

Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Fiche n°6 - Projet DuratechFarm

Le pilotage de l'irrigation est un levier clé pour optimiser l'usage de l'eau.

Mieux irriguer, c'est réduire les coûts, gagner du temps ou irriguer davantage de parcelles avec les mêmes ressources. Dans un contexte où l'eau devient une ressource de plus en plus précieuse, cette approche permet donc d'allier performance agronomique, rentabilité et durabilité.

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 :

Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Comment la modulation de dose en irrigation répond à ces objectifs ?

La modulation de dose permet d'ajuster précisément l'irrigation aux besoins réels de la culture au sein de sa parcelle. Elle limite le gaspillage et les surcoûts liés aux excès d'eau, tout en réduisant les pertes de rendement dues à un apport insuffisant.

Où irriguer ?

La distribution de l'humidité du sol dépend fortement de la topographie et de la texture du sol. Pour optimiser l'irrigation, il est essentiel de moduler les doses selon ces variations, en tenant compte des capacités de rétention d'eau propres à chaque type de sol. Cela implique de définir des zones homogènes de gestion, adaptées à la configuration du matériel d'irrigation.

Quel volume d'eau apporter ?

La modulation de dose nécessite également de déterminer une dose adéquate pour chacune des zones de la parcelle. Les différentes doses ainsi déterminées doivent également tenir compte de la précision intrinsèque du matériel irrigant. En effet, il serait insensé que l'écart entre la dose la plus faible et la plus élevée soit inférieur à la précision du matériel lui-même.

Avec quelle solution ?

Seule la solution Hydrosat (ou Irrigate) a été testée complètement dans le cadre du projet DuratechFarm. Elle propose des cartes d'humidité du sol exploitables pour créer des cartes de modulation, mais leur usage requiert des compétences avancées en cartographie. Le radar gprSense, actuellement en cours de finalisation, permet déjà de produire des cartes d'humidité du sol haute résolution. Sa version opérationnelle est prévue pour fin 2025, avec pour objectif de fournir un outil direct, accessible et précis pour la modulation de l'irrigation.

En conclusion, en l'absence d'outils accessibles pour cartographier précisément les besoins en eau, et compte tenu des compétences techniques requises, ces technologies restent aujourd'hui peu utilisables en pratique par la majorité des agriculteurs.

Quels prérequis pour la modulation de dose d'irrigation ?

La télématique

La première chose à maîtriser pour l'optimisation des irrigations, est de connaître exactement les irrigations qui ont déjà été réalisées afin de ne pas réaliser des irrigations inutiles ou de ne pas oublier un passage.

En effet, la gestion d'un dispositif d'irrigation peut être complexe et fatigant. C'est pourquoi un système de télématique peut optimiser cette gestion grâce aux fonctionnalités de surveillance et de commande à distance, ou encore l'enregistrement des applications réalisées et de leurs réglages. Dans le projet DuratechFarm, les canons d'irrigation utilisés ont été équipés d'un système Raindancer.

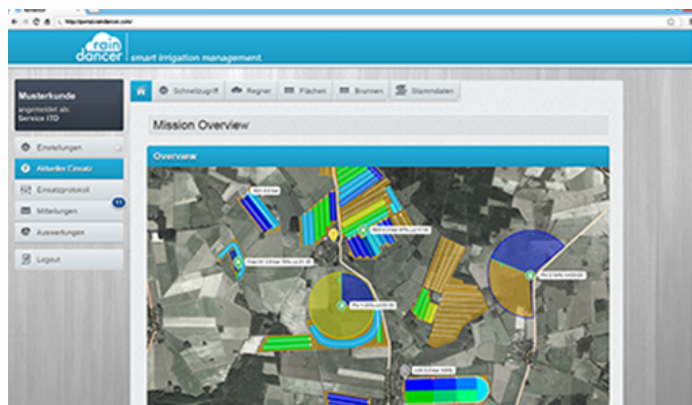


Figure 1 : Carte de la conductivité électrique mesurée par scanning du sol sur l'ensemble de la parcelle et le pourcentage d'argile dans les cercles mesuré par analyses de sol (CRA-W, 2025).

Vérifier le matériel utilisé

Comme cela a été montré au sein de la Fiche 1, des mesures de répartition d'irrigation réalisées sur les canons ont montré une grande variabilité par rapport à la rampe mobile. C'est pourquoi le projet a également optimisé l'irrigation en utilisant une rampe tractée par un enrouleur. Ce système a l'avantage de bénéficier à la fois de la régularité d'une rampe d'irrigation et de la polyvalence d'un enrouleur.

Figure 2 : Rampe d'irrigation tractée par un enrouleur (CRA-W, 2024).



Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Par quels leviers commencer ?

Et si, avant d'investir dans des technologies complexes, on commençait par mettre en œuvre des leviers simples et accessibles pour optimiser l'irrigation dans l'espace ?

La coupure de section

L'installation d'un système d'irrigation avec coupure de section a été identifiée comme un levier d'optimisation important. Sur certaines parcelles aux formes irrégulières, un canon est utilisé pour irriguer les zones non couvertes par la rampe d'un pivot.



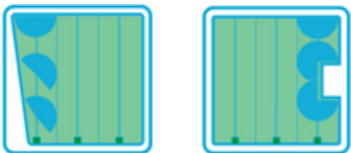
Figure 3 : La zone destinée à irriguer avec le canon se trouve à l'extrémité de la rampe pivot, tout en respectant les délimitations de la parcelle (CRA-W, 2025).

Ce système permet :

D'irriguer complètement une parcelle en optimisant la gestion des bouts de champs



De respecter les limites de la parcelles



D'éviter les redoublements



Afin de respecter la dose souhaitée, le système adapte sa vitesse en fonction de sa largeur de travail.

Quel système permet d'utiliser concrètement des cartes de préconisation avec son matériel d'irrigation ?

Deux enrouleurs ont été équipés de l'équipement adéquat pour moduler, l'un étant pourvu d'un canon et l'autre d'une rampe. La dose est modulée en faisant varier la vitesse d'avancement, ce qui permet de travailler à pression et débit constant. Cette fonctionnalité doit être activée et les différentes zones avec leurs doses doivent être téléchargées au préalable sur la plateforme informatique pour qu'elle soit fonctionnelle.



Figure 4 : Carte de modulation de dose d'irrigation (CRA-W, 2024).



Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Quelles solutions ont été explorées pour produire des cartes de préconisation de doses (méthodes en développement) ?

Contrairement aux outils destinés à piloter l'irrigation dans le temps à l'échelle d'une parcelle entière, la modulation des doses nécessite de savoir où et quelle quantité irriguer à l'échelle intra-parcellaire. Cela implique de disposer de cartes précises de l'humidité du sol, réalisées à des moments clés de la saison.

Évaluer les réserves d'eau disponibles en fonction de la texture du sol

Description : Il est possible d'identifier les zones plus riches ou plus pauvres en argile grâce aux données topographiques ou aux mesures de conductivité électrique. Cela permet de diviser la parcelle en zones selon leur sensibilité au stress hydrique, et ainsi de produire des cartes de préconisation pour adapter les doses d'eau à chaque zone.

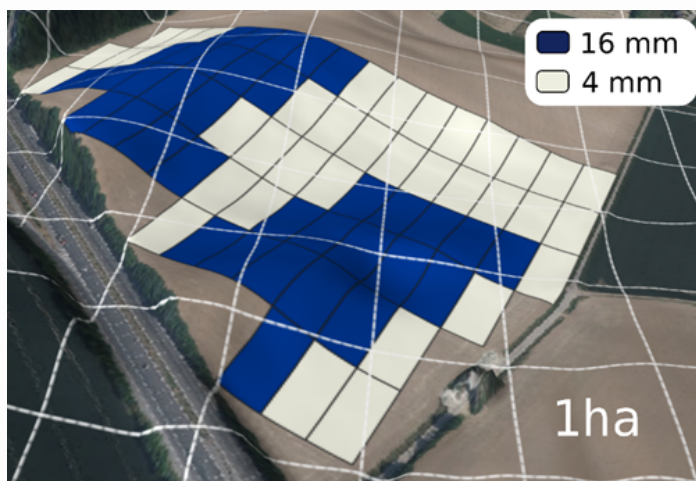


Figure 5 : Exemple de cartes de préconisation des doses à appliquer sur la parcelle basée sur la topographie (CRA-W, 2024).

Détails techniques : Les données collectées dans le cadre du projet DuratechFarm ont permis de mettre en évidence une forte corrélation entre la conductivité électrique du sol, la teneur en argile, le relief et les sondes tensiométriques (Figure 6).

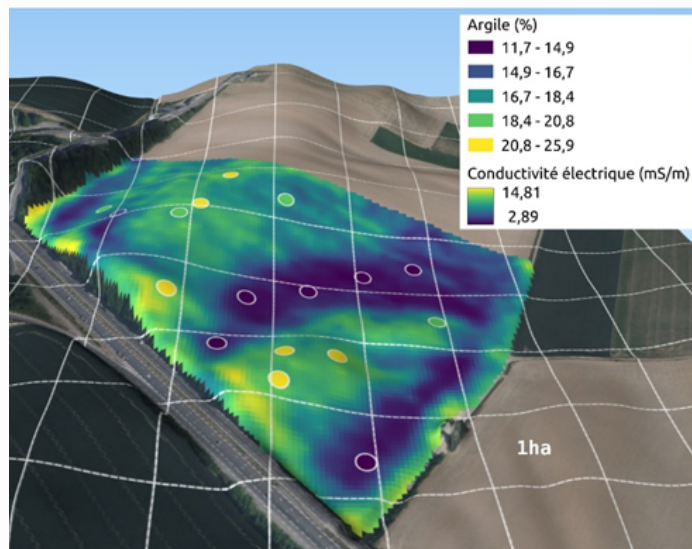


Figure 6 : Carte de la conductivité électrique mesurée par tomographie électrique sur l'ensemble de la parcelle et le pourcentage d'argile dans les cercles mesuré au moyen d'analyses de laboratoire (CRA-W, 2025).

Ce qui se traduit par le fait que les zones les plus riches en argile sont plus sensibles au stress hydrique (Figure 7).

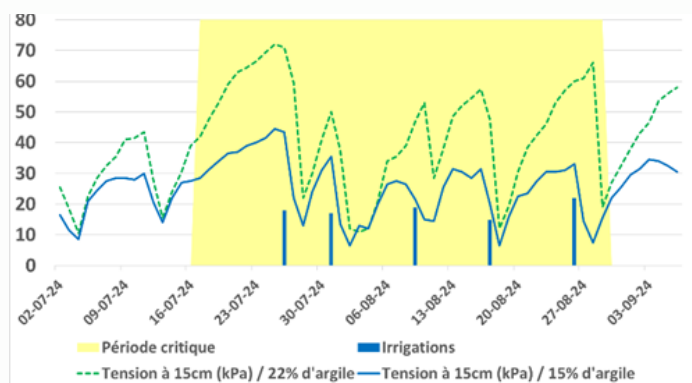


Figure 7 : Graphique du suivi des sondes tensiométriques à une profondeur de 15 cm pour deux pourcentages d'argile sur la parcelle GrdSeumoy (CRA-W, 2024).

Avantages : Les données topographiques nécessaires à la production de cartes de préconisation sont librement accessibles sur le Géoportail de la Wallonie. Pour aller plus loin et affiner l'analyse de la texture des sols, il existe aussi des solutions fiables et éprouvées pour produire des cartes de texture du sol (voir Fiche n°3).

Inconvénient : Il n'existe pas encore de solutions clés en main pour produire des cartes de préconisation de dose basée sur la topographie ou la conductivité électrique du sol. La carte présentée dans la Figure 1 a été produite par le CRA-W au cours du projet.

Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Cartographier l'humidité du sol grâce aux images satellitaires

Description : Grâce aux images satellitaires décrites aux Fiches n°2 et n°5, il est possible d'évaluer l'humidité de surface du sol (5 premiers cm environ) et le confort hydrique de la culture (solution Irriwatch d'Hydrosat). Ces mesures permettent de cartographier les parcelles en fonction du statut hydrique de la culture, et d'adapter la dose d'irrigation en fonction des besoins réels de celle-ci.



Figure 8 : Cartographie du statut hydrique d'une parcelle par télédétection satellite le 26/05/2025 (CRA-W, 2025).

Détails techniques : Les détails techniques des solutions d'imagerie satellitaire sont abordés au sein de la Fiche technique n° 2.

Avantages : La solution IrriWatch (Hydrosat) fournit quotidiennement une carte d'humidité du sol directement traduite en carte de préconisation des quantités d'eau à apporter sur la parcelle. Toutes ces cartes sont facilement visualisables sur la plateforme de la solution IrriWatch (Hydrosat).

Inconvénients : Les cartes IrriWatch (Hydrosat) doivent être récupérées via une API, ce qui nécessite une mise en place technique complexe. De plus, ces cartes sont fournies dans un format géographique qui n'est pas directement compatible avec les outils de modulation de doses utilisés en agriculture de précision.

Cartographier l'humidité du sol grâce au développement d'un capteur d'humidité des sols avec la technologie radar

Description : gprSense est une technologie innovante de mesure de l'humidité du sol basée sur l'utilisation d'ondes radar. Lorsqu'une onde électromagnétique est transmise vers le sol, elle est partiellement réfléchiée à sa surface. Aux fréquences VHF utilisées, cette réflexion dépend fortement de l'humidité contenue dans les quarante premiers centimètres, correspondant à une zone clé du fonctionnement racinaire.



Figure 9 : Drone équipé du radar gprSense en cours de cartographie d'une parcelle (photo : S. Lambot, 3 octobre 2024).

Détails techniques : Le capteur gprSense consiste à mesurer l'humidité du sol en utilisant des ondes électromagnétiques à une fréquence sensible à l'humidité. En effet, lorsque l'on projette des ondes électromagnétiques (radar) sur un matériau, cette onde est réfléchiée avec certaines modifications qui sont propres aux propriétés du matériau comme l'humidité d'un sol. Les mesures sont idéalement réalisées par vol automatique de drone, avec des passages espacés de 5 mètres grâce au guidage GPS, tout en maintenant une altitude constante et sécurisée à l'aide du suivi du relief. La vitesse de vol, d'environ 3 m/s, permet d'acquérir une à deux mesures par mètre le long des profils, assurant ainsi une couverture fine, régulière et non destructive de la parcelle.



Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Avantages : Associée à un drone, cette technologie permet de cartographier rapidement de grandes surfaces. Avec une autonomie de vol supérieure à 30 minutes, il est possible de couvrir environ 3 hectares sans contact avec le sol ni la culture, et de manière totalement non destructive. Le traitement automatisé des données permet d'obtenir directement une carte de l'humidité du sol, prête à être utilisée pour le pilotage agricole.

Inconvénient : Cette technologie est toujours en développement et il n'existe pas encore de solutions clés en main pour produire des cartes d'humidité et des cartes de préconisation de dose basées sur l'utilisation d'un radar à cette résolution spatiale.

Évaluation de la solution : Les mesures obtenues avec gprSense® ont été comparées à des mesures de référence de l'humidité du sol réalisées sur les 30-40 premiers centimètres de profondeur, montrant une bonne corrélation.

Les essais ont également démontré une excellente répétabilité entre deux acquisitions successives. Ce système a ainsi été utilisé pour le suivi de l'humidité du sol sur différentes cultures, notamment sur une parcelle d'épinards, illustrée ci-dessous (Figure 10).

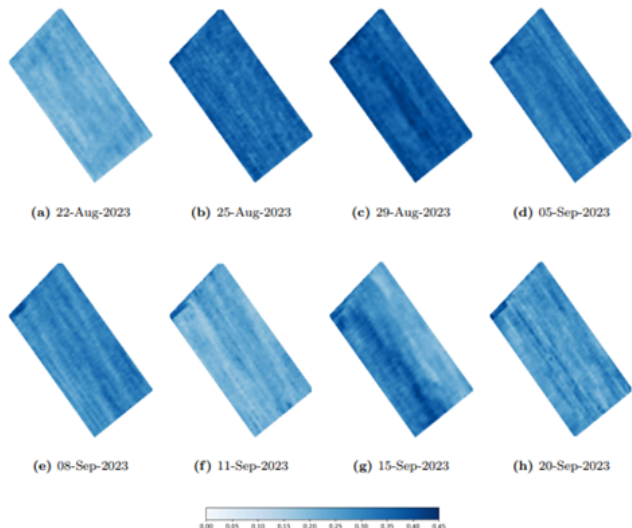


Figure 10 : Cartes de l'humidité volumique du sol mesurée par gprSense à différents moments dans le temps (Wu et al., 2025, submitted for publication).

Les cartes produites ont bien reflété les événements intervenus sur la parcelle : apports d'eau par irrigation, pluies et phases d'assèchement. Cela confirme la pertinence de l'outil pour suivre l'évolution de l'humidité du sol dans le temps et l'espace.

Quels avantages et quelles conséquences sur le volet économique ?

La télématique, la coupure de section, la rampe d'irrigation et la modulation de dose (une seule largeur de travail) ont montré de réels avantages, mais présentent aussi un coût :

- La télématique a permis d'éviter les erreurs d'organisation (oublier ou répéter des passages en période de travail intense). **Coût estimé : 313€ HT /an**
- La coupure de section a permis de respecter les limites des parcelles (irrigation complète des parcelles sans déborder sur le voisinage, les routes et autoroutes) et d'éviter le redoublement lors de l'irrigation des zones non irriguées par la rampe sur pivot. Cette fonctionnalité nécessite la modulation de la vitesse de l'enrouleur afin de respecter la dose souhaitée lors des modifications de la largeur de travail. **Coût estimé : 836€ HT /an**
- La rampe d'irrigation sur enrouleur a permis d'améliorer la régularité des irrigations et ce d'autant plus à faible dose pour les irrigations de germination. **Coût estimé : 1.680€ HT /an**
- La modulation de dose à une seule section (par régulation de la vitesse de l'enrouleur) facilite le réglage lors de changements fréquents de dose. **Coût estimé : 620€ HT /an**

Les coûts ont été considérés pour une durée de vie de 10 ans, sans valeur résiduelle et pour une utilisation pour une seule parcelle par an.



Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

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

A nouveau, la solution la plus adaptée va dépendre de l'exploitation elle-même. Quatre critères principaux ont été identifiés :

1. Mon exploitation présente-t-elle des problèmes d'organisation ?

Si oui, installer un système de télématique.

Sur l'exploitation témoin : une seule personne a la charge de 4 systèmes d'irrigation, mais cela a montré des limites.

2. Les parcelles irriguées de mon exploitation ont-elles des formes irrégulières ?

Si oui, installer un système de coupure de section si possible sur un canon de l'exploitation

Sur l'exploitation témoin : le respect des limites de champs était nécessaire pour 2 parcelles le long d'une autoroute, l'une en triangle et l'autre équipée d'une rampe d'irrigation sur pivot. La coupure de section était compatible avec un canon-enrouleur de l'exploitation et a prouvé son utilité sur plusieurs autres parcelles (de location notamment).

3. L'irrigation par canon montre-t-elle de mauvais résultats sur mon exploitation ?

Si oui, envisager lors d'un prochain achat d'un système d'irrigation de passer sur une rampe-enrouleur au lieu de rester sur un canon.

Sur l'exploitation témoin : des images aériennes et des mesures de terrains par pluviomètres ont montré des problèmes de répartition accentués dès que la vitesse de vent atteignait 5km/h.

4. Puis-je identifier des zones nécessitant des apports en eau différents et les quantifier ?

Si oui, la modulation de dose (à une seule section) est tout aussi simple à installer et à utiliser que la coupure de section

Sur l'exploitation témoin : la mise en place du projet a été nécessaire pour identifier, mais surtout pour quantifier des apports différenciés sur certaines parcelles avec des topographies plus marquées.

Remarque : Il n'a pas été possible de trouver un service complet en la matière sur la Wallonie.

Témoignage de Manu JADIN de La Ferme du Plein Air



Manu JADIN et Caroline DEVILLIERS exploitent 175 ha, dont la majorité en bio. L'exploitation possède deux zones d'activités : Thorembais-Saint-Trond dans le Brabant-Wallon et Meux dans le Namurois.

Quels étaient tes objectifs initiaux concernant l'irrigation dans le cadre du projet ?

L'objectif principal était de déterminer précisément quand déclencher l'irrigation, à quelle fréquence, et avec quel volume. L'idée était d'optimiser l'eau en faisant le minimum nécessaire sans trop impacter le rendement ni la qualité. Le projet a plutôt bien répondu à mes attentes.

Qu'est-ce que les solutions testées dans le cadre du projet DuratechFarm t'ont apporté ?

Le projet m'a permis de prendre conscience de la plus-value des nouvelles technologies en irrigation. L'outil de télématique testé m'a apporté un véritable gain de temps et un réel confort de travail, en automatisant la gestion des butées et en permettant un suivi à distance des enrouleurs. Je n'ai plus besoin de me déplacer pour vérifier que tout fonctionne. Ce type de solution répond à deux critères clés : l'efficacité agronomique et le gain de temps.

D'autre part, j'ai été surpris par l'impact sur vent sur la bonne répartition de l'eau en cas d'irrigation par enrouleur. Dans ce cadre, les réseaux de station météo connectées me permettent d'être plus rigoureux dans les démarrages et arrêts des enrouleurs (à toute heure du jour et surtout de la nuit).

Pilotage de l'irrigation : comment moduler la dose ?

Comment appliquer ces résultats sur mon exploitation ?

Chaque solution demande néanmoins certaines attentions qu'il est utile de connaître avant la mise en place.

La plupart des solutions sont très faciles à utiliser, mais demandent un paramétrage précis par rapport aux informations demandées (largeur de travail, portée du canon, diamètre du canon, angles du canon - verticaux et horizontaux - limites des parcelles, les zones et les doses associées, etc.). Une erreur peut réduire fortement les avantages espérés.

Il est important de s'assurer de la qualité du service après-vente de son fournisseur. En effet, même si ces solutions sont disponibles sur le marché, tous les fournisseurs n'y sont pas habitués ou n'y sont pas sensibilisés.

Concernant la rampe d'irrigation sur enrouleur, il faudra être attentif sur tout ce qui concerne la manipulation. En effet, les différentes manipulations demanderont plus de main d'œuvre de délicatesse, de temps et de place. De plus, la coupure de section peut ne pas être compatible.



D'autres fiches techniques

Apporter la bonne dose au bon endroit de la parcelle est primordial quand on parle de pilotage de l'irrigation. Encore faut-il que la précision de son matériel puisse le permettre. Les prérequis à l'intégration de l'agriculture de précision sont décrits au sein de la **Fiche technique n°1**.

Pour optimiser l'irrigation, il est aussi important de déterminer le seuil d'intervention de l'irrigation. Le pilotage de l'irrigation dans le temps est le sujet de la **Fiche technique n°5**.



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