



GESTION DE L'EAU EN OCCITANIE : éléments issus de l'expérimentation du réseau de partenaires CAP EXPÉ



VOLET 1 : *Le pilotage de l'irrigation en cultures pérennes et maraîchères*

La gestion de l'eau en agriculture est un enjeu crucial dans le contexte actuel de changement climatique, de pression croissante sur les ressources en eau et de répartition de ces ressources.

De nombreuses cultures, particulièrement dans les contextes pédoclimatiques occitans, nécessitent un apport d'eau par irrigation. La bonne gestion de l'irrigation est nécessaire pour optimiser la production des cultures tout en évitant les excès d'eau et en raisonnant les applications, de manière à préserver la ressource. Le pilotage de l'irrigation repose sur l'utilisation de nombreux outils et capteurs. Des outils de plus en plus sophistiqués et innovants se développent, dans l'objectif d'améliorer encore l'efficacité et la durabilité de la gestion de la ressource hydrique. En outre, la recherche et le développement agricole mènent de nombreux travaux sur l'étude de leviers de pilotage de l'irrigation permettant de réduire la consommation d'eau tout en assurant la production agricole : adaptation des doses au stade de végétation, modes d'irrigation, restrictions modérées... Le premier volet de ce document présente les outils ainsi que des exemples de travaux liés au pilotage de l'irrigation sur des **cultures pérennes et maraîchères**.

CAP EXPÉ Occitanie qu'est-ce que c'est ?

CAP EXPÉ Occitanie est un projet de diffusion-transfert de résultats de recherche-expérimentation vers les professionnels agricoles (agriculteur-rice-s, conseiller-ère-s, technicien-ne-s...). Le projet est porté par plusieurs partenaires de l'expérimentation en Occitanie : CEFEL, SICA CENTREX, SudExpé, Station Expérimentale de Creysse, AEFD d'Anglars-Juillac, Chambres d'agriculture de l'Hérault, des Pyrénées Orientales et du Tarn-et-Garonne.

Sommaire

1. Outils et méthodes de suivi et de pilotage de l'irrigation

1.1. Les outils classiques

1.2. Quelques outils innovants

2. Pilotage de l'irrigation et impacts sur les cultures : quelques exemples

Le mot d'un élu : Philippe Cavalier, élu Eau à la Chambre d'agriculture du Gard

Le cycle de l'eau agricole est un cycle vertueux, et l'usage de l'eau destiné à l'irrigation un usage noble. Si notre région veut conserver ses principales filières agricoles, l'enjeu majeur pour les années à venir sera celui de l'eau. Cela revient à redéfinir le lien entre eau, agriculture, alimentation et vitalité des territoires.

Le monde agricole est passé dans sa gestion de l'eau de savoirs empiriques qui se transmettaient de génération en génération à des méthodes issues de la Recherche-Expérimentation, qui ne remplacent pas les connaissances empiriques mais viennent les objectiver, les compléter et les rendre plus efficaces. Pour nous adapter aux contraintes du dérèglement climatique, nous avons besoin d'indicateurs de plus en plus précis, et de mesures des impacts potentiels pour proposer des mesures d'adaptation. Le pilotage de l'irrigation assure et assurera une bonne part des économies de prélèvement. La profession s'est approprié cet enjeu de la gestion de l'eau, en témoignent les économies d'eau agricoles réalisées chaque année sur les bassins Rhône-Méditerranée-Corse et Adour-Garonne. Il faut donc continuer à soutenir toujours plus politiquement et financièrement les programmes de recherche qui vont continuer à améliorer la gestion de l'eau agricole. L'eau, le végétal, le sol sont des éléments indissociables.

Merci à nos partenaires et bravo aux équipes techniques qui travaillent quotidiennement sur ces sujets.

1. OUTILS ET MÉTHODES DE SUIVI ET DE PILOTAGE DE L'IRRIGATION

1.1. Les outils classiques et quelques exemples d'utilisation

Les outils utilisés dans le pilotage de l'irrigation sont nombreux et reposent sur le suivi de différents compartiments. Les indicateurs peuvent concerner le sol, le végétal ou la météo. Des modèles permettent de mettre en relation les compartiments sol, végétal et les paramètres externes liés à la météo, afin de piloter l'irrigation.

Outils de suivi météo

Les données météorologiques fournissent des informations clés sur les besoins en eau des cultures. Plusieurs outils permettent de collecter et d'analyser ces paramètres, tant à l'échelle de l'exploitation que de la parcelle.

Pluviomètre

Le pluviomètre permet de mesurer les précipitations reçues sur une zone spécifique. À l'échelle de l'exploitation ou de la parcelle, cet outil quantifie l'eau apportée par les pluies. Cela permet d'ajuster les apports d'irrigation en fonction des apports de précipitations et de limiter les excès d'eau inutiles.

Capteurs de température et d'humidité

Les capteurs de température permettent de suivre les variations thermiques, qui influencent directement l'évaporation du sol et la transpiration des plantes. Les capteurs d'humidité mesurent l'humidité relative de l'air, un facteur clé de l'évapotranspiration.

Capteurs de rayonnement solaire

Ces capteurs mesurent l'énergie solaire reçue, un paramètre essentiel pour calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP). L'ETP est utilisée dans les modèles de simulation pour estimer les besoins hydriques des cultures.



Capteur de rayonnement solaire (Weenat)



Station météo mesurant pluviométrie, température et hygrométrie (Weenat)

Anémomètre

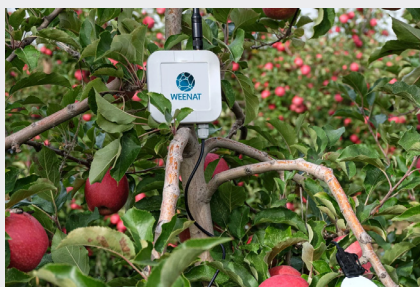
La vitesse et la direction du vent influencent l'évaporation et la dispersion de l'eau appliquée via irrigation. L'anémomètre mesure ces paramètres, permettant de minimiser les pertes dues au vent, en particulier dans les systèmes d'irrigation par aspersion.



Anémomètre (Weenat)

Capteurs d'humectation foliaire

Ces capteurs mesurent la quantité de rosée ou d'eau présente sur la surface des feuilles. L'humectation foliaire peut contribuer à répondre aux besoins en eau de certaines cultures et influence également le risque de maladies liées à l'humidité. Ces données permettent d'affiner les stratégies d'irrigation et de gestion phytosanitaire.



Capteur d'humectation foliaire (Weenat)

Sources images : Weenat

Outils de suivi sol

La connaissance du sol est essentielle pour lier présence d'eau dans le sol et accessibilité pour la plante. La réalisation de fosses pédologiques et de carottages permet de connaître les caractéristiques intrinsèques et l'état de son sol. La texture du sol (pourcentage d'argile, de limon, de sable), la teneur en éléments grossiers et la profondeur de sol sont des éléments déterminants de la réserve utile du sol, c'est-à-dire la quantité d'eau maximale qu'il peut contenir et restituer au végétal. Texture, structure, taux de matière organique sont autant de facteurs qui influencent la capacité de rétention en eau du sol, la vitesse d'infiltration de l'eau et la propension au ruissellement et au lessivage. Tous ces éléments conditionnent la disponibilité en eau pour la culture.

En outre, les plantes ont des systèmes racinaires différents et n'explorent pas de la même manière les profondeurs de sol. Les sondes peuvent être positionnées à différentes profondeurs : en surface (30-40cm) et/ou plus profond (50-60cm), à adapter en fonction de l'enracinement des cultures.

Sondes tensiométriques

Les sondes tensiométriques mesurent la tension de l'eau dans le sol, c'est-à-dire la force avec laquelle l'eau est retenue par les particules du sol. Cela permet d'évaluer la disponibilité en eau pour les plantes.

Un indicateur courant est la valeur de la tension (en centibars ou kPa), qui permet de déterminer si le sol est trop sec, trop humide ou dans une plage optimale pour la croissance des cultures. Ces sondes sont particulièrement utiles pour détecter les variations locales d'humidité et pour ajuster l'irrigation en temps réel.

Sondes capacitatives

Les sondes capacitatives mesurent l'humidité du sol via une mesure de la capacité électrique du sol, qui varie en fonction de la quantité d'eau présente. Ces capteurs sont sensibles aux changements de perméabilité du sol et sont utilisés pour suivre les variations de l'humidité en profondeur. Comparées aux sondes tensiométriques, elles offrent l'avantage de ne pas être sensibles à la salinité du sol, ce qui les rend particulièrement utiles pour des sols plus complexes.

	Sondes tensiométriques	Sondes capacitatives
Avantages	Simplicité d'utilisation, faible coût, indicateur efficace de stress hydrique	Mesure à différentes profondeurs, résistante, précise, durable
Inconvénients	Sensible au sol sec/très humide, entretien régulier, résultats peu fiables dans les sols salins	Coût plus élevé, calibration selon la texture du sol, apprentissage sur l'interprétation des données
Destination	Production : ++ Technique/Conseil : +++ Recherche : ++	Production : ++ Technique/Conseil : +++ Recherche : +++



Sonde tensiométrique (Weenat)

Outils de suivi végétal

Il existe de nombreux outils de suivi de l'état hydrique du végétal, dont certains sont spécifiques à des cultures. Néanmoins, les outils détaillés ci-après sont basés sur des méthodes applicables à l'ensemble des cultures pérennes et/ou annuelles.



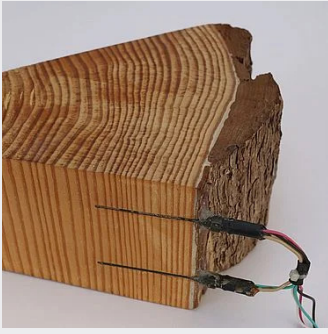
Dendromètre (Ecomatik) (source : AgriExpo)

Dendromètre

Le dendromètre est un appareil utilisé pour mesurer les variations de diamètre des tiges ou des troncs d'arbres à l'aide d'un capteur électronique ou mécanique. Les plantes en bonne santé et bien irriguées connaissent des variations de diamètre plus marquées au cours de la journée (expansion la nuit et rétrécissement le jour). Lorsque les plantes sont stressées, ces variations sont réduites.

Sources images : Weenat, AgriExpo

Outils de suivi végétal



Capteur de flux de sève
(WSL.ch)



Chambre à pression
(Agroressources)

Capteurs de flux de sève

Les capteurs de flux de sève mesurent le débit de la sève à travers les vaisseaux conducteurs de la plante, donnant ainsi des informations sur l'intensité de la transpiration et de l'absorption d'eau par les racines. Les capteurs mesurent la différence de température entre deux points le long d'une tige ou d'une branche. Cette différence de température est liée à la vitesse du flux de sève, qui est influencée par la quantité d'eau disponible dans le sol et le niveau de transpiration de la plante.

Chambre à pression

La chambre à pression est un outil utilisé pour mesurer la pression de la sève dans les tissus végétaux, permettant ainsi d'estimer l'état de la plante en termes d'humidité et de transpiration. L'outil consiste à placer un échantillon de tissu végétal (généralement une feuille avec son pétiole ou une branche) dans une chambre hermétique. On applique alors une pression croissante par injection de gaz dans la chambre, jusqu'à ce que la sève commence à sortir de l'échantillon.

Cette pression est ensuite lue et permet de déduire la pression de la sève dans la plante, qui est un indicateur de son état hydrique. Si la mesure se fait juste avant l'aube, la plante est en équilibre avec l'horizon le plus humide du sol que son système racinaire colonise : la pression exercée lue correspond au potentiel hydrique foliaire de base. Si la mesure se fait au midi solaire, après avoir isolé la feuille pendant 1h des rayons du soleil dans un sachet en aluminium : la pression exercée lue correspond au potentiel hydrique de tige.

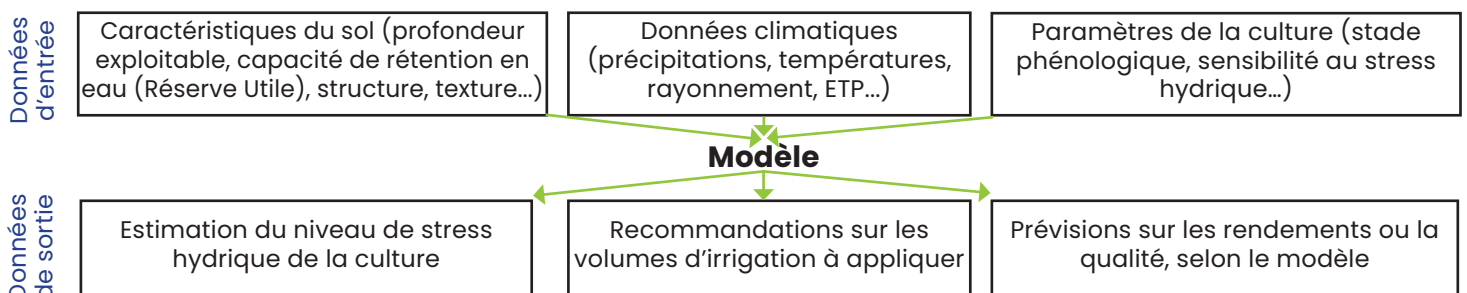
	Chambre à pression	Capteurs de flux de sève	Dendromètre
Avantages	Sensible au stress hydrique, adapté pour plusieurs cultures, robuste pour les expérimentations	Mesure en continu et en temps réel, non destructif, adapté pour plusieurs cultures	Indicateur indirect du stress hydrique, suivi continu, durable
Inconvénients	Prélèvement destructif, pas de mesure en temps réel, complexité et coût élevé	Coût élevé, calibration complexe, données complexes à interpréter	Sensible aux conditions environnementales, calibration spécifique
Destination	Production : + Technique/Conseil : ++ Recherche : +++	Production : + Technique/Conseil : ++ Recherche : +++	Production : ++ Technique/Conseil : ++ Recherche : +++

Les modèles

L'utilisation de modèles pour piloter l'irrigation est aujourd'hui une approche clé pour optimiser la gestion de l'eau dans les systèmes agricoles. Ces modèles combinent des données environnementales et des caractéristiques spécifiques de la parcelle pour fournir des recommandations d'irrigation précises et adaptées aux cultures. Voici ci-après un aperçu de leur fonctionnement et des éléments nécessaires à leur mise en œuvre.

La pertinence des recommandations issues des modèles repose largement sur une caractérisation précise du sol. Les paramètres clés tels que la profondeur utile, la texture et la capacité de rétention doivent être évalués avec soin. Une sous-évaluation peut conduire à des recommandations excessives, alors qu'une surévaluation peut entraîner des déficits d'irrigation.

Principe général des modèles d'irrigation



Sources images : Agroressources, WSL.ch

Exemple du PROJET OREVE : pilotage de l'irrigation des jeunes vergers de pommier

Le PROJET OREVE vise à piloter précisément l'irrigation en fonction des besoins spécifiques des jeunes pommiers. Ce projet répond à des enjeux majeurs : optimiser les apports hydriques, limiter le gaspillage, et réduire les impacts environnementaux dans un contexte de changement climatique.

Les jeunes arbres nécessitent des apports en eau différents des vergers matures, mais les pratiques actuelles reposent souvent sur des modèles de référence peu adaptés. OREVE propose une approche basée sur des indicateurs comme le **Tree Row Volume (TRV)** et la **Leaf Wall Area (LWA)**, combinés à des **sondes tensiométriques** et des **dendromètres**. Ces technologies permettent d'évaluer la croissance et les besoins hydriques des arbres, tout en ajustant les apports pour éviter les excès ou les insuffisances.

Qui : SudExpé

Où : Marsillargues (34)

Quand : 2020-2023

Objectif : Explorer des méthodes innovantes pour améliorer les pratiques d'irrigation sur jeunes vergers de pommier

Voici les conclusions tirées à l'issue de ces années de projet :

- **Optimisation des volumes d'eau** : Les apports hydriques ajustés selon les indicateurs ont permis une réduction moyenne de 26 % des volumes d'eau par rapport aux pratiques traditionnelles.

- **Qualité des fruits et développement des arbres** : Les arbres des modalités optimisées ont montré une croissance régulière, avec des fruits de calibres comparables, voire supérieurs, aux pratiques standards.

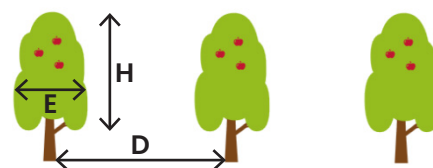
- **Prévention du stress hydrique** : Les outils utilisés ont évité les périodes de stress pour les arbres, favorisant un développement homogène et une meilleure utilisation de l'eau.

TRV (Tree Row Volume) = volume de canopée (m³/ha)

H = Hauteur moyenne (en mètres)

E = Epaisseur moyenne (en mètres)

D = Distance entre deux rangs (en mètres)



Utiliser l'équation :
$$TRV = \frac{H \times E \times 10000}{D}$$



Le PROJET OREVE démontre qu'une gestion raisonnée et adaptée de l'irrigation peut répondre aux besoins spécifiques des jeunes vergers. Une réduction des excès d'irrigation a été observée dans le cadre de cet essai, ce qui contribue à une utilisation plus rationnelle de l'eau. Une **fiche méthodologique** détaillant les calculs, ainsi qu'une **fiche pratique** permettant aux agriculteurs d'ajuster la dose d'eau en fonction d'un coefficient de végétation, sont mises à disposition.

Pour en savoir plus :

<https://sudexpe.net/Projet-OREVE-715>



Exemple du collectif des irrigants de Villeveyrac en viticulture

Le **RÉSEAU VITICOLE PILOTE DE VILLEVEYRAC** rassemble 9 viticulteur-rice-s soucieux-ses de mettre en place une dynamique de gestion raisonnée de l'irrigation, accompagné-e-s par un conseiller-expérimentateur de la Chambre d'agriculture de l'Hérault. Le réseau a été mis en place autour de 10 parcelles de 6 cépages noirs et 3 profils de vins visés (vin de table, vin rouge fruité IGP, vin de garde IGP ou AOP). Ces parcelles représentatives des différents terroirs du vignoble ont été choisies et caractérisées selon la carte pédologique ci contre et l'abaque des sols de formation géologique vs classe de Réserve Utile. Des **fosses pédologiques** ont permis de préciser la texture des horizons et la profondeur d'exploration du système racinaire. Grâce à ces différents indicateurs, les 10 parcelles ont été classées en 4 types de sol qui ont été décrits et dont les réserves utiles ont été estimées selon 3 grandes classes (faible, moyenne, forte).

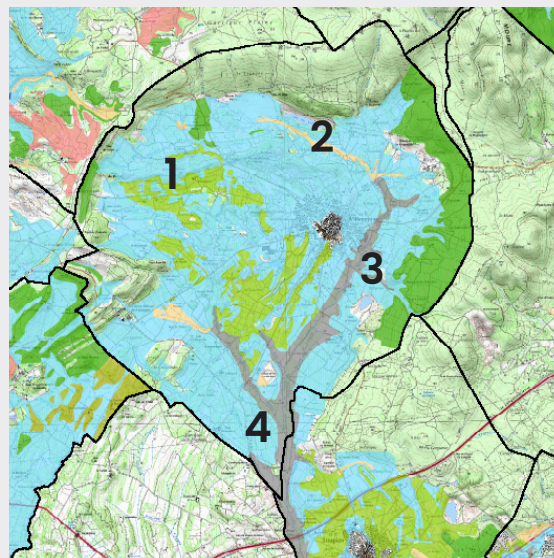
Qui : CDA34

Où : Villeveyrac (34)

Quand : 2024

Objectif : Réseau viticole pilote visant à caractériser les contraintes hydriques d'un réseau de parcelles et à proposer un pilotage adapté

Durant la saison, le suivi et l'accompagnement prend la forme de tournées réalisées par le conseiller-expérimentateur tous les 15 jours sur les 10 parcelles pour évaluer le niveau de contrainte hydrique. Des mesures de **potentiel de tige et d'indice d'arrêt de croissance des apex** sont effectuées. Ce dernier indice consiste en une observation de l'extrémité des rameaux, que l'on appelle l'apex (en pleine croissance, en croissance ralentie, en arrêt de croissance). Cette méthode caractérise une dynamique de croissance liée à la contrainte hydrique de la vigne. Ces mesures permettent d'une part de valider que les précédentes irrigations ont été correctement ajustées et ont permis de maintenir une contrainte légère bénéfique pour la vigne ; et d'autre part d'orienter les décisions d'irrigation à venir, en accord avec les restrictions d'usage d'eau en cours.



Carte pédologique du Conseil Départemental de l'Hérault pour la commune de Villeveyrac, positionnement des 4 types de sol de la commune : 1 : Marnes sableuses; 2 : Marnes pliocènes + colluvions; 3 : Marnes pliocènes; 4 : Alluvions

Sur la base de ces tournées, 5 **bulletins** ont été publiés auprès du collectif entre le 27 juin et le 22 août. Les bulletins restituent les résultats des mesures réalisées au champ et déclinent la demande en eau de la plante sur les 4 types de sol ; selon la classe de réserve utile et le type de vin recherché. L'objectif est de travailler sur un réseau réduit et robuste de parcelles de références pouvant caractériser précisément les contraintes hydriques et de proposer un pilotage adapté. Cette démarche prometteuse et complète (de la caractérisation des sols au suivi en saison) nécessitera plusieurs millésimes pour être affinée et stabilisée.



Témoignage d'une vigneronne du réseau

Il y a 10 ans, et pour la première fois en 30 ans, les viticulteur-rice-s de Villeveyrac n'ont pas eu assez d'eau pour terminer le millésime. Face à cette raréfaction de la ressource en eau, un projet collectif s'est monté pour réfléchir à une rationalisation intelligente de la ressource. L'eau étant en partie issue du réseau communal, la dynamique collective a été financée par la mairie de Villeveyrac et l'agglomération de Sète, en partenariat avec la chambre de l'Hérault. La proposition du réseau a été faite à l'ensemble des 30 viticulteur-rice-s du village, puis des parcelles représentatives des terroirs ont été choisies. Aujourd'hui, le fonctionnement de ce réseau est un vrai atout pour la filière viticole de Villeveyrac. Les bulletins mis à disposition des 30 viticulteur-rice-s irrigant-e-s témoignent de l'intelligence collective de ce réseau.

Céline Michelon, vigneronne irrigante, élue à la Mairie de Villeveyrac

1.2. Quelques outils innovants

FLORAPULSE

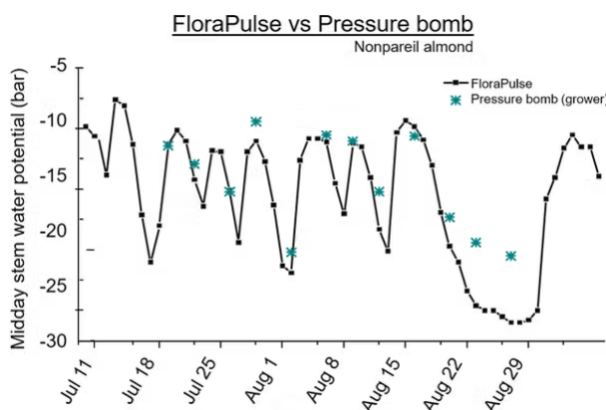
Le système Florapulse est une innovation de l'Université Cornell, conçue pour mesurer en continu et avec précision le potentiel hydrique des tiges d'arbres. Ce **microtensiomètre intégré directement dans le xylème**, tissu actif de transport de la sève, permet de surveiller l'état hydrique des plantes en temps réel. Grâce à sa technologie avancée, il offre une résolution fine (0,1 bar) et une précision élevée ($\pm 5\%$), rendant ses mesures comparables à celles obtenues avec une chambre à pression.

L'intérêt de Florapulse réside dans sa capacité à fournir des données toutes les 20 minutes, permettant une analyse détaillée et prolongée des réponses hydriques des plantes. Cela le rend particulièrement utile pour des expérimentations où une connaissance approfondie des variations diurnes et saisonnières de l'état hydrique est essentielle.



Florapulse

Mesures de Florapulse comparées à des mesures de potentiel hydrique de tige par chambre à pression



Florapulse se distingue également par ses applications pratiques, aidant à identifier les seuils critiques de stress hydrique pour optimiser l'irrigation. Par rapport à la chambre à pression, il élimine les besoins de prélèvements destructifs et permet un suivi continu, essentiel pour tester et adapter des stratégies d'irrigation.

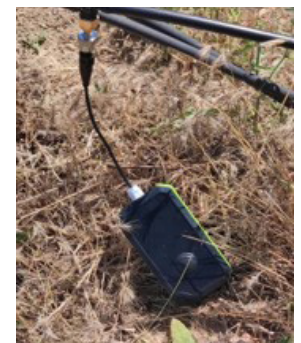
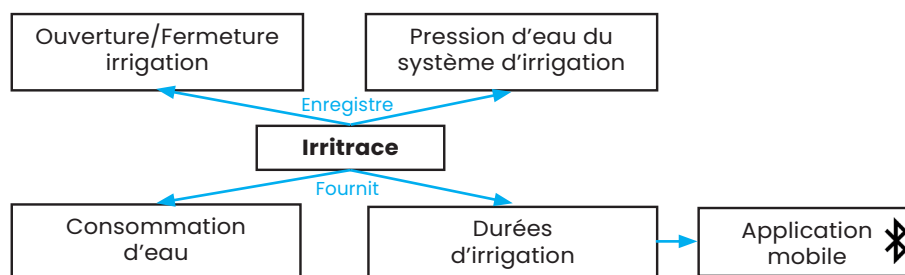
Florapulse demeure pour le moment un outil coûteux et technique à mettre en place, à destination principalement de la recherche et l'expérimentation.

Plus d'information sur leur site : <https://www.florapulse.com/>

IRRITRACE

La traçabilité de l'irrigation est un enjeu crucial dans un contexte de changement climatique et de raréfaction des ressources en eau. Pour répondre à ces défis, IRRITRACE propose **une solution innovante et accessible sous la forme d'un capteur connecté**, permettant aux agriculteur-riche-s de **tracer avec précision leurs apports en eau à l'échelle parcellaire**.

Fonctionnement d'Irritrace



Irritrace (SudExpé)

En 2024, une saison de tests a été réalisée avec une trentaine de capteurs prototypes, déployés en **arboriculture, viticulture et maraîchage**. Cette phase a permis d'identifier les points forts de l'outil, comme sa simplicité d'utilisation et son accessibilité ; ainsi que ses faiblesses, ouvrant ainsi la voie à des améliorations futures. En traçant précisément les apports en eau, IRRITRACE aide les agriculteur-riche-s à :

- Optimiser leurs pratiques d'irrigation : En identifiant les excès ou insuffisances, les volumes et les fréquences d'apport peuvent être ajustés.
- Améliorer la qualité des cultures : Par exemple, un producteur a pu constater à posteriori que des excès d'irrigation avaient contribué au développement de maladies comme le cul noir des tomates.
- Répondre aux exigences réglementaires et commerciales : Le capteur facilite le suivi et la déclaration des pratiques d'irrigation, souvent exigées par les cahiers des charges.

Cet **outil low-cost et low-tech** développé dans le cadre du projet Occit@num par SudExpé permet d'équiper plusieurs parcelles sur les exploitations, favorisant ainsi une traçabilité globale et accessible.

PILOWTECH : UNE SONDE CAPACITIVE AUTO-CONSTRUITE

Le Pilowtech est un système auto-construit de suivi de l'humidité du sol à base d'une ou deux sondes capacitatives à une ou deux profondeurs différentes. Développé dans le cadre du projet Hubis par Paul Vandome et Simon Moinard, Pilowtech est un bon exemple des technologies low-tech et low-cost en agriculture.

L'autoconstruction de la sonde Pilowtech est guidée selon un tutoriel open source proposé par le Mobilab. Sa fabrication est peu coûteuse, facile et offre un suivi précis de l'eau disponible dans le sol de la parcelle.



Pilowtech (Mobilab)

Voici les avantages de la sonde Pilowtech :

- 1. Accessibilité économique :** Le caractère open source et low-cost de la sonde Pilowtech la rend accessible à un large éventail d'agriculteur-riche-s, sans besoin d'investissement dans des solutions technologiques plus coûteuses.
- 2. Simplicité d'utilisation :** La simplicité de la sonde permet une installation et une maintenance faciles, ce qui est crucial pour les agriculteur-riche-s qui souhaitent adopter de nouvelles technologies sans complexité excessive.
- 3. Fiabilité en conditions réelles :** Testée sur le terrain, la sonde Pilowtech a prouvé sa robustesse et sa capacité à fournir des données fiables dans des conditions environnementales variées.

La sonde Pilowtech et l'outil Irritrace sont des exemples de la manière dont les technologies low-tech peuvent transformer l'agriculture en rendant les solutions avancées plus accessibles et faciles à utiliser. Elles permettent d'optimiser l'utilisation de l'eau et l'irrigation des cultures de manière durable.

Pour en savoir plus :

<https://mobilab.agrotic.org/2023/03/06/pilowtech/>
<https://sudexpe.net/Projet-IRRITRACE-un-outil-de-tracabilite-des-irrigations-714>

2. PILOTAGE DE L'IRRIGATION ET IMPACTS SUR LES CULTURES : QUELQUES EXEMPLES

2.1. Impacts de restrictions hydriques sur fruits à noyau : l'exemple de la nappe de la Crau

Le PROJET **ARB'EAU CRAU** a été initié par la chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône à travers l'Organisme Unique de Gestion collective (OUGC) nappe de Crau. Le territoire de la nappe phréatique de la Crau est soumis aux effets du dérèglement climatique, avec des épisodes de sécheresse récurrents. La préservation de la ressource en eau et sa répartition en cas de crise sont des enjeux centraux pour le territoire, d'où l'importance d'évaluer les impacts agronomiques et économiques de restrictions hydriques sur la filière arboricole, pilier de l'économie locale.

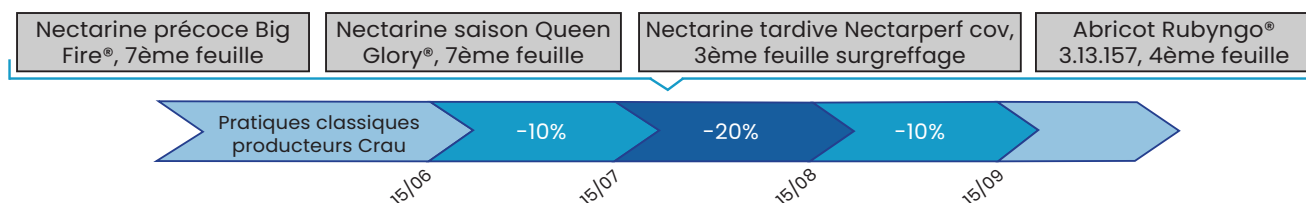
Qui : CDA13, INRAe, SudExpé, AgroRessources

Où : Nappe de la Crau (13)

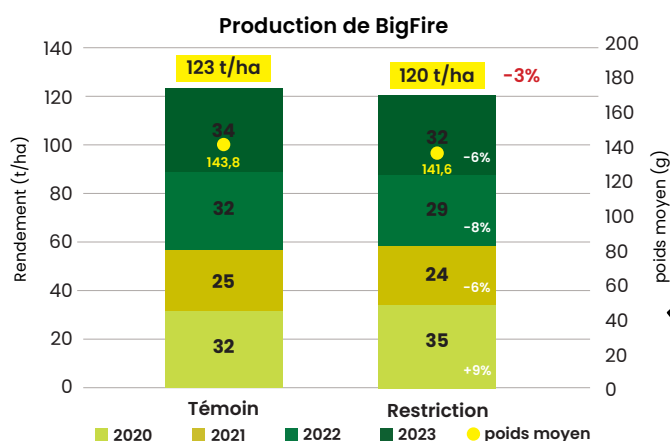
Quand : 2020-2023

Objectif : Etudier l'impact d'une restriction en eau maîtrisée sur la filière fruits à noyau pour anticiper les impacts d'une restriction de crise à l'échelle du territoire

Protocole de restriction hydrique appliqué aux pratiques producteur sur 4 parcelles

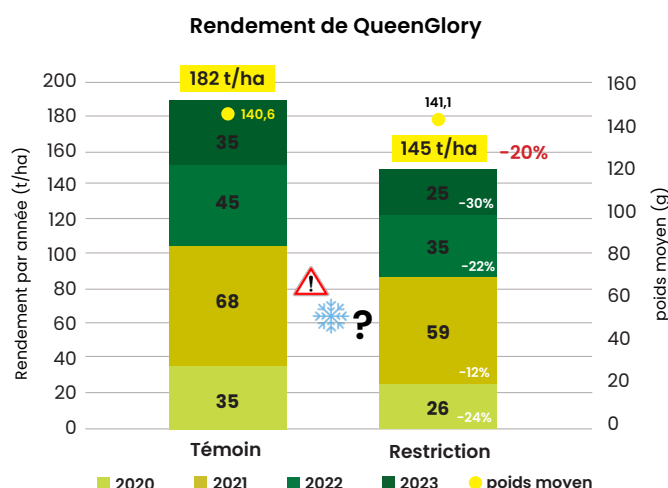
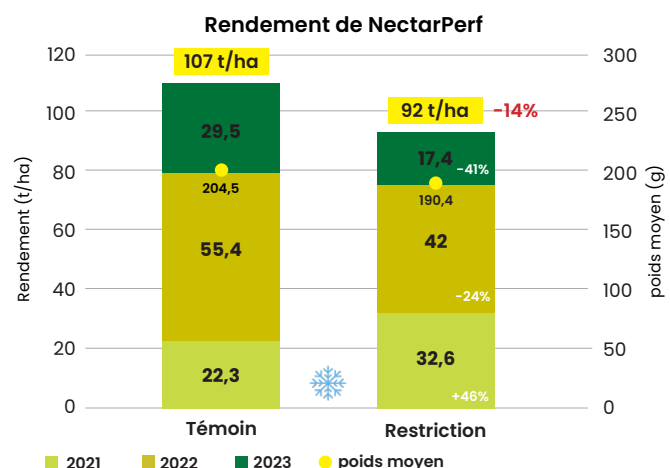


Tout au long de l'essai, des indicateurs de la vigueur, de l'état sanitaire du verger, et des performances agronomiques à la récolte et en post-récolte sont évalués. Le retour à fleur et le ratio entre bourgeons à bois et bourgeons à fleur sont également suivis pour évaluer l'impact de la restriction l'année N sur l'année suivante N+1. Notons que sur abricot, l'expérimentation ne permet pas de conclure du fait de nombreux aléas météorologiques et expérimentaux.



Variété précoce (Big Fire) : Les restrictions arrivant souvent pendant ou après la récolte, le rendement et la répartition des calibres n'ont pas été impactés. Aucun effet cumulatif pluriannuel été observé à ce stade. La restriction post-récolte n'a pas impacté les productions suivantes sur ces arbres adultes et installés.

Variété saison (Queen Glory) : Le rendement est affecté dès la première année par la restriction hydrique appliquée, avec un bilan de -20% de rendement sur 4 ans. Un effet de diminution du calibre s'observe certaines années, non systématique toutefois puisqu'on aboutit à un poids moyen similaire en moyenne sur les 4 ans. De plus, la parcelle a subi des stress hydriques involontaires au mois de mai, avant le début du protocole, qui pourraient également expliquer les impacts sur la production.



Flocon = épisode de gel sur l'année considérée
Attention = Stress hydrique involontaire hors protocole

Variété tardive (NectarPerf) : Le rendement est réduit sur 2022 et 2023, aboutissant à une réduction moyenne de 14% sur les 3 années. Le calibre est plus fortement affecté que sur les nectarines saison, avec un poids moyen réduit de 14 grammes en moyenne sur les 3 ans.

L'étude montre que la période de restriction hydrique a un impact différent selon l'époque de maturité de la variété. Sur variétés précoces, elle intervient après la récolte et n'affecte pas la production. Sur variétés saisons et tardives, il semble qu'il y ait un effet sur la répartition des calibres et sur le rendement. Ce type de travaux demandent à être poursuivis, notamment pour évaluer un potentiel effet cumulé des années de restrictions successives. La question de l'impact de restrictions plus précoces au printemps se pose également.

Pour en savoir plus :

<https://paca.chambres-agriculture.fr/nos-publications/la-publication-en-detail/actualites/arbeau-crau-fiches-de-resultats-2023/>

<https://sudexpe.net/Arb-eau-Crau-bilan-technique-tri-annuel-640>

2.2. Gestion de l'eau en melon : adaptation des doses aux stades de la culture

Le PROJET « **OPTIMISER LES PRATIQUES D'IRRIGATION EN CULTURE DE MELON** » a été mené sur les variétés Arkade, Torum et Gustabel sur différents créneaux de plantation. Le volume d'irrigation appliqué à certains stades de développement du melon est souvent supérieur aux besoins de la plante ; causant un risque de perte d'eau et de lessivage des éléments nutritifs.

3 modalités ont été comparées et l'état hydrique suivi par des sondes tensiométriques placées à 30 cm et à 60 cm de profondeur (cf schéma).

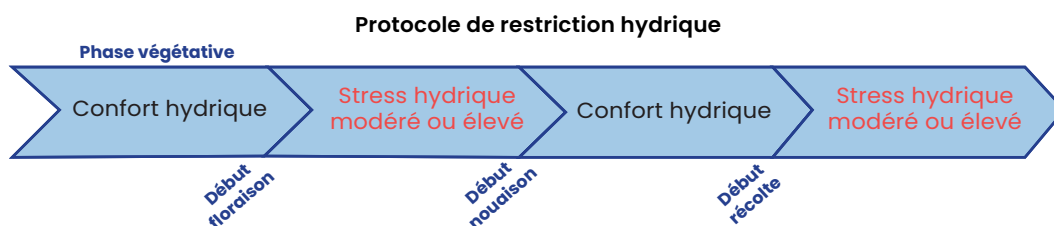
- Confort hydrique avec déclenchement de l'irrigation à 30 cbar tout au long du cycle
- Stress hydrique modéré avec un déclenchement de l'irrigation à 50 cbar à certains stades
- Stress hydrique élevé avec un déclenchement de l'irrigation à 80 cbar à certains stades

Qui : SudExpé

Où : Marsillargues (34)

Quand : 2020-2023

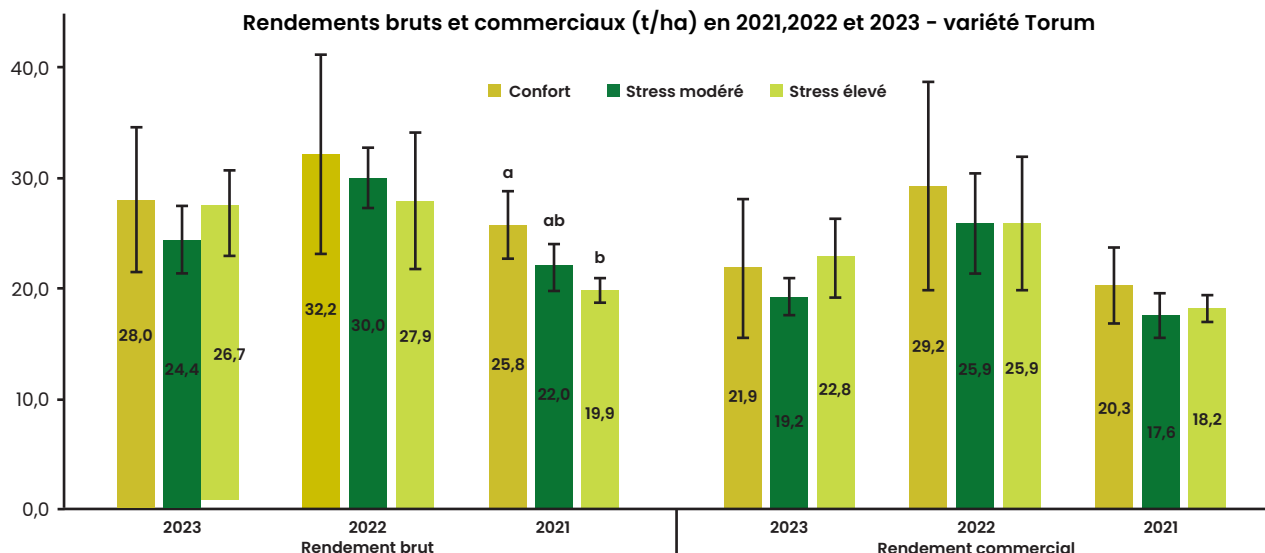
Objectif : Optimiser l'irrigation du melon en adaptant les apports d'eau au plus proche des besoins de la culture de manière à optimiser la production et limiter les pertes d'eau



La diminution de l'alimentation en eau montre un impact significatif uniquement sur le rendement brut en 2021, sur variété Torum. Dans ce cas, le rendement brut de la modalité « stress hydrique élevé » a été significativement inférieur à celui de la modalité en confort hydrique ; la modalité en stress modéré étant intermédiaire. Sur les autres variétés et années, des tendances à des rendements légèrement inférieurs en présence d'un stress hydrique modéré ou élevé sont observées ; mais demeurent non significatives. Concernant la qualité des fruits, le calibre, la catégorie commerciale et le taux de sucre ne sont pas affectés.

La poursuite de ce type d'étude est essentielle, afin d'évaluer ces pratiques d'optimisation de l'irrigation dans d'autres conditions climatiques et sur d'autres variétés et créneaux de plantation.

Rendements bruts et commerciaux (t/ha) en 2021,2022 et 2023 – variété Torum



2.3. Comparaison de modes d'irrigation sur culture d'artichaut dans le Roussillon : goutte à goutte VS gravitaire

La CENTREX travaille depuis 2017 sur le développement d'un mode de production de l'artichaut diminuant son impact sur la ressource en eau. Les épisodes de sécheresse successifs impliquent des restrictions hydriques de plus en plus importantes, auxquelles les agriculteur-riche-s doivent s'adapter.

Le PROJET **ECO EAU ARTICHAUT** a étudié la faisabilité de passer d'une irrigation gravitaire à une irrigation au goutte à goutte, en parallèle de l'installation de paillages biodégradables. L'état hydrique des sols a été suivi par des sondes tensiométriques, de manière à piloter au mieux l'irrigation.

Qui : CENTREX, CDA66

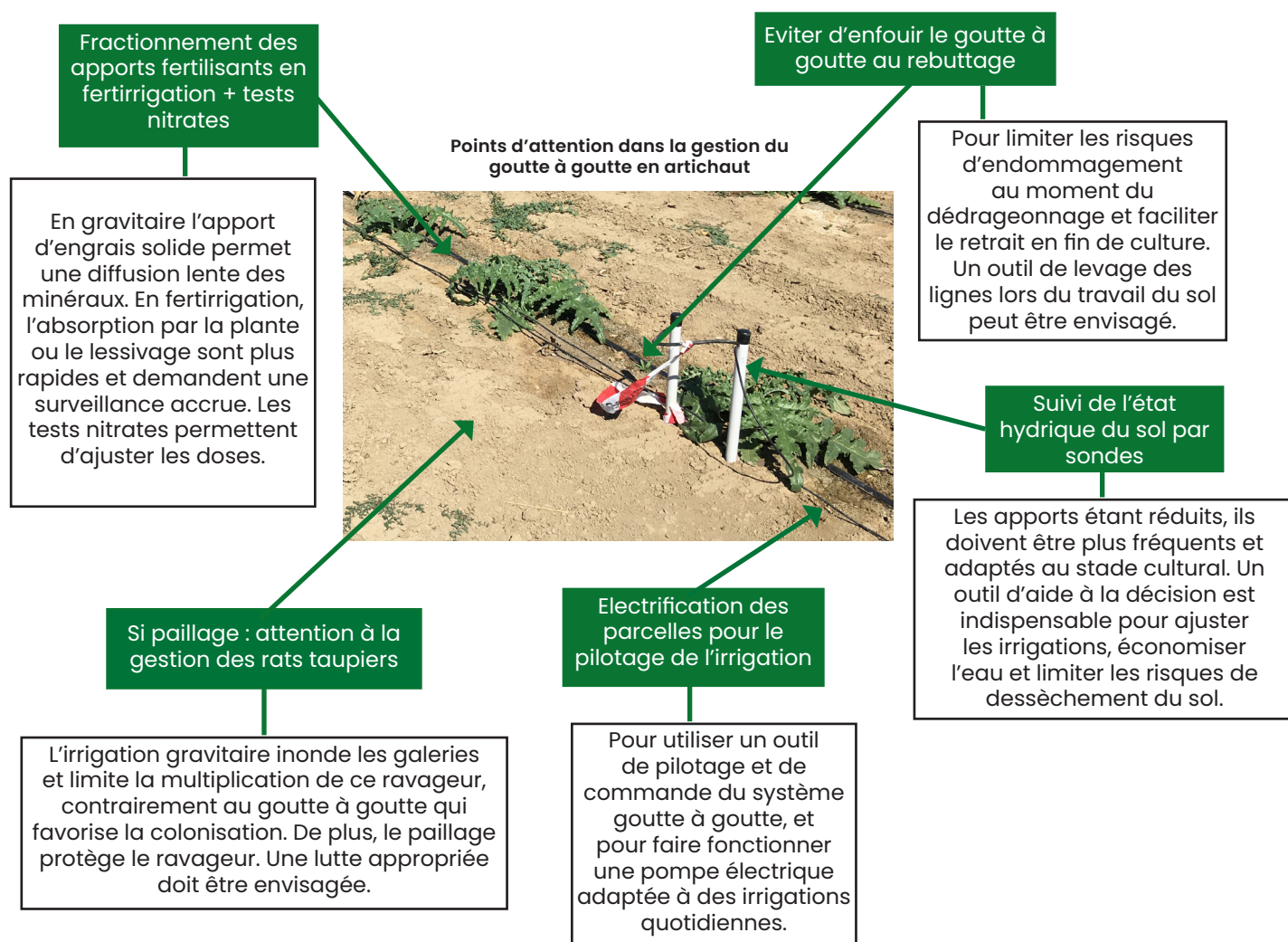
Où : Torrelles (66)

Quand : 2018-2020

Objectif : Evaluer l'impact du passage d'une irrigation gravitaire à une irrigation goutte à goutte en artichaut sur la consommation en eau et sur la production

En termes de résultats, en 2018 et 2020, le goutte à goutte a permis d'économiser jusqu'à 60% d'eau en comparaison du gravitaire, avec néanmoins des baisses de rendements de 17% à 24%. En 2019, les apports en goutte à goutte ont été plus proches du gravitaire (4500m³ contre 5250m³ respectivement), avec des rendements équivalents entre les 2 types d'irrigation. En outre, sur l'ensemble des 3 ans, une mortalité supérieure sur les parcelles en goutte à goutte a pu être observée sur le mois d'août, où le maintien de l'humidité du sol autour des plants est primordial. En 2018 et 2020, le suivi de l'état hydrique du sol a montré que les apports d'eau en goutte à goutte ont été insuffisants pour maintenir une humidité du sol suffisante. De fait, la croissance et les rendements ont été pénalisés ; particulièrement en l'absence de paillage biodégradable qui limite l'évapotranspiration du sol.

Les essais conduits sur le goutte à goutte en culture d'artichaut ont confirmé la faisabilité et l'intérêt du goutte à goutte pour économiser l'eau et les apports fertilisants. Néanmoins, ce type d'irrigation demande une technicité poussée, avec une importance particulière à accorder aux points ci-dessous.



La chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales a poursuivi ce travail de comparaison des systèmes d'irrigation en gravitaire et en goutte à goutte au travers d'un groupe DEPHY Artichaut animé par Gaël Lichou (voir encadré ci-après).

Retour d'expérience du groupe DEPHY Artichaut de la CDA66 : Irrigation : goutte à goutte ou gravitaire ?

Dans les Pyrénées-Orientales la totalité des 500ha de culture d'artichaut est irriguée. Jusqu'en 2015, seule l'irrigation gravitaire (à la raie) était utilisée. Depuis la technique du goutte à goutte se développe pour atteindre 25% de la surface en 2025. Les 2 méthodes trouvent leurs adeptes sur la base de résultats techniques et technico-économiques solides.

Gravitaire et goutte à goutte exigent des savoir-faire techniques pointus. A défaut de leur maîtrise, les rendements peuvent en pâtir. D'autre part et pour chacune des pratiques, il n'est pas mis en évidence une différence significative des volumes d'eau apportés aux cultures. Quant à l'aspersion, elle est fortement déconseillée car elle favorise un microclimat propice au mildiou et au développement des adventices.

	Avantages	Inconvénients
Gravitaire	- Peu d'investissement matériel - Facilite le plein en eau du sol en début de culture - Apport d'eau conséquent et nécessaire en période de pleine production - L'électrification de la parcelle n'est pas obligatoire - Baisse de la salinité des sols*	- Obligation d'un nivellement du sol parfait - Ferti-irrigation impossible - Surveillance nécessaire pendant l'arrosage - Surface irrigable limitée en un seul tour d'eau
Goutte à goutte	- Maîtrise des volumes d'eau apportés - Possible en terrain non nivelé et/ou avec des pentes raisonnables - Automatisation possible - Ferti-irrigation possible - Surface irrigable plus importante en un seul tour d'eau - Limite le tassement du sol - Compatible avec l'utilisation de paillage notamment en culture Bio	- Investissement initial important dans du matériel spécifique - Temps de mise en place - Travail long et contraignant pour la dépose - Broyage de la culture obligatoire pour la dépose - Volume d'eau apporté qui peut être insuffisant suivant les besoins de la culture

*Dans la plaine du Roussillon et notamment dans la petite région agricole de la Salanque, les remontées de sel (chlorure de sodium) sont fréquentes.

2.4. Diminuer l'apport d'eau en cultures maraichères et vergers : les projets ECO EAU

ECO EAU MARAICHAGE

Dans le cadre d'**ECO EAU MARAICHAGE**, le CEFEL et SudExpé travaillent sur melon, et la CENTREX sur artichaut et céleri.

Au CEFEL, l'essai de 2024 a porté sur 2 leviers de réduction de la consommation d'eau du melon : des restrictions hydriques de 25% et 50% pour évaluer leur faisabilité et leurs impacts sur la culture ; et l'utilisation de biostimulants pour améliorer la tolérance des plantes au stress hydrique. La poursuite de cet essai permettra de proposer des références locales sur l'impact des restrictions hydriques et l'intérêt des biostimulants.

Qui : SudExpé, CENTREX, CEFEL

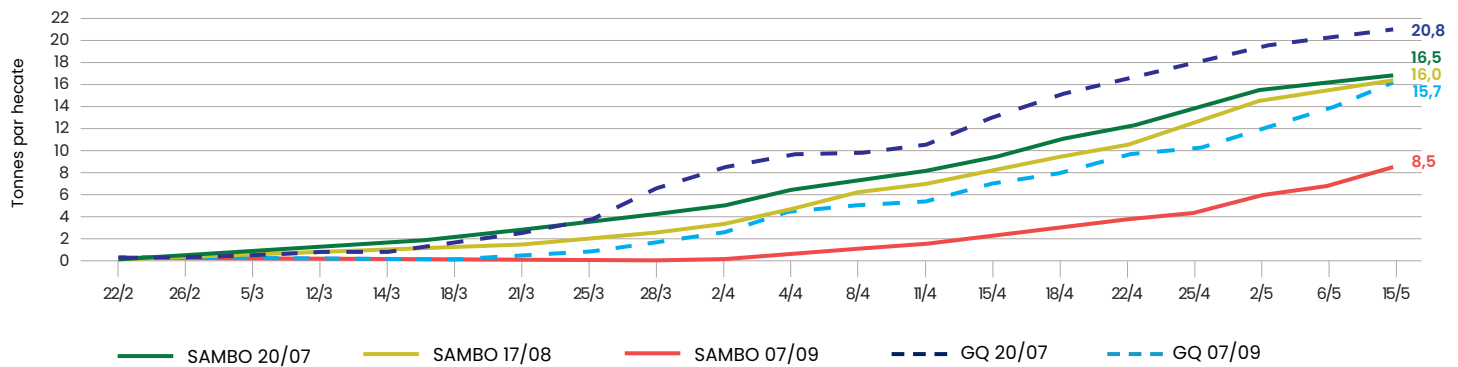
Où : 34, 66, 82

Quand : 2024-2026

Objectif : Expérimenter plusieurs leviers de réduction de la consommation d'eau des cultures maraichères spécifiques des bassins de production (melon, artichaut, céleri)

En **artichaut à la CENTREX**, le projet prend la suite du projet Eco Eau Artichaut (ci-dessus) en expérimentant de nouveaux leviers. En l'occurrence, c'est le décalage des dates de plantation de l'artichaut de juillet à septembre qui est expérimenté, dans l'objectif de limiter l'impact sur la ressource en eau durant les mois critiques de juillet et août, tout en maintenant la production. En 2024, les variétés Sambo et Green Queen irriguées au goutte à goutte ont été étudiées sur 3 dates de plantation : 20 juillet, 15 août, 7 septembre.

Evolution Poids net récolté cumulé entre le 22/02 et 15/05/2024



Malgré des conditions de sécheresse importante sur la période hivernale, l'irrigation ajustée en fonction de l'état hydrique des sols a permis d'obtenir des résultats intéressants sur le décalage des dates de plantation. La variété Green Queen plantée en septembre a atteint un rendement de 15.7 tonnes/ha, très proche des rendements de la variété traditionnellement cultivée Sambo (16.5 et 16 T/ha sur les plantations de juillet et d'août, respectivement). Comme le montre le graphique ci-dessus, les rendements de la variété Sambo décrochent sur la plantation de septembre, contrairement à la variété Green Queen qui a montré un vrai potentiel sur le créneau de septembre.

Le décalage de la plantation au mois d'août a réduit de 16% la consommation d'eau et de 5 à 16 % les autres intrants (engrais, phytosanitaires, énergie) alors que la plantation de septembre a permis d'économiser 24 % d'eau et 23 à 34 % sur les autres intrants. En 2024, la plantation de Green Queen en septembre a augmenté le résultat net de 5724 euros/ha en comparaison de la plantation de Sambo en juillet. Cette première année d'étude est encourageante, l'essai est reconduit en 2025.

ECO EAU ARBORICULTURE

Le PROJET **ECO EAU ARBO** étudie l'impact de restrictions hydriques maîtrisées sur le développement des arbres et la production à moyen terme ; sur vergers jeunes et adultes.

A la **CENTREX**, le projet s'adapte au contexte local : les Pyrénées-Orientales sont soumis à de fortes sécheresses ces dernières années et la préfecture impose des réductions d'irrigation des vergers jusqu'à 50% et un arrosage 1 jour sur 2 en cas de risque sécheresse avancé. L'objectif du projet Eco Eau Arbo à la CENTREX est donc d'évaluer les impacts des restrictions hydriques (cf. schéma) sur le potentiel de production, la croissance des arbres et l'économie de l'exploitation.

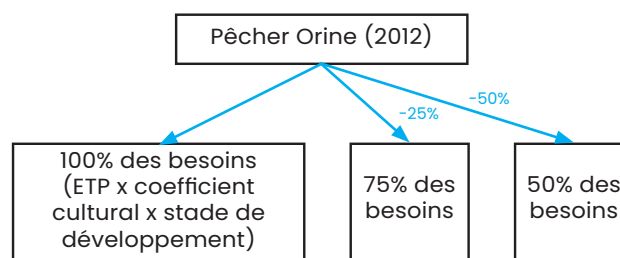
Qui : SudExpé, CENTREX

Où : 30, 66

Quand : 2024-2026

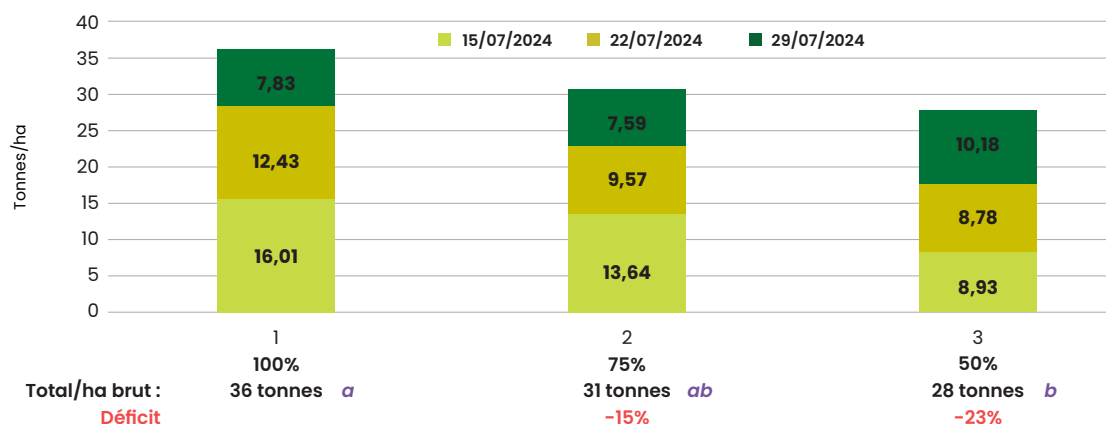
Objectif : Etudier l'impact de différents leviers permettant d'économiser l'eau en verger de fruits à noyau.

Régimes de restriction hydrique d'Eco Eau Arbo à la CENTREX



Les résultats de la première année sur pêcher adulte montrent une dégradation du potentiel de production sur les modalités restreintes en eau. Le déficit hydrique, important sur la période de grossissement des fruits, a conduit à des fruits plus petits sur les modalités restreintes en eau, et à une baisse de rendement brut de -15% sur la restriction de 25% et de -23% sur la restriction de 50%.

Ecoeau Arbo : Pêche Orine, Rendements bruts exprimés en tonnes/ha



A ce stade, une baisse des rendements et des calibres comme observé sur la modalité restreinte de 50% engendrent des pertes économiques significatives. Un aspect positif est l'amélioration de la qualité gustative des pêches, plus sucrées et plus aromatiques avec une restriction hydrique de 50%. Une modification du système d'irrigation semble nécessaire pour pouvoir répondre aux besoins des plantes en arrosant uniquement un jour sur deux.

A SudExpé, les suivis débuteront en 2025 sur un objectif différent : l'évaluation de la tolérance de divers porte-greffes sur pêcher et abricotier à la restriction hydrique. Pour cela, une large diversité de porte-greffes sera suivie avec une restriction hydrique de -30% par rapport aux besoins optimaux. Ce dispositif sera mis en place à la fois sur verger adulte pour évaluer l'impact sur la vigueur et la production, et sur une nouvelle plantation afin d'observer les effets sur l'installation d'un jeune verger. La finalité est d'identifier des porte-greffes permettant une meilleure résistance de l'arbre à la contrainte hydrique ; à la fois sur verger en installation et en production.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le pilotage de l'irrigation est le premier levier vers une meilleure gestion de la ressource hydrique. Les filières agricoles disposent de nombreux outils et capteurs permettant de suivre l'état hydrique du système sol-plante et la météo. Ces outils permettent une amélioration du pilotage de l'irrigation en fonction des besoins, de l'état hydrique et de la météo locale. De plus en plus d'outils "low tech" se développent, rendant le pilotage de l'irrigation plus accessible et facile d'utilisation. Le développement de nouveaux outils d'irrigation toujours plus précis et connectés demeure un axe de travail important ; notamment en lien avec l'intelligence artificielle dont les potentialités sont à explorer dans ce domaine.

Le risque d'affecter la production et la pérennité des cultures en cas de déficit hydrique est prégnant dans les conditions pédoclimatiques du Sud de la France. Le pilotage de l'irrigation doit être suffisamment précis pour éviter les manques d'eau aux périodes les plus sensibles. Comme l'illustrent les essais présentés dans ce document ; la recherche-expérimentation est très investie dans l'évaluation de modes d'irrigation et de pilotage permettant d'économiser l'eau, tout en étudiant les impacts potentiels sur les cultures. Ces études montrent la complexité de l'optimisation du pilotage de l'irrigation, notamment en cas de réduction importante des volumes d'eau appliqués. La poursuite de ce type de travaux sur l'ensemble des filières agricoles est essentielle pour piloter l'irrigation de manière ajustée tout au long du cycle de la culture ; et pour adapter les itinéraires techniques en conséquence

Sources photos :

<https://dendro-expo.wsl.ch/fr/un-arbre-se-lit-a-livre-ouvert/nos-outils/capteur-de-flux-de-seve/>

<https://www.agriexpo.online/fr/prod/ecomatik/product-175066-16082.html>

https://weenat.com/nos-capteurs/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAwOe8BhCCARIsAGKeD56Ohp0_

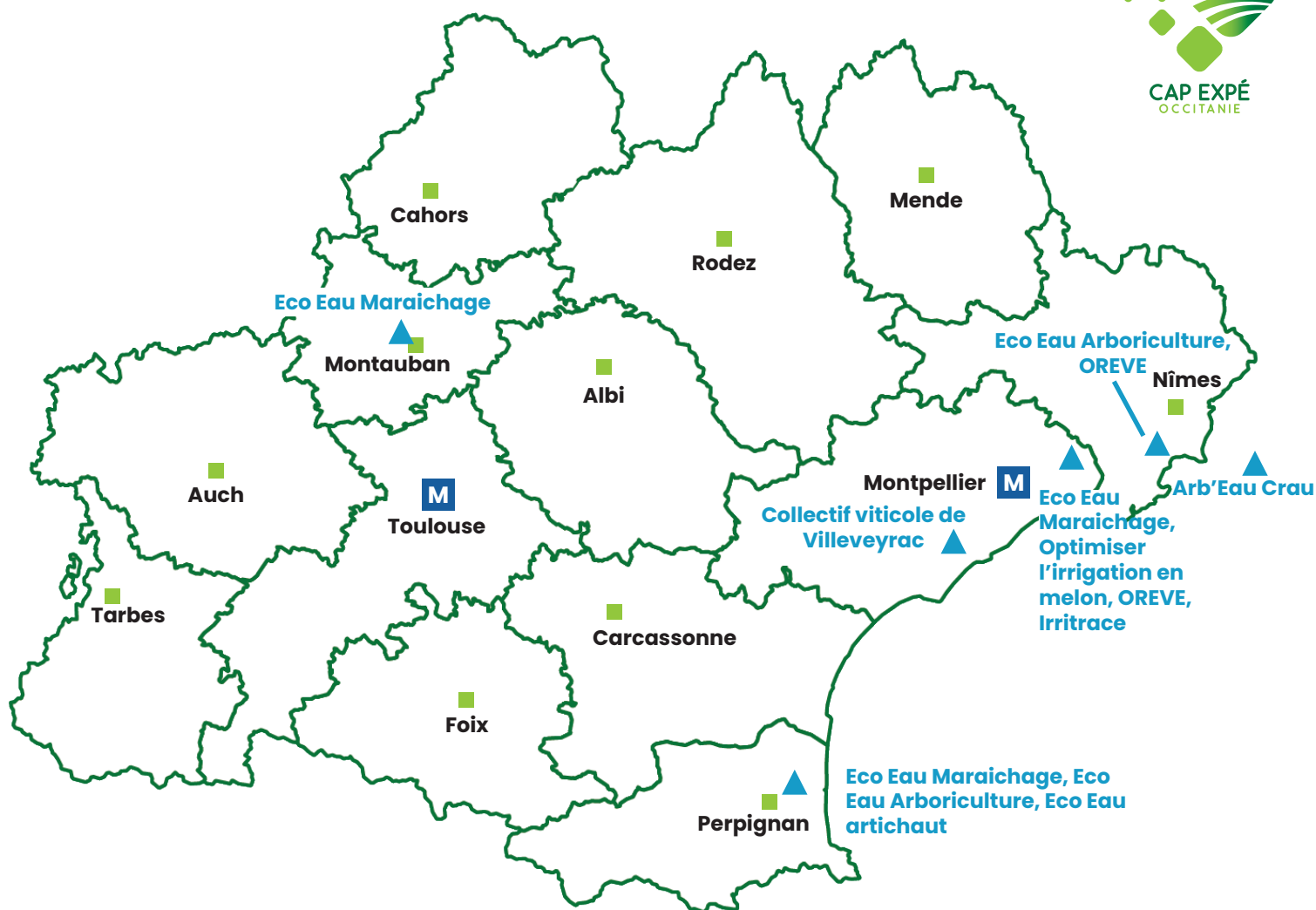
[wmE4mm1D10hIMhqnF4ogPTnyUKQ11vnNbYOYKaGcISjBlt0aApB_FALw_wcB](https://www.agroressources.com/boutique/services/location-materiel/location-de-chambre-a-pression/)

<https://www.agroressources.com/boutique/services/location-materiel/location-de-chambre-a-pression/>

<https://wineindustryadvisor.com/2023/01/13/automated-plant-stress-monitoring-system-combines-new-technology-with-proven-methods/>

<https://www.florapulse.com/>

Cartographie de la localisation des essais



Ressources complémentaires

Fiche méthodologique et fiche pratique OREVE : <https://sudexpe.net/Projet-OREVE-715>

Florapulse : <https://www.florapulse.com/>

Pilowtech Mobilab Agrotic : <https://mobilab.agrotic.org/2023/03/06/pilowtech/>

Bulletin viticole Villeveyrac : https://herault.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/068_Inst-Herault/Documents/4_agroenvironnement/eau/fdai/Bulletin_Irrigation_N3_Collectif_Villeveyrac_2024_compressed_1_.pdf

Arb'Eau Crau : <https://paca.chambres-agriculture.fr/nos-publications/la-publication-en-detail/actualites/arbeau-crau-fiches-de-resultats-2023/>

Contacts structures et/ou personnes référentes

Nathalie Fortin, chargée de mission expérimentation – CDA34 - fortin@herault.chambagri.fr, **Paul Katgerman**, conseiller viticulture - CDA34 - paul.katgerman@herault.chambagri.fr

SudExpé : sudexpe@sudexpe.net, **CENTREX** : contact@centrex66.com, **CEFEL** : cefel82@orange.fr,

CDA66 : <https://po.chambre-agriculture.fr/>



Cofinancé par l'Union européenne



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

