



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



L'irrigation déficitaire du pommier pour une meilleure valorisation des ressources en eau et son impact sur le statut hydrique sol-plante et le rendement
Deficit irrigation of apple trees for better value of water resources and its impact on the water status sol-plant and yield

Chenafi azzeddine^{1,2*}, Monney philippe², Ferreira maria isabel³, Chennafi houria⁴ et Carlen christoph²

¹ *Department d'Hydraulique, Université de Bejaia. Algérie*

² *Agroscope ACW, Centre de Recherche de Conthey, Suisse*

³ *Département d'Agronomie, Université de Lisbonne, Portugal.*

⁴ *Département d'Agronomie, Université de Sétif, Algérie.*

* Corresponding author. E mail: achenafi@gmail.com

ARTICLE INFO

RÉSUMÉ

Mots clés :

Potentiel de base, statut hydrique de la plante, teneur en eau du sol, Aquapro, pommier.

Cette étude examine l'impact de l'irrigation déficitaire (ID) sur le statut hydrique du sol et le rendement du pommier de la variété Gala. L'expérience s'est déroulée en plein champ en Suisse durant les années 2010-2011. Le régime d'irrigation consiste en quatre traitements: T1; non irrigué durant les trois périodes de croissance du fruit (PCF I, II et III), T2; irrigation de confort durant PCF I, II et III, T3; irrigation de confort durant PCF I et III et non irrigué en PCF II, T4; irrigation déficitaire régulée (IDR) appliquée durant PCF II et irrigation de confort en PCF I et III. Les arbres fruitiers soumis un sévère stress hydrique T1 et modéré T3 possèdent respectivement les valeurs les faibles du potentiel hydrique du sol (Ψ_s) atteignant les -0.19MPa et -1.5MPa du potentiel hydrique du xylème (Ψ_x) comparativement aux autres traitements. Le traitement le plus sévère possède le rendement le plus faible avec 17kg/arbre comparativement aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été observée entre le régime de confort et l'IDR sur le rendement, le poids, le nombre des pommes par taille et par couleur. Par contre des différences significatives entre le régime de confort et les deux traitements T1 et T3 ont été observés sur le nombre de pommes, pour des diamètres inférieurs à 80 mm par taille et par couleur supérieure à 50%. L'irrigation déficitaire régulée a permis de réaliser une économie d'eau de 47% par rapport à l'irrigation de confort, sans nuire au rendement et à la qualité commerciale des fruits. En conclusion, dans les zones où l'eau est un facteur limitant pour la production, l'application de l'IDR durant la deuxième phase de croissance des fruits peut être la clé pour une augmentation durable de la production de pommes.

Key words:

Predawn leaf water potential, plant water status, soil water content, Aquapro, apple trees.

ABSTRACT

This study examines the impact of deficit irrigation (DI) on soil water status and yield of Gala apple trees variety. The experiment was conducted in the field in Switzerland during the years 2010-2011. The irrigation regime consists of four treatments: T1; no-irrigation during the three fruit growth period (FGP I, II and III), T2; irrigation comfort during FGP I, II and III, T3; comfort irrigation during FGP I and III and no-irrigation during FGP II, T4; regulated deficit irrigation (RDI) applied during PCF II and comfort irrigation during FGP I and III. Fruit trees under severe water stress T1 and moderate T3 have respectively the low values of soil water

potential (Ψ) reaching -0.19MPa and -1.5MPa of stem xylem water potential (Ψ_x) compared to other treatments. The most severe treatment T1 has the lowest yield with 17kg / tree compared to other treatments. No significant difference was observed between the comfort regime and RDI on yield, weight and the number of apples by size and color. However, significant differences between the system and comforts both T1 and T3 treatments were observed on the number of apples in smaller diameters 80 mm by size and greater than 50% color. The regulated deficit irrigation (RDI) allowed to reduce water use of 47 % without loss in fruit yield and commercial quality of the fruits. In conclusion, in areas where water is a limiting factor for production, application of RDI during the second fruit growth period can be the key for a sustainable increase in apple production.

1. Introduction

L'importance de l'eau pour la vie et comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme, est un élément-clé du développement, mais plus encore, l'eau agricole apparaît comme un des leviers majeurs de développement. L'augmentation spectaculaire de la demande et les conséquences du changement climatique ont fait de l'eau la ressource la plus précieuse de notre planète. Le déficit hydrique est l'un des facteurs les plus importants limitant la production des cultures dans le monde (Ashraf. 2010).

L'arboriculture fruitière en irrigué s'est considérablement développée durant les dix dernières années et constitue un des plus gros consommateurs d'eau d'irrigation. En Algérie Dans les conditions relativement arides et semi-arides, il est indispensable de recourir à l'application de l'irrigation déficitaire régulée IDR car la nouvelle tendance de l'irrigation des vergers s'oriente vers un certain rationnement (Costa et al. 2007).

Pour cela nous devons chercher à quel moment et période il faut intervenir, tout en maintenant un bon rendement qualitatif et quantitatif. Les éléments de réponse se trouvent dans l'état hydrique de la plante, par le biais du suivi de la dynamique du potentiel hydrique du xylème du tronc durant la période de croissance des fruits (chenafi et al. 2014).

Une méthode prometteuse pour une bonne gestion de l'apport d'eau au pommier est l'irrigation déficitaire régulée IDR. Cette stratégie appliquée au cours de la deuxième période de croissance des fruits, repose sur la réduction des doses d'irrigation par rapport au régime optimal et, par conséquent en menant différentes stratégies d'irrigation, on améliore l'utilisation rationnelle de l'eau. Le concept de l'IDR fut proposé par (Chalmers et al. 1981). Des recherches sur le pommier (Ebel *et al.* 1995), ont montré que l'IDR n'a eu aucun effet sur le rendement et la qualité du fruit.

L'objectif principal de ce travail est de montrer l'impact de l'irrigation déficitaire régulée sur le statut hydrique du sol-plante et le rendement des arbres fruitiers.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel végétal et conditions de l'expérimentation

La présente étude a été conduite dans un verger de pommier (Gala), localisé en Suisse romande (Latitude 46°12'N, Longitude 7°18'E, Altitude 500m). Le climat est continental, la moyenne annuelle des précipitations est de 600mm. La parcelle a été complètement couverte par du plastique transparent, lequel est couvert par des bâches en plastique vert afin de supprimer l'apport des pluies lors de l'expérimentation.

La légère pente naturelle du terrain permet à la pluie qui tombe de ne pas stagner au dessus des bâches.

Le matériel végétal est le pommier de la variété (Gala) planté en 2003, greffé sur M9 EMLA ayant comme pollinisateurs Everest et Golden GEM. La hauteur des arbres est de 4 m, avec un diamètre moyen des troncs de 65 mm. La densité de plantation est de 4 x 1,4 m et l'orientation des lignes d'arbres est nord-sud. Le 26 Avril 2010 est la date de la pleine floraison de la variété Gala. Le dispositif expérimental est en blocs randomisés avec six répétitions. La parcelle expérimentale est constituée de six lignes d'arbres. Les parcelles élémentaires de la partie centrale sont réservées pour les mesures expérimentales.

Les quatre traitements d'irrigation appliqués, sont basés sur les différentes périodes de croissance du fruit (PCF), selon le nombre de jours après la pleine floraison (JAPF): PCF I (1JAPF-64JAPF) correspond à la division cellulaire du fruit ; PCF II (65JAPF-104JAPF) au grossissement cellulaire du fruit ; PCF III (105JAPF-128JAPF) au grossissement et à la maturité du fruit.

Le 1^{er} Traitement T1 est le non irrigué de la pleine floraison jusqu'à la récolte, le 2^{ème} traitement T2 est un traitement de confort, géré par le potentiel hydrique du sol mesuré à 30 cm de profondeur. Le traitement T3 est similaire à T2, à l'exception de PCF II ou on arrête complètement l'apport d'eau au pommier. Le traitement

T4 est similaire aussi à T2 à l'exception de PCF II où on applique l'irrigation déficitaire régulée IDR gérée par le potentiel hydrique du xylème du tronc.

Nous avons utilisé dans notre expérimentation l'irrigation en goutte à goutte avec des gaines enterrées. Le modèle choisi des goutteurs est fabriqué par Netafim Uniwine; les émetteurs sont intégrés à l'intérieur de la gaine et fonctionnent sur le principe de l'auto-régulation. La gamme de la pression de fonctionnement est de 0.05 à 0.4 MPa et la dépression est assurée par un système de labyrinthe Turbonet.

La gaine est équipée de goutteurs de 1,6 l / h chacun, espacés de 0,3 m les uns des autres. La station de tête de la parcelle expérimentale est équipée d'une vanne principale, filtre, manomètre et quatre vannes programmables reliées à un programmeur.

2.2. Mesure du statut hydrique du sol et de la plante

2.2.1 Potentiel hydrique du sol

Nous avons utilisé les sondes Watermark® monitor Model 900M pour mesurer le potentiel hydrique du sol à 30 et 60 cm de profondeur (Ψ_{530} et Ψ_{560}). Les sondes Watermark® indiquent le potentiel hydrique du sol jusqu'à 200 cbars, peuvent rester en place plusieurs années sans entretien et, reliées à un data logger, permettent d'enregistrer à fréquence élevée (plusieurs fois par jour si nécessaire) les variations du Ψ_s . Le transfert des données sur PC est simple et rapide. La lecture des sondes Watermark® est faite chaque jour entre 10-11h juste avant l'irrigation.

2.2.2. Mesure des paramètres physiologiques

Afin de déterminer le statut hydrique du pommier, nous avons procédé par un suivi de mesure du potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier Ψ_x , à l'aide de la chambre à pression dite de Schölander (model 600; PMS Instrument Company U.S.A), (Schölander et al. 1965) selon la procédure décrite par (Turner. 1981).

La mesure du Ψ_x s'est effectuée tous les trois jours entre 12h30 et 13h30 quand l'évapotranspiration est maximale. Les feuilles ont été placées à l'intérieur d'un sachet en plastique recouvert à l'aide du papier en aluminium, les mesures débutent une heure après; dans le but d'avoir un équilibre entre le Ψ_x et le potentiel hydrique de la feuille (Naor et Cohen. 2003).

3. Résultats et discussion

3.1. Potentiel hydrique du sol

Suivant la dynamique du potentiel hydrique du sol (Fig.1), la valeur initiale du Ψ_{530} est la même pour les quatre traitements. Celle-ci était de 0 MPa au moment où le sol était à sa capacité au champ.

Le traitement T1 le plus sévère possède les valeurs les plus faibles du Ψ_{530} pendant toute la saison, comparativement aux autres traitements. Le Ψ_{530} atteint à la fin de PCF I -0.15 MPa respectivement. Le gradient élevé du potentiel hydrique du sol met en évidence le dessèchement rapide du sol suite à l'arrêt de l'apport d'eau, Ψ_{530} continu à descendre plus bas, atteignant ainsi en moyenne, à la fin de PCF III les seuils de -0.190 MPa. Le traitement T2 possède les valeurs les plus élevées du Ψ_{530} avec en moyenne; -0,06 MPa pendant les trois périodes. Durant PCF II, le traitement T3 a été affecté par l'arrêt total des apports d'eau. Le potentiel hydrique du sol du traitement T4 était au voisinage de -0.12 MPa. Quand nous avons repris l'irrigation, et à la fin de PCF III, les seuils de Ψ_{530} des traitements T3 et T4 étaient pratiquement les mêmes que le traitement T2.

3.2. Potentiel hydrique de la plante

En suivant la dynamique du potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier (Fig.2), il ressort que le traitement le plus sévère T1 possède les valeurs les plus basses du Ψ_x par rapport aux autres traitements durant toute la saison. Le Ψ_x du traitement T1 baisse rapidement et atteint à la fin de PCF I, II et III respectivement -1.16 MPa -1.48 MPa -1.42 MPa. Des résultats similaires ont été trouvés sur le pommier (Naor et Cohen. 2003). Le potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier est très sensible au stress hydrique.

Durant toute la saison de croissance du fruit et comparativement aux trois traitements, le régime de confort T2 possède les valeurs les plus élevées du Ψ_x variant de -1.07 MPa à -0.89 MPa respectivement.

Le Ψ_x , durant la première période PCF I des traitements T3 et T4, est similaire à celui de T2. Le traitement sévère appliqué à T3, par un arrêt total de l'apport d'eau aux arbres fruitiers a eu pour effet la descente du Ψ_x plus bas, atteignant à la fin de PCF II le seuil de -1.32 MPa, valeur remarquable durant l'expérimentation qui montre la réponse des arbres fruitiers au stress hydrique par le potentiel hydrique du xylème du tronc.

L'application de l'irrigation déficitaire régulée RDI durant PCF II a été marquée par des potentiels hydriques Ψ_x légèrement inférieurs à ceux de T2 atteignant à la fin de PCF II les seuils de -1.14 MPa. Dix jours après la reprise de l'irrigation, le Ψ_x en T3 et T4 remonte progressivement atteignant à la fin de PCF III -1.14 MPa en T3, -0.97 MPa en T4 alors que celui de T2 est de -1.07 MPa. Plusieurs auteurs indiquent que le potentiel du xylème du

tronc est un indicateur très sensible au stress hydrique des plantes pour la programmation de l'irrigation du pommier (Swaef et al. 2009).

Le potentiel de tronc ψ_x est donc un indicateur fiable du stress hydrique du pommier pour la gestion de l'irrigation déficitaire, comme le précisent plusieurs études sur des espèces fruitières de la zone méditerranéenne et tempérée, qu'il s'agisse d'agrumes (Ortuño et al. 2006), du pêcher (Garnier et Berger 1985), du pommier (Naor et al. 1995), du prunier (Lampinen et al. 2004) ou du cerisier (Livellara et al. 2011). Pour le pommier, la valeur seuil pour la gestion de l'irrigation déficitaire contrôlée (RDI) peut être fixée à $-1,2$ MPa (Chenafi et al. 2014).

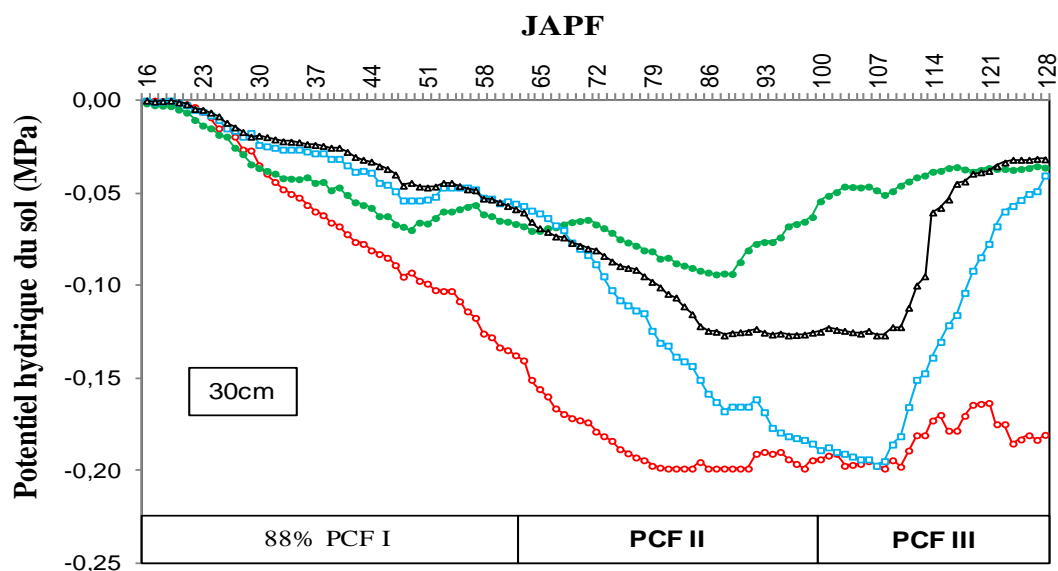


Fig. 1. Médianes du potentiel hydrique du sol à 30 cm de profondeur suivant les différentes stratégies d'irrigation: T1(○), arbres non irrigués (PCF I, II et III); T2(●), arbres irrigués au confort (PCF I, II et III); T3(□), arbres irrigués au confort (PCF I et III), arbres non irrigués (PCF II); T4(△), arbres irrigués au confort (PCF I et III) et irrigation déficitaire régulée (PCF II). Chaque point est l'ensemble de six mesures.

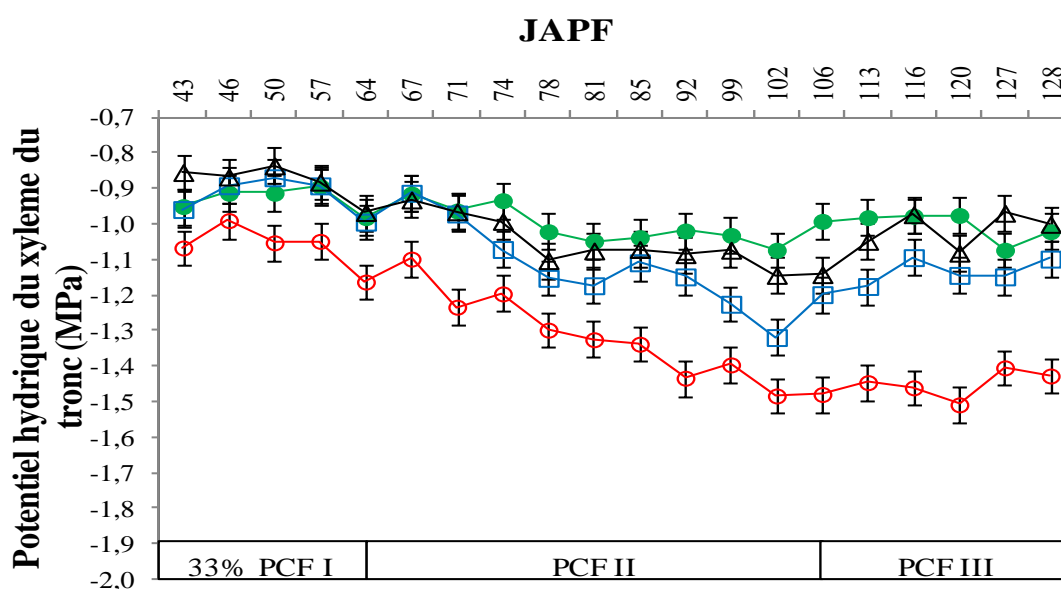


Fig. 2. Moyennes du potentiel hydrique du xylème du tronc suivant les différentes stratégies d'irrigation: T1(○), arbres non irrigués (PCF I, II et III); T2(●), arbres irrigués au confort (PCF I, II et III); T3(□), arbres irrigués au confort (PCF I et III), arbres non irrigués (PCF II); T4(△), arbres irrigués au confort (PCF I et III) et irrigation déficitaire régulée (PCF II). Les procédés indiqués par la même lettre ne se distinguent pas significativement. Les barres verticales représentent l'écart type.

3.3. Rendement des arbres fruitiers

Les arbres fruitiers soumis à un sévère stress possède les seuils les plus bas comparativement aux arbres fruitiers soumis au régime de confort ou à l'irrigation déficitaire régulée (15- 19kg/arbre pour T1, 25-28kg/arbre pour T2, 17-19kg/arbre pour T3 et 24-29kg/arbre pour T4). Aucune différence significative n'a été observée entre la variante soumise au régime de confort et celle soumise à l'irrigation déficitaire régulée. Ces résultats confirment les résultats de Naor *et al.* (2008) selon lesquels, dès $-1,3$ à $-1,4$ MPa, le calibre des fruits à la récolte diminue. La qualité commerciale de la variante T4 (RDI) a été très proche de la variante T2 avec irrigation de confort.

Conclusion

Au regard de ces résultats : l'irrigation déficitaire régulée IDR n'a eu aucun effet sur la qualité productive des pommes de la variété (Gala). La présente étude nous a permis de montrer la sensibilité et la réponse rapide du potentiel hydrique du sol Ψ_s au stress hydrique.

L'irrigation déficitaire régulée IDR en goutte à goutte avec des gaines enterrées appliquée durant la deuxième phase de croissance des fruits, a permis d'économiser 47 % d'eau par rapport à une irrigation de confort appliquée durant toute la saison.

La gestion de l'irrigation déficitaire par le potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier est une méthode incontournable.

References

- Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, 28, 169-183.
- Costa, J.M., Ortuno, M.F. & Chaves, M.M. (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology* 49, 1421-1434.
- Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., & van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106, 307-312.
- Chenafi, A., Carlen, C., Boudoukha, A., Hofer, A and Monney, P. (2014). Evaluation of Regulated Deficit Irrigation for Apple Trees cv. Gala based on Midday Stem Water Potential and Soil Matrix Potential. *Acta Horticulturae (ISHS)* 1038:137-144.
- Ebel, R.C., Proebsting, E.L., & Evans, R.G. (1995). Deficit Irrigation to Control Vegetative Growth in Apple and Monitoring Fruit Growth to Schedule Irrigation. *Hortscience*, 30, 1229-1232.
- Garnier E. & Berger A., 1985. Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. *Journal of Horticultural Science*, 60, 47-56.
- Lampinen B. D., Shackel K. A., Southwick S. M., Olson W. H. & Dejong T. M., 2004. Leaf and canopy level photosynthetic responses of French prune (*Prunus domestica* L. 'French') to stem water potential based deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 638-644.
- Livellara N., Saavedra F. & SalgadoE., 2011. Plant based indicators for irrigation scheduling in young cherry trees. *Agricultural Water Management*, 98 (4), 684-690.
- Naor, A., & Cohen, S. (2003). Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field-grown apple trees. *Horticultural science*, 38, 547-551.
- Naor A., Klein I. & Doron I., 1995. Stem water potential and apple size. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 577-582.
- Ortuño M. F., Garcia-Orellana Y., Conejero W., Ruiz-Sanchez M. C., Alarcon J. J. & Torrecillas A., 2006. Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. *Trees*, 20, 1-8.
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., & Hammel, H.T. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- Swafef, T.D., Steppe, K., & Raoul, L. (2009). Determining reference values for stem water potential and maximum daily trunk shrinkage in young apple trees based on plant responses to water deficit. *Agricultural water management*, 96, 541-550.
- Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*, 58, 339-366.