

Contribution à l'identification de la Réserve Facilement Utilisable (RFU) Dans les Régions Arides (Cas De La Vallée de Oued Souf)

Salim KHECHANA¹, Ali GHOMRI^{1,2}, Mohamed MANI¹, Tarek DJEDID¹ et Abdelmonem MILOUDI

(1) Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Énergétiques Saharienne (LEVRES) – Université d'El-Oued B.P. 789 El-Oued 39000 – Algérie. Fax: 00213.32.22.30.13

(2) Laboratoire LARHYSS - Département de Génie civil et d'hydraulique- Université de Biskra
E-Mail: khechana-salim@univ-eloued.dz

Résumé :

La vallée de Oued-Souf, fait partie du Sahara Septentrional, située au Nord Est du Sahara algérien, caractérisé par un climat hyper aride, marqué par un hiver doux et sèche et un été très chaud, avec un moyen annuel de température de 23°C, traduisant par un bilan hydrique déficitaire. La région souffre trop du problème d'affleurement des eaux à la surface du sol qui est le résultats de surplus d'eau (ou hydromorphie). Cependant, tous les études hydrologiques antérieures ont montré que le bilan hydrique de la région est déficitaire.

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. Ces observations nous conduisent à la recherche d'identifier la valeur de la réserve facilement utilisable (RFU) par les racines des plantes. Après l'utilisation des différentes méthodes de calcul de la RFU, on a trouvé des valeurs qui oscille entre 18 et 21mm, montrant une grande disparité par rapport aux valeurs utilisées aux études antérieures.

Mots clés : vallée de Oued-Souf, climat hyper aride, sol, bilan hydrique, réserve facilement utilisable (RFU).

I. INTRODUCTION :

La vallée de Oued Souf est une unité des ressources en eau caractérisée par un climat hyper aride présentant par un faible taux de précipitation et une température excessive. La région a connu le problème de la remontée des eaux souterraines qui fait partie des problèmes liés aux surplus d'eau. En contrepartie, tous les études des paramètres de bilan hydrique (entrées et sorties) montrent qu'il est déficitaire de son ensemble. Ces observations nous conduit à la recherche et la vérification des données de calcul de ce bilan, commençant, dans

cette étude, par l'identification de la réserve facilement utilisable (RFU).

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle de réservoir. Ce sont les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement qu'il est utile de connaître dans un périmètre d'irrigation, qu'il s'agisse pour un ingénieur de dimensionner le réseau de distribution ou, pour les usagers, de bien utiliser l'eau qui est mise à leur disposition.

II. DEFINITIONS :

A. Réserve utile en eau :

La capacité de stockage d'un sol correspond au volume d'eau maximal pouvant être retenu par les différents horizons contre la seule force de gravité. De cette réserve totale en eau, seule une partie peut être utilisée par la végétation : elle correspond à la réserve utile en eau du sol.

La RU est composée de la RFU (réserve facilement utilisable) et la RDU (réserve difficilement utilisable).

B. Réserve facilement utilisable :

La RFU représente l'eau facilement mobilisable par les cultures, elle dépend de la profondeur du sol et de l'enracinement de la végétation. C'est " celle que les plantes peuvent facilement utiliser par leur tension osmotique sans avoir à freiner l'ETR " (Lambert, 1996).

Bouchet et Hallaire (1964), examinant la notion de réserve facilement utilisable (RFU), ont conclu que les variations du rapport de la RFU à la réserve utile (RU) pouvaient s'expliquer par le niveau d'évapotranspiration potentielle instantané précité et par les caractéristiques de diffusion de l'eau du sol vers les racines et à travers la plante ; ces auteurs envisageaient la possibilité, pour ce rapport RFU/RU, de pouvoir varier entre 0 et 1.

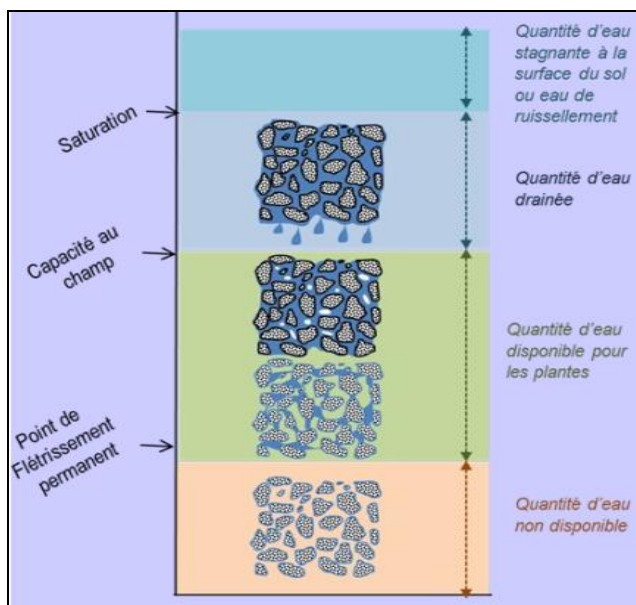


Fig. 1 : Illustration des limites haute et basse de la réserve utile (GCHP2E, 2016)

Le maintien de cette gamme de variation beaucoup trop large correspondait à leur souci d'expliquer les fluctuations de l'évapotranspiration d'une culture à un très faible pas de temps, sans véritablement chercher à faire un bilan hydrique sur une longue période. Entre ces deux situations extrêmes, une hypothèse intermédiaire revient à se fixer une valeur la plus plausible de ce rapport RFU/RU. Là encore, les valeurs utilisées varient, suivant la plupart des auteurs, entre les valeurs 1/3 et 2/3. Pour un sol riche en matière organique (plus de 3%), il faut majorer la RFU à hauteur de 50% (Poirée, Ollier, 1962). Selon Doorendos et Kassam (1980), le rapport RFU/RU dépend de la culture, du niveau d'évapotranspiration maximal (ETM) et, secondairement, de la texture du sol. Selon ces résultats, la RFU peut être estimée aux 2/3 de la RU pour des sols sableux, à 1/2 de la RU pour un sol limoneux et à 1/3 pour un sol argileux.

C. Géomorphologie de la région :

Dans l'absence d'une carte pédologique de la région d'étude, on a examiné la carte géologique et réalisé des sorties sur terrain pour bien connaître le type de sol et la végétation prédominante.

D'après la carte géologique de la région et les coupes géologiques établis dans la région, on constate que le faciès prédominant est le sable sous forme des dunes avec quelques intercalations des argiles. Tous les logs des forages montre bien que la profondeur de la couche de sable dépasse un mètre (ANRH)

La couverture végétale : est caractérisée par la prédominance des palmiers dattiers et les pommes de terre avec quelques cultures maraichères. Pour cela, on a pris dans la suite que la profondeur

parcourue par les racines des plantes une valeur d'un mètre.

III. ESTIMATION DE LA RESERVE FACILEMENT UTILISABLE :

Etant donné le rapport (RFU/RU) = 2/3, l'estimation de la réserve facilement utilisable est basée sur le calcul de RU.

En pratique, la réserve utile en eau d'un sol ou RU correspond à la somme des réserves de chaque horizon jusqu'à une profondeur limite correspondant à la profondeur maximale de prospection racinaire.

A. Par la formule de Hallaire :

La réserve utile en eau d'un sol peut être calculée par la relation suivante :

$$RU = (Hcc - Hpf) \times Da \times Z \times (1 - Cx)$$

Avec :

- RU : la réserve volumique en eau du sol (mm) ;
- (Hcc - Hpf) : humidité équivalente (%) ;
- Hcc : Humidité pondérale à la Capacité au Champ (%) ;
- Hpf : Humidité pondérale au Point de Flétrissement (%) ;
- Da : la densité apparente (g / cm³) ;
- Z : l'épaisseur du sol (mm) ;
- Cx : la charge en éléments grossiers, la réserve utile de ces éléments étant considérée nulle.

La réserve utile d'un sol dépend donc de quatre grands facteurs :

- De la charge en éléments grossiers ;
- De la profondeur maximale d'enracinement.
- De l'humidité équivalente
- De la densité apparente ;

- **Charge en éléments grossiers :**

Selon le tableau ci-dessous, une région dont le sol est de nature sableuse présente une charge nulle en éléments grossiers.

Texture	Eléments grossiers %	Structure
Limono-sableuse	0	Fragmentaire grumeleuse
Limono-argileuse	65	Fragmentaire grumeleuse
Sableuse	0	Grumeleuse fine à tendance particulière

Tab. 1 : Caractères morphologiques essentiels des sols.

- **Profondeurs maximales d'enracinement :**

Le volume de sol prospecté par les racines conditionne l'alimentation hydrique et minérale de la plante. Le volume effectivement prospecté dépend du développement du système racinaire.

En l'absence de contrainte, la plupart des essences végétales peut développer des systèmes racinaires profonds (2 mètres et plus) et ceci, quelle que soit l'architecture générale des systèmes.

L'architecture du système racinaire est cependant très sensible aux conditions pédologiques comme la texture, la densité apparente, la stabilité structurale, la perméabilité et l'aération (Köstler et al., 1968 ; Levy, 1968 ; Berben, 1973 ; Belgrand, 1983 ; Fitter, 1987 ; Lucot, 1994). De ce fait, l'enracinement peut être entravé par différentes contraintes comme un facteur chimique, un facteur hydrique, ou un facteur physique.

La compacité des horizons peut également être considérée comme une contrainte relative. Si à un accroissement de la compacité du sol correspond une diminution marquée du développement et de la ramification des racines (Berben, 1973 ; Thomas, 1999), l'augmentation progressive de la densité apparente avec la profondeur n'a pas la même influence sur l'enracinement qu'un changement brutal.

Toutefois il est évident que des cultures à enracinement superficiel explorent une RU plus faible qu'une culture à enracinement profond. Après les enquêtes faites chez les différents services de l'agriculture de la Wilaya d'El Oued, on a pris une valeur de la profondeur d'enracinement des plantes de 1 m.

C. L'humidité du sol :

L'humidité du sol joue un rôle important dans le maintien de la vie sur la terre, sa première utilisation est de permettre la croissance de la végétation.

Elle est déterminée essentiellement par la valeur de la capacité au champ (volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir) et de la valeur du point de flétrissement (volume minimal d'eau dans le sol pour qu'un plant ne meure pas).

L'humidité d'un sol peut être exprimée soit en humidité pondérale, soit en humidité volumique.

L'humidité pondérale :

Elle est définie par la relation :

$$H_p = \frac{P_e}{P_s}$$

Pe : Poids d'eau.

Ps : Poids de sol sec.

L'humidité volumique :

Elle est définie par la relation :

$$H_v = \frac{V_e}{V_s}$$

Ve : Volume d'eau.

Vs : Volume de sol.

On peut exprimer l'humidité volumique en fonction de l'humidité pondérale :

$$H_v = H_p \times D_a$$

Il est donc indispensable de connaître la densité apparente de la terre sèche lorsque l'on veut passer de l'humidité pondérale à l'humidité volumique ou inversement.

-La capacité au champ :

La capacité au champ c'est le volume maximal d'eau que peut retenir le sol dans les micro porosités, les macro porosités étant drainées. On parle aussi de capacité de rétention en eau du sol. La capacité de rétention de l'eau par un sol varie selon sa texture et sa compaction. Pour connaître la capacité au champ du sol, il faut attendre deux à trois jours de ressuyage après saturation du sol par les pluies et faire la mesure avec un appareil de mesure de l'humidité. Il semble que ce point de flétrissement puisse varier de 1,5 à 2,5 selon les types de sol et le climat.

-Le point de flétrissement :

Elle correspond à l'humidité pour laquelle la force de succion du sol équilibre la force de succion des cellules des racines : le débit d'eau du sol à la plante s'annule. C'est également une notion variable selon la nature de la plante. On convient en général de la définir comme correspondant à une pression de succion dans le sol de 15 atmosphères, bien que certaines plantes soient capables d'extraire par leurs racines de l'eau à des tensions bien supérieures.

L'humidité au point de flétrissement correspond approximativement au pF 4.2, cette humidité est plus délicate à mesurer. En l'absence des données précis on admettra qu'elle vaut la moitié de l'humidité à la capacité de rétention : $H_{pf} = 1/2 H_{cc}$.

-Humidité équivalente :

C'est la différence ($H_{cc} - H_{pf}$). Cette mesure est faite en laboratoire : on extrait l'eau d'un échantillon de sol à saturation, au moyen d'une centrifugeuse produisant une accélération de 1,000 fois l'accélération de la pesanteur pendant 30 mn.

On trouve que l'humidité équivalente égale à : 2,21 %.

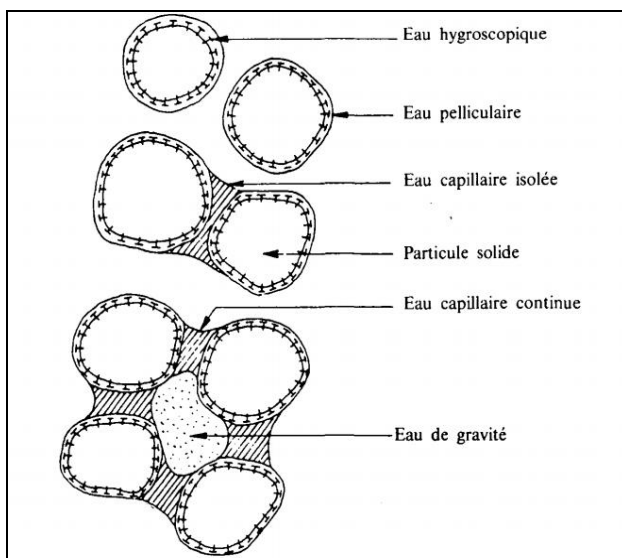


Fig.2 : Différents types d'eau dans le sol (CTA, 1976).

• **Potentiel hydrique :**

Le potentiel hydrique correspond à l'énergie qu'il est nécessaire de fournir à l'unité de masse d'eau pure pour la faire passer, au cours d'une transformation réversible, de l'état d'eau libre à la pression atmosphérique, à l'état qu'elle a dans le système considéré.

Le potentiel hydrique ainsi défini est négatif en milieu non saturé (c'est généralement le cas de l'eau du sol) ; il est positif pour l'eau sous pression. La définition du potentiel hydrique fait qu'il s'exprime en principe en unités d'énergie par unité de masse, soit en Joules/kg dans le système MKSA.

Dans la pratique, on le rapporte à l'unité de volume d'eau, et il a la dimension d'une pression. On peut donc l'exprimer en atmosphères, en bars, en kg/cm², ou en mètres de colonne d'eau. On parle alors plutôt de tension, que l'on donne généralement en valeur absolue, sans tenir compte du signe.

Le potentiel hydrique est la résultante de différents phénomènes agissant sur l'eau, et dont les plus importants sont :

- la pesanteur (Ψ_n) ;
- la tension superficielle et les phénomènes de capillarité (Ψ_m) ;
- le potentiel osmotique de l'eau (Ψ_o) ;
- le potentiel de turgescence (Ψ_t).

Le système est en équilibre lorsque le potentiel hydrique total est le même en tout point.

$$h = \Psi_n + \Psi_m + \Psi_o + \Psi_t = \text{constante.}$$

Le pF défini de la manière d'une échelle logarithmique des potentiels hydriques :

$$pF = \log h$$

h étant exprimé en centimètres de colonne d'eau.

• **Relation entre le pf et l'humidité du sol :**

La tension de l'eau du sol est évidemment en relation étroite avec sa teneur en eau : le pF varie

en raison inverse de l'humidité du sol. La mesure du pF permet donc une mesure indirecte de l'humidité, à condition de tenir compte des points suivants :

- la relation tension-humidité est différente pour chaque type de sol : par exemple, pour les 2 mêmes valeurs de pF, les valeurs correspondantes de l'humidité seront d'autant plus importantes et présenteront entre elles des différences d'autant plus grandes, que la teneur en éléments fins sera plus élevée ;

- cette relation n'est pas la même en phase d'humectation et en phase de dessiccation : pour une même valeur de l'humidité d'un sol, le pF est moins élevé dans la phase de réhumectation que dans la phase de dessiccation. On observe donc un retard ou « hystérésis ». Ce phénomène est très nettement marqué sur des sols riches en argiles, mais presque insignifiant sur des sols sableux ;

- enfin, toujours pour une même valeur d'humidité, le pF est d'autant plus élevé que la vitesse de dessèchement est plus rapide.

• **La densité apparente :**

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est, en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (Chauvel, 1977). Elle permet en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines (MAERTENS, 1964), la cohésion des horizons (YORO, 1983 ; YORO et ASSA, 1986) et la réserve en eau du sol (HENIN, MONNIER et GRAS, 1969).

Elle peut être évaluée au laboratoire sur des échantillons, ou sur le terrain dans des horizons en place selon que l'on veut déterminer la porosité texturale, la microporosité ou la macroporosité. Au laboratoire, sont essentiellement utilisées la méthode à la paraffine et à l'eau et la méthode au pétrole. Application numérique :

On réécrit la formule de Hallaire tenant compte la charge nulle en éléments grossiers et le rapport $RFU / RU = 2/3$:

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Da \times Z$$

Après les données obtenues au laboratoire étaient :

$$H_{cc} = 4.42 \%$$

$$H_{pf} = H_{cc} / 2 = 2.21 \%$$

$$Da = 1.27 \text{ g / cm}^3$$

Pour une moyenne de profondeur de racines égale à 1 mètre :

$$RU = (0.0442 - 0.0221) \times 1.27 \times 1000$$

$$RU = 28.067 \text{ mm}$$

$$RFU = \frac{2}{3} \times 28.067$$

$$RFU = 18.71 \text{ mm}$$

C. Estimation par la formule de Rawls :

Cette estimation est basée sur l'analyse granulométrique du sol. Elle utilise la formule suivante :

$$RU = (W_{330} - W_{15000}) \times Z$$

Avec :

W_{330} : la teneur en eau du sol à -330 hPa (mm/m), c'est-à-dire la capacité au champ :

$$W_{330} = 257.6 - (2 \times Sa) + (3.6 \times Ar) + (29.9 \times Mo)$$

W_{15000} : la teneur en eau à -15000 hPa (mm/m), c'est-à-dire le point de flétrissement :

$$W_{15000} = 26 + (5 \times Ar) + (15.8 \times Mo)$$

Ar : la teneur en argile (%) ;

Sa : la teneur en sable (%) ;

MO : la teneur en matière organique (%) ;

Z : l'enracinement (m).

▪ Application numérique :

D'après l'analyse granulométrique :

- sables : 96 % ;

- limons : 3 % ;

- Argiles : 1 %.

Avec un taux presque nul de matières organiques :

$$W_{330} = 257.6 - (2 \times 96) + (3.6 \times 1)$$

$$W_{330} = 62$$

$$W_{15000} = 26 + (5 \times 1)$$

$$W_{15000} = 31$$

On déduit la RU pour un enracinement d'1 mètre :

$$RU = (62 - 31) \times 1 = 31 \text{ mm}$$

On calcule la RFU :

$$RFU = \frac{2}{3} RU$$

$$RFU = \frac{2}{3} \times 31 = 20.67 \text{ mm}$$

Pour un enracinement de 60 cm :

$$RU = (62 - 31) \times 0.6 = 18.6 \text{ mm}$$

$$RFU = \frac{2}{3} \times 18.6 = 12.4 \text{ mm}$$

IV. CONCLUSION :

La base de cette étude est d'utiliser les données théoriques pour estimer la valeur de la réserve facilement utilisable en s'appuyant sur différentes méthodes de calcul axées autour de la texture du sol sableux. D'après ces méthodes, on a obtenu des résultats plus ou moins convergés ; la valeur de la RFU pour un enracinement d'un mètre oscille entre 18.71 et 20.67 mm. Ce sont les résultats obtenus par les formules de Hallaire et de Rawls. Ce sont les estimations les plus significatives de la valeur de la RFU car

elles représentent mieux les paramètres de la région d'étude. Pour notre région, la valeur de réserve utile maximale oscille entre 28.067 et 31 mm. C'est la valeur maximale d'eau que le sol peut conserver et qu'on ne doit pas dépasser au cours de l'irrigation pour éviter l'infiltration et donc le gaspillage.

On a essayé, donc, de trouver une estimation plus fiable et qui concerne plus la nature hyperaride et le sol sableux de la région par la réalisation de certaines mesures de terrain.

REFERENCES :

- [1] AGRALIS SERVICES, (2016), L'irrigation et l'humidité du sol ; La capacité au champ et le point de flétrissement.
- [2] DE (Department of Environment, El Oued),., 2009. Report "damage of rising groundwater and pollution of superficial aquifer in El-Oued", 19p.
- [3] BERTHOUMIEU, I. (2016), L'humidité du sol en l'agronomie.
- [4] Bouchet et Hallaire, (1964), Notions sur la réserve facilement utilisable (RFU).
- [5] DSA, (2017), (Direction Des Services Agricoles), Données sur les surfaces agricoles dans Oued-Souf.
- [6] Köstler et al., (1968), La profondeur d'enracinement et la réserve facilement utilisable.
- [7] Poirée et Ollier, (1962), Le rapport RFU/RU et les matières organiques.