

L'irrigation pilotée dans le temps

Fiche n° 5 - Projet DuratechFarm

L'eau est une ressource commune vitale, dont l'usage devient de plus en plus contraint sous l'effet du changement climatique.

Sa gestion en agriculture est un enjeu clé pour le développement des cultures. En agriculture de précision, un dicton est roi : « **La bonne dose au bon endroit au bon moment** ». Mais quand on parle de pilotage de l'irrigation, il est nécessaire de savoir quand apporter cette dose, c'est le **seuil d'intervention**.

Le projet DuratechFarm vise l'intégration de l'agriculture de précision au sein d'une exploitation conventionnelle et bio afin d'en évaluer la plus-value. Les recherches ont été menées au sein de la Ferme du Plein Air.



Avec le soutien de :

L'irrigation pilotée dans le temps

Quels sont les différents états de l'eau du sol ?

L'**eau de saturation** ou eau gravitaire est l'eau qui ruisselle quand le sol est saturé en eau. Cette eau n'est pas disponible pour les plantes (Laurent F., Hinsinger P., 2022).

La **Réserve utile** est l'eau disponible pour les plantes.

Sous forme de 2 réserves :

- La **réserve facilement utilisable** (RFU) soit lorsque l'évapotranspiration réelle correspond à l'évapotranspiration maximale ($I'ETR = I'ETM$). Cette réserve représente la zone de confort hydrique pour la plante.
- La **réserve de survie** (RS) soit lorsque $I'ETR < I'ETM$. La plante doit fournir un effort pour capter l'eau du sol qui est liée avec les particules d'argile.

=> $RU = RFU + RS$

La **Capacité au champ** (CC) est la limite entre l'eau gravitaire et la réserve utile. C'est la capacité maximale d'eau que le sol peut retenir (Laurent F., Hinsinger P., 2022).

Le **Point de flétrissement permanent** (PF) est la limite entre la réserve utile et la réserve inutilisable et correspond au moment où la plante ne sait plus puiser l'eau du sol (Laurent F., Hinsinger P., 2022).

Ces différentes réserves dépendent essentiellement de la texture du sol, de la structure du sol et de la teneur en humus (Laurent F., Hinsinger P., 2022).

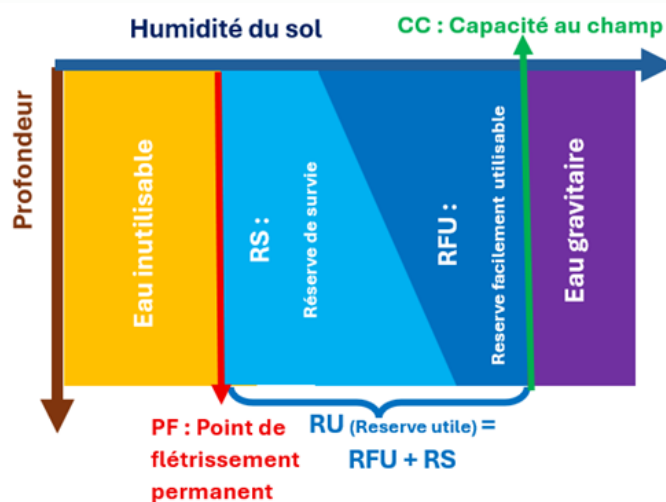


Figure 1 : Les différents états de l'eau du sol (CRA-W, 2025).

Quels sont les objectifs agronomiques recherchés ?

Quand irriguer ?

Déterminer les périodes où l'irrigation devient nécessaire représente un défi majeur pour les agriculteurs. Démarrer l'irrigation trop tôt dans la saison représente un coût supplémentaire. Tandis que démarrer l'irrigation trop tardivement correspond à ne pas répondre aux besoins de la culture et cela se répercutera sur le rendement.

Combien irriguer ?

Déterminer la dose d'irrigation optimale peut s'avérer complexe, mais c'est un paramètre essentiel. Une dose trop importante va causer des pertes par ruissellement ou par infiltration trop profonde (en dehors de la zone racinaire). Une dose trop faible sera inefficace et ne répondra pas aux besoins hydriques des cultures.

Pourquoi des stations de mesures fixes ?

Les principales solutions pour optimiser le déclenchement de l'irrigation reposent sur l'utilisation de stations fixes. En effet, les stations fixes ont l'avantage de suivre une situation en continu dans le temps. A l'inverse de capteurs embarqués (sur véhicule ou drone) qui prennent des mesures continues dans l'espace, mais uniquement à quelques dates clés au cours de la saison. Notons encore que les données satellitaires sont disponibles théoriquement tous les 5 jours. Ce qui permettrait, dans certaines conditions, de réaliser un suivi de l'état hydrique du sol dans le temps et l'espace.

Pourquoi déterminer les périodes critiques au stress hydrique ?

Pour piloter l'irrigation d'une culture, il est important de connaître le comportement de la culture en fonction de son confort hydrique. En effet, à certaines périodes, un stress hydrique peut-être bénéfique à certaines cultures. Un stress hydrique peut, par exemple, favoriser l'enracinement ou concentrer la période de floraison. En revanche, il y a d'autres périodes où un stress hydrique peut être très négatif pour les rendements, comme lors de la fécondation ou lors du remplissage des grains ou des tubercules. Il est donc très important de connaître ces différentes périodes pour chaque culture irriguée.

L'irrigation pilotée dans le temps

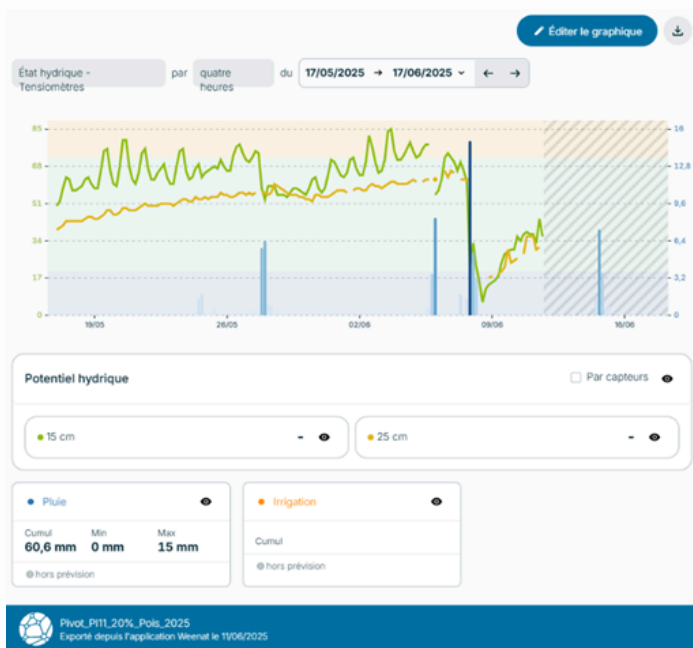


Figure 5 : Suivi de la tensiométrie à 15cm et 25 cm en culture de pois du 17/05/2025 au 11/06/2025 par la solution Weenat (Weenat).

L'objectif étant de maintenir les différentes courbes dans la zone verte de RFU (durant les périodes critiques de stress hydrique) sans atteindre la zone bleue (eau gravitaire) avec les irrigations.

La Figure 5 ci-dessus montre l'évolution de la tensiométrie à 15cm et 25cm pour une culture de pois. On voit que la tension à 15cm est plus élevée qu'à 25cm, ce qui est normale puisque la culture utilise prioritairement l'eau de surface. On remarque également que les précipitations font chuter les tensions, puisque plus le sol est humide, plus il est facile pour la culture de le puiser. Enfin, pour cet exemple, on voit que les tensions fleurissent avec le seuil de RFU. Cela signifie que si il n'y avait pas eu les précipitations de début juin et que l'on était en période critique de stress hydrique, une irrigation aurait été nécessaire.



Les sondes capacitatives



Figure 6 : Photos d'une sonde capacitive avant et après installation (CRA-W, 2025).

Cette sonde mesure la permittivité diélectrique du sol. Cette mesure est une fonction de la texture et de l'humidité du sol. Ce qui permet donc d'estimer un taux d'humidité du sol en utilisant différentes calibrations en fonction de sa texture. Ce type de dispositif est en général composé de plusieurs capteurs superposés sur une même sonde afin de prendre des mesures à différentes profondeurs en fonction de l'enracinement des cultures.

Afin de piloter les irrigations avec cette solution, il est nécessaire de déterminer la capacité au champ et le seuil de stress hydrique. Une lecture détaillée des courbes d'humidité aux différentes profondeurs permet de fixer ces valeurs. La différence entre la capacité au champ et l'humidité du sol correspond à la dose d'irrigation maximale. La zone bleue de la Figure n°7 ci-dessous correspond donc à l'eau gravitaire alors que la zone verte correspond à la RFU et la zone rouge à la RS.

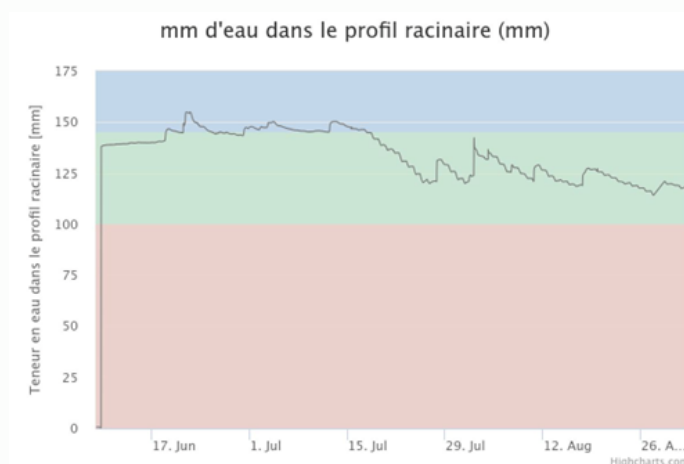


Figure 7 : Suivi de l'humidité du sol par une sonde capacitive Sentek pour une culture de pomme de terre en 2024 sur l'ensemble du profil racinaire (Sentek).

L'irrigation pilotée dans le temps

L'objectif étant que la courbe d'humidité du sol reste en zone verte (RFU) durant les périodes critiques de stress hydrique. La Figure n°8 montre en détail l'humidité du sol à différentes profondeurs.

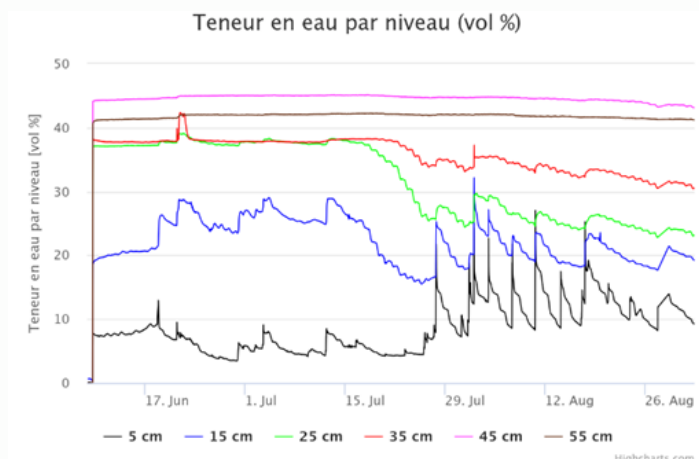


Figure 8 : Tableau récapitulatif de l'évaluation globale de chaque type de solution de pilotage de l'irrigation testées (CRA-W, 2025).

Il est ainsi possible de visualiser où et quand la culture a puisé l'eau en fonction de son développement racinaire. La culture n'a donc pas puiser d'eau à 45 et 55 cm.

Les images satellitaires

La solution Irriwatch (Hydrosat) permet suivre l'humidité du sol à partir du modèles SEBAL utilisant des données satellites. Cette solution est basée sur le fait que lorsqu'une plante est soumise à un stress hydrique elle ferme ses stomates afin de réduire son évapotranspiration.

Cela a pour effet d'augmenter la température de la plante. Il est possible de prévoir les périodes de stress hydrique d'une culture en utilisant les mesures de la température de surface de la terre prise par les satellites, les données agronomiques renseignées par l'agriculteur et des données météorologiques de référence.

Cette solution fournit également un suivi de l'humidité du sol (Figure n°9) en fonction des différentes réserves (l'eau gravitaire en bleu, la RFU en vert et la RS en rouge). L'objectif étant de maintenir l'humidité du sol dans la zone verte (RFU) avant d'atteindre la zone rouge (RS) et sans surdosier (passer en zone bleue).

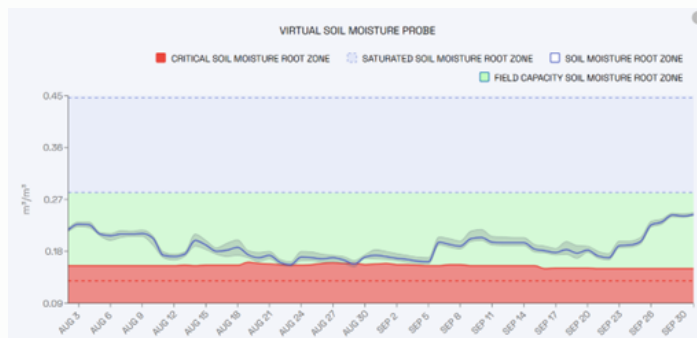


Figure 9 : Tableau récapitulatif de l'évaluation globale de chaque type de solution de pilotage de l'irrigation testées (CRA-W, 2025).

Est-ce que les solutions mises en place sur une exploitation wallonne sont fiables ?

Un conseil d'irrigation de référence

L'évaluation technique des différentes solutions mises en place sur l'exploitation a été réalisée comparativement à un conseil de référence. Ce conseil de référence est fourni par le CPL-Végémar qui est une institution reconnue en matière de conseil d'irrigation en Wallonie pour les cultures de légumes industriels.

Lors de la saison 2024, le projet a permis de suivre 7 parcelles avec 7 solutions différentes. Parmi ces 7 solutions, 2 utilisent des stations météo, 2 des sondes tensiométriques, 2 des sondes capacitatives et une des données satellites. Les cultures suivies étaient la pomme de terre, l'oignon, la carotte, le haricot et l'épinard.



www.centrespilotes.be/cp/vegemar



L'irrigation pilotée dans le temps

Les stations météo (méthode du bilan hydrique)

Les 2 solutions mises en place (Sencrop et Abélio) ont montré de bons résultats tant au niveau du déclenchement de l'irrigation que sur la détermination de la dose.

Ces solutions sont également simples à mettre en œuvre et d'utilisation. Il suffit d'installer une station météo, de paramétrer sa parcelle et de suivre l'évolution du bilan hydrique en fonction des seuils proposés.

De plus, ces solutions sont peu contraignantes. L'installation d'une station météo en bordure de parcelle est suffisante.

Mais attention !\

- Les périodes critiques de stress hydrique ne sont pas prises en compte. Les solutions peuvent suggérer des irrigations quand la plante développe encore son système racinaire.
- Les résultats peuvent être incohérents pour certaines cultures.
- La qualité des mesures peut compromettre le conseil.

Précautions à prendre :

- Connaître les périodes de stress hydrique de ses cultures.
- S'assurer auprès du fournisseur de la qualité du modèle pour ses propres cultures : le modèle est-il en développement ? Le modèle est-il adapté à la culture ou dois-je utiliser une culture proche par exemple pomme de terre au lieu de carotte ?
- Au moment de l'entretien des stations en début de saison bien vérifier la qualité des transferts de données et nettoyer régulièrement le pluviomètre.

Petit truc en plus :

Les données météo d'une parcelle peuvent être utiles pour une multitude d'interventions culturales (alertes maladies et ravageurs, fenêtre de pulvérisation, de travail du sol, de récolte, détermination des stades phénologiques, etc.)

Les sondes tensiométriques (disponibilité de l'eau)

Les 2 solutions mises en place (Weenat et AgroExcat) ont également montré de bons résultats au niveau du déclenchement de l'irrigation et de la détermination de la dose.

Les irrigations sont facilement fixées. Il suffit de contrôler que les tensions mesurées n'atteignent pas les seuils fixés.

Les doses d'irrigation peuvent également être adaptées en vérifiant que l'irrigation a bien fait baisser les tensions sur les sondes installées sur tout le profil racinaire.

Mais attention !\

- Les sondes peuvent gêner les interventions culturales.
- Les périodes critiques de stress hydrique ne sont pas prises en compte !
- Ce type de sonde peut complètement décrocher si une fissure ou une bulle d'air apparaît au niveau du capteur. Ce qui donne des mesures aberrantes.
- Vérifier la qualité des transferts de données.

Précautions à prendre :

- L'installation des sondes doit tenir compte des passages des machines agricoles (pulvérisateurs, désherbage mécaniques, canon d'irrigations, etc.).
- Connaître les périodes de stress hydrique de ses cultures.
- Suivre les recommandations du fournisseur lors de l'installation des sondes.
- Vérifier régulièrement la cohérence des données et ne pas hésiter à installer plusieurs sondes aux différentes profondeurs.
- Penser à l'entretien batterie et faire attention à ce que la végétation ne recouvre pas l'antenne de la sonde.

Un petit truc en plus :

Cette solution constitue une mesure directe du confort hydrique de la culture.



L'irrigation pilotée dans le temps

Les sondes capacitatives (humidité du sol)

Parmi les 2 solutions mises en place dans le projet (les sondes Aquacheck et Sentek), la solution utilisant des sondes Sentek a montré de meilleurs résultats à la fois sur la mesure de l'humidité du sol que sur la capacité à piloter l'irrigation et sur la qualité des transferts de données.

Mais attention !\

- Les sondes peuvent gêner les interventions culturales.
- Les périodes critiques de stress hydrique ne sont pas prises en compte !
- Nécessite une interprétation des données !
- La mesure de l'humidité du sol par la sonde Aquacheck doit être améliorée.

Précautions à prendre :

- L'installation des sondes doit tenir compte des passages des machines agricoles (pulvérisateurs, désherbage mécaniques, canon d'irrigations, etc.)
- Suivre les recommandations du fournisseur lors de l'installation des sondes.
- Un paramétrage est nécessaire selon le type de sol, ce qui est difficile sachant que la texture varie de manière parfois importante au sein d'une même parcelle.
- Vérifier régulièrement la cohérence des données et vérifier la qualité des transferts de données.
- Il est conseillé de suivre une petite formation afin de pouvoir déterminer les seuils d'intervention (limites entre la RFU, l'eau gravitaire et la RS).
- Sans amélioration de la sonde Aquacheck, la sonde Sentek doit être préférée.

Un petit truc en plus :

La sonde composée de plusieurs capteurs à différentes profondeurs permet de suivre le développement et l'activité racinaire. Cet aspect peut être utile pour suivre le bon développement de la culture ou pour mettre en évidence un problème structure de sol, comme une zone de tassement.

Un fournisseur de la sonde Sentek propose un service clé en main. Cela signifie que l'installation et le paramétrage sont complètement pris en charge par le fournisseur, et qu'il propose également une assistance personnalisée pour l'interprétation des courbes d'humidité du sol.

Les données satellitaires (température de surface)

La solution mise en place (Hydrosat) permet également de piloter les irrigations efficacement pour autant que la couverture nuageuse soit limitée. Cette solution a l'avantage de ne pas nécessiter d'installation de capteur, ce qui permet de gagner du temps (pas d'installation et pas d'entretien) et de laisser la parcelle entièrement libre (pas d'entrave aux interventions culturales).

Mais attention !\

- Les périodes critiques de stress hydrique ne sont pas prises en compte !
- La qualité des mesures peu compromettre le conseil (nuage) !
- Paramétrage par le fournisseur !

Précautions à prendre :

- Connaître les périodes de stress hydrique de ses cultures.
- En cas de couverture nuageuse, la solution ne doit pas être utilisée sans vérification. Les données sont dans ce cas interpolées et peuvent décrocher.
- Il est important de communiquer au fournisseur les informations utiles au paramétrage le plus vite possible afin de garantir la qualité des suivis.

Un petit truc en plus :

La solution propose d'autres services liés à la cartographie des sols (comme l'humidité) et des cultures (la biomasse, l'absorption d'azote, etc.) voir Fiche n°2.

Quelles solutions d'irrigation choisir en fonction de vos besoins ?

Le choix entre les différentes solutions de pilotage de l'irrigation dépendra avant tout du contexte et des objectifs de chaque exploitation agricole. De nombreuses conclusions ont pu être tirées des différentes solutions de pilotage de l'irrigation, autant d'un point de vue technique, organisationnel et qu'économique. En effet, le coût de la solution reste un critère déterminant qui oriente le choix de l'agriculteur.

Tableau 1 : Récapitulatif de l'évaluation globale de chaque type de solution de pilotage de l'irrigation testées. (CRA-W, 2025).

	météorologique	tensiométrique	capacitive	satellite
La qualité du pilotage				
Organisation :				
- Montage / Entretien (h)				
- Surface (m ²)				
- Complexité				

L'irrigation pilotée dans le temps

Les stations météo connectées, tout d'abord, offrent un niveau de pilotage jugé moyen. Leur avantage principal réside dans leur simplicité d'utilisation, avec un impact organisationnel faible. En termes de coût, elles sont globalement comparables à un service de conseil de référence tel que le CPL-Végémar.

Les sondes tensiométriques fournissent un pilotage plus précis, avec une qualité jugée bonne. Elles nécessitent toutefois un investissement organisationnel plus important, notamment en termes de gestion et d'interprétation des données. Leur coût est estimé entre trois et quatre fois supérieur à celui d'un conseil de référence.

De leur côté, **les sondes capacitatives** présentent une performance variable selon le type de capteur utilisé, allant de médiocre à bonne. Comme les sondes tensiométriques, elles impliquent une charge organisationnelle moyenne pour l'exploitation, et un coût également trois à quatre fois supérieur à celui du service de référence.

Enfin, **les images satellitaires** permettent un pilotage de qualité moyenne. Elles ont l'avantage d'être peu intrusives dans l'organisation du travail et se situent, en termes de coût, au même niveau qu'un service de conseil traditionnel.

Certaines solutions commerciales présentent sur le marché ont un coût bien supérieur à celui du conseil de référence du CPL Végémar. Ces solutions proposent généralement des services additionnels à celui du pilotage de l'irrigation. De fait, le choix d'une solution d'irrigation dépendra des priorités de chaque exploitation : recherche de précision, simplicité d'intégration dans l'organisation existante, ou maîtrise des coûts.

Les conseils DuratechFarm :

Les équipes du CRA-W recommandent, lors de la première année de mise en place d'une solution de pilotage de l'irrigation, de ne pas modifier ses pratiques culturales habituelles.

Cette approche permet de prendre en main l'outil dans des conditions réelles, tout en facilitant l'identification des limites de la solution ou les mauvaises habitudes en matière d'irrigation. Le recul ainsi acquis offre une meilleure compréhension du fonctionnement de la solution et de sa pertinence dans le contexte de l'exploitation.

Il est nécessaire de prendre en compte certains facteurs limitants dans le choix de la solution :

- Le temps de travail disponible ;
- Les zones à disposition sur les parcelles ;
- Les connaissances en matière d'humidité du sol et des besoins en eau des cultures.



Source :

Laurent F., Hinsinger P., 2022. Réservoir en eau du sol utilisable par les cultures. Arvalis et INRAE.

D'autres fiches techniques

Déterminer le seuil d'intervention en irrigation est primordial quand on parle de pilotage de l'irrigation. Cependant pour optimiser l'irrigation, il est aussi important d'apporter la bonne dose au bon endroit de la parcelle. "Le pilotage de l'irrigation dans l'espace" est le sujet des **fiches techniques n°6 et n°7**.



Contacts :

CRA-W – Denis Tourneur : d.tourneur@cra.wallonie.be

CRA-W – Quentin Limbourg : q.limbourg@cra.wallonie.be

CRA-W – Jean Artois : j.artois@cra.wallonie.be

Ferme du Plein Air – Manu Jadin : emmanuel.jadin@ardo.com

UCLouvain – Sébastien Lambot : sebastien.lambot@uclouvain.be

WalDigiFarm – Sébastien Weykmans : contact@waldigifarm.be