



**aGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE
CENTRE-VAL DE LOIRE

 **INNOVATION
RECHERCHE
DÉVELOPPEMENT**
CHAMBRES D'AGRICULTURE CENTRE-VAL DE LOIRE

LA VRI SUR PIVOT ET RAMPE : AVENIR DE L'IRRIGATION ?



Rédacteur : Thierry Bordin
thierry.bordin@centre.chambagri.fr
06-71-90-64-99

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


**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**
Levier
Agri
2020-2024

La VRI sur pivot et rampe: Avenir de l'irrigation?



La VRI c'est quoi?

VRI-Variable-Rate-Irrigation: c'est l'irrigation par asperseur à débit variable en fonction de l'avancement d'un pivot ou d'une rampe

Cela sert à quoi?

À optimiser des apports d'eau par la modulation de l'irrigation intra-parcellaire

À irriguer que les zones ou cultures qui en ont besoin

- **La VRI permet d'envisager l'irrigation de précision à grande échelle sur plusieurs dizaines d'hectares**

Ca45: 2 essais
Amélioration de
l'efficience de l'eau en
2023-2024-2025

Problématique

**Pivots dernière génération avec VRI
(irrigation par asperseur à débit variable
)**

Quelles économies eau possibles, pour quelle
utilisation, intérêt d'investissement pour ce
type matériels performants et connectés?

Objectif opérationnel n°1

Evaluer les possibilités de modulation de doses
d'irrigation avec un pivot VRI dernière
génération en fonction de la cartographie des
réserves utiles intra-parcellaire.

Objectif opérationnel n°2

Evaluer la facilité d'intégration des cartes de
modulation d'irrigation en lien avec le conseil
généré par l'OAD de pilotage Net-irrig par
Seabex ?

Objectif opérationnel n°3

Evaluer la fiabilité des apports d'eau réalisés
par rapport à la programmation réalisée

Objectif opérationnel n°4

Evaluer les économies d'eau réalisées

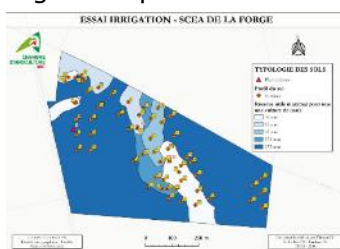
OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE

irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ MATERIELS TESTES ET DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX (2023-2024-2025)

- **SITE** : une parcelle de 34 ha à Marsainvillers (45)
- **FACTEUR TESTÉ** : Un Pivot Lindsay Zimmatic VRI (irrigation par asperseur à débit variable)
- **MODALITÉ** : tester les possibilités de modulation d'irrigation en fonction de la cartographie des réserves utiles intra-parcellaire en grande parcelle 34 ha
- **MATERIELS**:
 - Un Pivot LINDSAY Zimmatic VRI, 96 jets, asperseur 3,5m de rayon, portée 350m + canon porte-à-faux
 - Une Cartographie du réservoir utile en eau des sols de la parcelle
 - Un Pilotage des irrigations par l'OAD net-irrig par Seabex

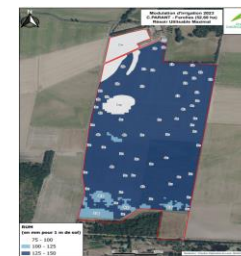


NET-IRRIG
EMPOWERED BY seabex

Votre solution pour
une irrigation optimisée
sans capteurs

- **CULTURE SUPPORT**: Maïs (2023 -2025); Blé (2024)

- **SITE** : une parcelle de 52 ha à Férolles (45) « Le Gué Gaillard »
- **FACTEUR TESTÉ** : Un Pivot Valley 8120 avec VRI (irrigation par asperseur à débit variable).
- **MODALITÉ** : tester les possibilités de modulation d'irrigation en fonction de la cartographie des réserves utiles intra-parcellaire en grande parcelle 52 ha
- **MATERIELS**:
 - Un Pivot Valley 8120 avec VRI, portée 522m+27m canon porte-à-faux, 170 jets, asperseurs 3m de rayon, capacité de programmation 10 zones réglées.
 - Une Cartographie du réservoir utile en eau des sols de la parcelle
 - Un Pilotage des irrigations par l'OAD net-irrig par Seabex



NET-IRRIG
EMPOWERED BY seabex

Votre solution pour
une irrigation optimisée
sans capteurs

- **CULTURE SUPPORT**: Maïs (2023-2024-2025)

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE

irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ Méthodologie conçue et utilisée sur les essais pour évaluer l'intérêt de la VRI

• CARTOGRAPHIE GEOREFERENCEE DE RUM DES SOLS :

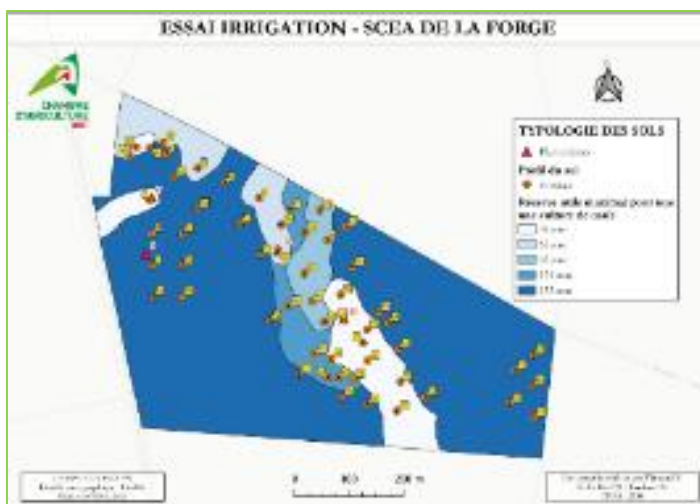
Un préalable indispensable à une utilisation de la VRI à 100% de ces possibilités

• INTEGRATION DE LA CARTE DE ZONES DE SOL HOMOGENE DANS LE LOGICIEL DE PROGRAMMATION DU PIVOT

• MODELISATION DE CHAQUE ZONE DE SOLS DANS L'OAD DE BILAN HYDRIQUE Net-irrig par Seabex

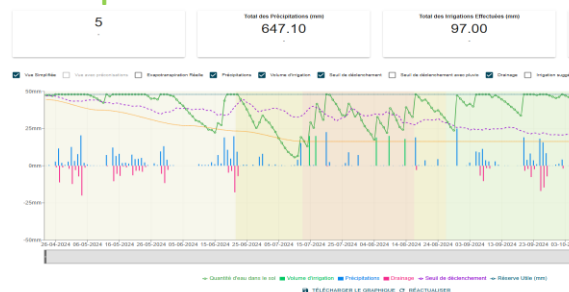
Une nécessité pour piloter date de déclenchement et dose d'irrigation optimales par zone de sol et culture

• LES PRECONISATIONS DE L'OAD sur chaque zone de sol sont reprises dans l'interface de l'application mobile de programmation de la VRI



La modélisation sur la zone la plus limitante détermine:

- Les dates optimales de déclenchement
- La dose maxi d'irrigation à apporter sur la zone de RU le plus limité



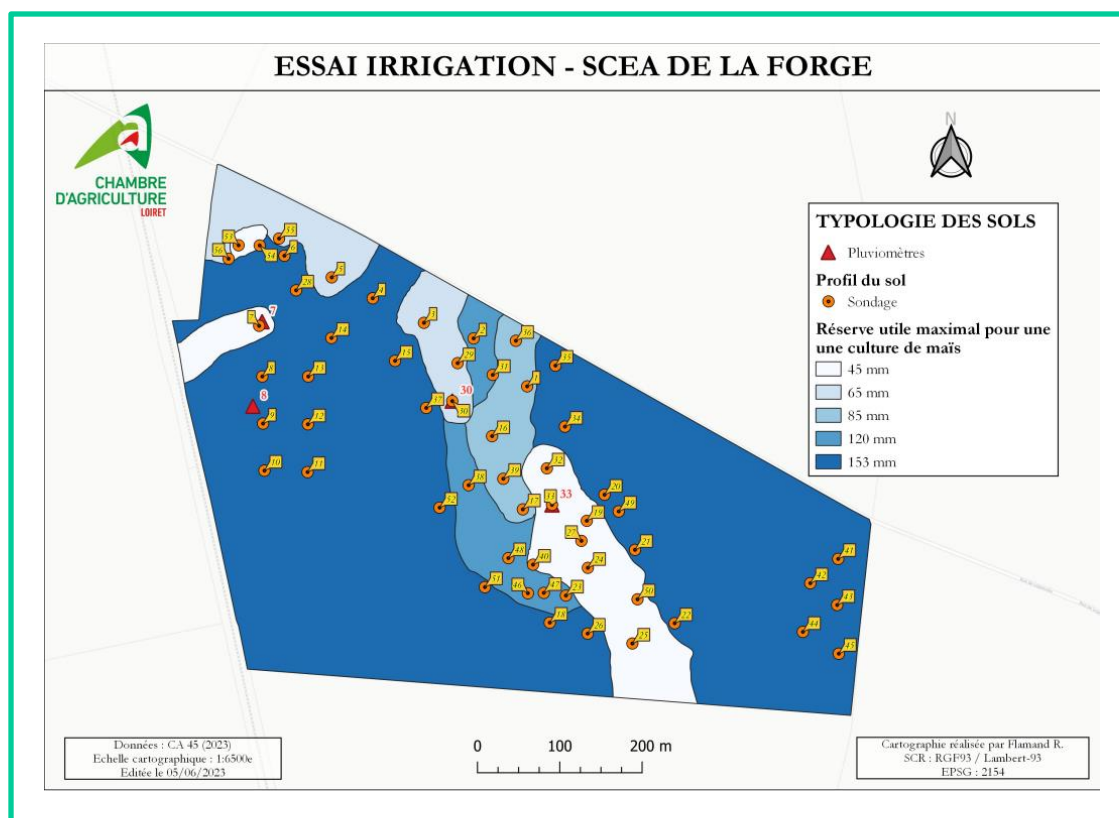
		Date X d'irrigation
	surface par zone de sol en ha	mm/m ²
Zone 1 ru = 45mm	3,4	25
Zone 2 ru = 65mm	2,1	15
Zone 3 ru = 85mm	1,4	10
Zone 4 Ru = 120mm	1,8	0
Zone 5 Ru = 138mm (correspond à la RUM 153mm)	25,4	0
Totaux	34,1	

GESTION ET OPTIMISATION DU RÉSERVOIR UTILISABLE SUR UNE INSTALLATION AGRICOLE



- A partir de la connaissance géoréférencée du Réservoir Utile des sols de la parcelle : la modulation de dose d'irrigation géoréférencée devient possible

	Description typologies de sol rencontrées sur la parcelle (56 sondages tarières)	Réservoir utile maximum du sol	Réservoir utile culture maïs OAD Net-irrig
Zone 1 : 3,4 ha	Argilo-calcaire très superficiel 36cm, 15% cailloux	48mm	48mm
Zone 2 : 2,1 ha	Argilo-calcaire superficiel 45cm, 15% cailloux	65mm	65mm
Zone 3 : 1,4 ha	Argilo-calcaire 55cm, 10% cailloux	85mm	85mm
Zone 4 : 1,8 ha	Limon-argileux Moyen 70cm, 5% cailloux	123mm	123mm
Zone 5 : 25,4 ha	Limon-argileux Profond >90cm	155 mm	138mm



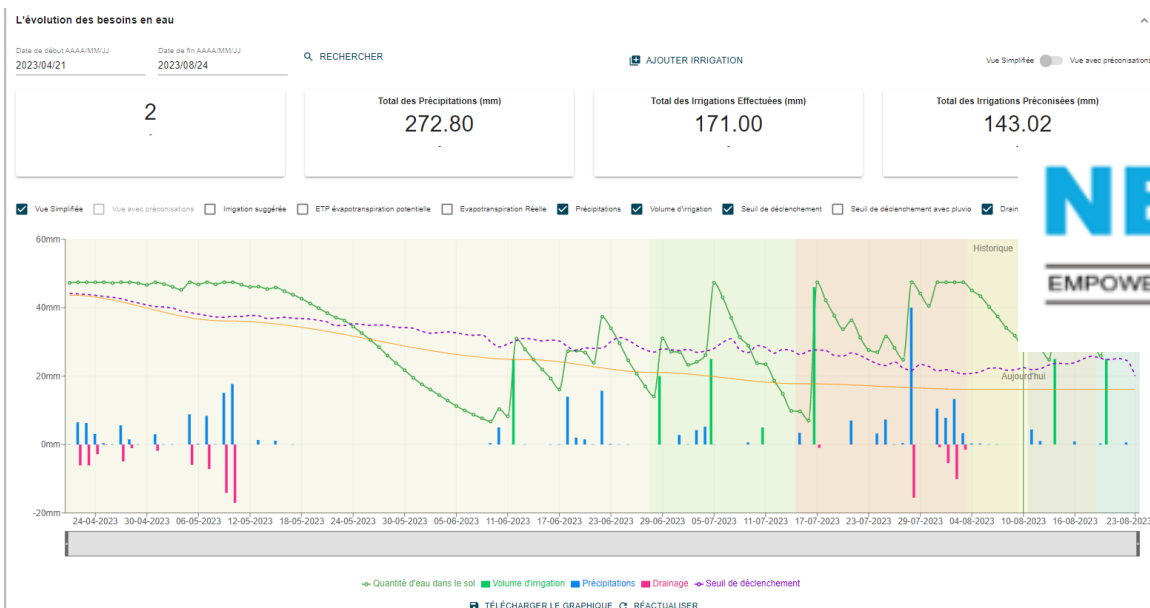
La cartographie géoréférencée des 5 zones de sol (exemple essai à Marsainvilliers) est intégrée par le constructeur dans le logiciel de programmation du pivot (envoi sous forme de fichier Shape, fichier pour les systèmes d'informations géographiques (SIG))

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



- Le suivi du bilan hydrique par zone de sol, un outil indispensable à l'optimisation de l'irrigation

Marsainvilliers: apport d'eau et évolution de RU sur la zone de sol la plus limitante : 45mm de réserve



Sur l'essai en 2023, 171 mm/m² d'irrigation apportés jusqu'au 28/08 sur la zone 1 à faible réserve utile avec 45mm de RU (surface 3,4ha)

Marsainvilliers: apport d'eau et évolution de RU sur la zone de sol profonde : 138mm de réserve



Sur l'essai en 2023, 92 mm/m² d'irrigation apportés jusqu'au 28/08 sur la zone 5 à forte réserve utile avec 138mm de RU (surface 25ha)

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE

irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ VRI et économies d'eau

• Marsainvilliers 2023: Economies d'eau générées par la VRI combinées aux autres leviers mobilisés.

Tableau récapitulatif 2023	Surface par zone de sol en ha	Economie d'eau totale en m3 par zone de Ru	Quantité totale d'eau apportée en m3	Quantité d'eau apportée en mm/m ²
Zone 1 ru =45mm	3,4	0	5807	171
Zone 2 ru = 65mm	2,1	730	2942	137
Zone 3 ru =85mm	1,4	799	1558	113
Zone 4 Ru =120mm	1,8	1540	1569	86
Zone 5 Ru = 138 (correspond à la RUM 153mm)	25,4	20030	23326	92
Totaux parcelles	34,1	23101	35204	103

Des économies importantes d'irrigation réalisées, 23 000m³ sur cette parcelle de 34ha en 2023 soit 40% des 171mm/m² et des 58 000 m³ qui auraient été apportés sur les 34ha cette année avec un canon monté sur enrouleur.

• Férolles 2023: des économies d'eau générées par la VRI combinées aux autres leviers mobilisés.

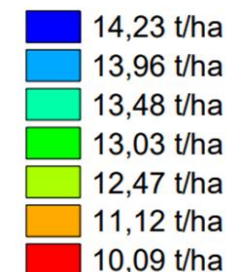
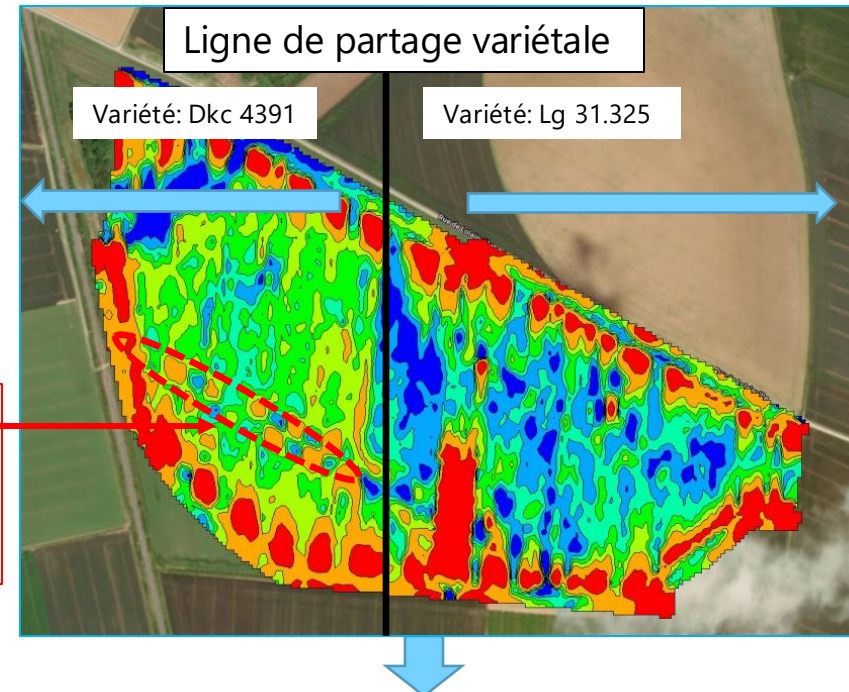
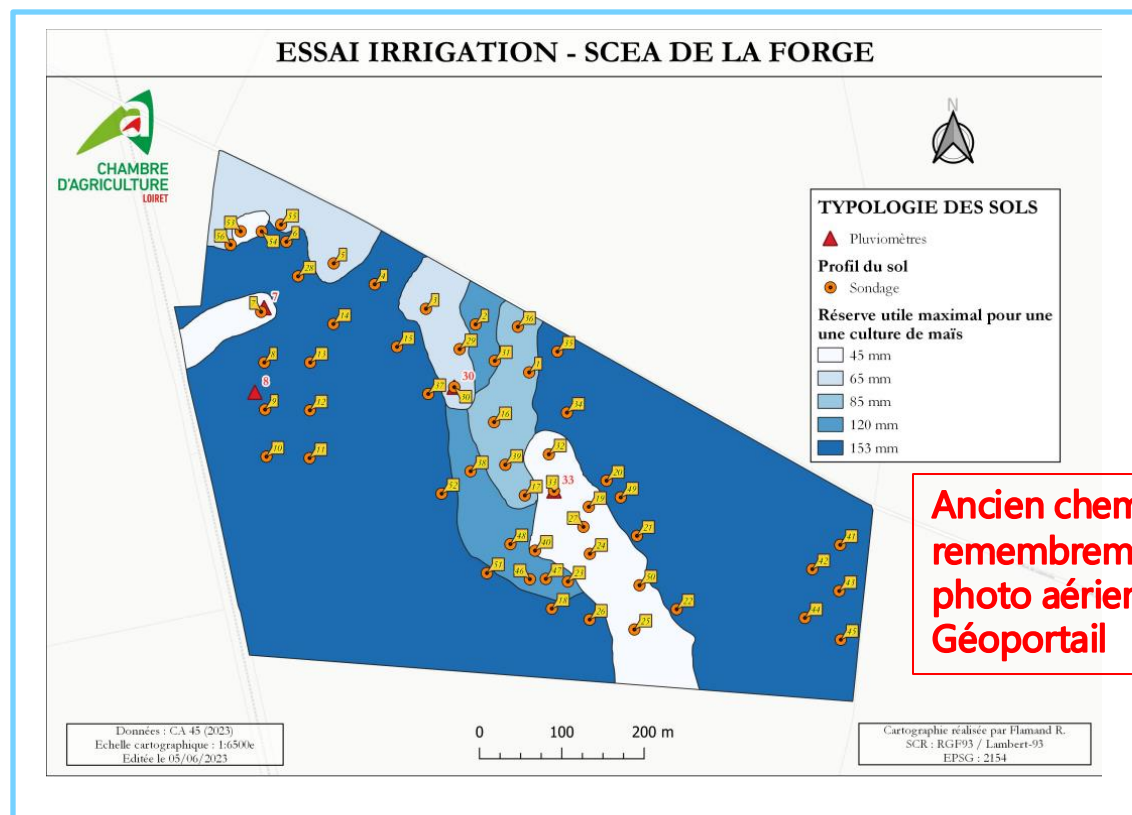
Tableau récapitulatif	surface par zone de sol en ha	économie d'eau totale en m3 par zone de Ru	quantité totale d'eau apportée en m3	Quantité d'eau apportée en mm/m ²
Zone 1 ru =48mm	4,2	0	6056	154
Zone 2 ru = 99mm	1,6	856	1484	92
Zone 3 ru =110mm	46,5	23701	43335	99
Totaux parcelles	52,3	24556	50875	97

Des économies importantes d'irrigation réalisées, 24 500m³ sur cette parcelle de 52ha soit 30% des 154 mm qui auraient été apportés cette année avec un canon monté sur enrouleur. Le matériel n'était pas encore complètement fonctionnel sur la campagne d'irrigation 2023, les économies d'eau auraient pu atteindre 35 000m³ soit 37% des apports à réaliser.

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



- **Marsainvilliers 2023: Rendement sec net de la parcelle 133q/ha rendu à la coopérative (sur pesé et échantillons pris sur toutes les remorques)**

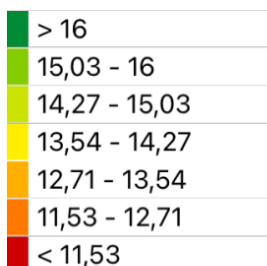


Une hétérogénéité parcellaire des sols globalement gommée grâce à la gestion de l'irrigation différenciée
La levée du facteur limitant sur l'eau révèle d'autres facteurs limitants: potentiel variétal, ancien chemin avec carence en P2O5

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ Carte de rendement essai Férolles 52 ha



Rendement total

718 370,0 kg

Poids humide

809 410,0 kg

--- YIELD

14,01 t/ha

Rendement à sec

14,0 t/ha

Poids humide moyen

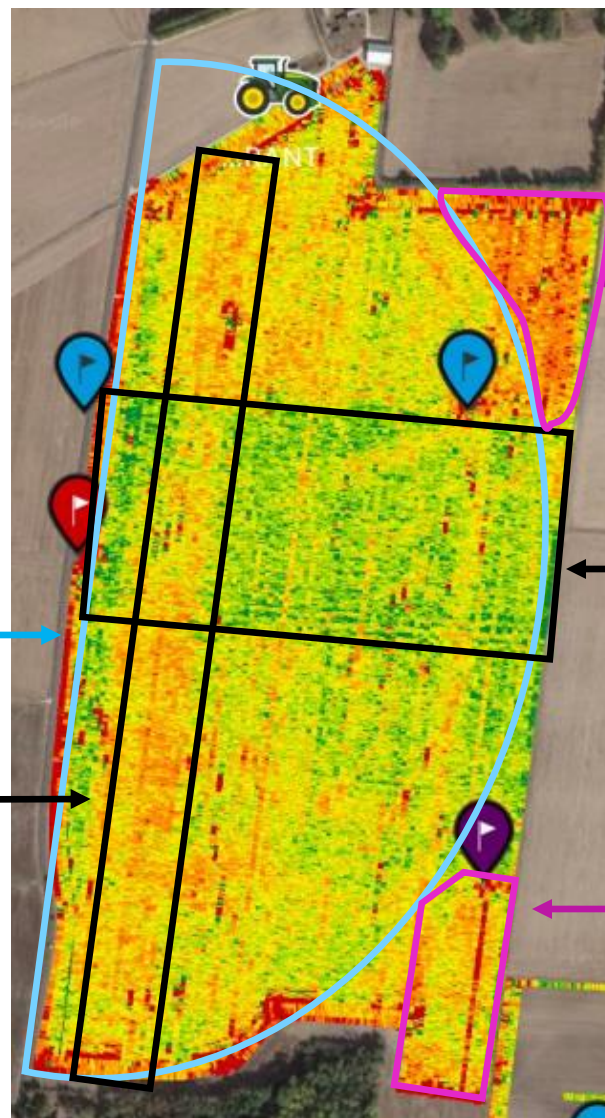
15,79 t/ha

Machines

1Z0S780ACJU115237

Zone de d'irrigation
pivot VRI

Problématique capteur
d'humidité machine



Irrigation couverture
intégrale + canon
monté sur enrouleur
installés avec retard sur
la parcelle

Précédent tournesol, et
ancien parcellaire
d'exploitation

Irrigation au canon
monté sur enrouleur

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ VRI et économies d'eau

• Marsainvilliers 2024, culture de Blé :

Pas d'irrigation, pas de coût généré au niveau de l'irrigation mais pas de rentabilité de l'investissement non plus.

• Férolles 2024: des économies d'eau générées par la VRI combinés aux autres leviers mobilisés.

Tableau récapitulatif	surface par zone de sol en ha	économie d'eau totale en m3 par zone de Ru	quantité totale d'eau apportée en m3	Quantité d'eau apportée en mm/m ²
Zone 1 ru =48mm	4,2	0	4072	97
Zone 2 ru = 99mm	1,6	485	1089	67
Zone 3 ru =110mm	46,5	7705	37373	80
Totaux parcelles	52,3	8190	42533	81

Des économies importantes d'irrigation réalisées, 8 190m³ sur cette parcelle de 52ha soit 16% des 97 mm qui auraient été apportés cette année avec un canon monté sur enrouleur..

Conclusion: des économies d'eau importantes permises par la VRI en 2024 sur maïs à Férolles malgré le contexte humide de l'année.

Les économies d'eau réalisées auraient pu être plus importantes avec une gestion au coup par coup des doses d'irrigation apportées au lieu d'une stratégie organisationnelle de lissage du différentiel de RU, sur la durée

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ VRI données économiques

• Marsainvilliers 2023: Rentabilité économique de l'investissement sur la base d'un coût de l'eau de 3€/mm

Coût de l'eau en €/mm pris en compte (coût hors amortissement)	3 €/mm
Economies générées en € sur 34 ha en 2023	6 930 €
Coûts d'irrigation générés en € sur 34 ha à 3 €/mm en 2023	10 561 €
Montant à l'achat de l'investissement pivot + VRI en 2021	105 000€
Dont VRI (25 000€ en 2021)	16 000€
Subvention plan de relance	Minimum 4 ans (25 000€/6 930€)
Durée d'Amortissement prévisionnelle VRI (sur la base des résultats de l'essai 2023)	Minimum 13 ans (105 000€-16 000€) / 6 930€
Durée d'Amortissement prévisionnelle (pivot+VRI sur la base des résultats 2023)	

Une durée d'amortissement normale pour le pivot, un pari sur l'avenir au niveau de la durée de vie de la régulation électronique et de la pompe du forage soumise à des sauts de pression.

• Férolles 2023: Rentabilité économique de l'investissement sur la base d'un coût de l'eau de 3€/mm

Coût de l'eau en €/mm pris en compte (coût hors amortissement)	3 €/mm
Economies générées en € sur 52 ha en 2023	7 367 €
Coûts d'irrigation générés en € sur 52 ha à 3 €/mm en 2023	15 262 €
Montant à l'achat de l'investissement pivot + VRI en 2023	174 000€
Coût VRI estimé	75 000€
Subvention plan de relance	0€
Durée d'Amortissement prévisionnelle VRI (sur la base des résultats de l'essai 2023)	Minimum 10 ans (75 000€/7 367€)
Durée d'Amortissement prévisionnelle pivot+VRI (sur la base des résultats de l'essai 2023)	Minimum 23 ans pour le pivot +VRI

Un calcul réalisé sur 2023 où le matériel n'était pas encore totalement fonctionnel (un potentiel d'économie d'eau maximale de 10 675€)

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ Parcelle de Marsainvilliers, 34 ha

-Avant 2021, deux canons montés sur enrouleurs, 2* 55 m³/heure; 30mm/m² par passage

-Après 2021, un pivot VRI 350m + porte à faux escamotable avec canon, 110 m³/heure

	Deux Canons sur enrouleurs	Pivot Lindsay	Option Vri + carte des sols
Coût neuf	68 000€ (estimation barème irrigation 2024)	80 000€ (prix 2021)	25 000€ (prix 2021)
Subvention FAM plan de relance 2021	-		16 000€ (2021)
Abonnement Net-irrig (7 parcelles-cycles cultures)/an)	250 €HT/an	250€HT/an	250€ HT/an
Heures travail/an (base 6 irrigations de 30mm)	150 heures /an	3 heures/an (tout automatisé, déclenchement à distance, pas de contraintes de déplacement pendant la moisson pour changer une position d'enrouleur	0,5 heures/an (5 minutes*6 irrigations sur l'application smartphone du pivot)
Nb positions sur la parcelle	11	1	
Gain de temps annuel	-	147 heures (pivot seul)	146 heures (pivot + VRI)
Nb jours nécessaires pour arroser la parcelle à 30mm par passage	> 6 jours	3,8 jours	-
Possibilité de satisfaire à une demande hydrique de la culture de 42mm/semaine (6mm/jour)	NON	OUI	-
Economie d'eau sur 2023 (par rapport au canon 171mm/m²)	-	NON	40% soit 23 000 m³ soit à 3€/mm, 6 900€ d'économies réalisées
Gain rendement estimé (avec potentiel de 120q/ha de maïs)	-	+ 7 à 10q/ha (estimation + 5% à 10%) sur l'homogénéité de répartition de l'eau)	-

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)



➤ Parcelle de Marsainvilliers, 34 ha en 2023

Gains permis par l'investissement sur l'année 2023 (par rapport à l'usage de deux canons montés sur enrouleurs)	Pivot seul	Pivot + Option Vri
Gain main d'œuvre (au smic horaire brut 11,88€)	+ 1746 € brut/an	+ 1 740€ brut /an
Economie d'énergie + redevance d'eau/an (à 3€/mm/an)/au canon		6 900€ sur 2023
Gain de rendement en euros (pour un prix de vente à 200€/T de maïs)	+ 4 480€ sur 2023	+ 4 480€ sur 2023
Totaux de gain permis par l'investissement sur la culture de maïs 2023 (par rapport à l'usage de deux canons montés sur enrouleurs)	+ 6 226€ sur 2023	+13 120€ Dont option VRI seule + 6 900€

- ❖ **Quatre années de cultures d'été à fort pouvoir d'exploration racinaire (80 à 100cm) type maïs ou betterave à sucre suffiront à amortir le coût supplémentaire de l'option VRI sur cette parcelle.**
- ❖ Sur légumes ou sur pomme de terre, haricot ou oignon, dont les potentiels d'enracinement culture sont limités à 45-60cm, les économies générées seront forcément moins importantes et limitées en moyenne à un tour d'eau, 30mm, sur 16% de la surface de la parcelle.

OPTIMISATION DES APPORTS D'EAU PAR LA MODULATION DE L'IRRIGATION INTRA-PARCELLAIRE irrigation par asperseur à débit variable (VRI)

CONCLUSION

- **Des économies substantielles d'irrigation.**
 - ✓ 40% d'économies d'eau générées, soit 23 000 m³ sur l'essai de 34 ha à Marsainvillers en 2023.
 - ✓ 30% d'économies d'eau générés, soit 24 000 m³ sur l'essai de 52 ha à Férolles en 2023
 - ✓ 16% d'économies d'eau générées, soit 8 190 m³ sur l'essai de 52 ha à férolles en 2024
- **Une nécessité de combiner l'utilisation de cet outil à d'autres leviers techniques d'optimisation de l'irrigation pour profiter de l'outil à 100% de ces capacités et amortir le surcoût du matériel:**
 - ✓ Carte intra-parcellaire de Réserve Utile maximale des sols (valable à vie sur la parcelle)
 - ✓ Pilotage par un OAD des déclenchements d'irrigation sur la zone de sol la plus limitante en fonction de la culture.
- **Un matériel adapté aux parcelles de sols très hétérogènes, pouvant accueillir une rampe ou un pivot ainsi qu'à des cultures à fort enracinement valorisant le potentiel de réserves utiles maximales des sols.**
- **Un investissement pour l'avenir améliorant la résilience globale de l'exploitation aux aléas climatiques.**
- **Un coût de l'investissement et un surcoût de la VRI assez dissuasif. Ce type d'investissement demanderait à être plus aidé.**
- **Le surcoût d'investissement de la VRI se justifiera moins sur des cultures à faibles enracinements 45-50cm: oignon, haricot où les économies d'eau se révéleront faibles par rapport à l'hétérogénéité de RU des sols. Cependant l'investissement dans un pivot et l'usage d'un outil d'aide à la décision d'irrigation restent particulièrement pertinents.**