

LA MESURE DE L'EVAPORATION, DE LA TRANSPIRATION ET DE L'EVAPOTRANSPIRATION

L'évaporation se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de vapeur d'eau. On parle de sublimation lors du passage direct de l'eau sous forme solide (glace) en vapeur. Le principal facteur régissant l'évaporation est la radiation solaire.

Le terme évapotranspiration englobe l'évaporation et la transpiration des plantes. On distingue :

- l'évapotranspiration réelle (ETR) : somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique.
- l'évapotranspiration de référence (ETP) (évapotranspiration potentielle) : quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

L'évaporation est une des composantes fondamentales du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant. En général, des analyses spécifiques d'évaporation devront être faites pour des études de bilan et de gestion de l'eau par les plantes. Cependant, ces analyses approfondies sont moins nécessaires pour les études de projets d'aménagement où l'eau est plutôt considérée sous un aspect d'agent dynamique.

I. FACTEURS INFLUENÇANT SUR L'EVAPORATION ET APPAREIL DE MESURE

Les facteurs qui conditionnent l'évaporation sont les suivants : les rayonnements solaires et atmosphériques, la température de l'eau et de l'air, l'humidité de l'air, la pression atmosphérique, le vent, la profondeur et la dimension de la nappe d'eau, la qualité de l'eau et les caractéristiques du bassin (exposition des versants au soleil, au vent, pentes, sol,...). Certains de ces paramètres (facteurs météorologiques) sont facilement mesurables

1- Le rayonnement solaire et la durée d'insolation

On mesure couramment le rayonnement solaire parvenant au sol. Les mesures portent d'une part sur l'intensité du rayonnement direct, et d'autre part sur le rayonnement global tant sous forme de rayonnement diffus que sous forme de rayonnement direct. Les instruments utilisés sont désignés sous le nom général

d'actinomètres. Pour la mesure du rayonnement net, on utilise des pyranomètres à thermopiles, à lames ou plus rarement à distillation.

Il existe plusieurs appareils, nommés héliographes, qui évaluent chaque jour la durée totale de l'insolation pour une station.

2- La température

L'instrument de mesure de la température est le thermomètre. Il mesure la dilatation d'un liquide ou d'un solide à fort coefficient de dilatation, ce qui permet d'en déduire la température. Les plus courants sont les thermomètres à mercure, à alcool et à toluène. Citons ici le thermomètre à maxima, qui est capable de retenir la valeur maximale diurne en utilisant la capillarité.

3- L'humidité de l'air

On mesure le taux d'humidité dans l'air avec un instrument appelé [hygromètre](#). Les plus simples sont les hygromètres organiques. Ils sont basés sur la propriété des substances organiques de se contracter ou se dilater selon l'humidité. Le cheveu humain, dégraissé, s'allonge de 2,5 % lorsque l'humidité relative passe de 0 à 100 %. La lecture peut être aisément faite sur un tambour ou sur un cadran qu'on étalonne en fonction de l'humidité relative. L'appareil relié à un système d'enregistrement constitue un hygrographe.

Pour la détermination simultanée de la température de l'air et de l'humidité, on utilise un [psychromètre](#). Celui-ci est constitué d'un thermomètre à bulbe sec qui détermine la température ambiante et d'un thermomètre à bulbe mouillé (bulbe entouré d'un linge humide) qui mesure la température après ventilation de l'instrument. Le principe du psychromètre consiste à déduire l'humidité de l'air des deux températures indiquées respectivement par le thermomètre sec et le thermomètre mouillé, à 0,1 °C près. Cet appareil est le plus précis pour la mesure de l'humidité.

4- La pression atmosphérique

Il existe divers instruments mesurant la pression atmosphérique. On distingue d'abord le baromètre à liquide ; le mercure est le plus souvent utilisé à cause de sa densité 13.6 fois supérieure à celle de l'eau. On a parfois recouru à un baromètre mécanique ou aéroïde, installé sous abri météorologique. Il peut se rattacher à un système d'enregistrement (stylo) ; on obtient ainsi un barographe mesurant la pression en fonction du temps.

5- Le vent

Les instruments de mesure du vent sont de deux types ; certains évaluent la vitesse, d'autres la direction.

En surface, les [anémomètres](#) mesurent la vitesse du vent. Ils sont installés à 10 mètres au-dessus du sol, à un endroit dégagé de tout obstacle (bâtiment, arbre,...). Les plus fréquemment utilisés sont les anémomètres totalisateurs, constitués de trois ou quatre branches terminées respectivement par une coupelle hémisphérique. Le système se rattache aussi à un dispositif d'enregistrement pour former un ensemble appelé anémographe.

Pour la mesure en altitude troposphérique, on se sert d'un ballon rempli d'hydrogène qui s'élève dans l'atmosphère.

II. MESURE DE L'EVAPORATION A PARTIR D'UNE SURFACE LIBRE

Les évaporimètres

Les [évaporimètres](#) simulent l'évaporation naturelle en évaporant de l'eau distillée à travers une surface poreuse. Le plus simple de ces appareils est l'évaporimètre de Piche. Il est constitué d'un tube d'où l'eau s'évapore à travers la surface de papier filtre. La baisse du niveau de l'eau est directement lisible sur le tube calibré et le taux d'évaporation est alors calculé par unité de surface de papier filtre.

Les balances d'évaporation

Les balances d'évaporation mesurent l'évaporation en continu par diminution du poids de l'eau placée dans un plateau sous abri. Elles ne sont pas très représentatives de l'évaporation naturelle en raison de leur faible surface libre. De plus, le faible volume de l'eau favorise le rôle thermique des parois.

Les bacs d'évaporation

Il existe différents types de [bacs d'évaporation](#)

1- Bac classe A (du Weather Bureau, U.S.A.)

Ce bac est constitué d'un cylindre métallique de 121,9 cm de diamètre et de 25,4 cm de hauteur. Dans ce cylindre, on maintient une épaisseur d'eau de 17,5 à 20 cm. Le cylindre est supporté par un caillebotis à 15 cm du sol. Le caillebotis doit permettre une bonne aération sous le bac.

Ce bac universellement répandu ne satisfait que très partiellement l'hydrologue car, du fait de sa disposition par rapport au sol, il est très sensible aux variations de température, son inertie thermique étant faible.

2- Bac Colorado et Bac ORSTOM:

Le bac Colorado et le bac ORSTOM qui en dérive, sont des bacs de section carrée de 92,5 cm de côté (1 m pour le bac ORSTOM), d'une hauteur de 60 cm et enterré de 50 cm. L'eau est maintenue à 10 cm environ du rebord, soit sensiblement au niveau du sol. Cet appareil étant enterré et avec une plus grande épaisseur d'eau, il possède une plus grande inertie thermique et se rapproche plus des conditions naturelles.

3- Bac CGI 30

De conception analogue au bac Colorado, ce bac, d'origine soviétique, est celui recommandé par l'O.M.M. C'est un cylindre de 61,8 cm de diamètre (3 000 cm³) à fond conique. De 60 cm de profondeur, il est enterré de façon à ce que sa collerette dépasse de 7,5 cm du sol, le niveau d'eau étant maintenu nu au niveau du sol.

III. CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION :

L'évapotranspiration est la somme de toutes les pertes à partir du sol, de la végétation, des nappes d'eau libre, lacs... par transformation de l'eau en vapeur, il est évident donc que ce phénomène est essentiellement lié au climat et ses variations. C'est un élément principal pour l'établissement d'un bilan hydrologique.

A- L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP) :

La formule de C.W Thornthwaite :

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

Avec :

- ETP : évapotranspiration potentielle calculé (non corrigée) en (mm) ;
- T : température moyenne mensuelle en (°C)
- I : indice thermique annuelle soit la somme des indices de chaleur mensuelle

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

Avec :

$$i = (t/5)^{1.514}$$

- a : l'exposant climatique donné par la formule : $a = (1.6/100) I + 0.5$

L'évapotranspiration potentielle mensuelle corrigée est obtenue à partir de la formule suivante :

$$ETP_{\text{corrigée}} = ETP * K$$

- ETP corrigée : Evapotranspiration corrigée.
- K : Coefficient de correction qui dépend du mois et de la latitude de lieu.

L'évapotranspiration réelle est calculée par la méthode de C.W Thronthwaite, les résultats obtenus sont résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 01: Calcule l'ETP selon C.W Thornthwaite pour la station de Chélia(1990_2010).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuele
T°C	21.3	17.1	11.3	7.9	7.1	7.4	10.5	13.3	18.2	23.2	26.7	26.2	15.85
i													
I													
a													
ETP (calculée)													
K	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25	/
ETP (corrigée)													

B_ L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR) :

B-1 : Méthode de Turc :

Turc ; a proposé une formule permettant d'évaluer directement l'ETR annuelle moyenne d'un bassin à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

La formule de Turc comme suivent :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Avec :

- ETR: Evapotranspiration réelle en (mm) ;
- P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- L : désigne une constante dépendante de la température (pouvoir évaporant de l'atmosphère).

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

- T : Température moyenne mensuelle en (°C).
- Bilan hydrique selon C.W Thornthwaite :

Cette méthode consiste à calculé l'évapotranspiration réelle (ETR) mensuelle à partir des précipitations annuelles (P mm) et l'évapotranspiration potentiel (ETP) et la réserve facilement utilisable contenue dans le sol (RFU) qui est nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes.

- $P > ETP \implies ETP = ETR$
- $P + RFU > ETP \implies ETP = ETR$
- $P + RFU < ETP \implies ETR = P + RFU$
- $P < ETP \text{ RFU} = 0 \implies ETR = P$

La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 (la RFU vide) et RFU Max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérées, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm).

On établit un bilan à l'échelle mensuelle, à partir de la pluie du mois P, de l'ETP et de la RFU.

Toujours d'après Thornthwaite, on peut établir un bilan hydrologique mensuel qui permet d'estimer pour chaque mois :

- l'évapotranspiration réelle (E.T.R).
- la réserve facilement utilisable (R.F.U). Pour notre région on prend RFU = 50 mm.
- le déficit agricole et l'excédent.

Tableau 02: calcul du bilan hydrique selon C.W THORNTHWAITE de la station de Chélia(1990_2010).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
P (mm)	53.77	40.39	49.38	44.11	53.31	36.20	61.56	42.32	61.26	27.81	15.61	34.25	519.79
ETP (mm)	116.32	68.00	34.55	16.78	13.28	13.12	25.07	40.29	72.16	123.36	161.74	167.4	852.07
P - ETP													
ETR (mm)													
RFU													
Da													
Excédent													