

TD1 : Bilan hydrique-évapotranspiration-besoin en eau des cultures

Brochure théorique :

➤ **Bilan hydrique**

Le calcul du bilan hydrique estime l'écoulement et l'évaporation sur un pas de temps décadaire ou mensuelle en fonction du sol et de la météorologie.

Le sol a un impact important sur le bilan car il possède une capacité de stockage qui peut s'épuiser ce qui conduit au flétrissement des végétaux et ainsi à une baisse de l'évapotranspiration.

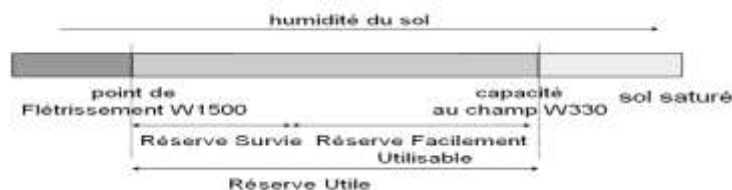
La porosité du sol (20 à 30% en général) peut être considérée comme une capacité de stockage :

- Lorsque le sol est rempli d'eau, la porosité est presque totalement occupée par l'eau, le sol est dit saturé,
- Une grande partie de cette eau s'écoule par gravité verticalement dans le sous sol ou latéralement,
- Le sol se draine jusqu'à atteindre la « capacité au champ » W330 qui correspond l'eau contenue dans le sol à une tension d'humidité du sol de -330 hPa (généralement obtenue après 48 h de ressuyage) : l'eau qui subsiste alors dans le sol est retenue par succion,
- La végétation puise dans cette réserve jusqu'à une tension de -1500hPa, puis elle flétrit (la valeur de tension de -1500hPa est nommée W1500 ou point de flétrissement),
- La réserve utile est la différence entre l'eau contenue dans le sol à la capacité au champ et l'eau contenue dans le sol au point de flétrissement, elle varie d'un sol à l'autre, elle correspond à une lame d'eau contenue dans une épaisseur unitaire de sol et est exprimée généralement en mm/m,
- La réserve utile totale = réserve utile * épaisseur sol

➤ **Estimation de la réserve utile (RU) en mm**

Point de flétrissement : W1500 sans qu'il y ait de dépérissement irréversible des végétaux

Capacité au champ : W330 après saturation et ressuyage durant 48h



Il existe de multiples fonctions pour quantifier la RU à partir de données de texture des sols. Les équations de régression linéaire de **Rawls** ont l'avantage d'être simples et ont été testées sur un large échantillon de sols américains (2 500 horizons prélevés dans 32 États des États-Unis), leur

validation a offert des coefficients de corrélation de 0,80 et de 0,87 pour l'estimation de la teneur en eau à - 15 000 hPa et à - 330 hPa respectivement.

$$\begin{aligned} W330 &= 257,6 - (2 \times Sa) + (3,6 \times Ar) + (29,9 \times MO) \\ W15000 &= 26 + (5 \times Ar) + (15,8 \times MO) \end{aligned}$$

Avec :

- W330 teneur en eau à -330 hPa (en mm/m)
- W15000 teneur en eau à -15 000 hPa (en mm/m)
- Ar : teneur en argile (en %)
- Sa : teneur en sable (en %)
- MO : teneur en matière organique (en %)

La réserve utile (RU) en mm est calculée pour chaque horizon par la fonction suivante :

$$RU = (W330 - W15000) \times h$$

- h : épaisseur de l'horizon ou profondeur (en m)

➤ Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, celle de **Thornthwaite** a l'avantage d'être simple et robuste sous différentes latitudes.

$$ETP = 16 \left(\frac{10 t}{I} \right)^a f$$

- E_j : évapotranspiration mensuelle (en mm)
- T_j : température (en °C)
- $a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49$
- f : correction liée à la latitude (durée maxi de l'ensoleillement) → cf. abaque de calcul (annexe 01)
- I : somme des 12 indices thermiques mensuels

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)

Cette méthode tient compte de l'impact de l'évolution de la réserve du sol. La réserve utilisée par les végétaux pour leur développement et pouvant ainsi être évapotranspirée est nommé Réserve Utile RU.

Méthode:

1. initialiser réserve R début de mois en janvier sur la valeur de la RU (ceci suppose un sol saturé au 1^{er} janvier)

2. calculer le rapport R / RU
3. calculer $ETR = (R / RU) * ETP$
4. calculer réserve R fin de mois = réserve début mois + $P - ETR$ (plafonner R à RU)
5. calculer déficit agronomique = $ET - ETR$
6. calculer excédent hydrique = $P - ETR - (RU - R \text{ début de mois})$

L'excédent hydrique représente l'écoulement hors du sol pouvant alimenter les nappes souterraines ou les cours d'eau.

Travail demandé :

A l'aide d'un tableur :

- Calculez la réserve utile d'un sol formé de 2 horizons :
 - Horizon de surface (0-20 cm) : 10% argile, 68% limons, 30% sable, 2% matière organique
 - Horizon profond (20-70 cm) : 15% argile, 65% limons, 20% sable
- Calculez l'ETP, l'ETR et l'excédent hydrique de la station présentée dans le tableau ci-dessous, située à 46° de latitude nord
- Construisez un histogramme de l'évolution de l'excédent, accompagné de l'ETR

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
T	3,4	4,9	7,5	9,5	13,7	17,3	20,2	19,2	16,4	12,5	6,7	4,4
i												
ETP non corrigée												
correction latitude												
ETP corrigée												
P	41,8	39,5	41,5	54,8	88,1	74,4	62,9	72,5	69,2	62,7	51,1	47,9
réserve début mois												
réserve/RU												
ETR												
réserve fin mois												
variation réserve												
variation cumulée												
déficit agro												
excédent												

Tableau 1 : (annexe 01)

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41