

ECOEAU MARAICHAGE CELERI

Rapport 2024-2025

Thème : Diminution de l'impact des cultures maraîchères sur les ressources en eau par reconception des itinéraires techniques

Lieu : Torreilles



Années de campagne : 2024-2025

Rédigé le : 31/12/2025

Rédaction : Aude LUSETTI, Anaïs ZILLIOX

SICA CENTREX – Chemin du Mas Faivre – 66440 TORREILLES

Contact : alusetti.centrex@orange.fr

Tel : +33(0)6752534702

N° essai : 24 ECO 02 P

TABLE DES MATIERES

<i>I. PROTOCOLE EXPERIMENTAL</i>	<i>1</i>
1. Objectif de l'essai	1
2. Facteurs et modalités étudiés	1
3. Matériel et méthodes	1
4. Observations et Notations	1
a) Suivi sanitaire	1
b) Notation de vigueur	1
c) Evaluation rendement	1
d) Irrigation et suivi humidité du sol	2
5. Enregistrements météorologiques	2
6. Traitement statistique des données	2
7. Localisation de l'essai	2
<i>II. Synthèse des résultats</i>	<i>4</i>
1. Plan de l'essai	4
2. Mise en place de l'essai	4
a) Caractéristiques des modalités	4
b) Déroulement des actions	5
c) Fertilisation	5
d) Protection phytosanitaire	6
3. Données météorologiques	6
3. Résultats techniques	7
a) Suivi nitrates dans le sol	7
b) Gestion de l'irrigation	7
c) Suivi de l'humidité du sol	8
d) Températures du sol	10
1. Résultats Agronomiques	11
a) Reprise des plants	11
b) Croissance / montaison	12
c) Qualité sanitaire des plants	13
d) Rendements de culture	15
<i>III. Analyses économiques et environnementales</i>	<i>16</i>
1. Rendements par rapport à l'eau	16
2. Chiffre d'Affaires degage	16
3. Résultats apports intrants	17
4. Bial economique	19
<i>IV. Conclusions et perspectives</i>	<i>19</i>
<i>IV. Table des illustrations</i>	<i>21</i>

I. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1. OBJECTIF DE L'ESSAI

En céleri de plein champ, l'irrigation traditionnelle se fait par irrigation gravitaire. Les plantations ont lieu tout l'été (juillet-Août), afin d'arriver sur les marchés entre novembre et janvier, période propice à la vente de céleri de plein champ. L'objectif de cet essai est de remplacer l'irrigation en gravitaire par de l'irrigation au goutte à goutte et de tester différents paillages pour limiter l'évaporation de l'eau en cours de culture. Les résultats attendus permettront d'acquérir des références sur le potentiel de production des céleris en goutte à goutte en comparaison du gravitaire.

2. FACTEURS ET MODALITES ETUDIES

Cinq (5) modalités, détaillées dans la figure 1, seront testées dans cet essai.

Figure 1: caractéristiques des modalités

N°	Parcelle	Mode de conduite
1	P1	Gravitaire sur butte (Témoin)
2	P2	Sans paillage
3	P3	Paillage biodégradable (BIONOV 15 microns)
4	P4	Paillage polyéthylène noir (Polyethylen much 20 microns)
5	P5	Paillage Blanc (polyéthylène blanc /noir PMID T30)

3. MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : Céleri, variété Nanaki

Dispositif : essai en grande parcelle production, témoin adjacent

Nombre de répétition : 1 seule grande parcelle par variété, 4 répétitions d'observation sur chaque modalité

Fertilisation/Irrigation : pour la modalité 1, l'irrigation est en gravitaire et la fertilisation manuelle, les autres modalités sont irriguées et fertilisées en goutte à goutte.

4. OBSERVATIONS ET NOTATIONS

a) Suivi sanitaire

Tous les 15 jours, les ravageurs, auxiliaires et maladies seront notées sur 15 plants aléatoires par modalité. Sur chaque plant, la notation sera effectuée en différenciant les feuilles basses, moyennes et hautes. Tous les ravageurs et auxiliaires présents seront dénombrés.

Concernant les maladies, l'intensité des dégâts sera notée en pourcentage de surface foliaires atteintes.

b) Notation de vigueur

Des notations de vigueur seront à réaliser sur 15 plants par bloc de chaque modalité, en cours de culture et avant la récolte. Les nombres de plants chétives et morts seront également comptés.

c) Evaluation rendement

A la récolte, sur 32 plants de céleri par bloc de chaque modalité, les paramètres suivants seront calculés :

- Les poids commercialisables et non commercialisables
- Le rendement

- Le pourcentage de plants attaqué par des maladies ou ravageurs

d) Irrigation et suivi humidité du sol

Afin d'évaluer la consommation en eau des plantes, les durées d'irrigation et les volumes d'eau apportés seront notés. Des sondes de mesures de l'humidité du sol compléteront les observations. L'objectif est de connaître la consommation d'eau sur la saison des différentes modalités.

5. ENREGISTREMENTS METEOROLOGIQUES

Les données météorologiques de la station de Torreilles seront récupérées sur le site météo France.

6. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Le logiciel d'analyses statistiques utilisé est StatBox Agri. Les variables seront soumises à une analyse de la variance et une comparaison des moyennes (Newmann – Keuls 5%).

7. LOCALISATION DE L'ESSAI

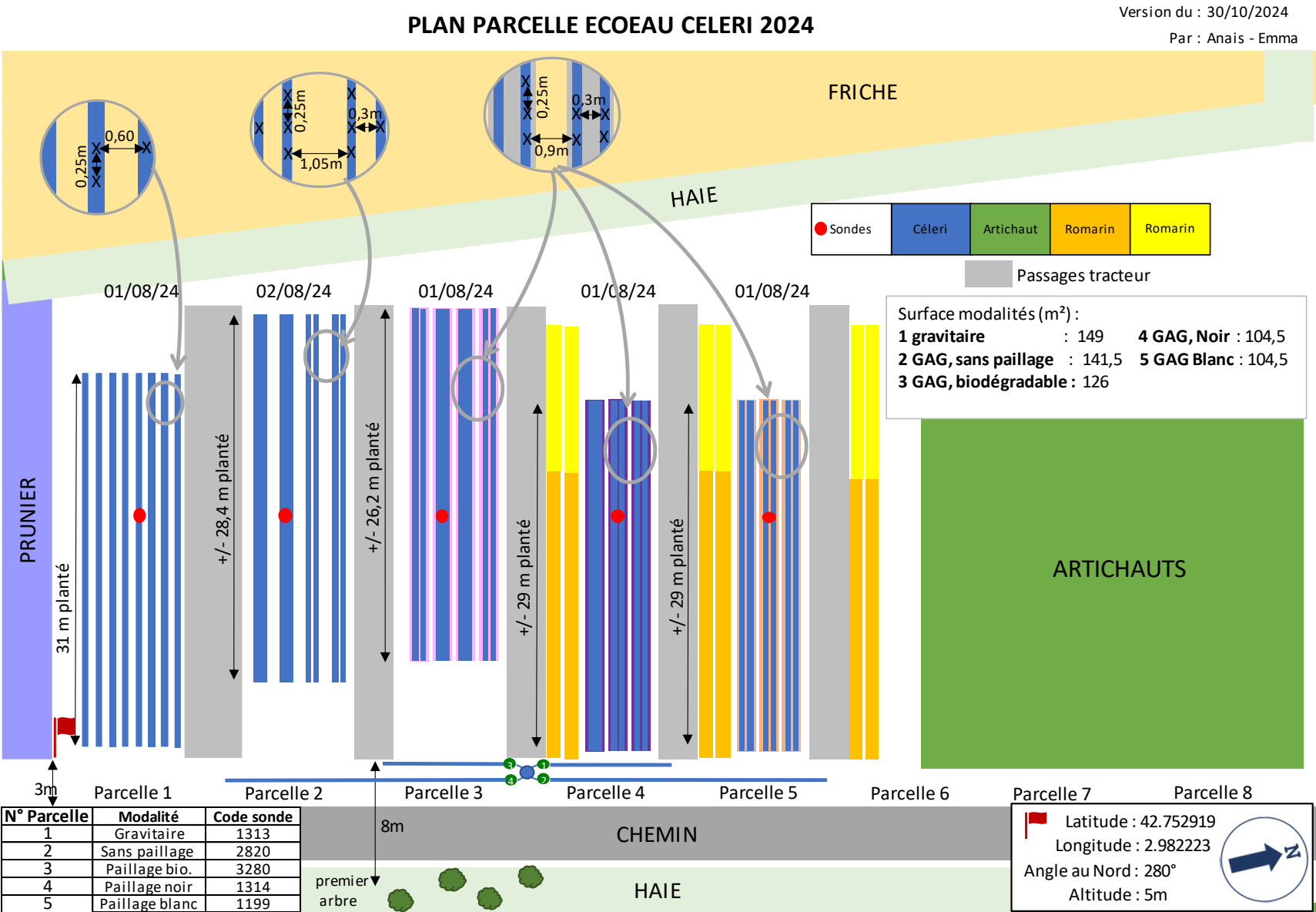
L'essai est situé sur la parcelle EcoEau de l'Annexe 3 de la SICA Centrex, 66440 Torreilles.

Figure 2: Localisation de l'essai



★ Parcelle
Latitude : 42.752919
Longitude : 2.982223
Angle au Nord : 280°
Altitude : 5m

Figure 3: Plan de l'essai



II. SYNTHÈSE DES RESULTATS

1. PLAN DE L'ESSAI

Le plan de l'essai est présenté sur la figure 3

2. MISE EN PLACE DE L'ESSAI

a) Caractéristiques des modalités

Les caractéristiques de la mise en place des modalités sont détaillées dans la Tableau 4.

Tableau 4: Densités de plantation

Parc.	Modalités	Nb de planches /buttes	Distance entre planches / buttes (m)	Nb de rang par planche / butte	Distance inter plant (m)	Densité (plant/m ²)	Surface plantée (m)
P1	Gravitaire	8	0.6	1	0,25	6,67	149
P2	Sans paillage	4	1,35	2	0,25	5.93	141.5
P3	Paillage biodégradable	3	1.2	2	0.25	6.67	126
P4	Paillage noir	3	1.2	2	0,25	6.67	104.5
P5	Paillage blanc	3	1.2	2	0.25	6.67	104.5

Irrigation :

- Modalité témoin (1) : gravitaire
- Modalité en planche sur sol nu : Goutte à goutte (GAG) réutilisable, une ligne de goutteur côté droite de chaque ligne de plantation = 2 lignes par planche.
- Modalités paillées (3, 4 et 5) : Goutte à goutte réutilisable, une ligne de goutteur au milieu de chaque planche de plantation (entre les deux lignes de céleri).

Les goutteurs sont espacés de 0.3 mètres sur la ligne et ont un débit de 1.6 Litres par heure par goutteur. Chaque modalité dispose d'un système d'irrigation indépendant permettant le pilotage séparé de l'irrigation. Le tableau 5 récapitule les débits sur chaque parcelle.

Tableau 5 : Caractéristique des systèmes d'irrigation.

Parc.	Modalité	Type irrigation	Nb ligne goutte à goutte / planche	Débit (L/h/m ²)
P1	Gravitaire	Gravitaire	-	-
P2	Sans paillage	GAG	2	7.9
P3	Paillage biodégradable	GAG	1	4.4
P4	Paillage noir	GAG	1	4.4
P5	Paillage blanc	GAG	1	4.4

La parcelle sans paillage irriguée au goutte à goutte a été installée avec une ligne de goutteurs par rang de céleri afin de limiter les risques de mauvaises reprises des plants en raison d'un assèchement trop rapide de la surface du sol. Une seule ligne de goutte à goutte a été placée sous le paillage sur les modalités paillées (une ligne pour 2 rangs de céleris).

b) Déroulement des actions

Le tableau 6 récapitule les actions menées sur les cultures de céleris.

Tableau 6: Récapitulatif des actions menées sur les cultures de céleri

DATE	ACTION
24/07/24 et 29/07/24	Fertilisation de fond toutes modalités
29/07/24	Travail du sol : rotavator sur toutes les modalités
31/07/24	Création butte pour irrigation à la raie sur la modalité en gravitaire
31/07/24 et 01/08/24	Mise en place paillage modalités 4 - 5 : paillage noir – paillage blanc
01/08/24	Plantation modalités 1 - 4 - 5 : gravitaire – paillage noir – paillage blanc
01/08/25	Début des irrigations
02/08/24	Travail du sol : rotavator modalités 3 – 2 : paillage biodégradable – sans paillage
02/08/24	Mise en place paillage modalité 3 : paillage biodégradable
02/08/24	Plantation modalité 3 – 2 : paillage biodégradable – sans paillage
20/10/24	Dernière irrigation
25/10/24	Ferti-irrigation des modalités paillées et de la modalité sans paillage
12/11/24	Récolte de toutes les modalités

c) Fertilisation

Le tableau 7 présente les apports fertilisants effectués tout au long de la culture et les unités de N, P et K apporté sur chaque parcelle. Les apports ont été calculé en fonction des besoins estimés de la plante, de tests nitrates en cours de culture et de l'observation de la vigueur des plantes.

Tableau 7: Apports fertilisants

Date apport	Nom commercial	Quantité apportée (kg/ha)	Unité / ha apportée			Gravitaire	Sans paillage	Paillage biodégr.	Paillage noir	Paillage blanc
			N	P	K	P1	P2	P3	P4	P5
24/07	SALANQUAIS (6-3-13)	800	48	24	104					
24/07	ORGA 3 (3-2-3)	2650	80	53	80					
29/07	SULFATE DE K (0-0-50)	288	0	0	144					
29/07	SULFATE DE K (0-0-50)	310	0	0	155					
10/10	SOLUPLANT (16-6-26)	60	10	4	16					
25/10	SOLUPLANT (16-6-26)	60	10	4	16					
<i>Besoins estimés céleris</i>			<i>150/250</i>	<i>100/130</i>	<i>300/380</i>					
<i>Reliquat azote avant fertilisation de fond</i>						<i>72</i>	<i>76,7</i>	<i>83.7</i>	<i>88</i>	<i>104</i>
<i>Total apports (unité/ha)</i>		N				128	148	138	138	138
		P				77	85	81	81	81
		K				328	360	344	355	355

d) Protection phytosanitaire

Le tableau 8 présente le programme de protection phytosanitaire réalisé sur l’essai et récapitule les Indices de fréquence de traitement (IFT) par **substance active** des produits. Toutes les parcelles ont été protégées de la même façon sauf pour le désherbant qui a été passé uniquement sur les passe pieds des parcelles paillées (0.5 IFT).

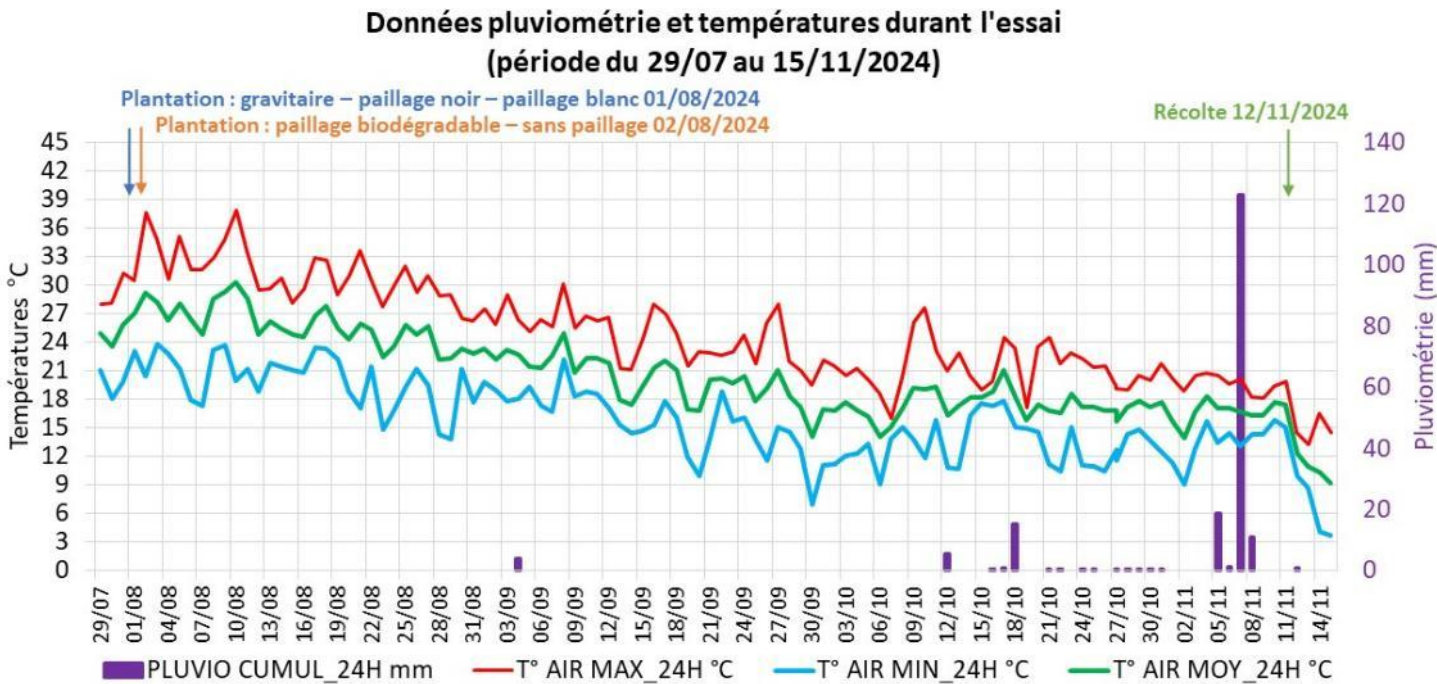
Tableau 8: traitements phytosanitaires

Date	Cible	Nom produit	Matière active	Doses / ha	Nb IFT paillée	Nb IFT non paillée
8/8	Adventices	CHALLENGE 600	Aclonifène	2.5 L	0.5	1
19/9	Pucerons	KARATE ZEON	Lambda-cyhalothrine	0.125 L	1	1
25/10	Septoriose	ORTIVA	Azoxystrobine	1 L	1	1
25/10	Pucerons	KARATE ZEON	Lambda-cyhalothrine	0.125 L	1	1
31/11	Septoriose	ORTIVA TOP	Azoxystrobine+Difénoconazole	1 L	2	2
31/11	Pucerons	MOVENTO	Spirotétramate	0.75 L	1	1
Indice de fréquence de traitement (IFT) chimique				Fongicide	3	3
				Insecticide	3	3
				Herbicide	0.5	1
				TOTAL	6.5	7

3. DONNEES METEOROLOGIQUES

La figure 9 présente les températures de l’air et le cumul des précipitations enregistrées du 29/07/2024 au 17/11/2024.Ces données ont été récupérées à partir de la station *Agriscope* de Torreilles.

Figure 8: Températures et Précipitations du 29/07 au 17/11



Durant les 15 jours qui ont suivi la plantation, les températures moyennes étaient comprises entre 25 et 30 °C, avec des maximales journalières au-dessus de 30 °C jusqu’au 15 août. Aucune précipitation n’est observée jusqu’à mi-octobre. 2 épisodes pluvieux ont eu lieu au cours de

l'essai : un le 18 octobre avec moins de 20 mm tombés, puis le deuxième, quelques jours avant la récolte, plutôt intense, avec plus de 140 mm tombé sur 2 jours, début novembre. La plus grande partie de ces précipitations (85%) a été enregistrée au cours des premières semaine de novembre. Ces précipitations du mois de novembre dépassent de 330 % la moyenne des précipitations ce même mois les années précédentes sur la station. Résultats agronomiques

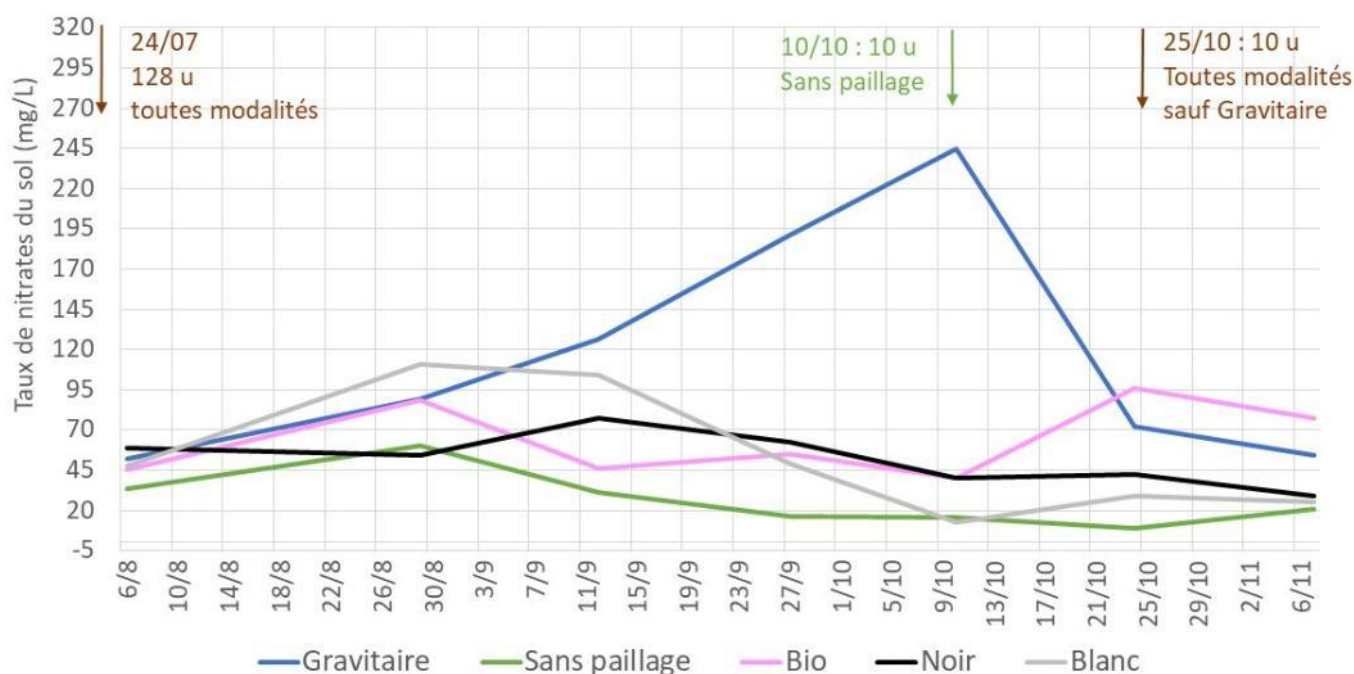
3. RÉSULTATS TECHNIQUES

a) Suivi nitrates dans le sol

L'évolution du taux de nitrates dans le sol a été réalisée par des tests nitrates réguliers sur l'ensemble des modalités. La figure 9 présente les résultats de ces suivis.

Figure 9: Suivi nitrates du sol durant l'essai

Suivi des Nitrates du sol : période du 19/07 au 15/11/2024



Toutes les modalités ont reçu la même quantité d'azote en fertilisation de fond une semaine avant plantation le 24/07/2024 (128 unités N). La libération de l'azote a lieu autour du 28/08 sur les modalités non paillées, ou couvertes du paillage blanc ou biodégradable, soit 26 jours après plantation. Une augmentation entre 27 uN (sans paillage) et 63 uN (paillage blanc) est observée à cette date. Sur la modalité paillée en noir, le pic est retardé de 15 jours avec une augmentation du taux d'azote dans le sol de 18 u le au 13/09.

Le comportement du sol en gravitaire est différent, avec une augmentation régulière du taux de nitrate dans le sol jusqu'au 9/10 où il est relevé 245 uN

b) Gestion de l'irrigation

Les systèmes d'irrigation de chaque modalité étaient indépendants afin de pouvoir gérer séparément les différentes modalités en fonction de l'état hydrique du sol. La Figure 10 récapitule les volumes d'eau apportés tout au long de la culture et le tableau 11, le bilan de la saison.

Figure 10 : Volumes d'eau apportés en mm sur la saison

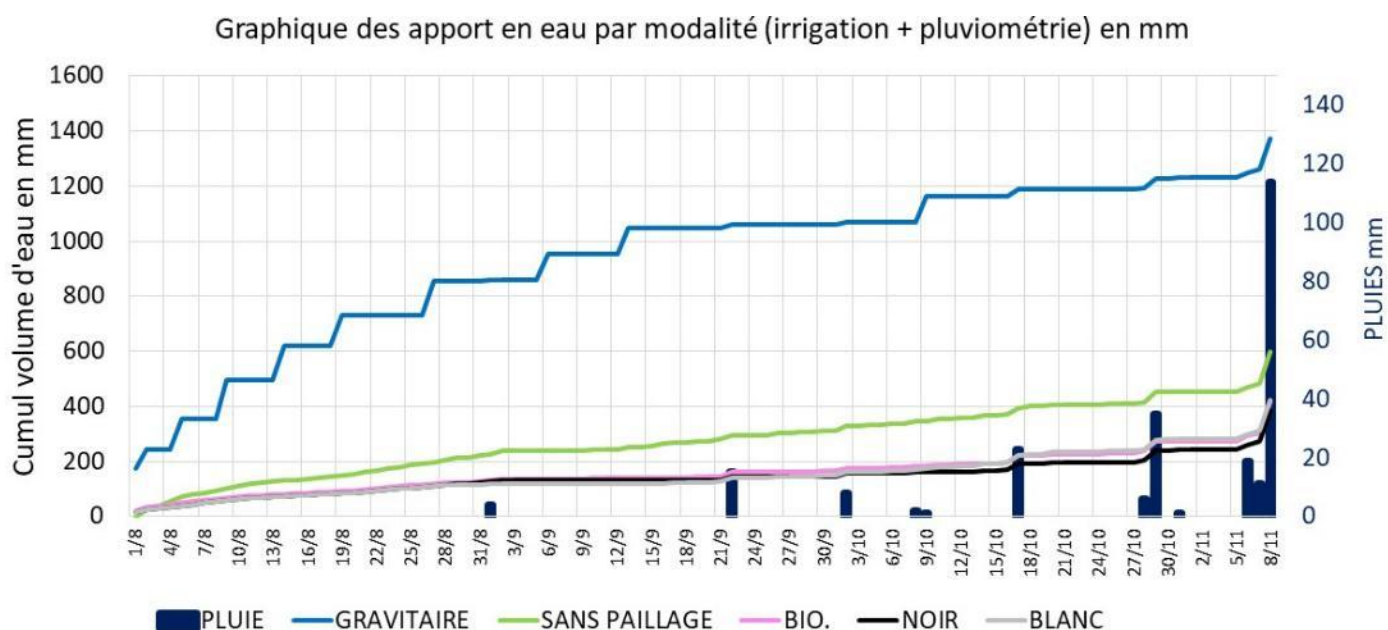


Tableau 11 : Bilan irrigation de la saison du 01/08 au 06/11/2024

Quantités d'eau apportée :	Pluies (mm)	irrigation (mm)	Total (mm)	Economie
GRAVITAIRE	239	1135	1374	
SANS PAILLAGE		357	596	57%
PAILLAGE BIO.		180	419	70%
PAILLAGE NOIR		147	386	72%
PAILLAGE BLANC		186	425	69%

En tenant compte des pluies et de l'irrigation, les volumes d'eau apportés, sur toutes les modalités irriguées au goutte à goutte, ont été inférieurs à la modalité gravitaire de 57 % (sol nu) à 72 % (paillage noir). La modalité irriguée au goutte à goutte sans paillage a reçu le double d'eau des modalités paillées en raison de la mise en place d'une double rampe de goutte à goutte sur les planches de cette modalité pour pallier au risque d'assèchement plus rapide du sol en surface et du risque de perte des plants par manque d'eau en début de culture.

Nous avons adapté les apports d'eau en fonction de l'état hydrique du sol, pour maintenir les plantes dans un confort hydrique toute la saison.

La modalité paillage noir est la modalité paillée qui a reçu le moins d'eau (147 mm d'irrigation) contre 180 et 186 mm sur les modalités paillage bio et paillage blanc, respectivement.

Des sondes de mesure de l'humidité du sol ont été installées sur chaque modalité pour suivre l'humidité dans le sol et vérifier l'adéquation entre les irrigations et les besoins des plantes. Ce suivi a été réalisé à deux profondeurs différentes : 25-30 cm et 50-60 cm.

c) Suivi de l'humidité du sol

Les sondes installées sont des sondes Watermark, Sur chaque modalité, 3 sondes ont mesuré l'état hydrique du sol à 25-30 cm et 3 sondes à 50-60 cm de profondeur. Les figures 12 et 13 présentes les résultats.

Figure 12 : Comparaison de la tension du sol à 25-30 cm de profondeur.

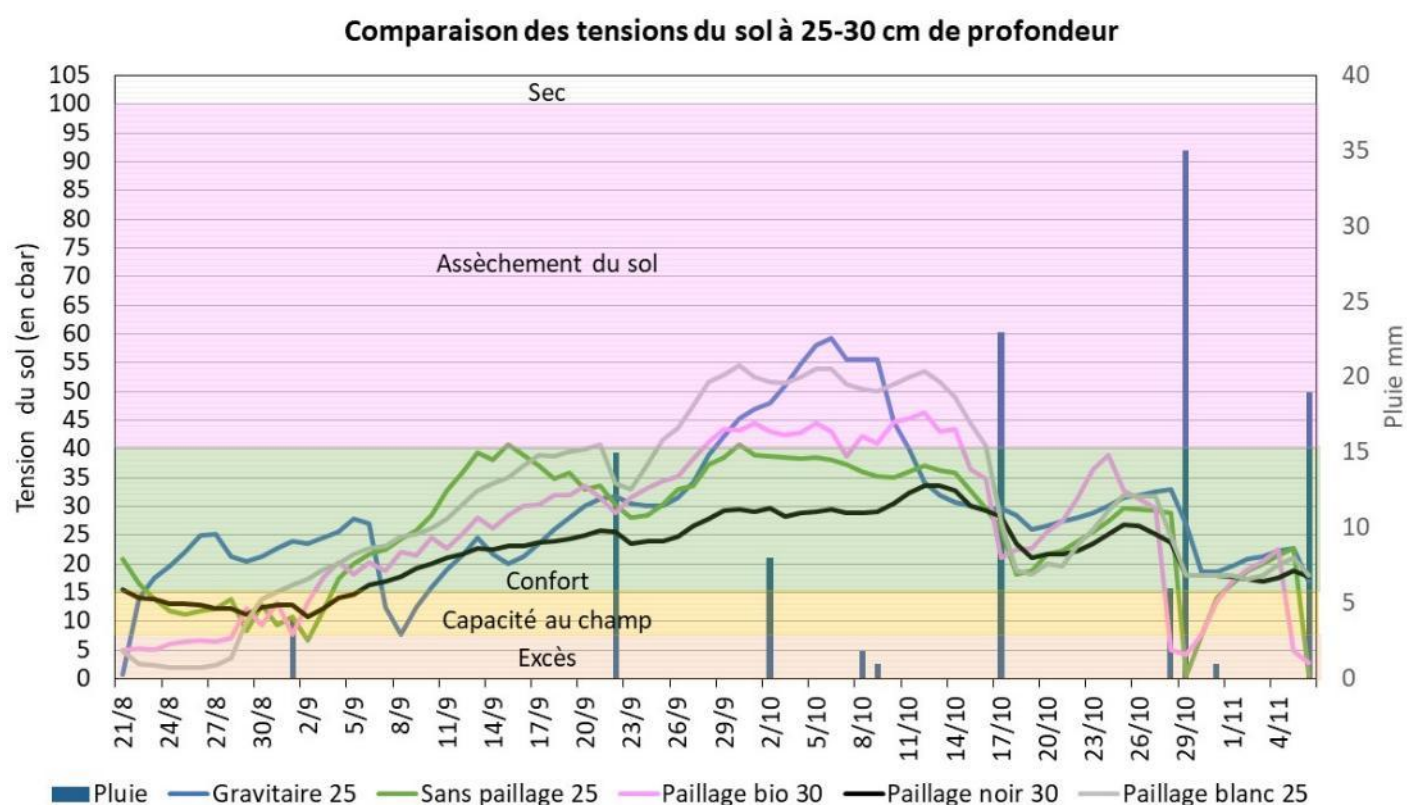
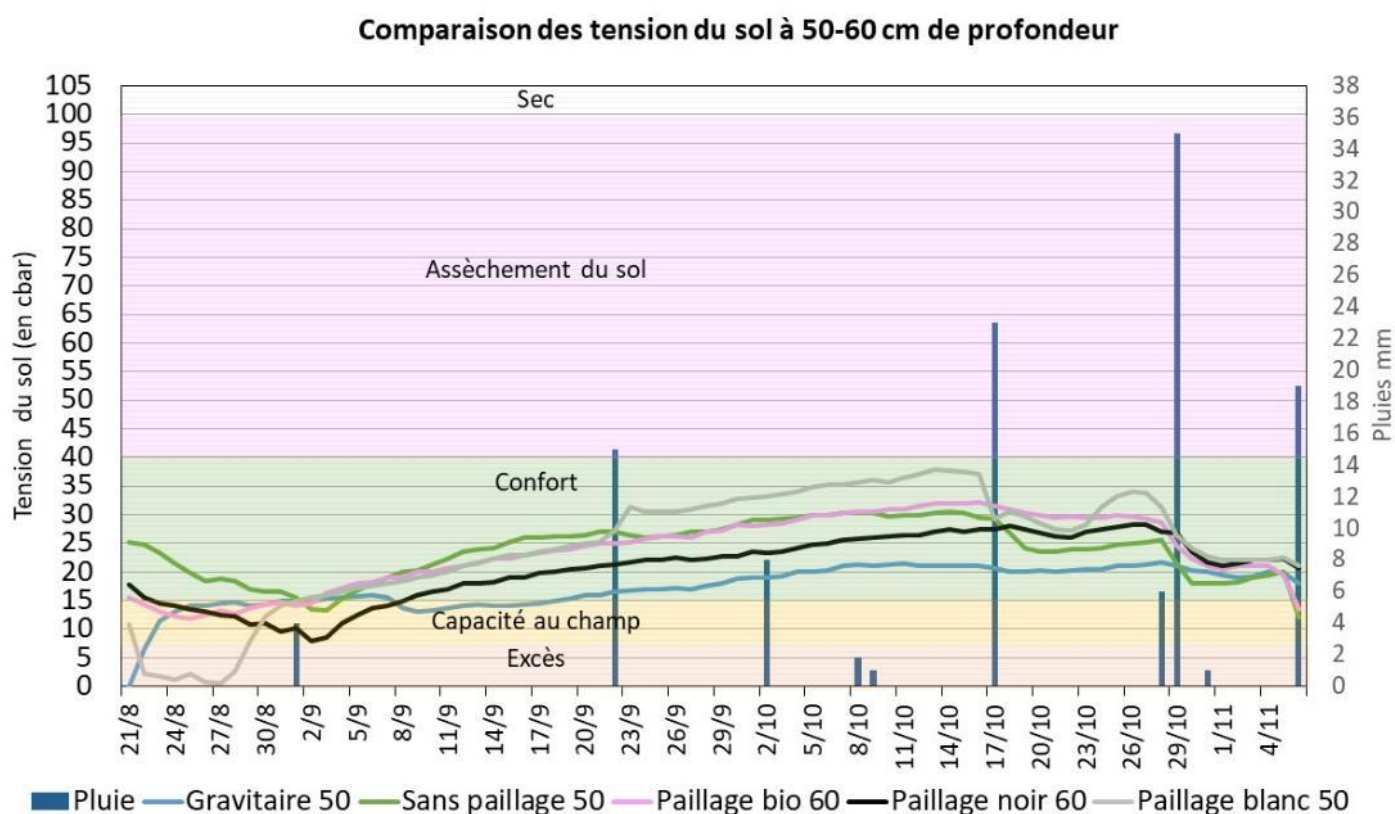


Figure 13 : Comparaison de la tension du sol à 50-60 cm de profondeur



Jusqu'au 4 septembre, nous constatons un excès d'humidité sur toutes les modalités sauf sur la modalité Gravitaire, à 25-30 cm de profondeur. Les irrigations ont été importantes sur le mois d'août pour laissé le temps aux céleris de s'enraciner et pallier au risque de mauvaise reprise en raison des fortes chaleurs observées jusqu'au 13 août.

A 60 cm de profondeur, entre le 21 août et le 4 septembre 2024, nous constatons un état hydrique du sol en excès d'eau sur paillage blanc, une humidification progressive sur les modalités paillage noir et sans paillage et un maintien de l'humidité à la capacité au champ sur les modalités paillage biodégradable et gravitaire, indiquant des apports d'eau trop élevés.

A partir du premier septembre, les irrigations sont réduites sur paillage blanc, paillage noir et sol nu en comparaison du paillage biodégradable, pour laisser le sol se ressuyer. A 60 cm, toutes les modalités, montrent un assèchement progressif du sol jusqu'au 17 octobre, tout en restant dans le confort hydrique, indiquant des apports d'eau suffisants sans excès.

Malgré des apports d'eau plus faibles sur paillage noir, cette modalité reste la plus humide, en profondeur comme en surface, jusqu'au 14 octobre, pouvant indiquer une moins grande absorption de l'eau par les plantes.

Même si les modalités paillage blanc, gravitaire et sol nu passent en assèchement du sol à 25-30 cm entre les 26/09 et 17/10/2024, aucune modalité n'a subi de stress hydrique pendant la durée de culture.

Sur l'ensemble de la saison, l'état hydrique du sol sur la modalité sans paillage suit la même tendance que sur les modalités paillées, malgré des apports d'eau 2 fois supérieurs. Ceci peut indiquer une évapotranspiration supérieure sur la modalité sol nu en comparaison des sols paillées soit par une plus forte évaporation du sol, soit par une croissance plus importante des plantes. L'analyse des résultats de récolte permettra d'évaluer l'efficacité des paillages dans le maintien de l'humidité des sols.

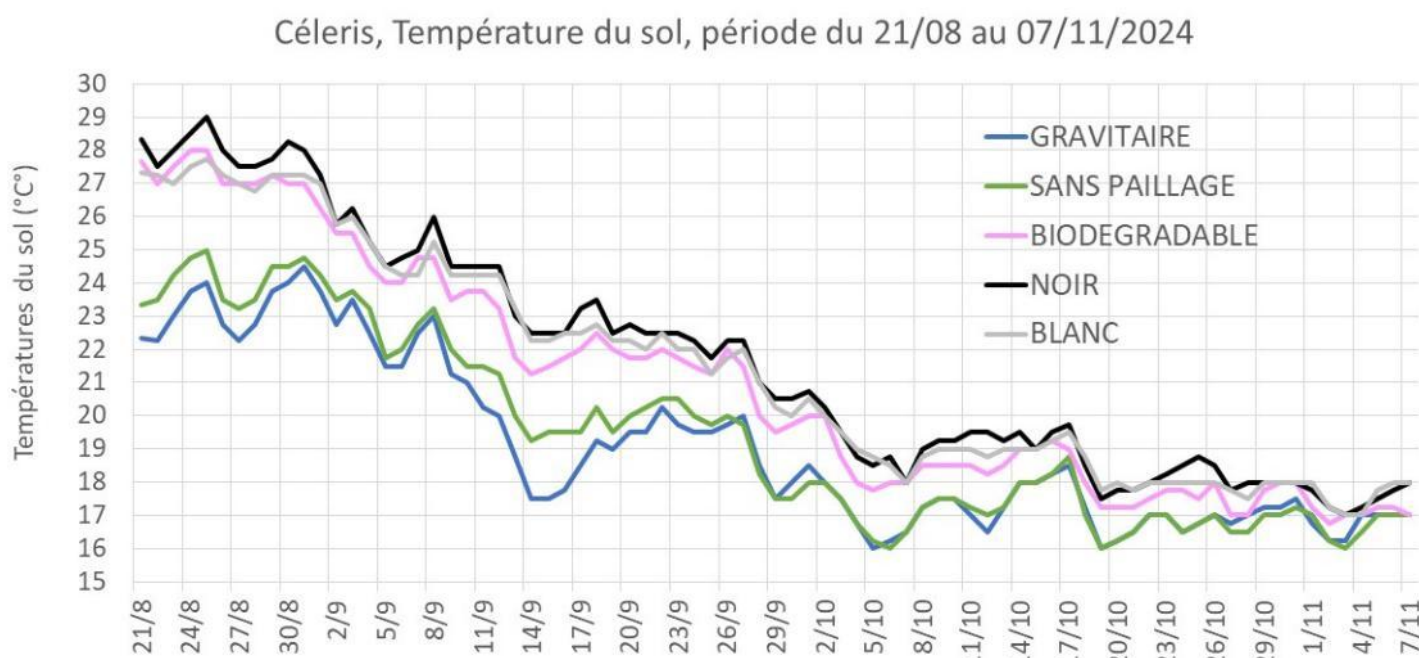
d) Températures du sol

La Figure 14 présente les mesures de températures du sol relevées sur les modalités entre le 21 août et le 7 novembre 2024. Le tableau 15 récapitule les écarts de températures mensuelles en comparaison de la modalité Gravitaire.

Tableau 15 : Récapitulatif des écarts de températures moyennes mensuelles avec la modalité gravitaire (°C)

	GRAVITAIRE	SANS PAILLAGE		BIODEGRADABLE		NOIR		BLANC	
Août	23,2	24,1	0,9	27,3	4,1	28,0	4,8	27,2	4,0
Septembre	20,1	20,7	0,6	22,6	2,5	23,4	3,3	23,1	3,0
Octobre	17,1	17,1	0,0	18,2	1,0	18,8	1,6	18,6	1,4
Novembre	16,7	16,6	-0,1	17,1	0,4	17,4	0,7	17,5	0,8
Moyenne saison	19,1	19,4	0,3	21,1	2,0	21,7	2,6	21,4	2,3

Figure 14 : Céleris : Evolution des températures su sol entre le 21/08 et le 07/11/2024



Le relevé des températures du sol indique des températures beaucoup plus élevées sur les modalités paillées en comparaison des modalités non paillées, supérieures de plus de 4°C aux périodes les plus chaudes (Août 2024). Les températures sous le paillage noir sont les plus élevées avec en moyenne +4.8 °C au mois d'août en comparaison du gravitaire et des températures maximales aux alentours de 30°C (supérieures de 5°C au gravitaire). Les modalités paillage biodégradable et paillage blancs présentent aussi des températures moyennes élevées de +4.1 et +4°C, respectivement en comparaison du gravitaire et des températures maximales de 29 et 28 °C respectivement (+4 et + 3°C en comparaison du gravitaire, respectivement)

La modalité Sol nu sans paillage, a un comportement proche de la modalité gravitaire avec en moyenne +0.3 °C au niveau du sol sur la saison. L'écart des température moyenne avec le gravitaire est le plus élevé au mois d'août (+0.9 °C par rapport au Gravitaire). Sur cette modalité les températures maximales ne dépassent pas 26 °C (contre 25 °C sur le Gravitaire).

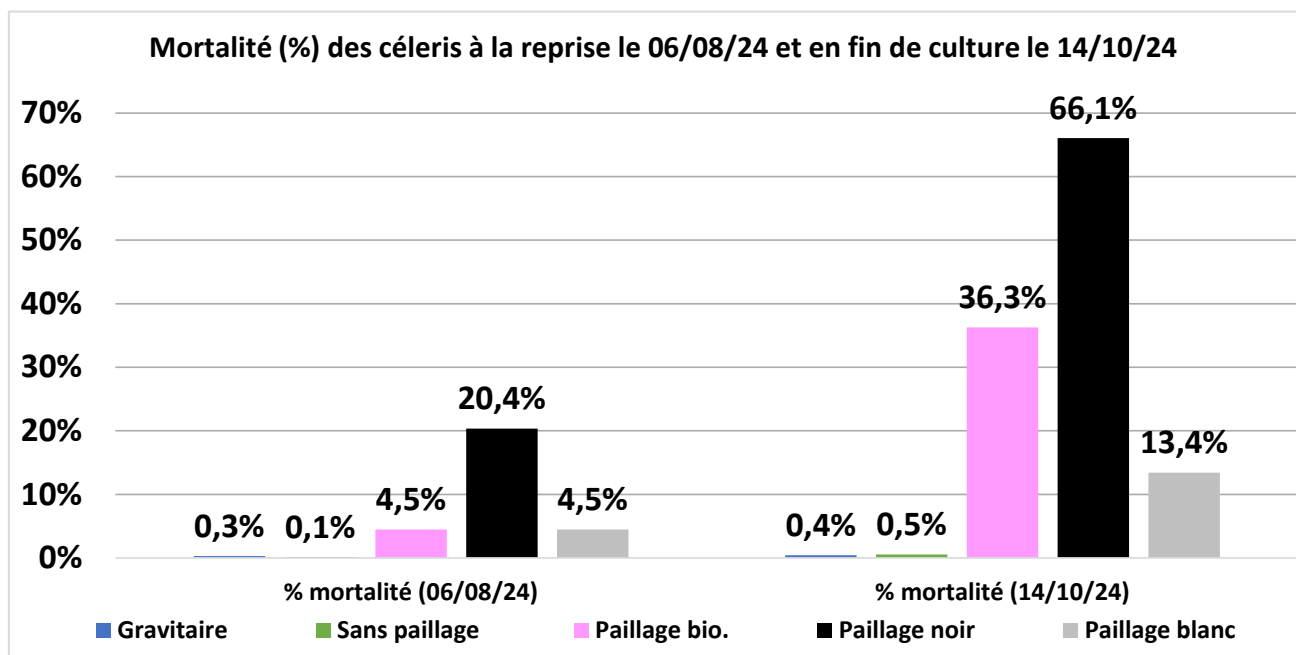
1. RÉSULTATS AGRONOMIQUES

a) Reprise des plants

Le pourcentage de mortalité des plants a été évalués à 2 dates : le 06/08/2024 (plantation + 4 jours) et le 14/10/2024 (plantation + 2.5 mois). Les pourcentage de mortalités sont présentés sur la figure 16.

Si la mortalité a été très faible sur les modalités gravitaires et sol sans paillage (0.4 et 0.5 % respectivement), elle atteint 66 % sur la modalité paillage noir après 2.5 mois de culture et 36 % sur la modalité paillage biodégradable. Sur la modalités paillage blanc, la mortalité est un peu plus faible que sur les autres modalités paillées avec seulement 13 % de mortalité.

Figure 16 : Mortalité des plants de céleris



Cette mortalité supérieure sur les modalités paillées en comparaison des modalités non paillées peut s'expliquer par des apports d'eau inférieur sur ces parcelles, ne permettant pas de maintenir la motte suffisamment humide à la reprise et limitant l'enracinement, mais peut aussi s'expliquer par des températures excessives (28-30°C), plus marquées sur les modalités paillées et notamment la modalité paillage noir. La moins bonne diffusion de l'eau dans le sol autours des simples rangs de goutte à goutte des modalités paillées peut expliquer que les plants aient moins bien repris en comparaison de la modalité goutte à goutte sans paillage qui avait 2 lignes de gouteurs par planche.

b) Croissance / montaison

La vigueur des plantes a été observée en note de classe de 0 à 5 où 5 représente la vigueur la plus forte. Une notation du pourcentage de plants montés a aussi été faite avant la récolte. Le tableau 17 présente la vigueur des plantes observée le 17/10/2024 et le pourcentage de montaison le 12/11/2025 jour de la récolte

Figure 17 : Vigueur des plantes et pourcentage de montaison

	17/10/24 Vigueur (note /5)	12/11 % montaison
Gravitaire	3,9	0,5%
Sans paillage	4,7	0,7%
Paillage bio.	3,6	2,7%
Paillage noir	2,8	0%
Paillage blanc	3,8	1,7%

La modalité goutte à goutte sans paillage est la modalité qui présente la plus forte vigueur de plant le 17/10 avec une note moyenne de 4.7 /5, bien au-dessus des autres modalités, qui peut s'expliquer par une densité de plantation plus faible sur cette parcelle (5.93 plants /m² contre 6.67 plants par m² sur les autres modalités).

La modalité paillage noir, ayant subi une forte mortalité, présente aussi la plus faible vigueur (moyenne 2.8/5) Sur cette modalité aucune montaison n'est observée en rapport avec le manque de vigueur des plantes.

La vigueur sur les modalités paillées blanc et biodégradable reste assez proche de la modalité gravitaire (3.8, 3.6 et 3.9/5 respectivement). Le pourcentage de montaison semble cependant supérieur sur les modalités paillées blanc et biodégradable (1.7 et 2.7% respectivement) en comparaison des modalités Gravitaire et Sans paillage (0.5 et 0.7% respectivement). Les températures supérieures observées sur les parcelles paillées pourraient expliquer cette montaison plus précoce sur ces parcelles.

La figure 18 présente la croissance de chaque modalité en date du 04/11/2024

c) Qualité sanitaire des plants

A la récolte, la qualité sanitaire des plants a été évaluée par le pourcentage de plants atteints par le Sclerotinia, la septoriose et des dégâts de mouche du céleri. Le tableau 19 récapitule les résultats obtenus.

Tableau 19 : 12/11/2024 : Pourcentage Céleris atteints par les maladies et ravageurs

	% mineuse	% septoriose	% sclerotinia	% commercialisables
Gravitaire	20% <i>a</i>	36% <i>ab</i>	7% <i>b</i>	99%
Sans paillage	21% <i>a</i>	55% <i>a</i>	31% <i>a</i>	99%
Paillage bio.	23% <i>a</i>	23% <i>bc</i>	5% <i>b</i>	100%
Paillage noir	23% <i>a</i>	2% <i>c</i>	1% <i>b</i>	100%
Paillage blanc	27% <i>a</i>	13% <i>bc</i>	2% <i>b</i>	100%

Les dégâts de mineuses ont été présents sur toutes les modalités sans qu'il ait des différences significatives, avec des proportions de présence variant entre 20 % et 27 %.

La septoriose est statistiquement supérieure sur la modalité irriguée au goutte à goutte sans paillage (55%) en comparaison des modalités paillées, (2-23%) dans le même groupe que la modalité Gravitaire (36%).

Le Sclerotinia est le plus fréquent sur la modalité Goutte à goutte sans paillage (31%), statistiquement supérieur aux autres modalités (entre 1 et 7%), en corrélation avec l'indice de vigueur des plantes. Il a provoqué des pertes de rendement commercial sur le Gravitaire et la modalité sans paillage uniquement : 1% de perte. La présence plus élevée sur le goutte à goutte sans paillage en comparaison du gravitaire peut s'expliquer par un écartement des lignes de culture plus serrée sur les planches (30 cm entre les lignes contre 60 cm entre les buttes du gravitaire) et une aération moins bonne en fin de culture.

La modalité paillage noire a présenté le moins de maladies (septoriose / Sclerotinia) en raison de la faible vigueur des plantes, qui n'a pas créé un environnement favorable aux développement de ces maladies.

Globalement, les maladies ont été plus fréquemment observées sur les modalités sans paillage (43 % en gravitaire, 86 % en goutte à goutte sans paillage) contre seulement 3 à 28 % sur les modalités goutte à goutte paillées.

Figure 18 : Culture de Céleri le 04/11/2024



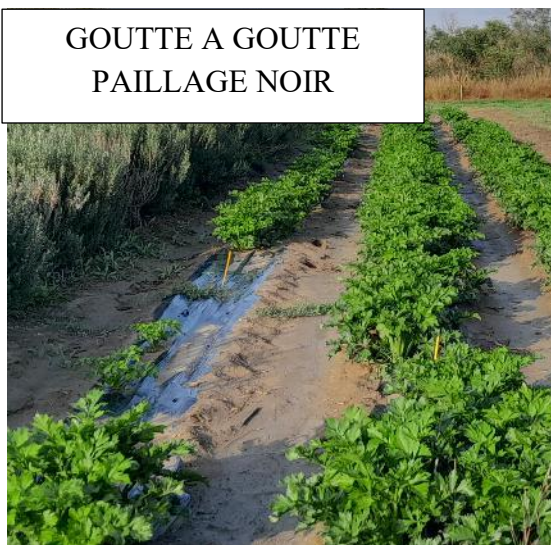
GRAVITAIRE



GOUTTE A GOUTTE SANS PAILLAGE



GOUTTE A GOUTTE PAILLAGE BIODEGRADABLE



GOUTTE A GOUTTE
PAILLAGE NOIR



GOUTTE A GOUTTE
PAILLAGE BLANC

d) Rendements de culture

La figure 19 présente les rendements nets calculés sur chaque modalité et le tableau 20, le poids moyen des céleris récoltés.

Figure 19 : Comparaison des rendements nets par modalité.

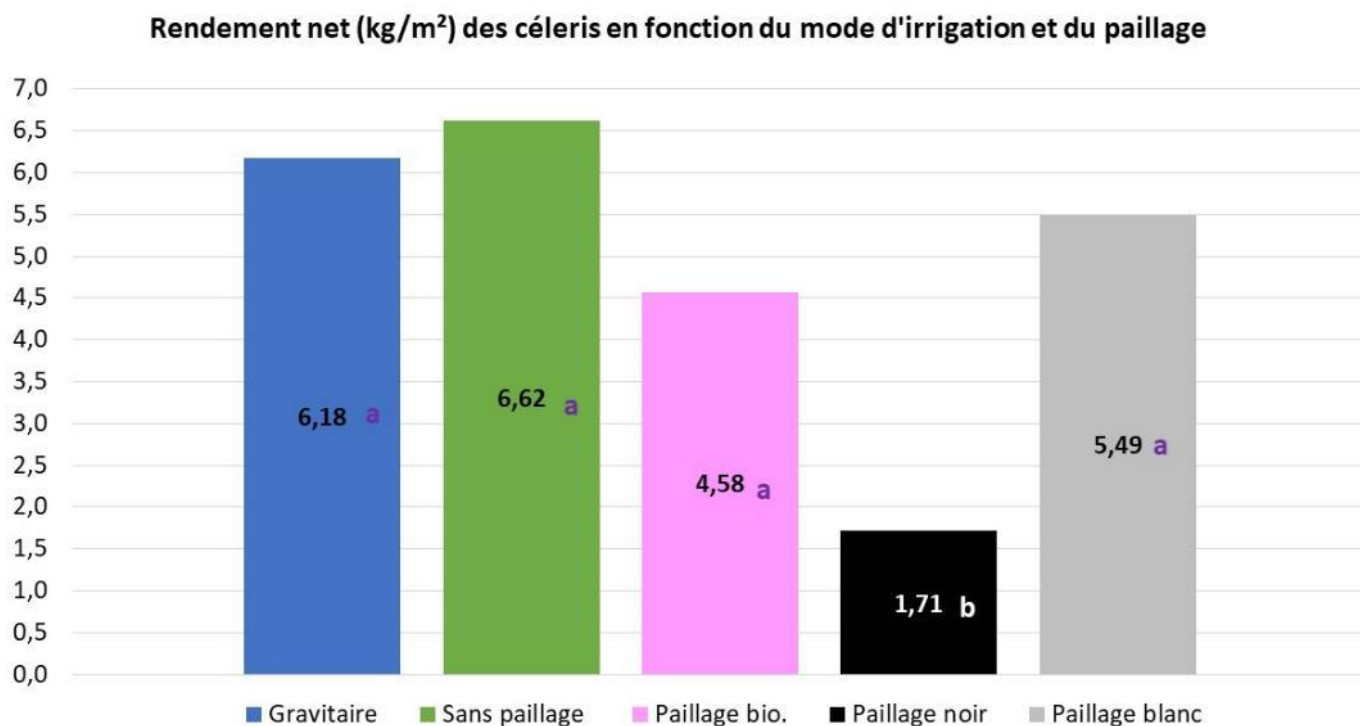


Tableau 20 : Poids moyen des céleris récoltés

Modalité	% récoltés sur la parcelle	% commercialisable	Poids moyen commercialisable (kg/pied)
GRAVITAIRE	99,6%	98,8%	0,94 ab
SANS PAILLAGE	99,5%	98,7%	1,13 a
PAILLAGE BIO	63,7%	63,7%	1,08 a
PAILLAGE NOIR	33,9%	33,9%	0,76 b
PAILLAGE BLANC	86,6%	86,6%	0,95 ab

La modalité paillage noir présente un rendement net par m² statistiquement inférieur aux autres modalités en raison de la mortalité importante des plante sur la parcelle (66%), mais aussi d'un poids moyen des céleris à la récolte statistiquement inférieur de 33% en comparaison de la modalité sans paillage (0.76 kg/pied contre 0.95 à 1.13 kg/pied sur les autres modalités).

Les autres modalités paillées ne présentent pas de différences de rendements significatifs avec la parcelle Gravitaire et la parcelle Sans paillage. La tendance est cependant inférieure sur ces modalités (-11% sur paillage Blanc, -26% sur paillage biodégradable en comparaison du Gravitaire). Les poids moyens ne sont pas significativement différents entre ces modalités.

La modalité irriguée au goutte, sans paillage présente la tendance au poids moyen le plus élevé (1.13 kg/pied), mais la densité de plantation inférieure de 11 % en comparaison des autres modalités peut avoir influencé cet indicateur.

III. ANALYSES ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

1. RENDEMENTS PAR RAPPORT À L'EAU

L'objectif de l'essai étant de valider si l'utilisation des paillages et du goutte à goutte, en culture de céleri, permet de limiter la consommation en eau des plantes tout en garantissant la rentabilité de l'exploitation, il nous a semblé intéressant de comparer les apports d'irrigation par rapport aux rendements commerciaux réalisés.

Le rendement de la consommation d'eau a été évalué par calcul du poids de céleris commercialisables récoltés par rapport aux volumes d'irrigation apportés sur chaque modalité (Tableau 21).

Tableau 21 : Rendement de la quantité d'eau apportée par rapport aux poids de céleris récoltés.

Modalité	Rendement net Céleris (kg/m ²)	volume irrigation (L/m ²)	Rendement eau L/kg récolté	Economie d'eau / Gravitaire (L/kg)	% économie (L/kg)
Gravitaire	6,18	1135	184	-	-
Sans paillage	6,62	357	54	130	71%
Paillage bio.	4,58	180	39	144	79%
Paillage noir	1,71	147	86	98	53%
Paillage blanc	5,49	186	34	150	82%

Toutes les modalités irriguées au goutte à goutte ont permis de réduire le rendement apports d'eau par kg produit. La modalité irriguée au goutte à goutte sans paillage a permis d'économiser 71 % d'eau par kg produit par rapport au gravitaire, et l'utilisation d'un paillage biodégradable ou blanc en plus du goutte à goutte monte cette économie d'eau / kg produit entre 79 et 82 %. La modalité paillée en noir montre un rendement plus faible (53% d'économie d'eau/ kg produit) en raison de la forte mortalité observée sur cette parcelle.

2. CHIFFRE D'AFFAIRES DEGAGE

Le chiffre d'affaires dégagé pour chaque modalité est estimé par hectare cultivé (les passages tracteurs ne sont pas pris en compte dans le calcul), avec un prix de vente moyen estimé de 0.4265 euros bruts /pièce. Le tableau 22 récapitule les données d'estimation du CA pour chaque modalité.

Les résultats de la saison montrent que toutes les modalités irriguées au goutte à goutte présentent un chiffre d'affaires inférieur à la modalité irriguée en Gravitaire.

Malgré des rendements en kg/m² supérieurs sur la modalité irriguées au goutte à goutte sans paillage par rapport à la modalité gravitaire, le chiffre d'Affaires estimé est inférieur de 11% (-

3059 euros/ha), en raison de la vente des céleris au pied et non au poids et de la densité de plantation plus faible sur cette modalité en comparaison des autres. Rapportée à la même densité que la modalité gravitaire, le chiffre d'affaires de la modalité goutte à goutte non paillé aurait été équivalente à la modalité gravitaire.

Sur les modalités paillées et irriguées au goutte à goutte, l'estimation montre de fortes pertes de chiffre d'affaires sur le paillage biodégradable (37 % = -10200 euros/ha) et le paillage noir (69% = -18672 euros/ha) en raison de la mortalité des plants en culture. Sur paillage blanc, la baisse du chiffre d'affaires n'est que de 14 % (-3693 euros/ha).

Tableau 22 : Céleris : éléments d'estimation du Chiffre d'Affaires en euros/ha

Modalité	Densité plants/ha	Mortalité au champ (%)	% pertes à la récolte	% perte à l'agréage	Nb estimé plants commercialisés /ha	CA (euros/ha)	Perte CA %
Gravitaire	66667	0,4%	1%	3,9%	63796	27209	
Sans paillage	59259	1%	1%	3,9%	56623	24150	-11%
Paillage bio.	66667	36%	0%	3,9%	39892	17014	-37%
Paillage noir	66667	66%	0%	3,9%	20016	8537	-69%
Paillage blanc	66667	13%	0%	3,9%	55138	23516	-14%

Ces résultats sont cependant à relativiser, car, sur les modalités Gravitaire et Goutte à goutte sans paillage, la plus forte proportion de pieds atteints par du Sclerotinia ou de la septoriose à la récolte aurait pu entraîner un plus fort écart de tri à l'agréage que sur les modalités paillées. Dans le cadre de ce calcul, nous avons mis le même écart de tri à l'agréage (3.9%), les lots n'ayant pas été commercialisés entièrement, et le retour de la coopérative ne permettant pas de distinguer les modalités. En tenant compte de la présence de maladies plus importantes sur la modalité goutte à goutte non paillée, la perte de CA peut être estimée à 34% par rapport au gravitaire, proche de la modalité avec paillage biodégradable.

3. RÉSULTATS APPORTS INTRANTS

Le tableau 23 récapitule les quantités d'intrants utilisés et leurs coûts par hectare pour chaque modalité.

L'utilisation du goutte à goutte réutilisable et d'un paillage augmente les frais liés à l'utilisation de ces matériaux de 524 euros HT/ha (goutte à goutte seul) à 1960 euros HT/ha en comparaison de la modalité gravitaire. Les charges d'électricité sont aussi doublées sur les modalités irriguées au goutte à goutte en raison d'une utilisation plus fréquente de la pompe. (+13 à 20 euros /ha). Les coûts de fertilisation augmentent, les produits gouttes à gouttes étant plus chers que les produits solides.

Les dépenses liées à l'eau et aux produits phytosanitaires sont moins importantes sur les modalités paillées mais représentent des économies qui restent faibles, aux alentours de 110 euros /ha, en comparaison du coûts des paillages (entre 944 et 1667 euros /ha).

Le surcoût total en intrants, observé sur l'utilisation du goutte à goutte, en comparaison du gravitaire, dans le cadre de cet essai est de 677 euros /ha avec 2 lignes de gouttes à gouttes par planche de culture contre 1021 à 1727 euros pour les modalités paillées irriguées avec une seule ligne de goutte à goutte.

Tableau 23 : Bilan économique des apports d'intrants

	Gravitaire	Sans paillage	Paillage biodégr.	Paillage noir	Paillage blanc	Coûts
Plants (Nb/ha)	66667	59259	66667	66667	66667	€ HT /1000 plants
Coûts plants (€ HT/ha)	4273	3799	4273	4273	4273	64,1
Fertilisants (kg/ha)						€ HT /tonne
SALANQUAIS	800	800	800	800	800	748
ORGA 3 (3-2-3)	2650	2650	2650	2650	2650	495
SULFATE DE K (0-0-50)	288	288	288	310	310	804
SOLUPLANT (16-6-26)		120	60	60	60	1602
Couts fertilisants (€ HT/ha)	2142	2334	2238	2256	2256	
Phytoprotecteurs (L/ha)						€ HT/L
CHALLENGE 600	2,5	2,5	1,25	1,25	1,25	25
KARATE ZEON	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	69
ORTIVA	1	1	1	1	1	80 à
ORTIVA TOP	1	1	1	1	1	90,2
MOVENTO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	120
Couts phytoprotecteurs (€ HT/ha)	340	340	309	309	309	
Paillages (m²/ha)						€ HT/1000 m²
Bionov 15 microns	0	0	8333	0	0	200
PE noir 20 microns	0	0	0	8333	0	114
PE blanc/noir	0	0	0	0	8333	113
Couts paillage (€ HT /ha)	0	0	1667	950	944	
Goutte à goutte (m²/ha)	0	14815	8333	8333	8333	€ HT/1000 m²
Couts goutte à goutte (€ HT/ha)**	0	524	295	295	295	176,7
Electricité						€ HT/kWh
Utilisation pompe (h)	19,16	45,25	40,45	33,2	41,95	
Consommation pompe 4kW (kWh)	77	181	162	133	168	
Coûts électricité (€ HT/ha)	17	40	36	30	37	0,223
Eau (m³/ha)	11350	3570	1800	1470	1860	€ HT/m³
Redevance Eau (€ HT/ha)	90,8	28,6	14,4	11,8	14,9	0,008
GNR tracteur 80CV 6L/h						€ HT/L
Temps utilisation tracteur (h)	38	38	38	38	38	
Coûts GNR (€ HT/ha)	228	228	228	228	228	1,035
Total intrants (€ HT/ha)	7091	7037*	8818	8112	8114	
Surcoût (€ HT/ha)		-54	1727	1021	1023	
* 7768 € HT/ha si densité de plantation rapportée au même niveau que les autres modalités soit un surcoût de 677 € HT/ha en comparaison du gravitaire						
** Le coût indiqué est celui d'un Goutte à goutte réutilisable pouvant être amorti sur plusieurs saisons. Le prix indiqué est celui de l'amortissement sur 5 saisons (2.5 ans)						

4. BILAN ECONOMIQUE

Le tableau 24 récapitule le bilan économique des différentes modalités. Le bilan économique, réalisé dans le cadre de cet essai, repose sur le chiffre d'affaires calculé et les coûts relatifs aux intrants. L'amortissement du matériel, les coûts de mécanisation et charges fixes et la main d'œuvre ont été estimés, sans distinction entre les modalités.

Les temps de travaux moyens totaux sont estimés à 550 heures /ha (source CA66 2010) pour l'ensemble des modalités, considérant que les différences entre les systèmes se compensent d'un poste à l'autre.

Non pris en compte dans l'analyse les coûts de recyclage des paillages plastiques et gouttes à gouttes en fin de vie.

Le goutte à goutte est considéré comme amorti sur 2.5 ans (5 saisons).

Tableau 24 : Bilan économique céleri branche 2024

	Gravitaire	Sans paillage	Paillage biodégr.	Paillage noir	Paillage blanc
Rendements nets (Tonnes / ha)	61,8	66,2	45,8	17,2	54,9
CA - Chiffre d'affaires (€ HT/ha)	27209	24150	17014	8537	23516
intrants	7091	7037*	8818	8112	8114
MO (heures/ha)	550	550	550	550	550
Coûts MO - 15 euros /h (€ /ha)	8190	8190	8190	8190	8190
Autres frais estimés (coûts méca, fournitures diverses, assurances, amortissements...) (€ HT/ha)	500	500	500	500	500
CP - Coûts production (€ HT/ha)	16331	16277	18058	17352	17354
Résultats net (CA - CP) (€ HT/ha)	10878	7873	- 1044	- 8815	6162

La modalité gravitaire reste la modalité qui dégage le meilleur résultat net avec 10878 euros/ha. Dans les conditions de cet essai, les modalités Goutte à goutte non paillé et goutte à goutte blanc dégagent un résultat positif, néanmoins inférieur de 28% et 43 % respectivement en comparaison de la modalité gravitaire. Les modalités avec les paillages noirs et biodégradables finissent en perte en raison des rendements insuffisants pour couvrir les charges.

IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'objectif de cet essai était de déterminer l'impact du remplacement de l'irrigation gravitaire par de l'irrigation au goutte à goutte, en culture de céleris plantée en août, sur les ressources en eau et d'acquérir des références sur le potentiel de production des différents itinéraires techniques.

L'utilisation du goutte à goutte, sans paillage, entre Août et Novembre 2024 a permis de réduire la consommation d'eau d'une culture de céleri de 57 % par rapport au gravitaire pour un rendement net, en kg/m², équivalent voir légèrement supérieur de 7 %. Rapporté au nombre de litre d'eau utilisée pour produire un kilogramme de céleri, l'économie d'eau sur la

parcelle irriguée au goutte à goutte sans paillage s'élève à 71 % (54 L/kg sur la parcelle Goutte à goutte sans paillage contre 184 L/kg sur la parcelle gravitaire).

L'utilisation d'un paillage biodégradable ou blanc, dans le cadre de cet essai, **a amélioré l'efficacité de la culture de 8 à 11 %**, respectivement, en comparaison du goutte à goutte non paillé, avec une quantité d'eau utilisée pour produire 1 kg de céleri commercialisable de 39 et 34 L /kg respectivement).

L'utilisation d'un paillage noir a montré des résultats moins performants avec une économie d'eau de seulement 53 % / kg produit en raison d'une mortalité importante des plants sur cette modalité.

La mortalité à la reprise a été supérieure sur les modalités paillées (13.4 %, 36.3 % et 66.1% respectivement sur paillage blanc , biodégradable et noir) en comparaison des modalités non paillées (entre 0.4 et 0.5 %). Cette mortalité est potentiellement liée à des **températures du sol plus élevées, dans les 3 semaines qui suivent la plantation, entre 27 et 29 °C, sous les paillages** contre seulement 22 à 23 °C sur les modalités non paillées.

Sur le critère des **rendements nets commercialisables**, la modalité **goutte à goutte sans paillage a montré les meilleurs résultats (6.62 kg/m²) dans le même groupe statistique que la modalité gravitaire (6.18 kg/m²)**. Les modalités paillages blancs et biodégradables présentent des rendements nets à tendance inférieure (5.49 et 4.48 kg/m², respectivement), dans le même groupe statistique que le gravitaire. Le paillage noir présente les moins bons résultats, statistiquement inférieurs aux autres modalités avec seulement 1.71 kg/m² produit.

Sur le critère de la **qualité des céleris à la récolte**, même si la **modalité goutte à goutte sans paillage** présente les meilleurs rendements, elle présente aussi le plus fort pourcentage de pieds atteints par les maladies (**81% septoriose + Sclerotinia**), **statistiquement supérieur aux autres modalités**, pouvant laisser craindre une évolution plus rapide en conservation. Les modalités paillées présentent moins de symptômes de maladies (3, 15 et 28 % respectivement sur les paillages noir, blanc et biodégradable) que les modalités non paillées (43% gravitaire). Le très faible taux de maladies sur le paillage noir s'explique par la forte mortalité et une faible vigueur des plantes.

Sur les critères du chiffre d'affaires dégagé, et du résultat net, la modalité **gravitaire est la modalité la plus rentable** (CA 27000 euros / ha, résultat net >10800 euros/ha). Les modalités **goutte à goutte non paillé et goutte à goutte avec paillage blanc** présentent un chiffre d'affaires supérieur à 20 000 euros/ha (24 et 23 500 euros HT /ha respectivement) et un **résultats nets positifs supérieur à 7000 et 6000 euros HT/ ha, respectivement**. Les modalités **paillage biodégradable et paillage noir n'ont pas été rentables** avec des pertes de résultats de 1000 et 8800 euros / ha respectivement.

Les résultats demanderaient à être consolidés, notamment pour la modalité goutte à goutte sans paillage qui n'était pas plantée à la même densité que les autres modalités.

IV. TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1: CARACTERISTIQUES DES MODALITES	1
FIGURE 2: LOCALISATION DE L'ESSAI.....	2
FIGURE 3: PLAN DE L'ESSAI.....	3
TABLEAU 4: DENSITES DE PLANTATION	4
TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUE DES SYSTEMES D'IRRIGATION.	4
TABLEAU 6: RECAPITULATIF DES ACTIONS MENEES SUR LES CULTURES DE CELERI.....	5
TABLEAU 7: APPORTS FERTILISANTS.....	5
TABLEAU 8: TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES.....	6
FIGURE 8: TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS DU 29/07 AU 17/11.....	6
FIGURE 9: SUIVI NITRATES DU SOL DURANT L'ESSAI.....	7
FIGURE 10 : VOLUMES D'EAU APPORTES EN MM SUR LA SAISON	8
TABLEAU 11 : BILAN IRRIGATION DE LA SAISON DU 01/08 AU 06/11/2024.....	8
FIGURE 12 : COMPARAISON DE LA TENSION DU SOL A 25-30 CM DE PROFONDEUR.	9
FIGURE 13 : COMPARAISON DE LA TENSION DU SOL A 50-60 CM DE PROFONDEUR.....	9
TABLEAU 15 : RECAPITULATIF DES ECARTS DE TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES AVEC LA MODALITE GRAVITAIRE	10
FIGURE 14 : CELERIS : EVOLUTION DES TEMPERATURES SU SOL ENTRE LE 21/08 ET LE 07/11/2024.....	11
FIGURE 16 : MORTALITE DES PLANTS DE CELERIS.....	12
FIGURE 17 : VIGUEUR DES PLANTES ET POURCENTAGE DE MONTAISON.....	12
TABLEAU 19 : 12/11/2024 : POURCENTAGE CELERIS ATTEINTS PAR LES MALADIES ET RAVAGEURS	13
FIGURE 18 : CULTURE DE CELERI LE 04/11/2024.....	14
FIGURE 19 : COMPARAISON DES RENDEMENTS NETS PAR MODALITE.	15
TABLEAU 20 : POIDS MOYEN DES CELERIS RECOLTES	15
TABLEAU 21 : RENDEMENT DE LA QUANTITE D'EAU APPORTEE PAR RAPPORT AUX POIDS DE CELERIS RECOLTES.	16
TABLEAU 22 : CELERIS : ELEMENTS D'ESTIMATION DU CHIFFRE D'AFFAIRES EN EUROS/HA.....	17
TABLEAU 23 : BILAN ECONOMIQUE DES APPORTS D'INTRANTS	18
TABLEAU 24 : BILAN ECONOMIQUE CELERI BRANCHE 2024.....	19