

Implantation de cultures dans des couverts végétaux d'automne couchés au rouleau faca

Hélène VEDIE – Abderraouf SASSI – Baptiste GAZAGNES

1- CONTEXTE ET OBJECTIFS :

Ces dernières années, les méthodes d'implantation de cultures dans un couvert végétal ont fait l'objet d'un intérêt croissant car elles peuvent permettre de maîtriser l'enherbement, de préserver la qualité des sols avec moins d'interventions mécaniques, de diminuer les risques d'érosion ainsi que les temps de travaux et l'utilisation d'énergie fossile (fuel). Les références sont peu nombreuses en maraîchage pour la mise en œuvre des techniques dites de « conservation de sols » avec implantation de cultures dans un couvert végétal, car ces techniques ont surtout été étudiées pour les grandes cultures. La technique repose sur l'utilisation de couverts végétaux adaptés (au créneau cultural, à une production de biomasse suffisante pour assurer une couverture de surface importante par les résidus, à la rotation...), à un mode de destruction adéquat (rouleau FACA) et à l'utilisation d'outils qui permettent d'implanter les cultures dans un sol relativement massif couvert de résidus (strip-till).

Dans le cadre du projet européen « SoilVeg » (Core Organic 2015-2017), le GRAB a obtenu des résultats encourageants, avec une réduction du désherbage jusqu'à 60%, grâce à des mélanges de graminées et légumineuses d'automne utilisés en couverts roulés. Mais des références restent à acquérir sur différents couples couverts végétaux – cultures afin de mieux cerner le potentiel de cette technique, et sur plusieurs années pour voir l'effet évolutif de l'absence de travail du sol dans le temps, notamment sur la fertilité du sol et l'enherbement. Dans l'objectif d'améliorer les connaissances sur cette technique, et notamment ses effets sur du long terme, un essai système a été mis en place sur la station expérimentale du GRAB en 2018-19 pour suivre les performances de la technique sur plusieurs années.

Les objectifs sont de :

- Evaluer différents couverts végétaux sur leur potentiel de recouvrement, de production de biomasse et de couchabilité au rouleau
- Planter 2 cultures différentes sur ces couverts pour observer si certaines cultures sont mieux adaptées que d'autres à la plantation sur couvert roulé au rouleau Faca.
- Etudier deux modes d'implantation de cultures : cultures semées ou plantées en mottes.

2- MATERIEL ET METHODES

2.1 Dispositif expérimental :

Site : Parcelle plein champ en AB – Station expérimentale du GRAB à Avignon (84)

Surface de l'essai : 1000 m² (20 m x 50 m) –

Sol limono-argileux calcaire profond développé dans des alluvions de la Durance.

Dispositif : Essai à 2 facteurs croisés : couvert végétal x mode de destruction

Couvert végétal (CV) : 3 modalités : 0=sol nu ; 1=mélange 1 ; 2=mélange 2

Destruction : 2 modalités : EV=broyage + enfouissement ; RF=rouleau faca + strip-till

Le sol des parcelles « RF » n'ont pas été travaillées depuis l'automne 2018 à part avec le strip-till. La modalité « RF0 » a néanmoins été travaillée par erreur au printemps 2020.

Parcelles élémentaires : 200 m² (4x50m)

Essai en bandes. 4^{ème} année d'essai. Voir plan d'essai en annexe.

2.2 Conditions de culture :

❖ **Couvert Végétal : 2 mélanges graminées + légumineuses**

Modalité	Espèces	Dose de semis (kg/ha)
1	Seigle + Pois + trèfle Incarnat	60+80+12
2	Avoine + Féverole	80+92

Semis : 1 octobre 2020 à la volée. Enfouissement superficiel à la herse rotative + rouleau. Le semis a été réalisé après travail du sol sur les modalités « EV » et sans travail du sol sur les modalités « RF », sans la couche de compost qui avait été ajoutée en 2019, en raison d'un sol trop humide pour pouvoir entrer dans la parcelle avec un épandeur

Pas d'irrigation (pluies début octobre).

Destruction des couverts par roulage ou broyage :

Broyage (anticipé) EV1 et RF1 : 10/03/2021

Broyage EV2 : 25/05/21 - Roulages RF2 : 25/05 et 31/05/2021

Préparation de sol : herse rotative sur EV et strip-till sur RF : 31 mai 2021 ; ajout de paille sur RF1

Origine des semences :

Seigle	Speedogreen	SemPartner	NT
Avoine	Fleuron	Agrosemens	AB
Féverole	Vesuvio (50%) + Diva (50%)	Semences de Provence + AgriObtention	NT
Pois	Aviron	Agrosemens	AB
Trèfle incarnat	SantAntonio	Caussade semences	NT

❖ **Cultures** : Courge Butternut « Havana » AB - 1 planche plantée et 1 semée/modalité (6 modalités)

Semis : 2 juin 2021 – Plantation : 10 juin

Densités : 1 plant ou graine/m². Lignes espacées de 2m, 50cm sur la ligne

Irrigation par goutte à goutte : 2 lignes par rang de culture

Fertilisation : 770 kg/ha de 13-0-0 (Farine de plumes), soit 100 unités N/ha apportées en plein sur EV et en localisé sur RF (épandage derrière les dents du strip-till)

Récolte : 15 septembre 2021

2.3 Mesures et observations :

- Mesures sur les couverts : Observation du développement du couvert, proportions des espèces et des adventices, stades phénologiques, biomasse fraîche et sèche avant destruction (3 placettes de 1 m² par modalité), teneurs C et N des différentes espèces (AUREA).
- Mesures sur le sol (planches plantées) : 1) pendant les cultures : température du sol à 10 cm ; tension de l'eau (tensiomètres watermark) à 15,30 et 45 cm de profondeur ; [NO₃⁻] et teneur massique en eau toutes les 2 semaines ; 2) Tea Bag index : 5 couples de sachets de thé vert et roïbos par modalité. Pose des sachets à 8 cm de profondeur le 15 juin, retrait le 23 août ; 3) Evaluation de la structure du sol par tests bêches à la fin des couverts et de la culture.
- Mesures sur les cultures : Taux de germination (planches semées), Observations du développement/vigueur (échelle de 1 à 5), Suivi nutrition azotée ([NO₃⁻] de la sève pétiolaire), Rendements (3 placettes de 5 à 10 plants par modalité), Densité par espèce d'adventices (3 placettes de 0,25 m²/modalité 12 ou 13 jours après semis/plantation), Temps de désherbage.

3- RESULTATS - DISCUSSION

3.1 Résultats sur les couverts d'interculture

3.1.1 Conditions climatiques

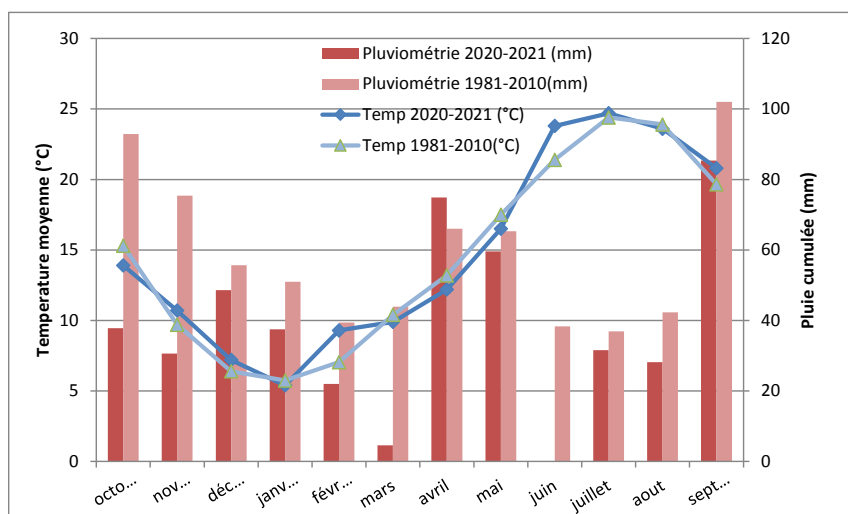


Figure 1 : Température moyenne et pluviométrie pendant la saison 2020-2021 et valeurs moyennes 1981-2010

Les couverts ont bénéficié de pluies juste après le semis et n'ont donc pas été irrigués mais la saison d'automne-hiver a ensuite été marquée par un très fort déficit de pluviométrie (-40% d'octobre à avril par rapport à la moyenne 1981-2010), (figure 1). Les températures ont été semblables à la moyenne 1981-2010.

3.1.2 Développement des couverts

▪ Levée des couverts

Le nombre de plantules de chaque espèce des couverts semés et des différentes espèces d'adventices a été dénombré le 29 octobre, 28 jours après semis. La densité du couvert 1 est très faible car le seigle et le trèfle incarnat n'ont pas germé, du fait d'un problème de semences : seul le pois s'est développé, mais le nombre de plantules est de l'ordre de 50/m² seulement. Le couvert 2 a bien germé, avec 68% de germination pour l'avoine et 93% pour la féverole (tableau 1), et a une densité moyenne de 169 plantules/m².

Le mode de conduite sur les différentes modalités influe peu sur la levée des légumineuses, avec des densités de pois similaires entre sol travaillé (EV1) ou non (RF1) et des densités de féverole également similaires entre EV2 et RF2. L'avoine a au contraire moins bien germé dans le sol non travaillé, RF2, avec une densité de plantules inférieure de moitié que dans le sol travaillé EV2 (figure 2).

On constate par ailleurs que la densité d'adventices est très largement supérieure dans les modalités travaillées, avec 389 et 151 plantules pour EV1 et EV2 respectivement, que dans les sols non travaillés, où la densité est de l'ordre de 60 plantules/m², avec une forte variabilité entre les placettes de mesure (figure 2). Le travail du sol a donc provoqué une levée importante des adventices, qui se développent d'autant plus que le couvert est peu dense (EV1 versus EV2).

Les principales espèces rencontrées sont la véronique, le mouron blanc, et le séneçon sur les parcelles travaillées. Sur les parcelles non travaillées, on note la présence de véronique, et de quelques espèces vivaces comme le liseron et le rumex.

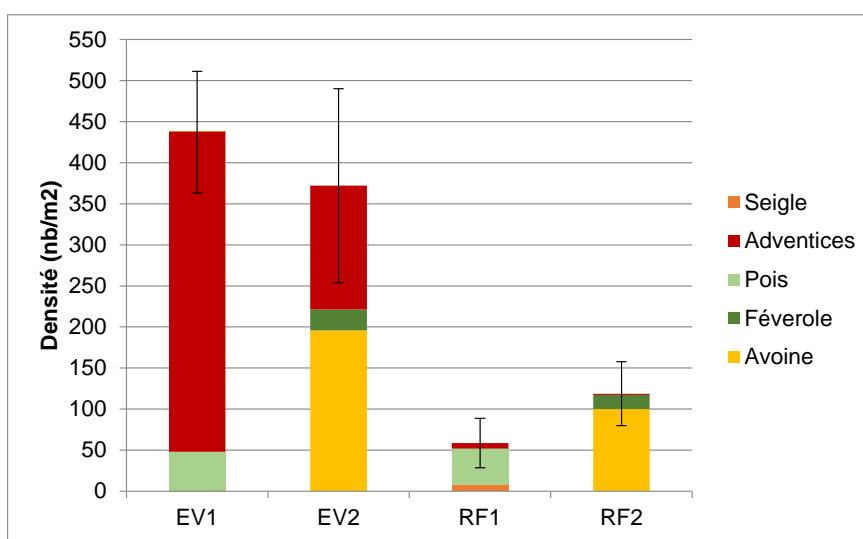


Figure 2 : Densité de plantules des différentes espèces des couverts végétaux et des adventices 28 jours après semis sur chaque modalité. La barre d'erreur représente l'écart-type.

Couvert	Espèce	Dose de semis (kg/ha)	PMG	Nb de graines semées (nb/m ²)	Nb de plantules 28 JAS (nb/m ²)	% germination
CV 1	Seigle	60	29,9	201	4,0	2%
	Pois	80	166,1	48	46,0	96%
	Trèfle incarnat	12	4,3	279	0	0%
CV 2	Avoine	80	36,7	218	148	68%
	Féverole	42+50	350 ; 452	12+11	21,3	93%

Tableau 1 : Taux de germination des différentes espèces semées dans les couverts 1 et 2. (JAS = Jours après semis)

▪ Evolution des couverts au cours de la croissance

Le fort développement des adventices sur la modalité EV1 et l'absence de couvert sur RF1, liés au défaut de germination du seigle et du trèfle incarnat, nous ont conduit à broyer précocement le couvert 1, fin février.

Le suivi a donc uniquement été réalisé sur le couvert 2 d'avoine et de féverole. La proportion des espèces de ce couvert est restée assez stable durant la croissance, avec 30 à 40% de féverole, 60 à 70% d'avoine et 5 à 10% d'adventices. La couverture du sol a été assurée au bout de 3 mois (figure 3).

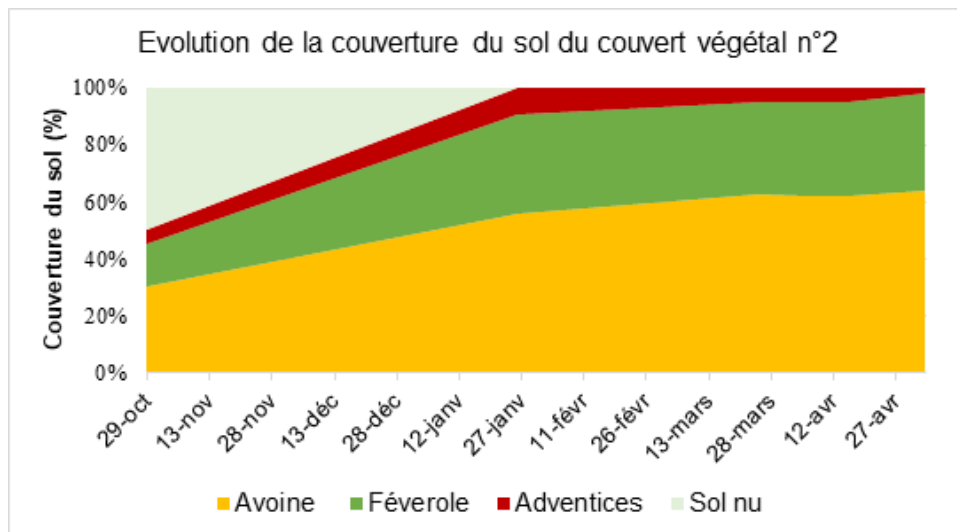


Figure 3 : Evolution de la proportion des espèces et de la couverture du sol au cours de la croissance du couvert 2



Vue des couverts le 22 février, avant broyage du CV1. De gauche à droite : EV1, EV2, RF1, RF2

3.1.3 Biomasses et composition des couverts lors de la destruction

Pour la technique de plantation dans un couvert couché, il est nécessaire d'obtenir une quantité de biomasse importante de façon à limiter efficacement le développement des adventices dans la culture suivante. Des biomasses de l'ordre de 8 à 10 tonnes de matière sèche par hectare sont couramment citées. Il est probable que la quantité seule ne soit pas le seul facteur à prendre en compte, mais que la dégradabilité du couvert soit également importante, pour que le mulch ait une tenue suffisante dans la durée.

Les mesures de biomasses ont été réalisées le 22 février pour la modalité EV1, avant son broyage précoce, et le 20 mai pour les modalités EV2 et RF2, soit 7,5 mois après semis.

La biomasse du couvert 1 est en frais de 28 t/ha et en sec de 3,7 t/ha au 22 février, essentiellement constituée d'adventices. La biomasse fraîche du couvert 2 est de 46 et 62,4 t/ha sur EV2 et RF2 respectivement, et les biomasses sèche correspondantes de 9,3 et 12,7 t/ha (figure 3). La proportion des espèces varie selon la modalité, l'avoine représentant 60% de la biomasse dans RF2 et 40% dans EV2. Les

adventices représentent moins de 5% de la biomasse sèche du couvert 2. Les teneurs en matière sèche moyennes sont de 24% pour l'avoine, 18% pour la féverole et 15% pour les adventices. Le couvert 2 permet donc de fournir une biomasse importante, satisfaisant à priori à l'objectif visé pour assurer une couverture suffisante du sol après couchage au rouleau faca. En revanche, le couvert 1 n'ayant pas poussé cette année, un ajout de 5-6 cm de paille de graminée a été réalisé en surface de la modalité RF1 pour pallier l'absence de couvert.

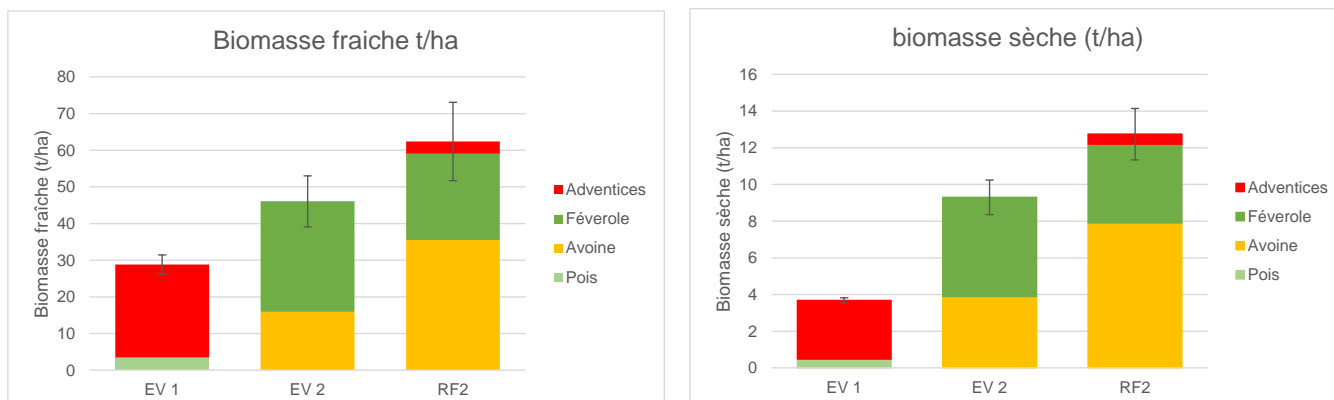


Figure 3 : Biomasses fraîche, biomasse sèche et composition de la biomasse des couverts 4,5 mois (EV1) et 7,5 mois (EV2, RF2) après semis. Les barres d'erreur représentent l'écart-type.

La teneur en azote des différentes espèces de l'essai est comprise entre 2,2 et 4,4 % de la matière sèche, les valeurs les plus élevées étant obtenue par le pois de 4,5 mois, les adventices et la féverole de 7,5 mois (tableau 3). Le rapport C/N, indicateur de la rapidité de décomposition, varie ainsi de 10,5 pour le pois à 19,9 pour la féverole, la gamme des valeurs étant néanmoins inférieure à 25, seuil au-delà duquel les risques de faim d'azote sont accrus.

Le calcul de la teneur en azote moyenne des couverts donne une valeur de 3,1% pour le couvert EV1 de 4,5 mois et de 2,6% pour le couvert 2 de 7,5 mois (tableau 2). Ainsi, la quantité d'azote contenue dans les parties aériennes des couverts est de 244 kgN/ha pour EV2, 333 kgN/ha pour RF2 et 113 pour EV1.

	Espèces	N total (%MS)	Rapport C/N	Rapport C/N moyen	Moyenne N (% MS)	Total N (kg/ha)
EV1	Pois	4,4	10,5	15,3	3,1	113
	Adventices	2,9	16,0			
EV2	Féverole	2,9	16,3	17,7	2,6	244,2
	Avoine	2,3	19,6			
RF2	Féverole	3,1	14,0	17,5	2,6	333,5
	Avoine	2,2	19,9			
	Adventices	4,2	10,7			

Tableau 2 : Teneurs en N et C/N des différentes espèces – Teneurs moyennes en N et quantité d'azote contenue dans la biomasse des couverts sur les différentes modalités (EV1 au 22 février, EV2 et RF2 au 20 mai)

3.1.4 Destruction des couverts

Le couvert RF2 a été couché le 25 mai 2021, à l'aide du rouleau faca auto-construit au GRAB avec l'Atelier Paysan en 2015. Un deuxième passage a été réalisé le 31 mai pour parfaire la destruction de l'avoine qui se redressait un peu. Le passage du strip-till à 18 cm de profondeur ainsi que la fertilisation en localisé ont été réalisés sur les 2 modalités RF à la même date.

Le couvert EV2 a été détruit par broyage le 25 mai, puis la fertilisation et l'enfouissement par la herse rotative ont été réalisés sur les 2 modalités EV le 31 mai.



Le 25 mai, broyage EV2 (à gauche), et couchage RF2 (à droite)

3.2 Observations des caractéristiques du sol

3.2.1 Température du sol

Lors du retrait des sondes de températures à la fin de la culture, il a été constaté des différences de profondeur de positionnement des sondes dans le sol sur les différentes modalités, allant jusqu'à 6 cm. Les courbes obtenues ne sont donc pas représentatives des différences entre modalités à 10 cm et ne sont pas présentées dans ce compte-rendu.

3.2.2 Humidité du sol

Les teneurs massiques du sol en eau ont été mesurées toutes les 2 semaines du 8 juillet au 19 août pendant la culture de courges. Les évolutions par modalité (figure 4) montrent que fin mai, avant destruction des couverts végétaux, le sol est plus sec sur les modalités EV2 et RF2, le couvert ayant probablement asséché le sol, d'autant plus que le printemps a été particulièrement sec. Les modalités EV0 et EV1 sont plus sèches que RF0 et RF1, car ces modalités, avec travail du sol à l'automne, étaient plus enherbées. Pendant la culture des courges, le sol est globalement plus sec sur les modalités « RF » que les modalités « EV » en juillet où il y a eu un problème d'électrovanne, mais deviennent équivalentes à partir du mois d'août.

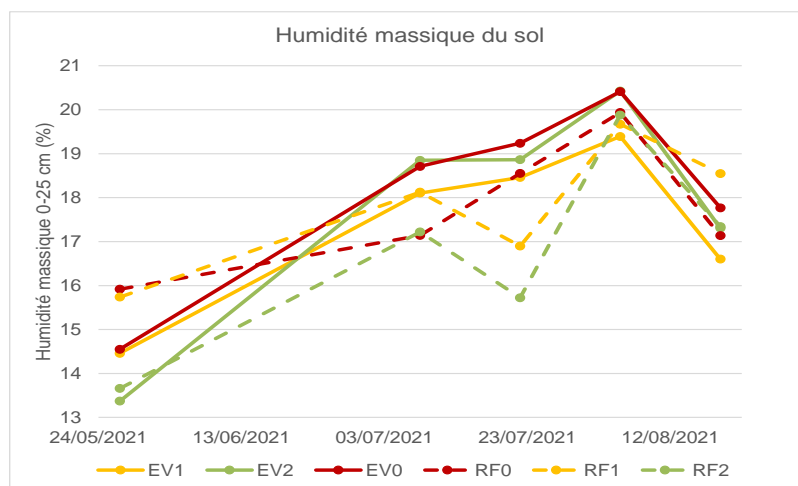


Figure 4 : Teneur massique en eau du sol pendant la culture de courges

Les courbes de tension de l'eau dans le sol à 15, 30 et 45 cm de profondeur (figure 5) montrent les tendances suivantes :

- Sur les modalités EV0 et RF0 (figure 5A), les courbes de tension indiquent des valeurs plus élevées, pour les trois profondeurs, sur la modalité RF0 comparé à EV0. Des défauts d'irrigation du 30 juin au 8 juillet et du 12 au 21 août sont visibles sur les 2 modalités, qui se traduisent par un assèchement important (valeurs supérieures à 80 cbar) et plus marqué sur RF0 à 15 cm.
- Sur les modalités EV1 et RF1 (figure 5B), les valeurs restent en deçà de 80cb, la culture s'est trouvée en zone de confort hydrique. Lors du premier mois de développement des courges, les courbes de tension indiquent des valeurs plus élevées (sol plus sec) à 15 et 30 cm de profondeur sur la modalité RF1, mais un sol plus humide à 45cm. A partir du mois d'août, le sol est plus humide sur RF1 à chacune des profondeurs, en lien avec un développement des courges moins important et probablement l'effet de la couverture du sol par la paille qui permet de conserver l'humidité.
- Sur les modalités EV2 et RF2 (figure 5C), on observe les mêmes tendances pendant le mois de juillet, avec un assèchement plus marqué à 15 et 30 cm sur RF2, mais il n'y a plus de différences notables à partir du mois d'août.

Contrairement aux années précédentes les courbes de tension de l'eau n'indiquent pas de différences nettes entre les modalités RF et EV, même si en tendance les modalités EV semblent plus humides, principalement en début de culture, ce qui est également mesuré avec les teneurs massiques en eau du sol. La présence de mulch en surface permet de conserver l'humidité dans le sol, ce qui se traduit par des valeurs de tension plus faibles à 15 cm de profondeur sur RF1 et RF2 en comparaison avec RF0.

3.2.3 Teneur du sol en azote nitrique

Les teneurs du sol en azote nitrique sur les 1ers 25 cm de sol, mesurées toutes les 2 semaines pendant la culture, montrent peu de différences entre modalités (figure 6). La 1^{ère} mesure réalisée 1 mois après plantation donne des valeurs supérieures pour RF1 et RF2, ce qui est probablement lié au mode de prélèvement, proche de la ligne de plantation du fait de l'irrigation au goutte à goutte, là où a été localisé l'engrais dans ces modalités. Les valeurs sont ensuite fluctuantes et ne donnent pas de tendance nette en fonction de la présence ou non d'un couvert végétal et du mode de destruction, avec ou sans travail du sol.

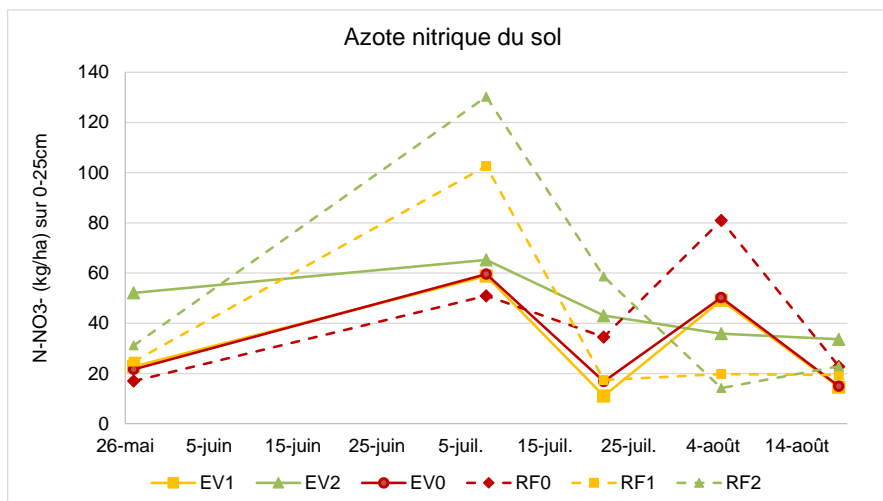


Figure 6 : Quantité d'azote nitrique (kg/ha) dans le sol (0-25 cm) sur les planches de fenouil
 ----- : sol travaillé (EV) ; - - - - : sol non travaillé (RF) ; - - - - CV 1 ; - - - - CV 2 ; - - - - : pas de couvert

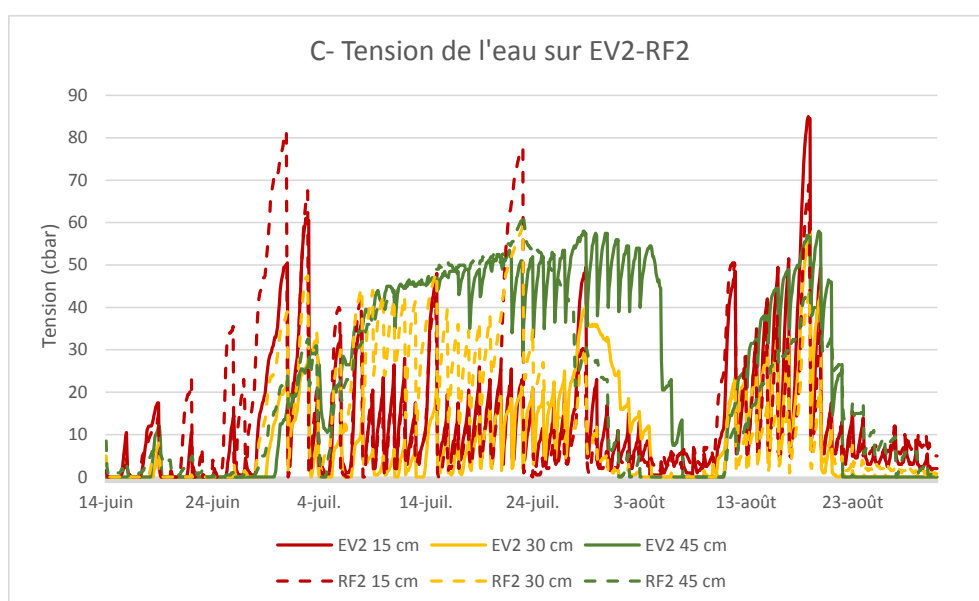
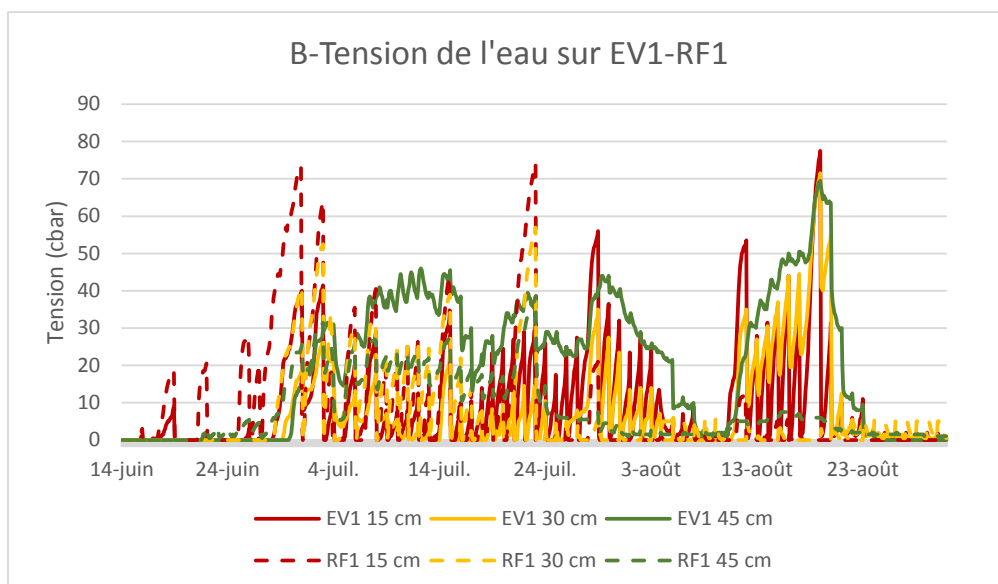
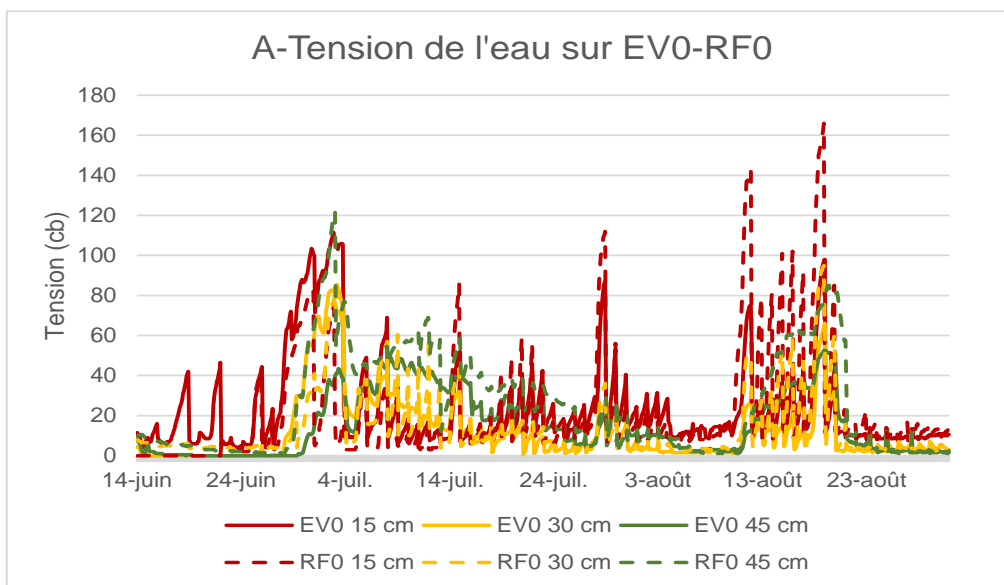


Figure 5 : Tension de l'eau dans le sol à 15, 30 et 45 cm de profondeur pendant l'irrigation par goutte à goutte de la culture de courge sur les différentes modalités

3.2.4 Tea Bag index (TBI)

La méthode (cf <http://www.teatime4science.org/>) permet d'estimer 2 indicateurs de l'évolution de la MO dans le sol : le taux de décomposition k et l'indice de stabilisation S . k donne la rapidité de la décomposition des fractions de MO labiles, et S la part de MO restant dans le sol sous des formes stables.

Les résultats obtenus sur l'essai cette année ne donnent pas de différence significative de taux de décomposition k (figure 7), et une différence étonnante entre EV0 et EV1, qui ont eu peu de couvert végétal (le couvert 1 ne s'étant quasi pas développé) à part les adventices et ont été tous 2 travaillés. En revanche, il y a une différence significative entre modalités pour le taux de stabilisation S , qui est supérieur sur les modalités RF1 et RF2.

Globalement, le mode de destruction des couverts végétaux (et par conséquent du travail du sol) est le facteur explicatif des différences d'évolution de la MO dans le sol : les modalités EV ont un indice de stabilisation S plus faible et un taux de décomposition k en tendance légèrement plus élevé que les modalités RF. Ainsi, la décomposition de la MO serait plus importante et plus rapide sur les modalités où le sol est travaillé. Les mêmes tendances ont été observées l'an dernier sur l'essai.

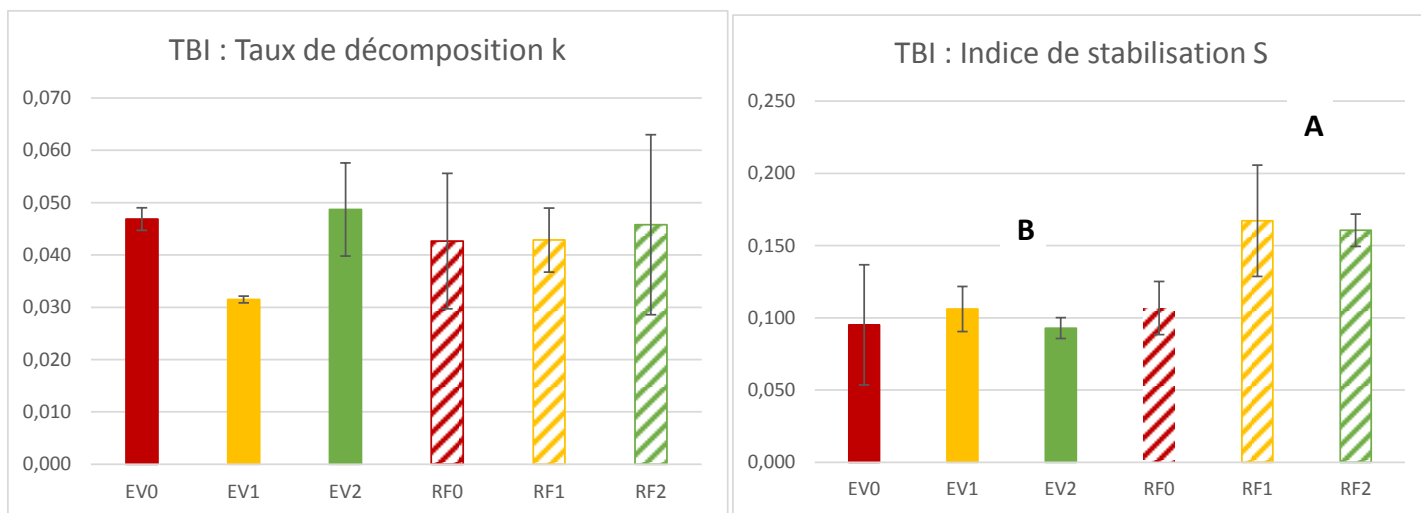


Figure 7 : Taux de décomposition k et Indices de stabilisation S – Méthodes TBI

3.2.5 Structure du sol

Des tests « bêche » visant à évaluer la structure sur les différentes modalités ont été réalisés le 27 mai, à la fin de couverts et le 28 septembre, à la fin de la culture de courges.

- Structure du sol à la fin des couverts

Du fait des conditions très sèches à ce moment-là, le test n'a pu être réalisé que sur les modalités EV2, RF0 et RF2. On observe une structure globalement plus compacte sur les modalités RF que les modalités EV (tableau 3 et figure 8). Le sol n'étant quasiment pas travaillé sur ces modalités depuis 2018 (à l'exception de RF0 travaillé au printemps 2020), la structure a tendance à devenir plus compacte. Cet effet est largement accentué par la texture limono-argileuse du sol et les conditions sèches d'observation. Sur la modalité « EV2 », la présence d'un horizon massif de 6/10 à 16/22 cm, correspondant à la profondeur de travail du sol, est probablement due à une reprise en masse liée aux fortes pluies après semis des engrais verts sur l'horizon travaillé à la herse rotative.

- Structure du sol à la fin de la culture

Les observations de fin de culture ont été réalisées en conditions de sol humides, plus propices au diagnostic. La structure est toujours globalement plus compacte sur les modalités RF que les modalités EV (tableau 4). Sur les modalités EV, la structure est plus ou moins meuble avec le gradient suivant : EV0>EV1>EV2, et sur les modalités RF : RF0>RF2>RF1. Étonnamment, la structure observée n'est donc pas plus favorable avec couverts végétaux d'interculture que sans.

Le test bêche ne permettant d'observer la structure du sol que sur 22/28 cm, des profils culturaux seront réalisés l'an prochain sur les différentes modalités pour affiner le diagnostic.

EV 2	RF 0	RF 2
Sol très meuble sur 6 à 10 cm (passage d'outil superficiel), puis horizon compact jusqu'à 16/22 cm d'état ΔO. En deçà, la structure est très poreuse, d'état Γ, avec environ 10% de mottes Δ / ΔO	Sol très meuble sur 2 cm. En deçà, deux structures en proportions égales caractérisent le reste du bloc prélevé. La première est une structure massive mais très poreuse, de type Γ, qui se fragmente facilement. La deuxième est une structure plus compacte, de type ΔO comportant des galeries de vers de terre mais beaucoup plus difficile à fragmenter	Dans cette modalité, le sol est plus sec. La structure est assez meuble autour du système racinaire du couvert, mais est massive sur le reste du volume prélevé. La moitié est assez poreuse et se fragmente facilement en éléments grossiers, de type Γ / ΔO, l'autre moitié est très compacte et se fragmente difficilement, de type ΔO/Δ

Tableau 3 : Structure du sol évaluée par tests bêches à la fin des couverts végétaux (27 mai 2021)



Figure 8 : Test bêche sur la modalité RF2 (gauche) et sur la modalité EV2 (droite)

EV 1	EV 2	EV 0	RF 0	RF 1	RF 2
Structure grumeleuse sur 15 cm, puis plus massive mais poreuse avec 20% de mottes ΔO. Nombreux vers de terre	Structure grumeleuse sur 10 cm, puis plus massive avec environ 10% de mottes Δ et 30% de mottes ΔO. Présence de vers de terre	Structure grumeleuse sur 5 cm, puis horizon très poreux de structure de type Γ / ΔO. Présence de vers de terre	Structure homogène sur tout le bloc, assez massive mais très poreuse, avec environ 10% de mottes Δ	Structure homogène très compacte. La porosité, limitée, est liée à la présence des vers de terre	Structure homogène très compacte, d'état globalement ΔO. La porosité est plus importante que dans RF1. Très nombreux vers de terre
Racines assez grosses mais peu nombreuses et surtout présentes sur 15-20 cm, avec croissance latérale			Racines plus nombreuses mais moins grosses que dans les modalités EV, et surtout localisées sur la ligne travaillée par le strip-till		

Tableau 4 : Structure du sol évaluée par tests bêches à la fin de la culture (28 septembre 2021)

3.3 Résultats sur la culture de courges

3.3.1 Performances culturales

▪ Germination de la courge sur les plantes semées

Le nombre de plantules a été mesuré le 15 juin, 13 jours après semis. On constate que la germination est significativement inférieure sur les modalités RF1 et RF2, avec 55% de germination, contre 75 à 85% dans les modalités EV (tableau 5). Un deuxième semis a été réalisé pour compléter les trous dans la culture.

Le taux de germination plus faible sur RF1 et RF2 est lié à une préparation de sol trop grossière par le strip-till, et à la prédation par des larves de taupins (*Agriotes sordidus*) plus importante sur ces modalités. La meilleure germination sur la modalité RF0 peut s'expliquer par une meilleure structure sur cette modalité que sur les modalités RF1 et RF2 (cf 3.2.5).

	Taux de germination
EV1	85%
EV2	88%
EV0	75%
RF0	75%
RF1	55%
RF2	55%

Tableau 5 : Pourcentage de germination des courges 13 jours après semis

▪ Vigueur des plantes

La vigueur des plantes semées a globalement été plus importante que celle des plantes plantées tout au long de la culture (figure 9). Sur les planches plantées, l'effet « couvert » est significatif au début de la culture, les plantes étant plus vigoureuses sur le couvert 2 que sur le couvert 1 et le sol nu, mais c'est le mode de destruction qui devient significatif en fin de culture, avec des cultures plus vigoureuses sur les modalités « EV » que « RF ». Sur les planches semées, l'effet du couvert n'est pas significatif, mais l'effet du mode de destruction l'est, avec des plantes plus vigoureuses sur les modalités « EV ». Pour les 2 modes d'implantation, les différences liées au mode de destruction s'expriment très nettement sur la vigueur des plantes avec le couvert 1 ou le sol nu, mais les différences sont beaucoup moins marquées pour le couvert2 entre EV2 et RF2.

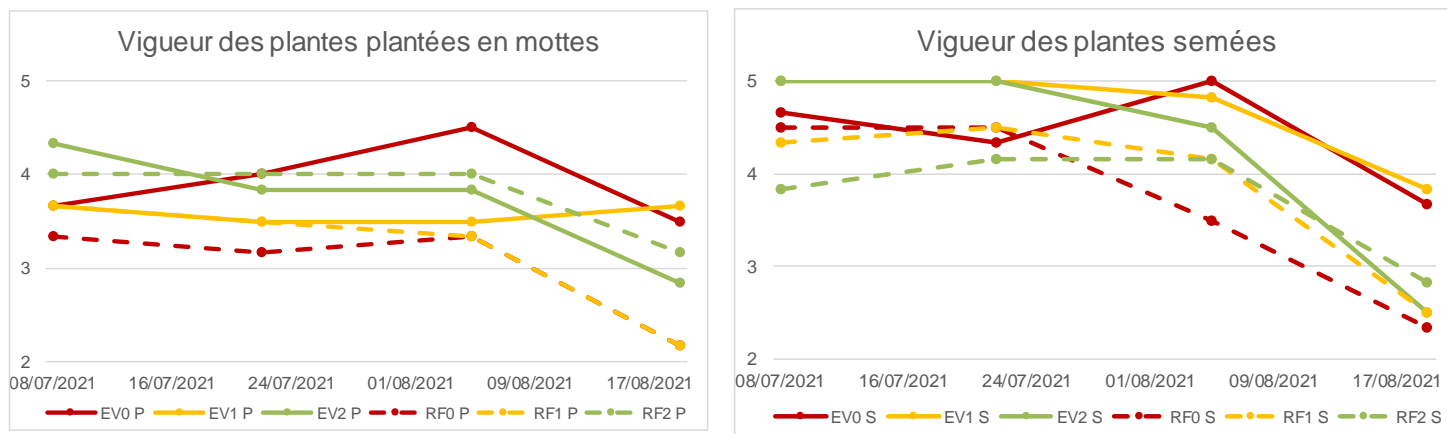


Figure 9 : Vigueur des plantes plantées et semées au cours de la culture de courges – Echelle de 1 à 5

▪ Rendement de la culture de courge butternut

Conformément aux observations de vigueur, le rendement total obtenu sur les courges semées est supérieur à celui des courges plantées, avec 2,63 kg/m² et 2,03 kg/m² respectivement (figure 10).

Le mode de destruction est le facteur explicatif des différences pour les courges plantées (A) : Les rendements, total et commercialisable, ainsi que le poids moyen des courges sont supérieurs pour les modalités « EV ». Il n'y a pas de différences de % de déchets. Il n'y a pas d'effet significatif du facteur couvert végétal.

Le mode de destruction est également le facteur explicatif principal pour les courges semées (B). Il est lié à une plus grande quantité de déchets : courges vertes ou abîmées. Pour ce mode d'implantation, le facteur

couvert végétal est également significatif, avec une production plus importante pour CV0 et CV1 quel que soit le mode de destruction, mais un taux de déchets supérieurs pour CV1 et CV2 sur « EV » (fruits verts) et pour CV0 et CV2 sur « RF » (fruits abîmés). Les résultats détaillés des composantes du rendement figurent en annexe 2.

Il semblerait donc que la présence de la paille rapportée en surface sur les modalités « RF1 » pour compenser l'absence de couvert ait plus limité le contact des fruits avec le sol par rapport aux modalités RF0 (sol nu) et RF2 (couvert avoine + féverole), et ait ainsi limité le nombre de fruits à l'épiderme abîmé.

L'impact du mode de destruction est récurrent sur l'essai depuis sa mise en place. Il résulte principalement de la structure du sol plus compacte, avec des conséquences sur le réchauffement du sol, plus lent, la dynamique de l'eau dans le sol, et probablement la disponibilité de l'azote réduite dans les modalités « RF », même si cela n'est pas visible dans le suivi de l'azote nitrique cette année (figure 6).

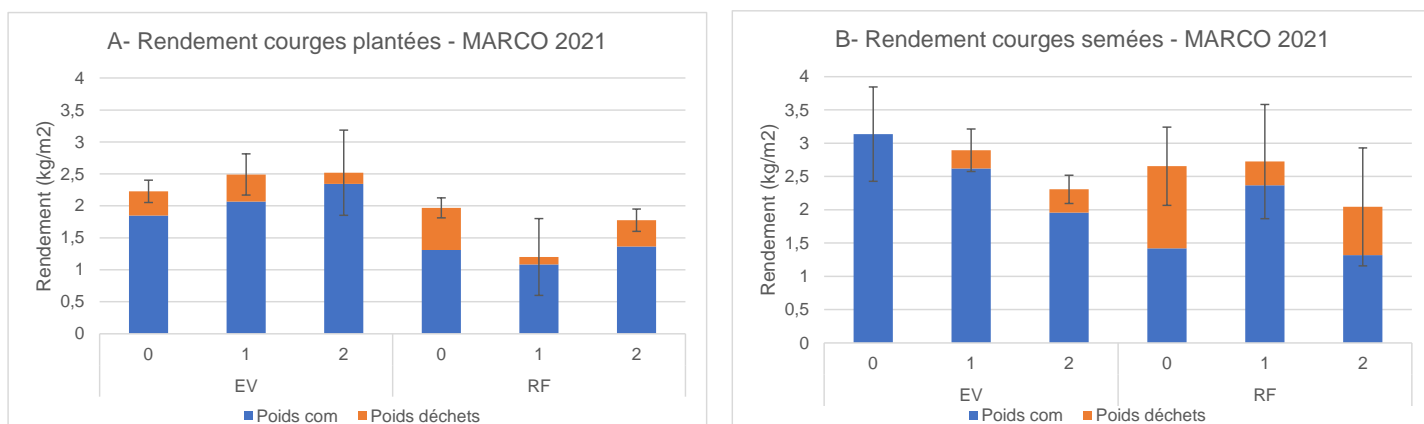


Figure 10 : Rendement en courge plantées en mottes (A) et semées (B) sur les différentes modalités combinant différents couverts (0 :sol nu ; 1 : couvert 1 ; 2 : couvert 2) et modes de destruction (EV : engrais vert ; RF: rouleau faca). Les barres d'erreur représentent l'écart-type.



EV2 (G) et RF2 (D) le 8 juillet 2021. Planches plantées (G) et semées (D)

3.3.2 Alimentation azotée de la culture

Cette mesure, basée sur la méthodologie PILAzo, où l'on dose la quantité d'azote nitrique dans la sève pétiole, reflète le statut de nutrition azotée des plantes. Elle a été réalisée à 4 dates. Les différences entre les modalités sont assez nettes au début de la culture, avec des teneurs en azote nitrique supérieures sur les modalités « EV » que sur les modalités « RF », mais s'amenuisent au cours du temps (figure 11). Les différences entre « EV » et « RF » restent ensuite marquées pour les couverts « 0 » (sol nu) et 2, mais pas pour le couvert 1. Les plantes ont donc globalement un meilleur accès à la ressource azotée sur les modalités avec travail du sol.

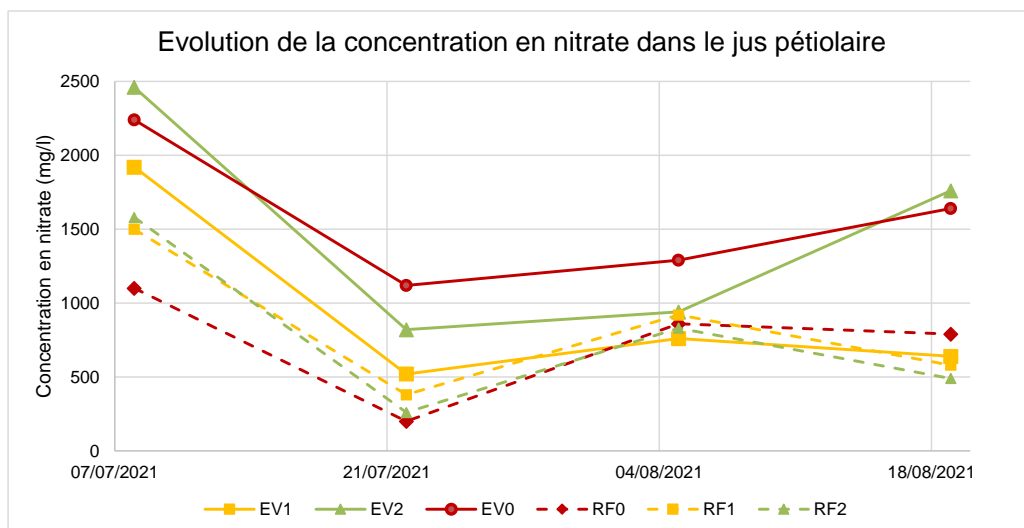


Figure 11 : Evolution de la concentration en azote nitrique dans la sève pétioleaire sur les différentes modalités – Planches courges plantées

3.3.3 Gestion des adventices

▪ Densité d'adventices

La densité d'adventices a été mesurée sur les planches semées le 15 juin, 13 jours après semis, et sur les planches plantées le 22 juin, 12 jours après plantation.

Le facteur « mode de destruction » des couverts végétaux d'interculture est le facteur ayant le plus d'impact sur le développement d'adventices ultérieur, avec des densités de l'ordre de 185 plantules/m² sur les modalités « RF » (280/m² planches semées, 90/m² planches plantées) et 830 plantules/m² sur les modalités « EV » (1150/m² planches semées et 500/m² planches plantées) (figure 12). L'effet de ce facteur est également visible sur la flore présente : le développement d'espèces vivaces, comme le liseron ou le rumex est significatif sur les modalités RF alors que les espèces annuelles, pourpier, amarante et chénopode, dominent largement sur les modalités EV. La diminution du travail du sol sur les modalités « RF » s'accompagne donc d'une baisse importante du nombre total d'adventices, notamment annuelles, mais favorise le développement des espèces vivaces (voir photo RF2 page 12 avec développement du liseron).

Le facteur « couvert végétal » a peu d'impact sur la levée des adventices mesurée. Sur les modalités RF, l'influence du facteur couvert végétal par la présence de résidus de culture en surface n'est significative que sur les planches semées (figure 12B), où la densité d'adventices est significativement supérieure sur RF0, sans résidus. Sur les modalités EV, il y a une différence sur les planches semées (figure 12B) liée à l'enfouissement d'un couvert sur EV2, avec moins d'adventices que sans enfouissement de couvert (EV0 et EV1 cette année qui ne s'est pas développé), mais cet effet n'est pas mesuré sur les planches plantées (figure 12A).

▪ Désherbage

Le temps de désherbage dépend de la quantité de plantules s'étant développée après implantation de la culture (densités, paragraphe précédent) et de leur possibilité de développement ultérieur. Ainsi, 1 seul passage de désherbage manuel a été nécessaire sur les modalités RF1 et RF2, alors que 2 ou 3 passages ont été réalisés sur les autres modalités. Au total, on a passé en moyenne 614h/ha sur les modalités « EV », contre 318h/ha sur les modalités « RF », soit une réduction de 48% (tableau 6). La différence est peu marquée pour les modalités sans couvert végétal, EV0 et RF0, du fait d'un part de l'absence de mulch en surface sur RF0, mais également du fait du travail du sol réalisé par erreur sur cette modalité en 2020. Ainsi, RF0 a été beaucoup plus enherbé que RF1 et RF2.

Si l'on considère la différence entre EV et RF pour les couverts 1 et 2 uniquement, le désherbage a nécessité 630h/ha sur EV1 et EV2, contre 161h/ha sur RF1 et RF2, soit une réduction de 75%. La paille épandue en surface sur RF1 pour compenser l'absence de couvert a par ailleurs permis de mieux maîtriser les adventices que le couvert couché d'avoine + féverole sur RF2.

Modalité	EV1	EV2	EV0	RF1	RF2	RF0
Total S (h/ha)	729	583	875	146	221	850
Total P (h/ha)	625	583	292	125	150	417
Moyenne CV1 et CV2	630			161		
Moyenne	614			318		

Tableau 6 : Temps de désherbage manuel cumulé sur chaque modalité sur les planches semées (S) et plantées (P)

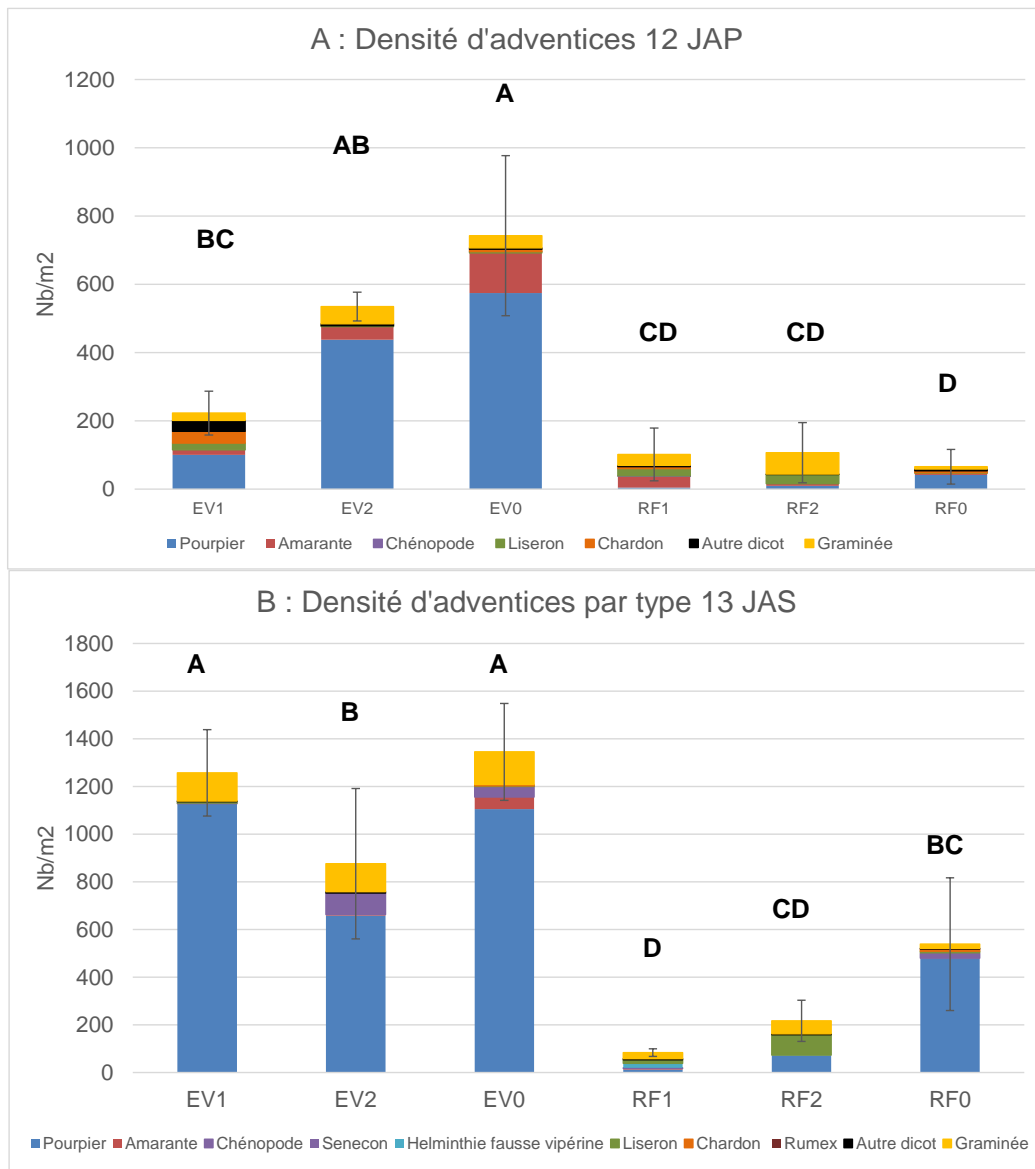


Figure 12 : Densités d'adventices et principales espèces dans les courges A-12 jours après plantation (JAP) et B-13 jours après semis (JAS).

La barre d'erreur représente l'écart-type de la densité totale d'adventices, les lettres les groupes homogènes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%

4- DISCUSSION - CONCLUSIONS

Cette année, les résultats sont plus mitigés sur l'essai car l'un des 2 couverts ne s'est pas développé, et qu'il y a probablement eu des arrière-effets du travail du sol réalisé par erreur sur la modalité RF0 au printemps 2020.

Le couvert 2, à base d'avoine et de féverole, a produit une biomasse importante, comprise entre 10 et 12 tMS/ha, satisfaisant les conditions à priori de réussite de la technique des couverts couchés. Pendant la culture des courges, les couverts couchés (RF) assurent une bonne couverture du sol et limitent significativement le développement des adventices, ce qui a permis un gain de temps de désherbage de l'ordre de 75%.

Le mode de destruction a eu un effet significatif sur le niveau de productivité de la courge, avec moins de levée en cas de culture semée, et une réduction globale de l'ordre de 30% (semis) à 40% (plantation) sur les modalités sans travail du sol. L'impact de l'absence de travail du sol sur la qualité du lit de semis d'une part, et sur la structure du sol, beaucoup plus massive, d'autre part sont certainement les facteurs explicatifs principaux.

L'essai se poursuivra en 2022, avec des cultures de fenouil planté et maïs doux semé, pour la 4^{ème} année sans travail du sol sur les conduites « RF ».

Cette expérimentation bénéficie du soutien de :

MARaîchage sur COuverts végétaux sans



herbicide (MARCO)

Merci aux sociétés qui nous soutiennent pour ces essais : Agrosemens, Caussade, Semences de Provence et Sem-partner pour la fourniture des semences d'engrais verts

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2018 - ANNEE DE FIN D'ACTION : non définie

ACTION : nouvelle

en cours

en projet

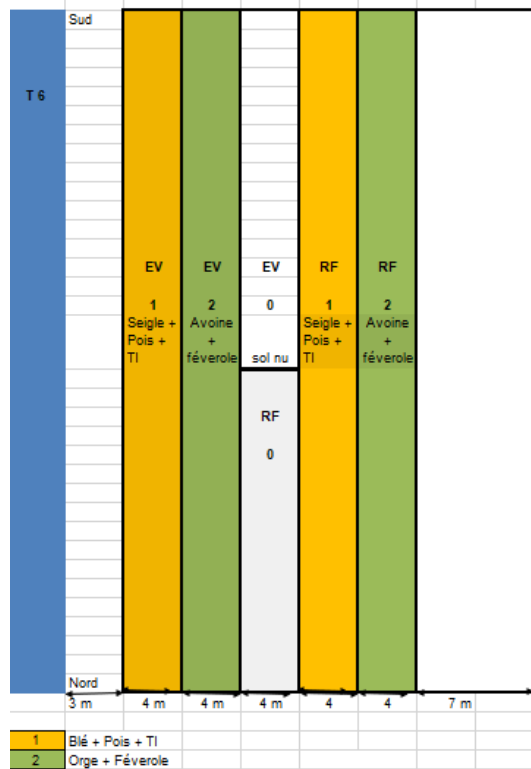
Renseignements complémentaires auprès de : H. Védie - GRAB Agroparc BP 1222 84911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 – fax : 04 90 84 00 37 – E-mail : helene.vedie@grab.fr

Mots clés : couverts végétaux - légumineuses – rouleau faca – conservation de sol - maraîchage

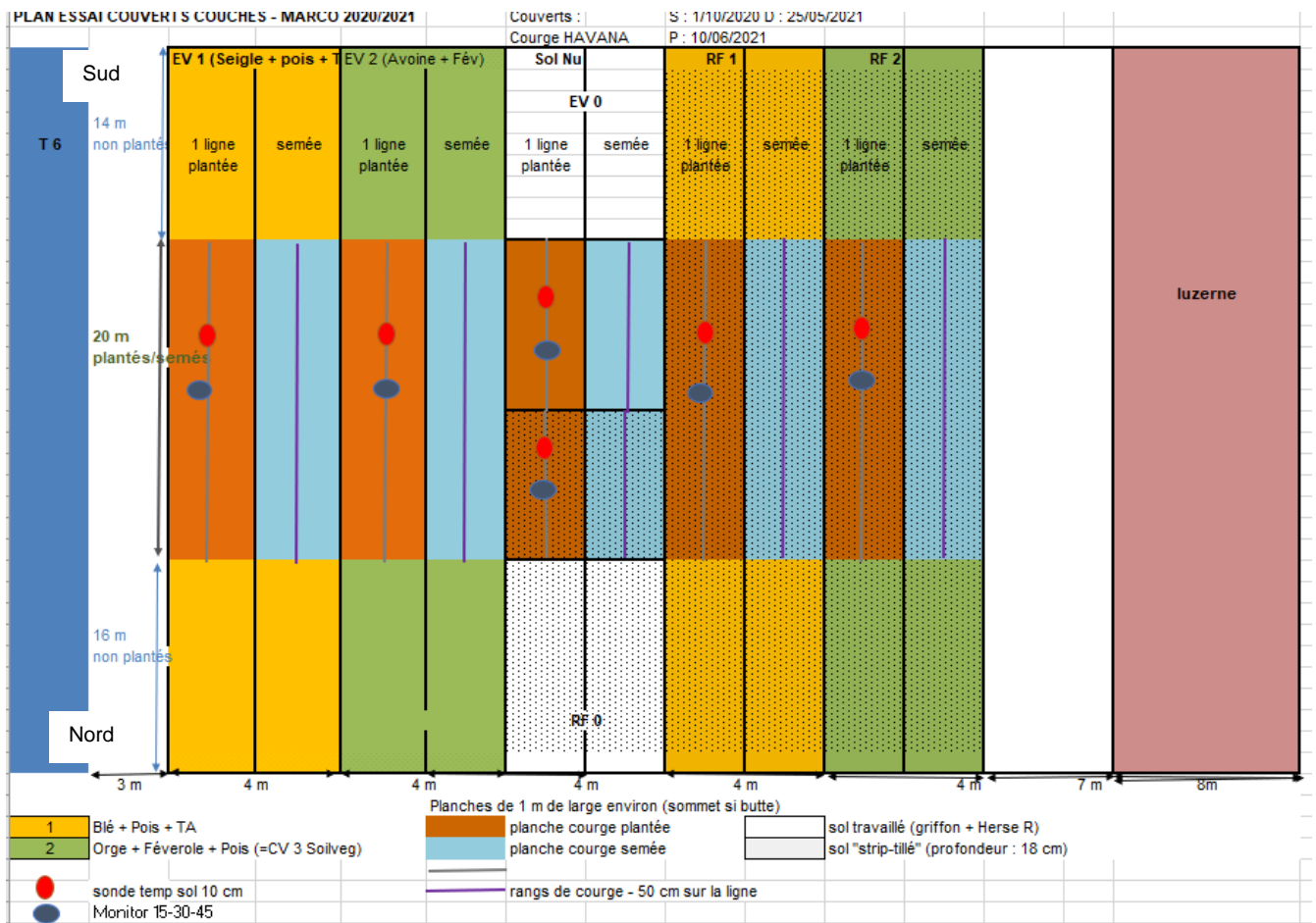
Date de création de cette fiche : avril 2022

Annexe 1 : Plans de l'essai

1. Pendant la période d'interculture (couverts végétaux)



2. Pendant la période de culture de courge butternut



Annexe 2 : Résultats rendement courges

	Rendement total (/m2)		Rendement commercialisable (/m2)		Déchets				
	Poids	Nb	Poids	Poids moyen fruit	% poids	Nb total	Nb verts	Nb petits (<600 g)	Nb abimés
Plantée (G)	2,03	1,79	1,67	1,23	18%	0,41	0,24	0,04	0,12
EV	2,41* (A)	1,98	2,09* (A)	1,32* (A)	14%	0,36	0,24	0,04	0,07
0	2,23	1,67	1,85	1,46	17%	0,40	0,27	0,07	0,07
1	2,49	2,03	2,07	1,33	17%	0,47	0,30	0,07	0,10
2	2,52	2,23	2,34	1,19	7%	0,20	0,17	0,00	0,03
RF	1,65* (B)	1,60	1,25* (B)	1,13* (B)	23%	0,46	0,23	0,04	0,18
0	1,97	2,00	1,31	1,03	33%	0,73	0,40	0,07	0,27
1	1,20	1,03	1,09	1,25	14%	0,10	0,07	0,00	0,03
2	1,77	1,77	1,36	1,11	22%	0,53	0,23	0,07	0,23
Semée (D)	2,63	2,48	2,14	1,11	21%	0,58	0,30	0,07	0,21
EV	2,78	2,49	2,57* (A)	1,16	8%* (B)	0,27* (B)	0,16* (B)	0,08	0,02* (B)
0	3,14	2,67	3,14	1,18	0%	0,00	0,00	0,00	0,00
1	2,89	2,57	2,62	1,15	10%	0,30	0,22	0,08	0,00
2	2,31	2,23	1,96	1,14	15%	0,50	0,27	0,17	0,07
RF	2,47	2,47	1,70* (B)	1,06	35%* (A)	0,89* (A)	0,43* (A)	0,06	0,39* (A)
0	2,65	2,40	1,42	1,18	48%	1,22	0,38	0,00	0,83
1	2,72	2,89	2,37	0,99	12%	0,51	0,46	0,06	0,00
2	2,04	2,13	1,32	1,02	43%	0,93	0,46	0,13	0,33

* : Différence statistiquement significative au seuil de 5%

A – B : Groupe homogène test de Newman Keuls

Le mode de destruction est le facteur explicatif des différences pour les courges plantées : Les rendements, total et commercialisable, ainsi que le poids moyen des courges sont supérieurs pour les modalités « EV ». Il n'y a pas de différences de % de déchets.

Le mode de destruction est également le facteur explicatif principal pour les courges semées. Il est lié à une plus grande quantité de déchets : courges vertes ou abimées. Pour ce mode d'implantation, le facteur couvert végétal est également significatif, avec une production plus importante pour CV0 et CV1 quel que soit le mode de destruction, mais un taux de déchets supérieurs pour CV1 et CV2 sur « EV » (fruits verts) et pour CV0 et CV2 sur « RF » (fruits abimés).