

SYSTÈMES D'ACQUISITION DE DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES EN TEMPS RÉEL: LES STATIONS AGROCLIMATIQUES COMME TECHNOLOGIES COURANTES POUR ESTIMER LES BESOINS EN EAU DES CULTURES

ADAPTATION AUX DONNÉES AGROCLIMATIQUES DISPONIBLES LIMITÉES

Rocío Ballesteros Gonzalez
Universidad de Castilla-La Mancha

FORMATION EN LIGNE - 14 DÉCEMBRE 2020



NOTION PRÉALABLE



Besoins en eau

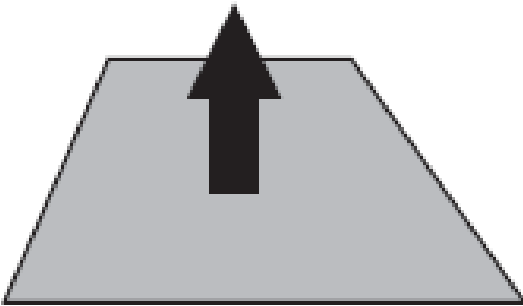
=

Développement des cultures

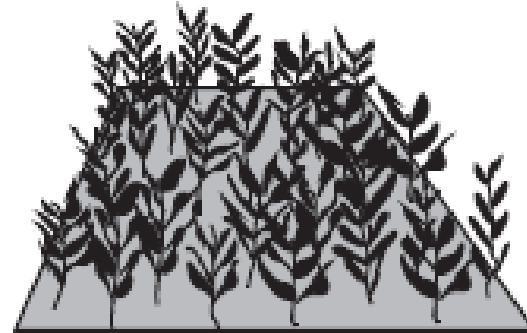
x

Conditions météorologiques

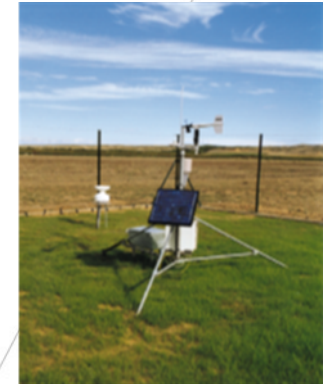
ET_c



K_c factor



ET_o



NOTION PRÉALABLE



Culture de référence: une surface de gazon

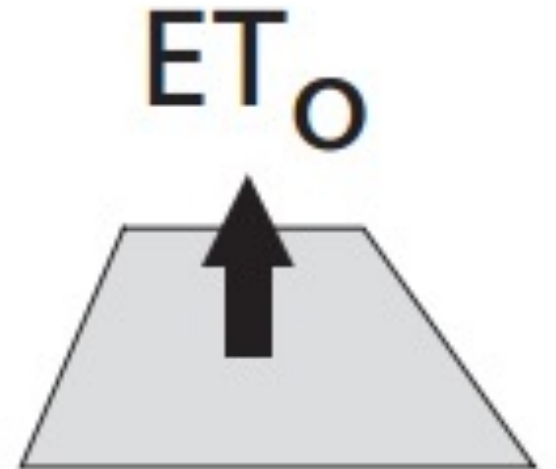
Radiation
Temperature
Wind
Humidity



+



=



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Un grand nombre de méthodes plus ou moins empiriques ont été développées au cours des 50 dernières années pour estimer l'évapotranspiration à partir de différentes variables climatiques.

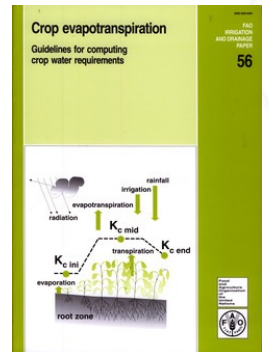
ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



ÉQUATION PENMAN-MONTEITH

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET_o: évapotranspiration de référence [mm jour¹],
R_n: rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour¹],
G: densité de flux thermique du sol [MJ m⁻² jour¹],
T: température de l'air à 2 m de hauteur [°C],
U₂: vitesse du vent à 2 m de hauteur [m s⁻¹],
e_s: pression de vapeur saturante [kPa],
e_a: pression de vapeur réelle [kPa],
e_s-e_a: déficit de pression de vapeur saturante [kPa],
Δ: pente de la courbe de pression de vapeur [kPa °C⁻¹],
Γ: constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



ÉQUATION PENMAN-MONTEITH

La FAO recommande l'utilisation de l'équation de Penman-Monteith comme méthode standard pour le calcul ETo. Cette méthode présente de nombreux avantages par rapport à d'autres approches, c'est-à-dire une applicabilité sous différents scénarios sans étalonnages locaux.

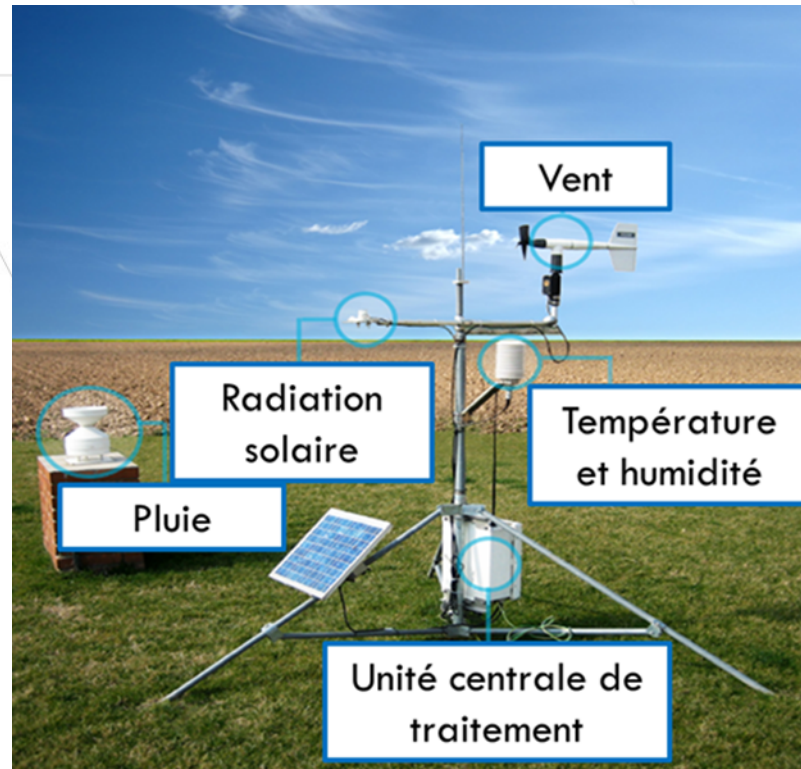
Cependant, cette méthode nécessite un grand nombre de variables climatiques.



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



ÉQUATION PENMAN-MONTEITH



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



ÉQUATION PENMAN-MONTEITH

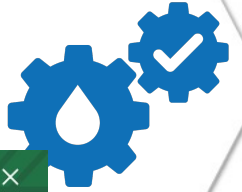
Malheureusement, des stations agro-climatiques complètes ne sont souvent ni disponibles dans la plupart des zones irrigables, ou si elles existent, les données sont incomplètes ou de mauvaise qualité.



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Autoguardado Data_presentation.... - Guardando... Buscar Rocío Ballesteros González RB

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda

Compartir Comentarios

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Ideas Confidencialidad MATLAB

Q27

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Code	Date	Year	Day	Mean temperature (° C)	Maximum temperature (° C)	Minimum temperature (° C)	Mean humidity (%)	Maximum humidity (%)	Minimum humidity (%)	Wind speed (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (MJ/m2)	Rainfall (mm)	EToPMon
2	117	30 January 2020	2012	30	6.73	13.48	1.16	38.15	60.4	18.79	1.74	310.3	13.4	0	2.06
3	126	31 January 2020	2012	31	7.99	16.72	-0.93	44.74	67.92	21.06	2.1	270.3	13.23	0	2.47
4	126	1 February 2020	2012	32	11.3	19.24	3.56	38.92	59.54	20.61	2.43	266.9	13.11	0	3.02
5	126	2 February 2020	2012	33	6.68	11.51	1.19	52.12	85.9	25.17	2.15	334.9	7.88	2.9	1.86
6	126	3 February 2020	2012	34	3.81	9.46	0.64	27.72	46.14	12.41	3.96	329.9	13.91	0	3.09
7	126	4 February 2020	2012	35	4.2	9.16	-1.03	22.06	34.98	15.79	4.26	342.8	14.04	0	3.11
8	126	5 February 2020	2012	36	6.72	11.35	1.14	41.73	71.1	29.42	3.55	303.1	5.89	0	2.41
9	126	26 February 2020	2012	37	11.84	15.39	6.19	35.46	44.1	23.01	3.71	310.9	9.32	0	3.49
10	126	27 February 2020	2012	38	10.4	13.05	5.26	27.77	43.75	16.19	4.14	324.4	6.65	0	3.56
11	126	28 February 2020	2012	39	4.54	10.33	1.11	29.09	50.27	13.18	2.27	341.2	14.61	0	2.43
12	126	1 March 2020	2012	40	5.05	12.3	-1.11	37.99	58.84	14.71	1.78	291.3	14.06	0	2.2
13	126	2 March 2020	2012	41	6.66	15	-1.14	43.74	67.87	16.34	1.72	330.8	14.47	0	2.32
14	126	3 March 2020	2012	42	5.06	11.6	-0.07	44.29	71.1	12.94	2.2	331.8	14.84	0	2.39
15	126	4 March 2020	2012	43	3.42	9.77	-2.27	27.83	48.08	14.28	2.15	306.2	15.48	0	2.31
16	126	5 March 2020	2012	44	3.54	11.46	-4.07	22.31	44.31		1.88	321.9	15.78	0	
17	126	6 March 2020	2012	45	7.25	14.09	-0.94	44.77	69.74		2.12	316.7	9.71	0	
18	126	7 March 2020	2012	46	6.39	13.29	0.24	50.96	75.5		2.14	271.9	15.55	0	
19	126	8 March 2020	2012	47	7.51	14.19	0.6	51.63	76.8	29.65	1.62	303.6	12.4	0	2.03
20	126	9 March 2020	2012	48	7.64	14.29	2.47	65.98	83.7	38.41	2	8.14	13.73	0	2.11
21	126	10 March 2020	2012	49	8.44	15.8	3.26	64.12	83.3	31.38	1.7	323.4	15.96	0	2.28
22	126	11 March 2020	2012	50	8.97	16.51	2.56	61.12	84.2	26.53	1.85	359.6	15.92	0	2.49

ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Comment peut-on gérer?

ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)

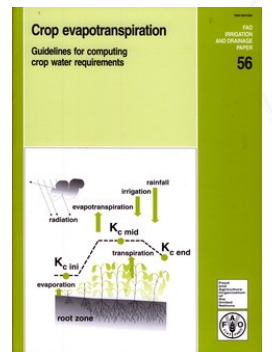


HARGREAVES AND SAMANI ETo EQUATION

L'équation de Hargreaves et Samani ETo est basée sur la différence entre la température quotidienne maximale et minimale

$$ET_o = 0.0023 (T_{\text{mean}} + 17.8) (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} R_a$$

ETo: évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
Tmean: température moyenne de l'air [°C],
Tmax: température maximale de l'air [°C],
Tmin: température minimale de l'air [°C],
Ra: rayonnement extraterrestre [mm d⁻¹]



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Les variables requises (T_{mean} , T_{max} et T_{min}) sont généralement enregistrées dans la plupart des stations météorologiques

$$ET_o = 0.0023 (T_{\text{mean}} + 17.8) (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} R_a$$

ET_o : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
 T_{mean} : température moyenne de l'air [°C],
 T_{max} : température maximale de l'air [°C],
 T_{min} : température minimale de l'air [°C],
 R_a : rayonnement extraterrestre [mm d⁻¹]



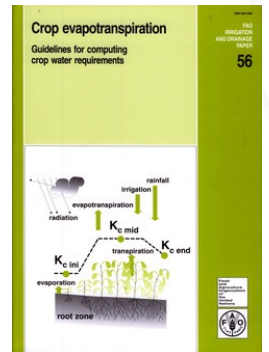
ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Qu'est-ce que le rayonnement extraterrestre (Ra)?

$$ET_o = 0.0023 (T_{\text{mean}} + 17.8) (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} R_a$$

ET_o: évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
T_{mean}: température moyenne de l'air [°C],
T_{max}: température maximale de l'air [°C],
T_{min}: température minimale de l'air [°C],
R_a: rayonnement extraterrestre [mm d⁻¹]



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Le rayonnement extraterrestre (Ra) est le rayonnement solaire reçu au sommet de l'atmosphère terrestre sur une surface horizontale. Les changements de Ra sont fonction de la latitude, de la date et de l'heure du jour

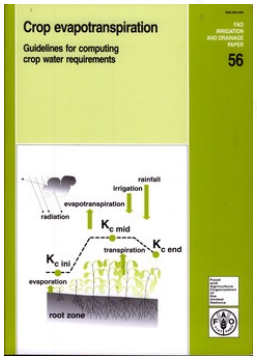
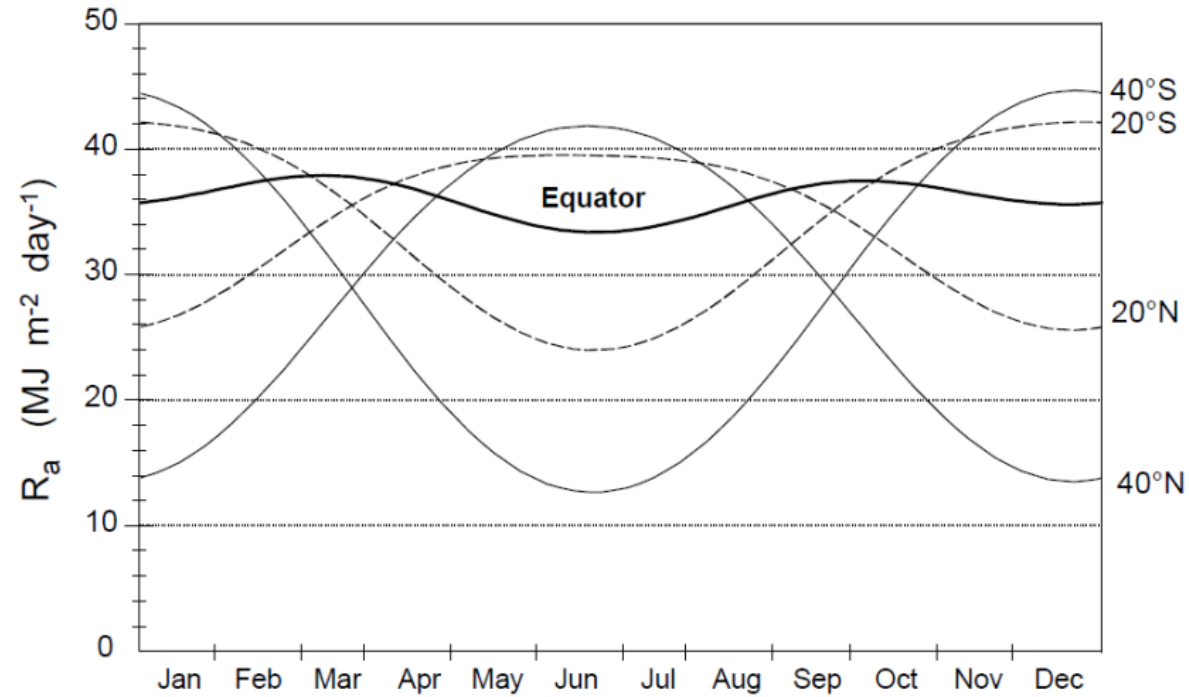
$$ET_o = 0.0023 (T_{\text{mean}} + 17.8) (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} R_a$$

ET_o: évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
T_{mean}: température moyenne de l'air [°C],
T_{max}: température maximale de l'air [°C],
T_{min}: température minimale de l'air [°C],
R_a: rayonnement extraterrestre [mm d⁻¹]

ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



Annual variation in extraterrestrial radiation (R_a) at the equator, 20 and 40° north and south

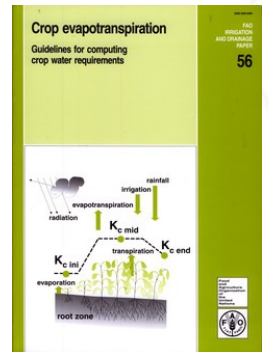


ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)

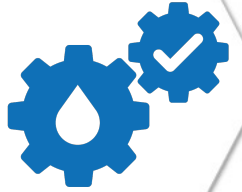


$$R_a = \frac{24 (60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

R_a rayonnement extraterrestre [MJ m⁻² jour¹],
G_{sc} constante solaire = 0.0820 MJ m⁻² min⁻¹,
d_r distance relative inverse Terre-Soleil,
ω_s angle de l'heure du coucher du soleil [rad],
φ latitude [rad],
δ solar declination [rad]



ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ETO)



valeurs en MJ m⁻² jour⁻¹ (MJ m⁻² jour⁻¹ x 0.408= mm jour⁻¹)

Northern Hemisphere												Lat. deg.	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0.0	2.6	10.4	23.0	35.2	42.5	39.4	28.0	14.9	4.9	0.1	0.0	70	41.4	28.6	15.8	4.9	0.2	0.0	0.0	2.2	10.7	23.5	37.3	45.3
0.1	3.7	11.7	23.9	35.3	42.0	38.9	28.6	16.1	6.0	0.7	0.0	68	41.0	29.3	16.9	6.0	0.8	0.0	0.0	3.2	11.9	24.4	37.4	44.7
0.6	4.8	12.9	24.8	35.6	41.4	38.8	29.3	17.3	7.2	1.5	0.1	66	40.9	30.0	18.1	7.2	1.5	0.1	0.5	4.2	13.1	25.4	37.6	44.1
1.4	5.9	14.1	25.8	35.9	41.2	38.8	30.0	18.4	8.5	2.4	0.6	64	41.0	30.8	19.3	8.4	2.4	0.6	1.2	5.3	14.4	26.3	38.0	43.9
2.3	7.1	15.4	26.6	36.3	41.2	39.0	30.6	19.5	9.7	3.4	1.3	62	41.2	31.5	20.4	9.6	3.4	1.2	2.0	6.4	15.5	27.2	38.3	43.9
3.3	8.3	16.6	27.5	36.6	41.2	39.2	31.3	20.6	10.9	4.4	2.2	60	41.5	32.3	21.5	10.8	4.4	2.0	2.9	7.6	16.7	28.1	38.7	43.9
4.3	9.6	17.7	28.4	37.0	41.3	39.4	32.0	21.7	12.1	5.5	3.1	58	41.7	33.0	22.6	12.0	5.5	2.9	3.9	8.7	17.9	28.9	39.1	44.0
5.4	10.8	18.9	29.2	37.4	41.4	39.6	32.6	22.7	13.3	6.7	4.2	56	42.0	33.7	23.6	13.2	6.6	3.9	4.9	9.9	19.0	29.8	39.5	44.1
6.5	12.0	20.0	30.0	37.8	41.5	39.8	33.2	23.7	14.5	7.8	5.2	54	42.2	34.3	24.6	14.4	7.7	4.9	6.0	11.1	20.1	30.6	39.9	44.3
7.7	13.2	21.1	30.8	38.2	41.6	40.1	33.8	24.7	15.7	9.0	6.4	52	42.5	35.0	25.6	15.6	8.8	6.0	7.1	12.2	21.2	31.4	40.2	44.4
8.9	14.4	22.2	31.5	38.5	41.7	40.2	34.4	25.7	16.9	10.2	7.5	50	42.7	35.6	26.6	16.7	10.0	7.1	8.2	13.4	22.2	32.1	40.6	44.5
10.1	15.7	23.3	32.2	38.8	41.8	40.4	34.9	26.6	18.1	11.4	8.7	48	42.9	36.2	27.5	17.9	11.1	8.2	9.3	14.6	23.3	32.8	40.9	44.5
11.3	16.9	24.3	32.9	39.1	41.9	40.6	35.4	27.5	19.2	12.6	9.9	46	43.0	36.7	28.4	19.0	12.3	9.3	10.4	15.7	24.3	33.5	41.1	44.6
12.5	18.0	25.3	33.5	39.3	41.9	40.7	35.9	28.4	20.3	13.9	11.1	44	43.2	37.2	29.3	20.1	13.5	10.5	11.6	16.8	25.2	34.1	41.4	44.6
13.8	19.2	26.3	34.1	39.5	41.9	40.8	36.3	29.2	21.4	15.1	12.4	42	43.3	37.7	30.1	21.2	14.6	11.6	12.8	18.0	26.2	34.7	41.6	44.6
15.0	20.4	27.2	34.7	39.7	41.9	40.8	36.7	30.0	22.5	16.3	13.6	40	43.4	38.1	30.9	22.3	15.8	12.8	13.9	19.1	27.1	35.3	41.8	44.6
16.2	21.5	28.1	35.2	39.9	41.8	40.8	37.0	30.7	23.6	17.5	14.8	38	43.4	38.5	31.7	23.3	16.9	13.9	15.1	20.2	28.0	35.8	41.9	44.5
17.5	22.6	29.0	35.7	40.0	41.7	40.8	37.4	31.5	24.6	18.7	16.1	36	43.4	38.9	32.4	24.3	18.1	15.1	16.2	21.2	28.8	36.3	42.0	44.4
18.7	23.7	29.9	36.1	40.0	41.6	40.8	37.6	32.1	25.6	19.9	17.3	34	43.4	39.2	33.0	25.3	19.2	16.2	17.4	22.3	29.6	36.7	42.0	44.3
19.9	24.8	30.7	36.5	40.0	41.4	40.7	37.9	32.8	26.6	21.1	18.5	32	43.3	39.4	33.7	26.3	20.3	17.4	18.5	23.3	30.4	37.1	42.0	44.1
21.1	25.8	31.4	36.8	40.0	41.2	40.6	38.0	33.4	27.6	22.2	19.8	30	43.1	39.6	34.3	27.2	21.4	18.5	19.6	24.3	31.1	37.5	42.0	43.9
22.3	26.8	32.2	37.1	40.0	40.9	40.4	38.2	33.9	28.5	23.3	21.0	28	43.0	39.8	34.8	28.1	22.5	19.7	20.7	25.3	31.8	37.8	41.9	43.6
23.4	27.8	32.8	37.4	39.9	40.6	40.2	38.3	34.5	29.3	24.5	22.2	26	42.8	39.9	35.3	29.0	23.5	20.8	21.8	26.3	32.5	38.0	41.8	43.3
24.6	28.8	33.5	37.6	39.7	40.3	39.9	38.3	34.9	30.2	25.5	23.3	24	42.5	40.0	35.8	29.8	24.6	21.9	22.9	27.2	33.1	38.3	41.7	43.0
25.7	29.7	34.1	37.8	39.5	40.0	39.6	38.4	35.4	31.0	26.6	24.5	22	42.2	40.1	36.2	30.6	25.6	23.0	24.0	28.1	33.7	38.4	41.4	42.6
26.8	30.6	34.7	37.9	39.3	39.5	39.3	38.3	35.8	31.8	27.7	25.6	20	41.9	40.0	36.6	31.3	26.6	24.1	25.0	28.9	34.2	38.6	41.2	42.1
27.9	31.5	35.2	38.0	39.0	39.1	38.9	38.2	36.1	32.5	28.7	26.8	18	41.5	40.0	37.0	32.1	27.5	25.1	26.0	29.8	34.7	38.7	40.9	41.7
28.9	32.3	35.7	38.1	38.7	38.6	38.5	38.1	36.4	33.2	29.6	27.9	16	41.1	39.9	37.2	32.8	28.5	26.2	27.0	30.6	35.2	38.7	40.6	41.2
29.9	33.1	36.1	38.1	38.4	38.1	38.1	38.0	36.7	33.9	30.6	28.9	14	40.6	39.7	37.5	33.4	29.4	27.2	27.9	31.3	35.6	38.7	40.2	40.6
30.9	33.8	36.5	38.0	38.0	37.6	37.6	37.8	36.9	34.5	31.5	30.0	12	40.1	39.6	37.7	34.0	30.2	28.1	28.9	32.1	36.0	38.6	39.8	40.0
31.9	34.5	36.9	37.9	37.6	37.0	37.1	37.5	37.1	35.1	32.4	31.0	10	39.5	39.3	37.8	34.6	31.1	29.1	29.8	32.8	36.3	38.5	39.3	39.4
32.8	35.2	37.2	37.8	37.1	36.3	36.5	37.2	37.2	35.6	33.3	32.0	8	38.9	39.0	37.9	35.1	31.9	30.0	30.7	33.4	36.6	38.4	38.8	38.7
33.7	35.8	37.4	37.6	36.6	35.7	35.9	36.9	37.3	36.1	34.1	32.9	6	38.3	38.7	38.0	35.6	32.7	30.9	31.5	34.0	36.8	38.2	38.2	38.0
34.6	36.4	37.6	37.4	36.0	35.0	35.3	36.5	37.3	36.6	34.9	33.9	4	37.6	38.3	38.0	36.0	33.4	31.8	32.3	34.6	37.0	38.0	37.6	37.2
35.4	37.0	37.8	37.1	35.4	34.2	34.6	36.1	37.3	37.0	35.6	34.8	2	36.9	37.9	38.0	36.4	34.1	32.6	33.1	35.2	37.1	37.7	37.0	36.4
36.2	37.5	37.9	36.8	34.8	33.4	33.9	35.7	37.2	37.4	36.3	35.6	0	36.2	37.5	37.9	36.8	34.8	33.4	33.9	35.7	37.2	37.4	36.3	35.6

Crop evapotranspiration
Guidelines for computing crop water requirements

56

ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE (ET0)



Suivant les conseils de la FAO, ET0 doit être estimé à l'aide de la méthode Penman-Monteith, si une station agroclimatique complète est disponible, car elle fournira des estimations plus précises par rapport à l'utilisation de Hargreaves et Samani

