



Projet SIRIUS

Réduction du travail du sol sous abris Résultats des observations 2022



Elodie DERIVRY, APREL.
Frederic DELCASSOU, CETA d'Eyragues (13).

1. Contexte et Objectifs

Le projet SIRIUS propose une approche globale de la gestion de l'utilisation de l'eau et des intrants en maraichage sous abris en étudiant les techniques de réduction du travail du sol dans le but d'améliorer la qualité du sol. Ces pratiques, associées à une gestion des apports organiques, doivent permettre à moyen terme de régénérer les stocks de matière organique en améliorant la fertilité et l'activité biologique du sol. La mise en œuvre des pratiques de TCS permettra une réduction des intrants eau et fertilisation, limitera le lessivage de l'azote en cours de culture et informera sur l'évolution et l'amélioration de la fertilité et de la qualité du sol afin d'accompagner les producteurs dans leurs changements de pratiques.

2. Facteurs et modalités étudiés

Le site se situe à Graveson (13) sur une exploitation en agriculture biologique. Le système de culture étudié est une rotation de cultures d'hiver (épinards, fenouils, ...) et solanacées (aubergine, poivron). Pendant les trois années de projet, les observations sont faites simultanément sur deux tunnels :

- Un tunnel témoin : pratique classique du producteur, travail de sol, déclenchement des irrigations sur la base d'observations visuelles,
- Un tunnel « Sirius » : réduction du travail du sol, adaptation des pratiques, pilotage des irrigation via des sondes capacitatives.

Surface tunnel : 408m² pour le tunnel Sirius, 420m² pour le témoin, orientation Nord-Sud.

Type de sol : argile 17%, limons 41,5%, 41,5% sables.

Irrigation : goutte à goutte et aspersion pour les cultures d'été, aspersion pour les cultures d'hiver.

Récapitulatifs des observations et cultures mises en place en 2022/2023

Témoin	Sirius
Février 2022, plantation fenouils	
Récolte 4/5 Sortie tracteur	Récolte 9/5 Sortie à la brouette
9/5 Profil de sol	
<i>Travail de sol</i>	
Sous soleuse Enfouisseur	Herse rotative 10cm
Solarisation	13/5 Semis sorgho/millet
	25/6 Broyage EV + apport de broyat
	Herse rotative 10cm
21/9 Débâchage	
22/9 Profil de sol	
<i>Travail de sol</i>	
Enfouisseur	Herse rotative 7cm
23/9 Epinards (semis)	
8/11 et 31/01 Récoltes épinards	
10/02 Profil de sol, envoi analyses labo	

3. Matériel et méthodes

Des observations régulières sont effectuées sur les deux tunnels Témoin et Sirius. L'ensemble des observations permettent par la suite de déterminer les actions de réduction du travail du sol en accord avec le producteur.

Contrôle de la fertilisation

Type de mesure	Moyen	Fréquence
Analyse des éléments minéraux présents dans le sol	Analyse base échangeable, laboratoire	1 à 2 fois par an, en fin d'hiver avant la culture d'été et à l'automne avant la culture d'hiver.
Suivi de la quantité d'azote présente dans le sol	Suivi nitracheck, laquatwin©	1 à 4 fois par mois pendant la culture principale. 1 fois par mois sur le reste de l'année.
Suivi du confort minéral de la culture	Suivi PILazo dans la plante (laquatwin©)	1 à 4 fois par mois sur les cultures principales de la rotation couvertes par la méthode PILazo.

Evaluation de la qualité du sol

Type de mesure	Moyen	Fréquence
Analyse du taux de matière organique, fractionnement de la matière organique et caractéristiques chimiques du sol	Analyse laboratoire	1 fois par an : automne
Mesure de la qualité du sol sur le terrain : (Slake test, densité apparente, teneur en eau, test bêche, comptage vers de terre, test des sachets de thé)	Boite à outils de la qualité du sol (projet ORION)	2 fois par an : automne et printemps
Mesure de la respiration microbienne	Analyse laboratoire	2 fois par an : automne et printemps

Evaluation technico-économique du système

Type de mesure	Moyen	Fréquence
Rendement	Récoltes régulières ou estimation du rendement par le producteur en fonction des sites et de la culture	Adapté au calendrier de récolte du producteur
Suivi phytosanitaire	Sur la base du protocole d'observations du BSV (présence et intensité de chaque bioagresseurs)	1 fois par semaine sur les cultures principales de la rotation.
Coût de mise en place des pratiques	Enregistrement du temps de travail estimé et du coût des fournitures pour la mise en place des systèmes en travail de sol simplifié	en continu

4. Résultats

4.1. Culture de fenouils

4.1.1. Suivi de culture et récolte

A la fin de l'année 2021, suite à la culture d'aubergine nous avons observé un sol relativement tassé, avec très peu d'activité biologique. Avant la culture de fenouil, le travail de sol avait été légèrement réduit (passage d'Actisol) tout en maintenant un passage de sous-soleuse à 30cm de profondeur. Afin de favoriser l'activité biologique, du broyat et du compost ont été apportés.

Les fenouils ont été plantés en février 2022 avec paillage intégral et arrosage à l'aspersion.



Figure 1: Mise en place des fenouils et récolte.

La culture s'est bien déroulée sans impact sur la précocité ou le développement des plantes. On note légèrement plus d'adventices dans le tunnel Sirius.

La récolte a été effectuée le 4 mai dans le témoin et le 9 mai dans le tunnel en réduction du travail du sol. Afin de préserver la structure du sol les fenouils ont été sortis à la brouette dans le tunnel Sirius. Ils sont sortis au tracteur dans le témoin. Le producteur a compté environ 200 caisses de 7kg en sortie des deux tunnels. Il n'y a pas eu de différences significatives de rendement.

4.1.2. Profil de sol

Tableau 1: Résultats du profil du sol, le 13 avril. Note de 1 (mauvais) à 5 (très bon).

	Témoin	Sirius
Structure et stabilité		
Tassement	2,5	3,5
Compacité	2	3
Slack-Test	3,5	3
Infiltration	5	5
Activité biologique		
Vers de terre	1	1
Bioturbation des mottes	2	2



Figure 2 : Profil de sol, protocole ORION, APERL 2020

Après la culture de fenouil on observe un sol relativement meuble dans la zone de prospection racinaire sur environ 25cm. En profondeur le sol est très compact, et ce dans les deux tunnels.

Le sol est particulièrement dur sur les zones de passage de roues. Il n'y a pas de différences majeures de structure entre les deux modalités. On n'observe toujours très peu de traces d'activité biologique.

L'objectif des prochains travaux en culture sera donc :

- de décompacte le sol en profondeur tout en maintenant la structure en surface,
- d'activer la vie du sol.

4.2. Interculture

En 2022, il n'y a pas eu de culture d'été dans les tunnels d'observation. La pratique classique du producteur est de placer une solarisation de la fin des fenouils à la fin de l'été.

Dans le tunnel Sirius nous avons donc décidé d'implanter un engrais vert du 13 mai au 25 juin, d'apporter du broyat de déchet vert puis d'occulter jusqu'au semis de la prochaine culture.

4.2.1. Engrais vert : millet et sorgho

Le semis des engrais vert a été réalisé le 13 mai après un passage de herse rotative à 10cm pour homogénéiser la surface et faciliter la reprise du semis. Deux espèces ont été semées : du millet et du sorgho. Le millet s'est plus rapidement implanté avec une densité de levée plus importante que le sorgho. Les arrosages ont été insuffisants en juin ce qui a pénalisé le développement général des engrais verts.

	Millet	Sorgho
Nb de plants/m ²	569	165
Biomasse aérienne en T/ha	24,9	17,7
Hauteur du couvert	35-45cm	60-75cm

Méthode MERCI – restitution du couvert au sol (en kg/ha)

N _{tot}	8	8
P2O5	10	5
K2O	40	20
SO3	5	-
MgO	5	-



Figure 3 : Engrais vert semé. A gauche millet, à droite sorgho au 2 juin (en haut) et 14 juin (en bas)

4.2.2. Broyat et occultation

Les engrais verts ont été fauchés le 25 juin juste avant l'apport de broyat. Le tout est incorporé au sol à la herse rotative puis occulté avec un paillage polyéthylène noir 25µm. Un suivi des températures sous le paillage d'occultation et sous la solarisation a été réalisé.

• Apport de broyat

Dose : 30T/ha soit 12T sur le tunnel (400m²)

Composition : broyat mixte, résineux et non résineux

MO (%brut) = 70,8

C/N = 80,9

Valeur fertilisante (en g/T de produit brut)

	N orga	N tot	P2O5	K2O	MgO	CaO
En g/T	0,43	0,43	0,12	0,33	0,13	0,10
Apport sur le tunnel	5,2	5,2	1,44	3,9	1,6	1,2



Figure 3 : Broyat sur engrais vert



Figure 4 : Passage de herse rotative

- **Occultation**



Figure 5 : Occultation après incorporation du broyat et de l'engrais vert. Bâche polyéthylène noire 25µm.

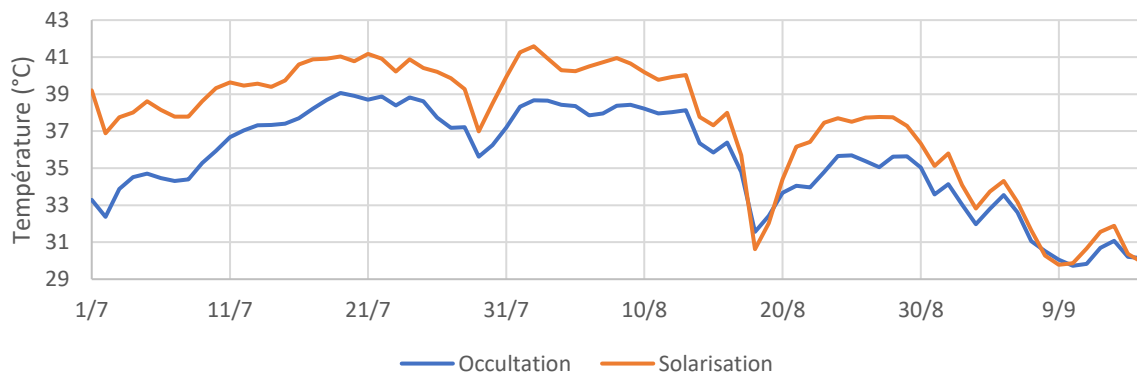


Figure 6 : Evolution de la température moyenne sous la bâche d'occultation et de solarisation

Tableau 2 : Températures maximales, minimales et moyenne sous la bâche solarisation et d'occultation à 15cm. Relevés sondes Weenat.

	Moyennes journalières		Minimales journalières		Maximales journalières	
	Occultation	Solarisation	Occultation	Solarisation	Occultation	Solarisation
Moyenne	35,5	37,4	32,5	33,7	38,6	41,5
Minimale	29,7	29,8	27,0	26,9	31,6	31,9
Maximale	39,1	41,6	35,5	37,4	42,7	46,2

Il a fait systématiquement plus chaud sous la bâche de solarisation que sous la bâche d'occultation. On observe une diminution de 2°C sous la bâche d'occultation sur les températures moyennes journalières et de -3,6°C sur les températures maximales. Le plus gros écart enregistré est de 6,5°C.

L'objectif de la bâche d'occultation était de faire monter la température du sol suffisamment haut pour limiter la repousse d'adventices et favoriser la décomposition du broyat tout en essayant de moins pénaliser les microorganismes du sol. L'effet herbistatique sera évalué lors de la culture d'épinard. Il n'a pas été possible de réaliser des mesures d'activité biologique directement au débâchage. Cette mesure est effectuée en fin de culture d'épinard.

- **Test bêche**

Le test bêche réalisé après la période d'occultation a permis d'observer l'effet du broyat sur la structure du sol. Le broyat n'est pas totalement décomposé mais on ne retrouve plus de traces de l'engrais vert. On observe plus de porosité en surface dans le tunnel Sirius. La structure est très bonne sur les 10 premiers cm mais on n'observe pas de traces d'activité biologique (ver de terre, bioturbation). On observe une zone un peu plus compacte entre 10 et 20 cm pouvant correspondre à un tassement généré par le passage de herse. En dessous la structure est de nouveau plus meuble.

Dans le tunnel témoin, après solarisation on note une légère croute de salinité rouge/blanche en surface. La structure est très meuble en surface mais devient compacte à très compacte à partir de 10-15cm. Il n'y a pas de traces d'activité biologique visibles.

Tableau 3 : Résultats profil de sol réalisé le 21/9, note de 1 (mauvais) à 5 (très bon)

	Témoin	Sirius
Structure et stabilité		
Tassement	3,5	4
Compacité	4,5	4
Slack-Test	3	3,7
Infiltration	4	5
Activité biologique		
Vers de terre	1	1
Bioturbation des mottes	1,5	2



Figure 7: Mini profil, tunnel témoin

4.3. Epinards

Les épinards ont été semés le 23 septembre. Dans le tunnel témoin le sol a été préparé à l'enfouisseur. Le semis direct n'a pas pu être réalisé dans le tunnel Sirius, la surface du sol étant trop irrégulière. Il y a donc eu un passage de herse rotative à 7cm de profondeur pour homogénéiser la surface et préparer le lit de semence. La reprise est satisfaisante dans les deux tunnels.

Fertilisation de fond : DCM ECOR 7-7-10 à 200kg/ha.

4.3.1. Récolte



Figure 8 : Récolte épinards, 8 novembre 2022

Les épinards ont été coupés le 8 novembre et le 31 janvier. 3 placettes de 1m linéaire par tunnel ont été pesées afin d'évaluer le rendement de chaque modalité.

Tableau 4: Rendements en kg/m²

	1 ^{ère} coupe (8/11)		2 ^{ème} coupe (31/1)	
	Sirius	Témoin	Sirius	Témoin
Moyenne (kg/m ²)	1,87	2,18	1,78	1,47
Ecart type	0,48	0,37	0,50	0,68
ANOVA, NK, α=0,05	NS		NS	

Les écarts de rendement restent modérés et ne sont pas statistiquement différents. A la première récolte, les épinards sont plus homogènes dans le tunnel témoin. Cependant on note également plus de zones jaunissantes et de dépérissement de plants dans ce tunnel. Des analyses révèlent la présence de *Rhizoctonia* sp. Le tunnel Sirius est globalement plus sain mais un peu plus hétérogène en terme de densité de levée. A la deuxième coupe, le tunnel Sirius présente un rendement légèrement supérieur, il est également plus homogène.

On observe un développement d'adventices plus important dans le tunnel Sirius principalement sur les bords de tunnel. 2 facteurs peuvent avoir favorisé la repousse : une montée en température trop faible lors de l'occultation ou un impact négatif du travail du sol superficiel après l'occultation.

4.3.2. Test bêche

Un test bêche est réalisé le 10 février 2023. Le test bêche doit permettre de définir le travail de sol à réaliser avant la culture de poivron. Sur le tunnel témoin le sol est très meuble, facile à creuser. Il y a une bonne exploration racinaire et quelques turricules sont présents en surface. Le sol est très tassé sur les zones de passages de roues. Dans le tunnel Sirius, le sol est plus dense, plus motteux. On observe une légère semelle à la limite de la zone de travail de la herse. Sur la planche la structure est très bonne. Sur les zones de passage de roues le sol est tassé sur les 15 premiers cm mais en dessous la structure est bonne. On observe quelques turricules et galeries.

Tableau 5 : Résultats profil de sol réalisé le 10/02, note de 1 (mauvais) à 5 (très bon)

	Témoin	Sirius
Structure et stabilité		
Tassement	4	4
Compacité	3,5	4
Slack-Test	3	3,5
Infiltration	-	-
Activité biologique		
Vers de terre	1	1
Bioturbation des mottes	2	3



Figure 9 : Test bêche, 10 février 2023, tunnel Sirius

4.3.3. Préparation du sol

Sur la planche la structure de sol est bonne mais relativement dense, pouvant pénaliser la reprise de la prochaine culture de poivron. Dans le tunnel Sirius le travail de sol réalisé est :

- Sous soleuse en localisé sur la zone de plantation (1 dent) à 25cm de profondeur
- Herse rotative à 10cm

Afin de préserver la structure de sol il est décidé d'apporter du broyat en surface qui ne sera pas incorporé au sol. Des filets ont été déroulés le long des lignes de plantation avant l'épandage du broyat pour éviter qu'il ne gêne la plantation ou ne pénalise la culture (faim d'azote).

Fertilisation de fond (en plein) : 2,5T/ha de tourteau de ricin + 2,5T/ha de BlueAgro VB Organik 4-7-7



Passage sous-soleuse, une dent rabaissée



Passage sous soleuse localisée sur la raie de plantation



Herse rotative



Installation filets sur la raie de plantation



Epandage broyat



Retrait des filets



4.4. Suivi fertilisation

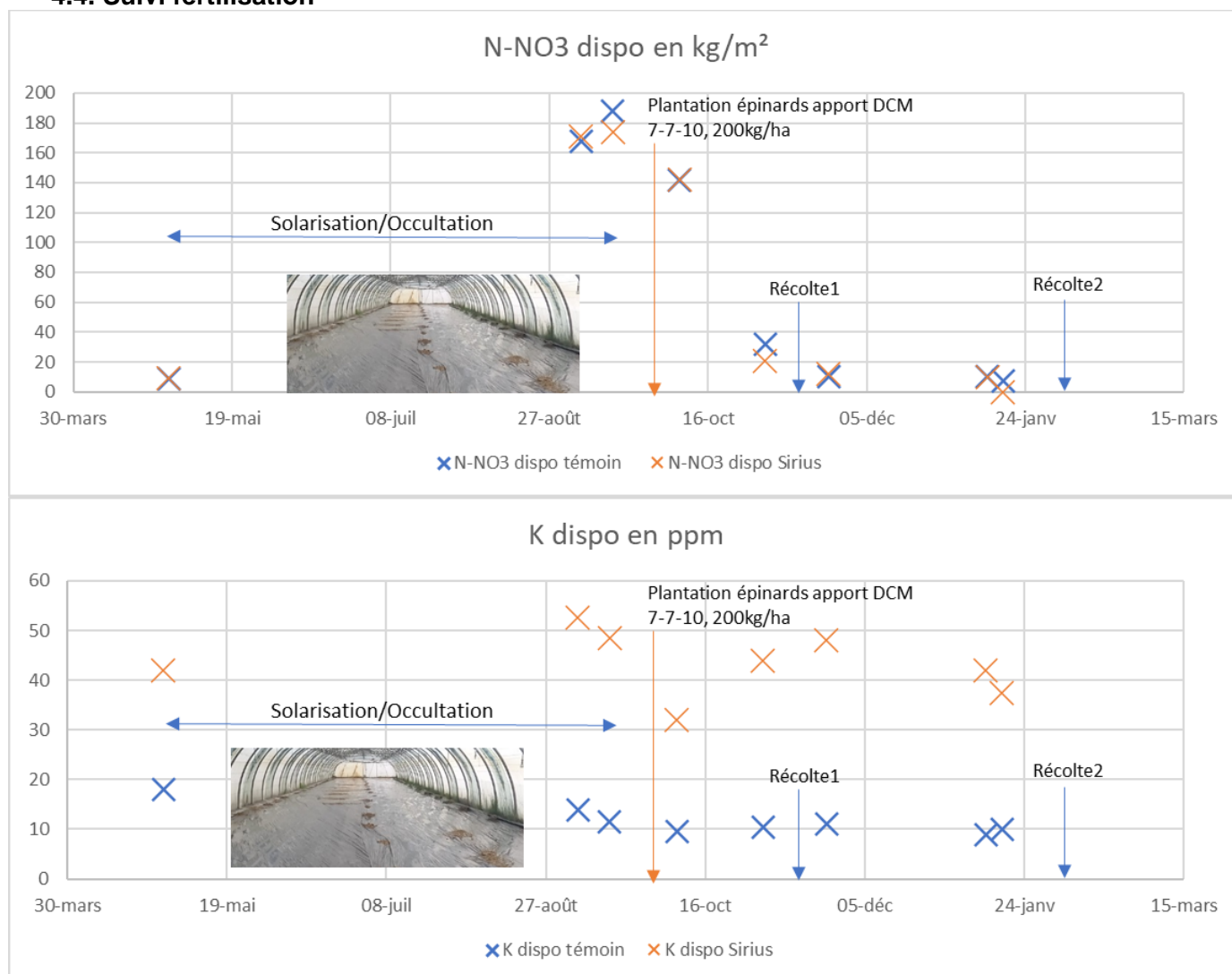


Tableau 6 Teneur en azote et potasse dans les pétioles d'épinards. Récolte le 3 février.

	Témoin	Sirius
N-NO3 en mg/l	1430	740
K en ppm	4500	5700

Un suivi de la teneur en azote et potasse du sol a été réalisé tout au long de l'année.

Il y a très peu de différences sur la teneur en azote du sol entre les deux tunnels. Les teneurs en azote dans le sol sont globalement faibles, mise à part en sortie de solarisation ou d'occultation.

Des mesures de teneur en N-NO₃ dans les pétioles d'épinards en février montrent une diminution de 50% de la teneur en azote dans la modalité Sirius. On observe dans le tunnel de légères zones décolorées sur les anciennes lignes de plantation d'aubergine mais cette différence n'a pas pu être mesurée. Au vue des mesures de rendement effectuées cette différence ne semble pas avoir affecté le bon développement de la culture.

La potasse est également mesurée à la fois dans le sol et en fin de culture d'épinard. Cette mesure est assez stable dans le temps et on observe systématiquement plus de potasse dans le tunnel Sirius. Dans la plante cette différence se vérifie. Des teneurs en potasse plus importantes pourraient provenir des apports de broyats réguliers.

5. Conclusion

Cette année de suivi a permis d'évaluer l'impact d'une réduction du travail du sol sur la qualité du sol et la qualité agronomique des cultures.

	Témoïn				Sirius			
	Février 2021	13/4/22	21/9/22	10/2/23	Février 2021	13/4/22	21/9/22	10/2/23
Structure et stabilité								
Tassement	3	2,5	3,5	4	3	3,5	4	4
Compacité	3	2	4,5	3,5	3	3	4	4
Slack-Test	3	3,5	3	3	3	3	3,7	3,5
Infiltration	3	5	4	-	3	5	5	-
Activité biologique								
Vers de terre	1	1	1	1	1	1	1	1
Bioturbation des mottes	1	2	1,5	2	1	2	2	3

Renseignements complémentaires auprès de :

E. DERIVRY, APREL, 13210 Saint-Rémy-de-Provence, tel 04 90 92 39 47, derivry@aprel.fr

Action A558

Réalisé avec le soutien financier de :

