

**Zeitschrift:** Mensuration, photogrammétrie, génie rural  
**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) =  
Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))  
**Band:** 70-F (1972)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Déduction de la variation de la teneur en eau d'un sol à partir des lois  
de dessèchement en vue de l'avertissement des irrigations  
**Autor:** Benhsain, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-225005>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 06.03.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Déduction de la variation de la teneur en eau d'un sol à partir des lois de dessèchement en vue de l'avertissement des irrigations

F. Benhsain, Ing. du Génie rural EPF-L

## Résumé

Les lois de dessèchement permettent de déduire, à partir des mesures de l'évaporation et des pluies éventuelles, la variation de la teneur en eau d'un sol se trouvant dans une situation pédologique et culturale donnée (définie par la capacité utilisable), et dans une situation climatique définie. La connaissance de cette variation d'humidité, à un instant donné, nous permettrait, par comparaison avec la variation d'humidité critique connue, de déterminer le moment opportun des arrosages.

## Zusammenfassung

In dieser Studie soll auf Grund der Gesetze für die Trockenlegung eine Möglichkeit gezeigt werden, um die Änderung des Wassergehaltes in einem Boden zu bestimmen, der sich in einem pedologisch und kulturmäßig bekannten Zustand – bestimmt durch das ausnützbare Fassungsvermögen – befindet, wobei wir uns auf Messungen der Evapotranspiration und eventueller Regen stützen.

## 1. Introduction

Les irrigations prennent une grande extension dans les zones arides (irrigations fondamentales) et dans les zones dites «humides» (irrigations de complément). Jusqu'à ces dernières années, l'usage de l'irrigation n'était réservé qu'aux régions arides ou semi-arides, régions où l'absence de l'eau interdit toute intensification de la production agricole. Par contre, dans les régions humides, celles où les précipitations moyennes sont suffisantes pour permettre une intensification convenable, l'intérêt de l'irrigation ne semble nullement évident. Mais pour faire face aux accroissements prévisibles de la population et de ses besoins, ainsi qu'à la diminution progressive de la surface agricole utile par habitant (SAU), un accroissement des rendements cultureux correspondant aux nécessités d'une intensification, apparaît impératif. La production et le rendement de matières sèches étant liés à l'évapotranspiration (pendant la période de végétation), l'irrigation et la conduite de l'irrigation apparaissent incontestablement comme les principaux facteurs d'une intensification de la production agricole.

L'intensification de la production agricole et la sauvegarde de la stabilité de cette production ne peuvent être maintenues sans une planification rationnelle, sans une bonne conduite des irrigations, basées sur une information sûre et parfaite, s'appuyant sur une étude des facteurs qui agissent sur le comportement des plantes cultivées vis-à-vis de l'eau du sol.

Nous nous proposons d'établir une possibilité de déduction de l'un de ces principaux facteurs, la teneur en eau du sol et ceci à partir des lois de dessèchement.

## 2. Lois de dessèchement

### 2.1. Evapotranspiration

L'évapotranspiration, traduite par une hauteur d'eau en mm est la somme des quantités d'eau transpirées par les végétaux et évaporées par le sol.

L'évapotranspiration réelle est celle réellement observée dans des conditions bien définies d'alimentation en eau par un couvert végétal déterminé. Elle n'est pas constante, elle varie avec la température, le degré d'humidité de l'air, la période de croissance des plantes, la surface foliaire, la turbulence de l'atmosphère et surtout l'insolation.

Compte tenu de ces différents paramètres, nous parlerons d'évapotranspiration potentielle ETP. Le dosage de l'eau s'obtiendra à partir de cette évapotranspiration potentielle qui dépend de la double hypothèse du maintien du taux d'humidité à une valeur très voisine de sa capacité de rétention maximum et d'un développement végétal optimum.

De multiples formules ont été exprimées au sujet de l'ETP (Thorntwaite, Penman, Blaney-Cridle, Turc, Bouchet, Primault, ...).

### 2.2. Réserve utile

La différence entre la capacité de rétention maximum  $H_r$  et le point de flétrissement  $H_f$  d'un sol, soit  $H_r - H_f$ , constitue la gamme d'humidité utile dans ce sol.

Considérons une tranche de sol d'épaisseur  $\Delta z$  (cm) de surface horizontale  $s$  (cm<sup>2</sup>), c'est-à-dire de volume  $s \cdot \Delta z$  (cm<sup>3</sup>). A une humidité pondérale  $H$  ou à l'humidité volumique  $\gamma \cdot H$  ( $\gamma$  étant la densité apparente du sol), correspond pour la tranche de sol considérée, un volume d'eau.

$$V = \frac{\gamma \cdot H \cdot s \cdot \Delta z}{100} \text{ (cm}^3\text{)} \quad H \text{ étant en \%}$$

auquel correspondra une hauteur d'eau équivalente égale à

$$\Delta h = \frac{\gamma \cdot H \cdot \Delta z}{100} \text{ (cm)}$$

Lorsque la tranche de sol passe de l'humidité maximale  $H_r$  à l'humidité minimale  $H_f$ , la hauteur d'eau cédée est

$$\Delta h = \frac{\gamma \cdot (H_r - H_f) \cdot \Delta z}{100} \text{ (cm)}$$

Ainsi le dessèchement maximal du sol, sur la profondeur  $h$  des racines, correspond à la fourniture par le sol, d'une hauteur d'eau appelée réserve utile RU ou dose théorique, avec

$$RU = \gamma \cdot \frac{H_r - H_f}{100} \cdot h \text{ (cm)}$$

Mais si l'on s'approche du point de flétrissement, l'eau est de plus en plus difficilement extraite du sol. Ainsi, nous sommes amenés à définir une réserve facilement utilisable RFU qui dépend d'une limite inférieure de l'humidité ou humidité critique  $H_c$  à partir de laquelle l'eau reste facilement assimilable dans le sol. Cette humidité  $H_c$  correspond à la rupture des films liquides (pour Hallaire en France) et à l'humidité de rupture du lien capillaire HRC (pour Rode en Russie), autre caractéristique hydrodynamique atteinte, lorsque cesse l'ascension de l'eau suspendue, au cours de

l'évaporation. La valeur de  $H_c$  est égale en moyenne à 70% de  $H_r$ .

### 2.3. Lois de dessèchement

Soit un sol  $S$ , se trouvant dans des situations, pédologique et climatique, données. La situation pédologique est définie par les caractéristiques hydrodynamiques:  $H_r$ ,  $H_c$  et  $\gamma$ .

La situation climatique est définie par l'évapotranspiration potentielle ETP et par les précipitations  $P$ .

La réserve d'eau  $U$  (RFU), dans  $S$ , facilement utilisable, pour une culture donnée définie par une profondeur  $h$  des racines, est déterminée en fonction des limites d'humidité  $H_r$  et  $H_c$ .

$$U = 0.01 \cdot \gamma \cdot (H_r - H_c) \cdot h \simeq 3.10^{-3} \cdot \gamma \cdot H_r \cdot h$$

Considérons maintenant qu'à l'instant  $t_o = o$ , la réserve d'eau dans le sol est égale à  $U$ .

Après un temps  $t$ ,  $U$  va diminuer (à cause de l'évapotranspiration) jusqu'à une réserve  $R(t)$ , pour autant que

$$A \sum_{i=1}^n ETP_i(t) > \sum_{i=1}^n P_i(t)$$

$ETP_i$  Valeur de l'ETP au jour  $i$

$P_i$  Valeur de la pluie éventuelle tombée pendant le jour  $i$

$n$  Nombre de jours, compris entre  $t_o = o$  et  $t$

$A$  Coefficient cultural dépendant du stade végétatif de la plante

$R(t)$  est fonction de  $H_c$  et de l'humidité  $H$  dans le sol à l'instant  $t$

$$R(t) = 0.01 \cdot \gamma \cdot (H - H_c) \cdot h$$

Un sol qui ne bénéficie pas d'apport d'eau se dessèche. A l'instant  $t$ , la phase de dessèchement du sol  $S$  peut être définie par les deux lois suivantes:

#### 2.3.1. Première loi de dessèchement:

Obtenu par extension de l'avertissement basé sur une dose fixe et fréquence variable. Cette loi se traduit par

$$U - R(t) = A \sum_{i=1}^n ETP_i(t) - \sum_{i=1}^n P_i(t)$$

$$\text{Posons } A \sum_{i=1}^n ETP_i(t) - \sum_{i=1}^n P_i(t) = DP(t)$$

Nous pouvons alors écrire:

$$U - R(t) = DP(t)$$

#### 2.3.2. Deuxième loi de dessèchement:

Procédé par extension de la loi de Thornthwarte

$$\frac{d\alpha}{d\lambda} = \alpha$$

$$\text{où } \alpha = \frac{R(t)}{U}$$

$$\text{et } \lambda = \frac{D(t)}{U} \quad \text{avec } D(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) - \sum_{i=1}^n ETP_i(t)$$

L'intégrale générale de l'équation différentielle s'écrit:

$$\alpha = e^{\lambda + C}$$

$C$  peut être déterminée en se basant sur les valeurs initiales de  $\alpha$  et de  $\lambda$ , donc de  $R(t)$  et  $D(t)$  pour  $t_o = o$ .

Si à l'instant  $t_o = o$ ,  $R(t) = U$ , alors  $\alpha = e^\lambda$ . La deuxième loi de dessèchement est traduite par

$$\alpha = e^\lambda$$

### 3. Dédution de la variation de la teneur en eau d'un sol, à partir des lois de dessèchement du sol

#### 3.1. Cas de la première loi de dessèchement

$$U - R(t) = DP(t)$$

$$U = 0.01 \cdot \gamma \cdot (H_r - H_c) \cdot h$$

$$R(t) = 0.01 \cdot \gamma \cdot (H - H_c) \cdot h$$

$$U - R(t) = 0.01 \gamma \cdot (H_r - H) \cdot h = 0.01 \gamma \cdot \Delta H \cdot h$$

$\Delta H$  = Variation de la teneur en eau du sol entre l'instant  $t_o$  et l'instant  $t$ .

$$\Delta H = 100 \cdot \frac{DP(t)}{\gamma \cdot h}$$

#### 3.2. Cas de la deuxième loi de dessèchement

$$\alpha = e^\lambda$$

$$\frac{R(t)}{U} = e \cdot \frac{D(t)}{U} = \frac{0.01 \gamma (H - H_c) \cdot h}{0.01 \gamma (H_r - H_c) \cdot h}$$

$$\frac{H - H_c}{H_r - H_c} = e \cdot \frac{D(t)}{U}$$

$$\frac{H - H_c}{H_r - H_c} = \frac{H_r - H_c - (H_r - H)}{H_r - H_c} = 1 - \frac{\Delta H}{H_r - H_c}$$

Posons  $H_r - H_c = T$ , nous avons alors

$$1 - \frac{\Delta H}{T} = e \cdot \frac{D(t)}{U}$$

$$\Delta H = T \left( 1 - e \frac{D(t)}{U} \right)$$

### 4. Conclusion

Les deux lois de dessèchement définies précédemment nous permettent de déterminer à un instant donné, la variation de la teneur en eau d'un sol (donc de sa teneur en eau) se trouvant dans une situation pédologique et culturale donnée, définie par la capacité utilisable  $U$  ( $U$  étant établi à partir des caractéristiques hydrodynamiques du sol:  $H_r$ ,  $H_c$  et  $\gamma$  ainsi que par la profondeur  $h$  de la couche racinaire de la culture supportée par le sol), et dans une situation climatique donnée, définie par  $D(t)$  ou  $DP(t)$ . Ces deux valeurs étant déterminées à partir de l'évapotranspiration potentielle ETP et par les précipitations éventuelles  $P$ .

Ayant ainsi la possibilité de déduire, à partir des lois de dessèchement, la variation de la teneur en eau d'un sol, nous pouvons, par comparaison avec la variation d'humidité critique  $\Delta H_c = T = H_r - H_c$ , déterminer le moment opportun du déclenchement des irrigations sur ce sol.