. TURC.

$$(1) \quad \text{ETp mm/10 jours} = 0,13 \times \frac{t}{t+15} \quad (I_g + 50)$$

$$(2) \quad \text{ETp mm/mois} = 0,40 \times \frac{t}{t+15} \quad (I_g + 50)$$

t : température moyenne de l'air sous abri, pendant la période considéré, en °C.

I_g: radiation globale moyenne en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour, pendant ce mois.

(Pour le mois de février, remplacer le coefficient 0,40 par 0,37 dans la formule (2)).

Cette formule suppose que l'atmosphère n'est pas très sèche (humidité relative mensuelle supérieure à 50%).

Si l'humidité relative mensuelle h.r. est inférieure à 50%, on ajoute un terme correctif égal à $0,40 \frac{t}{t+15} (I_g+50) \frac{50-h.r.}{70}$. Le calcul se fait alors uniquement par mois et la formule devient:

$$(3) \text{ ETp mm/mois} = 0,40 \frac{t}{t+15} (I_g + 50) \left(1 + \frac{50-h.r.}{70}\right)$$

h.r. : humidité relative moyenne pendant le mois considéré, exprimée en %:

Les données de base nécessaires sont t et I_g .

t : se trouve dans les publications météorologiques.

I_g : peut être mesuré directement mais, le plus souvent, il doit être calculé au préalable.

Calcul de la radiation globale I_g .

Quand on connaît la durée d'insolation h dans le mois, on peut évaluer I_g par la formule:

$$I_g = I_{gA} \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H}\right) \quad (4)$$

I_{gA} : Energie de radiation qui atteindrait le sol si l'atmosphère n'existait pas, exprimée en petites calories/cm² de surface horizontale pour le mois considéré.

h/H : Insolation relative

H : durée astronomique du jour.

h : durée d'insolation mesurée, en principe, à l'héliographe Campbell-Stokes (l'appareil de Jordan donne des valeurs à peu près équivalentes).

Les valeurs astronomiques I_{gA} et H sont indiquées aux annexes I et II.

Remarques: La relation (4), empirique comme toutes les formules

ci-dessus, a été ajustée à partir de la formule

$$I_g = I_{gA} \left(a + b \frac{h}{H}\right), \text{ car il existe une corrélation}$$

linéaire très étroite entre les valeurs mensuelles I_g/I_{g_A} et h/H . On a établi la régression linéaire de I_g/I_{g_A} en h/H pour les stations françaises de Versailles, St-Maur et Nice.

$$I_g/I_{g_A} = a + b h/H$$

Les valeurs adoptées $a = 0,18$ et $b = 0,62$, bien ajustées pour la France, semblent convenir pour Tamanrasset, Dakar et ont été éprouvées favorablement pour d'autres stations africaines.

On peut, semble-t-il, employer cette formule pour l'Afrique mais il faudrait comparer les valeurs calculées pour I_g avec les valeurs données par les stations les plus proches de la région étudiée.

Bibliographie: L. TURC Annales Agronomiques 1961, 12
13-49.

"Evaluation des besoins en eau d'irrigation,
Evapotranspiration potentielle"

2. Abaque de HLAVEK pour le calcul de ETP selon la formule de TURC.

Le mode d'emploi ci-dessous est extrait du n° 60 du Bulletin Technique du Génie Rural, p. 14-19.

Cet abaque nous permet d'éviter les calculs ci-dessus pour ETP.

Les formules employées sont:

Pour ETP (2) si $h.r. \geq 50\%$ et (3) pour $h.r. \leq 50\%$

Pour I_g , on a utilisé la relation (4).

A. Première méthode:

Construction avec introduction des constantes (voir fig.1)

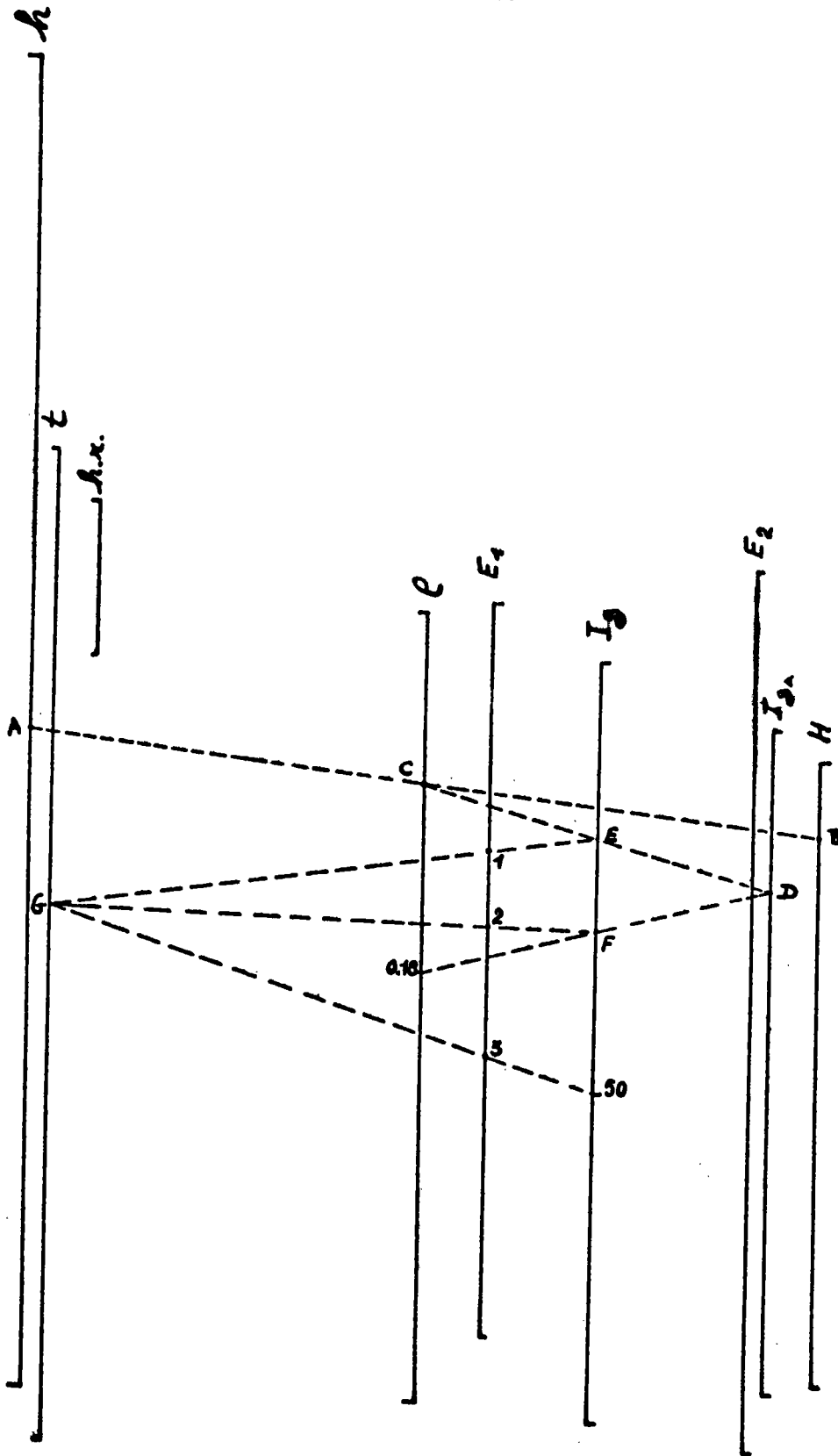
1°) Sur l'axe des h , porter le point A correspondant et tracer la droite AB reliant ce point au point B de l'axe des H . La droite AB coupe l'axe ρ au point C représentatif de la valeur $0,62 \frac{h}{H}$.

2°) Ajouter sur l'axe des ρ le terme 0,18 (ceci est très facile sur l'abaque). On passe ainsi du point C au point C'.

3°) Les points C' (valeur de $0,18 + 0,62 \frac{h}{H}$) et D (valeur de I_{gA} sur l'axe des I_g) définissent une droite C'D qui coupe l'axe des I_g au point E représentatif de la valeur $I_g = I_{gA} (0,18 + 0,62 \frac{h}{H})$.

4°) On passe du point E au point E' en ajoutant le terme 50 sur l'axe des I_g .

FIGURE 2.



- 5°) Les points E' et F (sur l'axe des t) définissent 1 droite E'F qui coupe l'axe E₁ en G.
- 6°) Si h.r. ≥ 50 , la valeur correspondant au point G, est l'ETp cherché.
- 6(bis) Si h.r. ≤ 50 , porter sur l'axe des h.r. le point H correspondant à l'humidité relative. La droite G H coupe l'axe E₂ au point G' représentatif de ETp.

B. Méthode entièrement graphique (voir figure 2)

- 1°) Les valeurs de h (point A) et H (point B) définissent la droite AB qui coupe l'axe (ρ) au point C ($0,62 \frac{h}{H}$).
- 2°) Si nous considérons le point D (valeur de Ig_A), le point C (valeur de $0,62 \frac{h}{H}$) et le point 0,18 sur l'axe (ρ), les droites DC et D-0,18 coupent l'axe des Ig aux points E (valeur de $0,62 \frac{h}{H} \times Ig_A$) et F (valeur de $0,18 \times Ig_A$).
- 3°) Si nous considérons le point 50 sur l'axe des Ig et si nous réunissons les points E, F et 50 au point G (valeur de t), nous obtenons 3 points d'intersection, respectivement (1), (2) et (3) sur l'axe (E₁). Les valeurs correspondantes sont:

$$\text{point (1): } (0,62 \frac{h}{H}) \times Ig_A \times (\frac{0,40t}{t+15})$$

$$\text{point (2): } (0,18) \times (Ig_A) \times (\frac{0,40t}{t+15})$$

$$\text{point (3): } 50 \times \frac{0,40t}{t+15}$$

La somme de ces 3 valeurs est égale à:

$$\left[50 + I_{g_A} \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right) \right] \frac{0,40t}{t+15} \quad \text{c'est-à-dire}$$

ETp pour h.r. ≥ 50 .

Si h.r. < 50 le terme correctif est introduit comme dans la méthode précédente.

Remarque:

- a) Le mode opératoire décrit au paragraphe A paraît plus rapide et plus sûr que celui décrit au paragraphe B, les additions auxquelles il fait appel pouvant se faire mentalement sans difficultés.
- b) Pour le mois de février, les résultats obtenus par la méthode graphique doivent être multipliés par le rapport $\frac{37}{40}$, en raison du nombre de jours réduit de ce mois.
- c) Cas où Ig est connu:
La méthode graphique se réduit alors aux opérations 4°, 5° et 6° pour la méthode A, que nous préconisons.

ANNEXE I

TABLEAUX DES VALEURS DE I_{g_A} ET DE H (DURÉE DU JOUR, DU LEVER AU COUCHER DU SOLEIL).

Les valeurs astronomiques I_{g_A} et H ne dépendent que de l'époque de l'année et de la latitude ; elles sont indiquées ici de 10 en 10 degrés, pour les latitudes intermédiaires il suffit d'interpoler linéairement.

Valeurs mensuelles de I_{g_A} en petites calories par cm^2 de surface horizontale et par jour

Latitude Nord	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Janvier	858	759	642	508	364	222	87,5	5	0
Février	888	821	732	624	495	360	215	82	2,9
Mars	890	873	834	764	673	562	432	289	156
Avril	862	894	902	880	833	764	676	577	508
Mai	816	885	930	950	944	920	880	860	889
Juin	790	873	934	972	985	983	970	992	1 042
Juillet	804	879	930	955	958	938	908	905	945
Août	833	880	902	891	858	800	728	651	610
Septembre ..	875	872	843	788	710	607	487	341	215
Octobre	880	830	755	658	536	404	262	119	17,5
Novembre ..	860	767	656	528	390	246	111	17	0
Décembre ..	842	735	610	469	323	180	55,5	0	0

Latitude Sud	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°		
Janvier	858	893	986	1 009	1 010	990	961		
Février	888	888	937	923	887	820	738		
Mars	890	872	845	783	697	590	466		
Avril	862	820	726	629	507	376	235		
Mai	816	754	616	495	364	226	96		
Juin	790	725	571	439	303	167	49,5		
Juillet	804	748	597	473	338	205	78,5		
Août	833	804	691	586	460	330	189		
Septembre ..	875	871	808	734	639	527	397		
Octobre	880	896	905	880	830	753	657		
Novembre ..	860	900	971	987	977	949	905		
Décembre ..	842	891	992	1 031	1 045	1 040	1 025		

Les valeurs de I_{g_A} sont copiées dans MAURAIN (1) et dans BRUNT (2).

ANNEXE II

Durée astronomique du jour **H**
Valeurs mensuelles moyennes en heures par jour

Latitude Nord	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Janv. (31)	12,10	11,62	11,09	10,45	9,71	8,58	6,78
Fév. (28 1/4)	12,10	11,80	11,49	11,09	10,64	10,07	9,11
Mars (31)	12,10	12,08	12,04	12,00	11,96	11,90	11,81
Avril (30)	12,10	12,35	12,60	12,90	13,26	13,77	14,61
Mai (31)	12,10	12,59	13,11	13,71	14,39	15,16	17,18
Juin (30)	12,10	12,70	13,33	14,07	14,96	16,33	18,73
Juillet (31)	12,10	12,64	13,24	13,85	14,68	15,86	17,97
Août (31)	12,10	12,44	12,80	13,21	13,72	14,49	15,58
Septembre (30)	12,10	12,18	12,26	12,36	12,46	12,63	12,89
Octobre (31)	12,10	11,90	11,70	11,45	11,15	10,77	10,14
Novembre (30)	12,10	11,69	11,19	10,67	10,00	9,08	7,58
Décembre (31)	12,10	11,51	10,91	10,23	9,39	8,15	6,30

Latitude Sud	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Janvier (31)	12,10	12,64	13,24	13,84	14,64	15,82	17,87
Février (28 1/4)	12,10	12,39	12,73	13,13	13,62	14,31	15,38
Mars (31)	12,10	12,16	12,22	12,26	12,34	12,46	12,64
Avril (30)	12,10	11,90	11,63	11,33	11,03	10,62	9,91
Mai (31)	12,10	11,68	11,18	10,62	9,95	9,00	7,44
Juin (30)	12,10	11,51	10,91	10,25	9,38	8,15	6,01
Juillet (31)	12,10	11,60	11,06	10,40	9,64	8,50	6,63
Août (31)	12,10	11,80	11,47	11,07	10,56	9,92	8,88
Septembre (30)	12,10	12,06	11,99	11,91	11,83	11,74	11,55
Octobre (31)	12,10	12,30	12,53	12,83	13,14	13,57	14,33
Novembre (30)	12,10	12,57	13,07	13,64	14,32	15,34	17,01
Décembre (31)	12,10	12,70	13,30	14,06	14,94	16,28	18,70

Les valeurs H sont copiées dans GORCZYNSKI (3)

- (1) MAURAIN 1937 - Etude pratique des rayonnements solaire , atmosphérique et terrestre. Gauthier-Villars.
- (2) BRUNT - Physical and dynamical Meteorology. Cambridge University Press 1934 et 1939
- (3) GORCZYNSKI 1945. Compar. of the Climate of the U.S. and Europe. Polish Inst. of Arts and Science in America New York.

Annexe 3

Tableau de calcul pour une série de stations
ou une série de mois.

Station ou mois	I _{GA} (d'après table)	h mesuré	H (d'après table)	$\frac{h}{H}$	I _g	t° mesuré	E

Annexe 4

Tableau pour l'emploi de l'Abaque

(pour une série de stations ou une série de mois).

Station ou mois	h (mesuré)	H (d'après table)	I _g A (d'après table)	t (mesuré)	Si Hr est <50% Hr.mesuré	ETp d'après l'Abaque	
						Si Hr >50% E.1.	Si Hr <50% E.2.
	<u>Point A</u>	<u>Point B</u>	<u>Point D</u>	<u>Point F</u>	<u>Point H</u>	<u>Point G</u>	<u>Point G'</u>

SECTION TECHNIQUE CENTRALE
DES TRAVAUX D'HYDRAULIQUE

ABaque POUR LE CALCUL
DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ETp
selon la formule de L. TURC

$$ETp = (50 + lg) \cdot 0,40 \frac{t}{t+15} \text{ pour } h.r. \gg 50\%$$
$$\text{ou } ETp = (50 + lg) \cdot 0,40 \frac{t}{t+15} \left(1 + \frac{50 - h.r.}{70} \right) \text{ pour } h.r. \leq 50\%$$
$$\text{avec } lg = lg_A \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right)$$

