

Gestion du stress hydrique pour les cultures pérennes méditerranéennes

La région méditerranéenne est connue pour son climat chaud et ses ressources en eau limitées, ce qui rend les vignobles vulnérables au stress hydrique et aux effets du changement climatique. Différentes pratiques innovantes ont été développées et mises en œuvre dans la région pour relever ces défis de gestion du stress hydrique. L'agriculture sèche s'appuie sur l'humidité naturelle contenue dans le sol et sur des techniques agricoles spécifiques pour garantir que les cultures reçoivent suffisamment d'eau pour pousser et produire. Cependant, celle-ci exige un niveau de compétence et d'expérience élevé, car les agriculteurs doivent être capables d'évaluer l'état du sol et d'adapter les techniques à l'évolution des conditions météorologiques. Les stratégies clés comprennent l'irrigation déficitaire régulée (IDR) et le dessèchement partiel de la zone racinaire (SDR), qui optimisent l'utilisation de l'eau en ciblant les stades de croissance critiques ou en alternant les apports d'eau au niveau de la zone racinaire. Les techniques de gestion des sols, telles que le paillage, l'ajout de matières organiques et la plantation de couverts végétaux, améliorent la rétention de l'eau et la structure du sol. Les technologies de pointe telles que les capteurs d'humidité du sol, la télédétection et les systèmes de surveillance en temps réel améliorent la précision de l'application de l'eau.

Les agriculteurs adaptent leurs pratiques pour y faire face, mais nombre de ces solutions restent confinées à des régions ou à des secteurs agricoles spécifiques. Le projet [CLIMED-FRUIT](#) [1], financé par l'UE, s'efforce de combler cette lacune en identifiant et en partageant des pratiques innovantes mises en œuvre par divers groupes agricoles européens, afin d'améliorer la résilience et de promouvoir une adaptation et une atténuation efficaces du changement climatique.

Cet article présente une liste non exhaustive de résultats expérimentaux issus de projets menés dans toute l'Europe et identifiés dans le cadre du projet CLIMED-FRUIT.

Mise en place d'un système d'irrigation traditionnel économe en eau

Il existe plusieurs façons d'améliorer l'efficacité de l'eau d'irrigation. Tout d'abord, le choix du système d'irrigation est un facteur critique : opter pour un système localisé de goutte-à-goutte ou de « micro-jet » permet de distribuer l'eau au plus près des racines, d'éviter une évaporation excessive et de limiter le développement des mauvaises herbes. Cependant, une distribution très localisée de l'eau ne stimule pas le développement des systèmes racinaires ni en profondeur ni sur une grande surface horizontale, ce qui augmente la dépendance des plantes à l'égard de l'irrigation. Par conséquent, le choix du système d'irrigation, son positionnement et le calendrier des apports sont autant de facteurs qui contribuent à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

Irrigation au goutte-à-goutte

Il s'agit de l'un des systèmes les plus répandus pour les cultures pérennes (Fig. 1). Dans ce système, une quantité réduite d'eau est appliquée aux racines des plantes sous forme de gouttes continues ou discontinues, de petits ruisseaux ou de systèmes d'impulsions.

Entre 2 et 20 litres sont délivrés par heure à partir d'un tuyau étroit doté de plusieurs orifices appelés goutteurs [2]. L'irrigation au goutte-à-goutte est largement connue pour augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau en réduisant de 50 % la demande en eau par rapport à l'irrigation par sillons et en réduisant l'engorgement.



Fig. 1. Système d'irrigation au goutte-à-goutte en viticulture (crédit photo : IFV Sud-Ouest)

Irrigation déficitaire

L'irrigation déficitaire (ID) est une stratégie d'irrigation qui repose sur une utilisation uniquement pendant les étapes de croissance des cultures sensibles à la sécheresse pour réduire le gaspillage d'eau.

Il existe différents types d'ID (Fig. 2) :

- *Irrigation déficitaire soutenue* : basée sur l'homogénéisation du déficit hydrique sur l'ensemble de la saison fruitière, permet d'éviter l'apparition d'un grave déficit hydrique de la plante à n'importe quel stade de la culture qui pourrait affecter le rendement commercialisable ou la qualité des fruits.
- *Irrigation déficitaire régulée* : une irrigation complète est assurée pendant les périodes critiques des arbres fruitiers, tandis que celle-ci est limitée, voire inexistante, si un apport minimum d'eau est assuré par les précipitations pendant les périodes critiques.
- *Irrigation déficitaire par dessèchement partiel des racines* : basée sur l'irrigation d'une partie seulement de la zone racinaire, l'autre partie étant laissée sans apport d'eau jusqu'à une certaine teneur en eau du sol avant d'être réhumidifiée en déplaçant l'irrigation vers le côté sec.

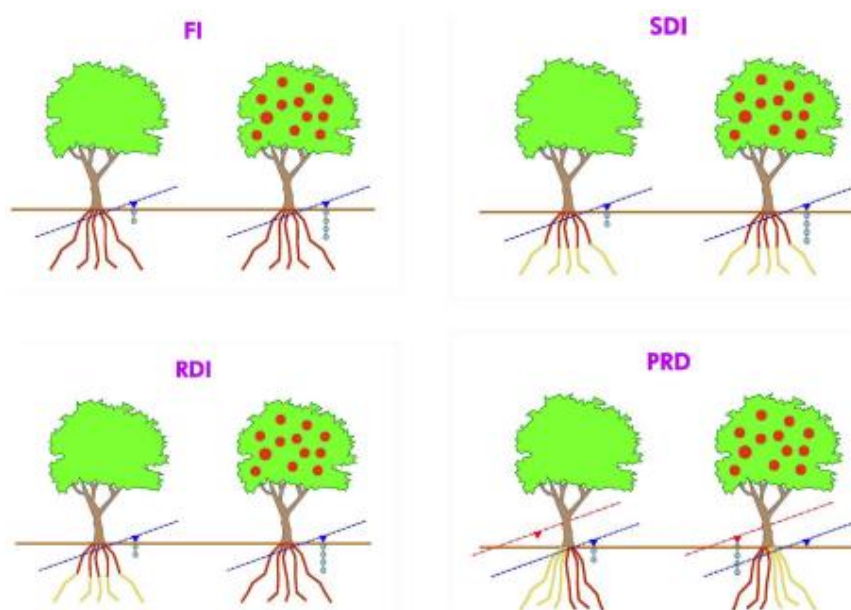


Fig. 2. Schéma des stratégies d'irrigation totale (FI), d'irrigation déficitaire soutenue (SDI), d'irrigation déficitaire régulée (RDI) et d'irrigation par dessèchement partiel des racines (PRD) chez les arbres fruitiers [3]

Systèmes d'irrigation intelligents

Verger d'avocats

En raison de la meilleure rentabilité économique de la culture de l'avocat et des conditions climatiques en évolution, les agriculteurs européens se tournent vers ce fruit pour remplacer d'autres cultures. L'avocat est sensible à la sécheresse et à l'asphyxie racinaire, et a besoin d'un volume d'eau précis pour croître et produire des fruits. Ses racines peu profondes limitent sa capacité à exploiter des volumes importants de terre et à utiliser pleinement les précipitations stockées. De nombreux agriculteurs doivent se familiariser avec les techniques agronomiques les plus appropriées, adaptées à ces conditions spécifiques. Dans ce contexte, le groupe opérationnel GO AVOCADO [4] a joué un rôle de premier plan dans le développement de nouvelles pratiques culturales, telles que l'utilisation de sondes capacitatives (Fig. 3) combinées à des drones et à des cartes agro-climatiques [5] (Fig. 4). Avant de planter, il convient de consulter la carte agro-climatique pour déterminer si la parcelle présente les conditions optimales. Par ailleurs, un système d'irrigation adapté est essentiel pour garantir une bonne efficacité de l'eau, quel que soit l'emplacement et la situation de la parcelle. Des sondes capacitatives peuvent être choisies pour déterminer les besoins d'irrigation à chaque instant (certaines sont autonomes et fonctionnent avec un petit panneau solaire). Ces sondes peuvent déterminer la teneur en eau du sol, la salinité et la température à différentes profondeurs du sol. L'estimation de la teneur en humidité du sol est basée sur la mesure de la constante électrique du sol à l'aide d'électrodes, qui peuvent détecter des oscillations de la constante puisque le sol est un substrat conducteur d'électricité. Ces variations de la

valeur de la constante électrique sont en corrélation avec la capacité du sol ou sa teneur en humidité. Le même système est utilisé pour estimer la salinité du sol.



Fig. 3. Sonde capacitive dans une plantation de citronniers, similaire à celle utilisée dans le cadre du *groupe opérationnel GO AVOCADO*

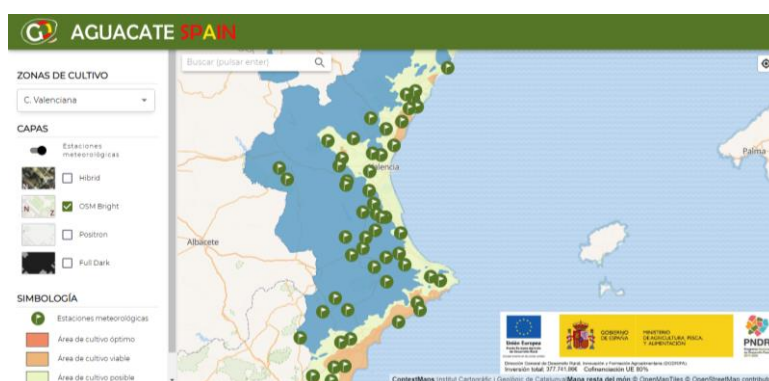


Fig. 4. Carte agro-climatique – *groupe opérationnel GO AVOCADO*

Les sondes capacitives mesurent la teneur en eau volumétrique du sol (VWC) avec précision et en temps réel, ce qui permet de surveiller les niveaux d'humidité dans la zone racinaire, de détecter les changements ou les écarts après les irrigations ou les pluies et d'identifier les schémas de séchage entre les irrigations. Grâce à ces informations, le technicien peut ajuster la fréquence et la durée des irrigations en fonction des besoins réels de la culture de l'avocat. Cela permet en outre d'éviter une irrigation excessive et de prévenir le stress hydrique. Enfin, bien que l'utilisation de sondes capacitives pour la gestion de l'eau dans les cultures entraîne au départ un coût supplémentaire en raison du prix élevé de la technologie, elle permet de réaliser d'importantes économies d'eau, d'engrais et d'énergie en utilisant uniquement les quantités nécessaires.

La Fig. 5 montre l'humidité détectée par les sondes à quatre profondeurs (noir 10 cm, rouge 30 cm, bleu 50 cm, jaune 70 cm). Après chaque irrigation, la teneur en eau du sol augmente davantage dans les premiers centimètres et est pratiquement imperceptible aux niveaux plus profonds. Les points rouges et noirs indiquent l'activité des racines, c'est-à-dire les moments où elles absorbent de l'eau.

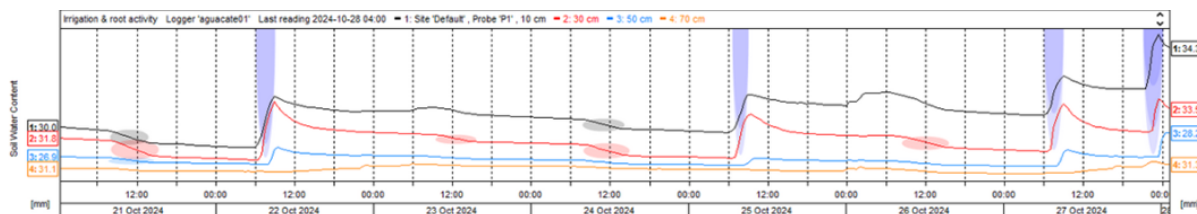


Fig. 5. Graphique des données de la sonde capacitive sur l'évolution de la teneur en eau du sol à différentes profondeurs et après les irrigations – groupe opérationnel GO AVOCADO

Pour déterminer le volume exact d'eau nécessaire à la culture de l'avocat, le groupe opérationnel **GO AVOCADO** [4] a surveillé la consommation instantanée et adapté le régime d'irrigation aux besoins réels de la plante. On estime qu'un hectare d'avocat consomme environ 6 300 m³/an (Manuel de gestion pratique de la culture de l'avocat). Cette culture a besoin d'une humidification constante de la zone racinaire, 50 % des racines étant situées dans les 30 premiers centimètres du sol. Ainsi, il a été observé que l'augmentation du nombre de jours d'irrigation tout en appliquant un plus petit volume d'eau à chaque irrigation augmentait les rendements par rapport à l'irrigation sur un plus faible nombre de jours avec un volume d'eau plus important. Cela s'explique par le fait que des irrigations courtes et continues maintiennent la surface du sol constamment humide. Il a été observé que l'installation de goutteurs à très faible débit (0,6 l/h) disposés sur 4 rangées de lignes de goutteurs génère une humidification constante des premiers centimètres du sol.

Verger d'agrumes

Le groupe opérationnel **GO CITRICS** [6] a réalisé un essai pilote de culture d'agrumes à l'aide de caméras thermographiques, de drones, d'informations satellitaires et de capteurs capacitifs afin de déterminer les zones présentant des excès ou des déficits d'irrigation pour équilibrer cet aspect. Les données obtenues ont permis de déterminer l'eau disponible dans le système d'irrigation. Les informations acquises de cette manière peuvent être transférées aux producteurs dans le contexte de leurs exploitations, en appliquant les corrections appropriées. L'utilisation de cette méthode peut s'avérer difficile dans certaines zones de production en raison des connaissances requises pour gérer ce type de technologie. C'est pourquoi le groupe opérationnel **GO CITRICS** s'efforce de former les agriculteurs afin de leur permettre d'interpréter plus facilement les informations fournies par les sondes et les autres systèmes de surveillance. Les sondes capacitives installées dans le verger permettent de programmer l'irrigation de manière optimale en fonction du moment et de la quantité d'eau nécessaires, selon l'humidité du

sol mesurée par les capteurs (Fig. 6a). D'autre part, les données obtenues par vols de drones équipés d'une caméra hyperspectrale (Fig. 6b) et images satellites ont permis de détecter des défaillances dans les systèmes d'irrigation, en mettant en évidence les zones sur-irriguées et sous-irriguées (Fig. 6c). Ces détectations sont effectuées en surveillant les taux de végétation tels que l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI). Ce paramètre est basé sur la détection des longueurs d'onde infrarouges et fournit des informations précieuses pour prévenir le stress des cultures avant l'apparition des symptômes dans la plante. La détection du stress permet d'y remédier rapidement, de réparer d'éventuelles défaillances et d'adapter les stratégies d'irrigation aux besoins des cultures. En outre, une couche de paille de riz disposée au pied des avocatiers permet de réduire les besoins en irrigation de 30 % et d'augmenter le rendement de 10 % par rapport aux conditions traditionnelles avec une irrigation à 100 % d'Etc et sans paillage.

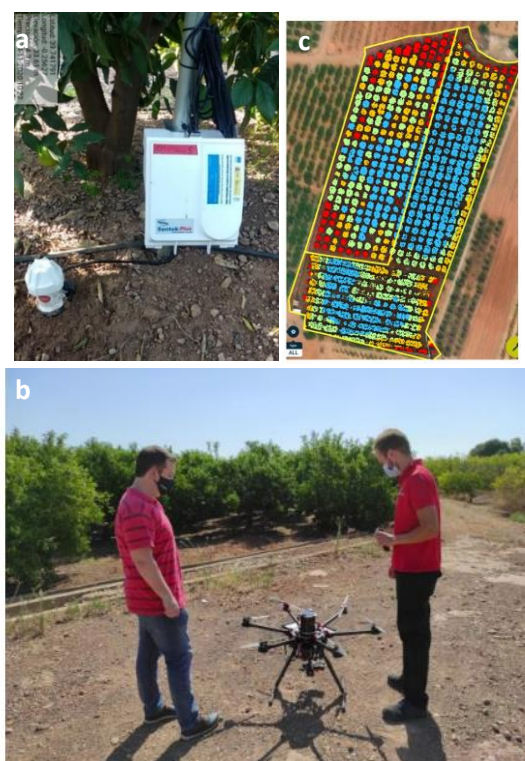


Fig. 6 a) Capteur capacitif ; b) plateforme numérique présentant les résultats hydrologiques ; c) drone équipé de caméras thermographiques – groupe opérationnel GO CITRICS

Oliveraie

L'irrigation de précision basée sur la croissance quotidienne du tronc à l'aide d'un dendromètre (Fig. 7), installé à 15 cm au-dessus du sol sur le tronc principal des arbres, a été mise en œuvre pendant trois ans dans une jeune oliveraie à très haute densité (variété Arbequina) dans le nord-est de l'Espagne [7]. D'après les données du dendromètre, l'irrigation en juillet et en août (arrêt de la croissance végétative en été) a eu lieu après deux jours consécutifs de diminution du diamètre du tronc. Le dendromètre a pris et

envoyé des mesures toutes les 15 minutes par radio à un enregistreur de données. La production d'huile d'olive a augmenté de 7 % et les variables végétales n'ont pas montré de réductions significatives. Cette stratégie a permis une économie d'eau de 31 % par rapport à la stratégie témoin, et une augmentation de 7% de la production d'huile d'olive sans impacter de façon significative les variables végétales.



Fig. 7. Dendromètre

Pratiques d'agriculture sèche

Pratiques de gestion des sols

Les pratiques de gestion durable des sols sont essentielles pour préserver la santé de ces derniers et atténuer les effets néfastes sur les performances des cultures. Le groupe opérationnel portugais Nouvelles pratiques dans les oliveraies non irriguées [8] a évalué les effets du travail du sol et des couverts de légumineuses annuelles qui se réensemencent d'elles-mêmes, sur les performances physiologiques des oliviers et sur les propriétés du sol [9]. Des couverts de légumineuses (lupin blanc, vesce, trèfle souterrain, trèfle rouge, serradelle jaune) ont été semés en automne et fauchés au printemps de l'année suivante, après la maturité des graines. Ils ont ensuite été détruits à l'aide d'un broyeur rotatif et laissés au sol en guise de paillis. Cette pratique a permis de réduire le risque d'érosion du sol, d'améliorer la fertilité du sol, d'empêcher la perte de la teneur en eau du sol par évaporation et d'augmenter la capacité de rétention de l'eau. Par conséquent, l'utilisation de couverts de légumineuses est une stratégie prometteuse pour la gestion durable des sols dans les oliveraies pluviales, car elle peut fournir de nombreux services écosystémiques tels que la fixation de l'azote, l'accueil d'auxiliaires et l'augmentation de la rétention d'eau.

De plus amples informations sur les autres pratiques de gestion des sols sont disponibles dans le chapitre SOUS- THÈME 2 Améliorer la résilience aux aléas climatiques : pratiques de l'agriculture sèche.

Conclusion

Les pratiques innovantes de gestion du stress hydrique, telles que l'irrigation déficitaire, et les technologies de précision, telles que les sondes capacitatives et la télédétection, améliorent considérablement l'efficacité de l'eau et la résilience des cultures dans les régions méditerranéennes et semi-arides. Ces stratégies, développées dans des cultures telles que les pistaches, les amandes, les olives et les avocats, optimisent l'irrigation en ciblant les stades de croissance critiques et en tirant parti de systèmes de surveillance de pointe pour réduire l'utilisation de l'eau sans compromettre le rendement ou la qualité. L'intégration d'une gestion durable des sols, comme les couverts végétaux, améliore encore la rétention d'eau, la santé des sols et l'équilibre écologique, offrant des solutions pratiques pour l'adaptation au climat en limitant le recours à l'eau d'irrigation.

Bibliographie et sources

- [1] Projet CLIMED-FRUIT, <https://climed-fruit.eu/>
- [2] Kumar, R., Maryam, M., Richa, R. (2023): In: Kumar, M., Kumar, R., & Singh, V.P. (Eds.) *Advances in Water Management Under Climate Change* (1^{ère} éd.). Micro-Irrigation: Potential and Opportunities in Hilly and Sloppy Areas for Doubling Farmer Income. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9781003351672-16>
- [3] Galindo, A., Collado-González, J., Griñán, I., Corell, M., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Girón, I., Rodríguez, P.L., Cruz, Z.N., Memmi, H., Carbonell-Barrachina, Á.A., Hernández, F., Torrecillas, A., Moriana, A., López-Pérez, D.N. (2017): Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, 202, 311-324. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015>
- [4] Projet GO AVOCADO <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/8.-EPA-GO-AVOCADO.pdf>
- [5] Cartes agro-climatiques <https://goaguacatespain.com/mapa/>
- [6] Projet GO CITRICS <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/9.-EPA-GO-CITRICS.pdf>
- [7] Arbizu-Milagro, J., Castillo-Ruiz, F.J., Tascón, A., Peña, J.M., (2023): Effects of regulated, precision and continuous deficit irrigation on the growth and productivity of a young super high-density olive orchard. *Agricultural Water Management*, 286, 108393. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108393>
- [8] Groupe opérationnel New Practices in Rainfed Olive Groves <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/10.-EPA-New-Practices-in-Rainfed-Olive-Grovesl.pdf>
- [9] Rodrigues, M. Ângelo, Ferreira, I. Q., Freitas, S. L., Pires, J. M., & Arrobas, M. P. (2015). Self-reseeding annual legumes for cover cropping in rainfed managed olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(2), e0302. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015132-6252>