

Rapport technique d'expérimentation - Maraîchage - 2021

Etude de 3 paillages organiques sur une culture de courge

Hélène VEDIE – Abderraouf SASSI – Baptiste GAZAGNES

Résumé :

L'essai conduit en 2020 a été renouvelé en 2021 pour comparer 3 paillages organiques différents : foin de luzerne, paille de graminée et compost de déchets verts sur une culture de courges butternut, en plein champ.

Les 3 paillages organiques testés en couches de 6 à 10 cm d'épaisseur ont permis de tamponner les températures extrêmes, réduire l'utilisation d'eau par rapport au témoin sol nu, et assuré la maîtrise quasi totale des adventices, alors que le pourpier s'est beaucoup développé dans le témoin. Le rendement des courges est similaire sur l'ensemble des modalités testées, de l'ordre de 2,5 kg/m².

Ces alternatives au plastique sont donc tout à fait intéressantes pour la courge. L'essai sera renouvelé en 2022 sur une autre culture de façon à évaluer l'impact de ces pratiques sur plusieurs années consécutives.

1- CONTEXTE ET OBJECTIFS :

Pour maîtriser les adventices en culture et limiter les opérations de désherbage, une possibilité est d'utiliser un mulch dit « de transfert », ou paillage organique. Ce mulch peut être récolté sur des surfaces exploitées (prairie, parcelle de plein champ) ou non (espaces inter-tunnels) et être épandu en couches de quelques cm d'épaisseur sur les rangs de la culture après plantation. Il peut être utilisé sous forme sèche (paille, foin...) pour avoir de la souplesse sur les dates d'utilisation. Le mulch joue ainsi le rôle d'écran physique pour limiter le développement des adventices, et participe à une alimentation progressive de la culture en éléments nutritifs au fur et à mesure de sa dégradation. L'objectif est donc de pouvoir limiter le recours au paillage plastique ou au désherbage pour maîtriser les adventices, et de réduire l'utilisation d'engrais du commerce, améliorant ainsi l'autonomie des exploitations.

En 2018 et 2019, des essais avaient été conduits sous abri pour étudier l'intérêt d'un mulch de foin de luzerne en culture d'été. En 2020, nous avons comparé 3 paillages organiques différents : foin de luzerne, paille de graminée et compost de déchets verts sur une culture de courges, en plein champ (voir CR GRAB L20-PACA-01101-3). Cet essai est renouvelé en 2021, en positionnant les modalités aux mêmes emplacements que l'année dernière, pour évaluer un éventuel effet cumulatif des pratiques au cours du temps.

2- MATERIEL ET METHODES

2.1 Dispositif expérimental :

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

Sol limono-argileux calcaire profond

Surface de l'essai : 200 m² (4 m x 50 m)

Dispositif : Essai à 4 modalités et 4 répétitions (2 blocs et 2 sous blocs) : voir plan d'essai en annexe.

- **Paillage de foin de luzerne** : foin disposé en couche de 8 cm d'épaisseur
- **Paillage de paille de graminée** : paille disposée en couche de 8 cm d'épaisseur,
- **Compost de déchets verts** : couche de 6 cm d'épaisseur
- **Témoin sol nu**
- 4 placettes de 8 plantes par modalité

2.2 Conditions de culture :

- Plantation : 10 juin 2021
- Culture : courge variété Havana AB. Rangs distants de 2 m et plantes tous les 50 cm sur le rang : densité de 1 plant/m²
- Fertilisation : 2,5 t/ha de 4-8-10 (ABFlor) soient 100 N / 200 P2O5 / 250 K2O le 1^{er} juin
- Irrigation goutte à goutte (2 rampes/rang de culture) + ajout 2 rampes sur témoin sol nu
- Récolte : 15 septembre 2021

Les paillages organiques sont disposés après travail du sol et avant plantation, le 1^{er} juin 2021.

2.3 Mesures et observations :

Caractérisation des matières organiques utilisées en paillage : Analyse teneur en C, N, P, K.

Suivi Sol :

- **Mesure de la température du sol :** sondes hobo disposées à 10 cm de profondeur, mesures horaires
- **Mesure de l'humidité du sol :** Tensiomètres watermark disposés à 15, 30 et 45 cm de profondeur, mesures horaires ; Enregistrement volumes d'eau par irrigation
- **Mesures de l'azote minéral du sol :**
Azote nitrique sur 0-25 cm : échantillons composites de 15 prélèvements par parcelle élémentaire (soit 2 répétitions par modalité) toutes les 2 semaines. Dosage au nitratecheck + mesure du taux d'humidité.
Azote minéral sur 2 horizons : au début (27/5) et à la fin (28/9) de la culture (AUREA)
- **Analyses de sol de laboratoires** (AUREA et Celesta-Lab) le 28/09/2021 : 4 répétitions sur modalités courge seule.
Analyse chimique, Teneurs en Éléments Traces Métalliques (7 ETM) et Biomasse microbienne.
- **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 (soient 69 jours).

Suivi des performances des cultures :

- Suivi du développement des plantes et de la vigueur au cours de la croissance
- Indicateur de nutrition azotée : Azote nitrique du jus pétioleaire. Mesures tous les 15 jours sur 12 pétioles de jeunes feuilles adultes/culture prélevés par modalité. Dosage au nitratecheck
- Mesures des rendements en fruits sur 4 placettes de mesures de 8 plantes par modalité

Suivi des adventices :

- Densité adventices par espèces 15 jours après plantation : 2 placettes de 0,25 m² par parcelle élémentaire pour la modalité sol nu (4 répétitions), comptage de l'ensemble des adventices sur les paillages organiques (2 répétitions).
- Appréciation globale de la présence d'adventices pendant la culture



Vue de l'essai à la plantation le 10 juin 2021 : foin de luzerne et paille sur la planche de gauche, compost et témoin sol nu sur la planche de droite

3- RESULTATS :

3.1 Caractérisation des paillages organiques :

La composition des différents paillages organiques utilisés figure dans le tableau 1. Le foin de luzerne est caractérisé par un C/N de 21, le compost de déchets verts, de 14 (plus bas qu'en 2020) alors que la paille de graminée a un C/N de 53. Le foin de luzerne a des teneurs en azote et phosphore plus importantes que la paille, et le compost a la teneur en phosphore la plus importante avec 4,4 kg de P2O5 par kg de produit brut. Pour les doses épandues, correspondant à 6 cm d'épaisseur pour le compost et 8 cm pour la paille et le foin, les quantités de nutriments apportées sont très élevées, notamment pour le compost de déchets verts. Mais la cinétique de libération sera plus (foin) ou moins (compost) rapide selon les produits.

Tableau 1: Caractéristiques des paillages organiques (analyses AUREA)

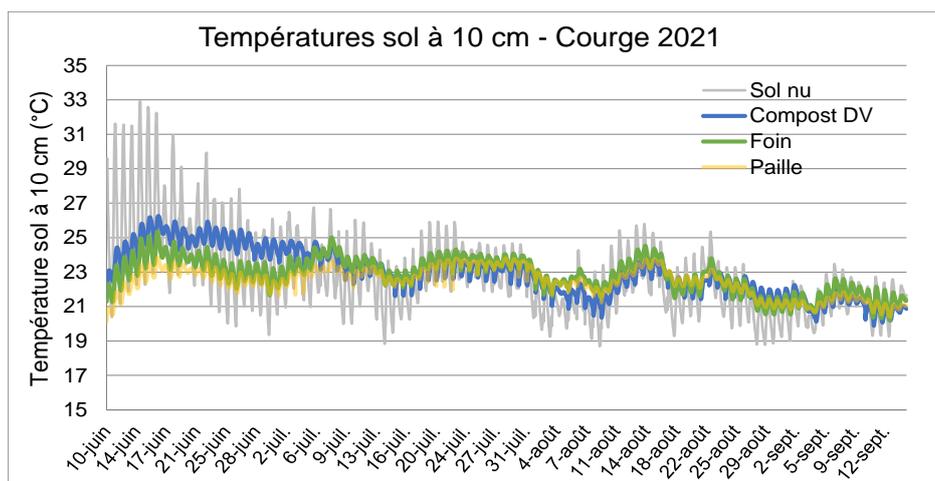
Produit organique	Dose épandue (t/ha)	C/N	Teneurs (g/kg produit brut)			Quantités de nutriments apportées (u/ha)		
			N total	P2O5	K2O	N total	P2O5	K2O
Compost déchets verts	210	14,1	8,5	4,4	6,0	1779	926	1264
Paille de blé	18	53	8,2	1,8	19,6	151	33	361
Foin de luzerne	26	20,8	22,2	3,2	14,6	568	82	374

3.1 Indicateurs sol :

3.1.1 Températures du sol :

Les températures de sol à 10 cm de profondeur sont globalement plus élevées sous le compost, puis le foin et la paille, notamment pendant le mois de juin où elles sont inférieures aux températures mesurées sous sol nu (graphique 1). Les 3 paillages organiques limitent à la fois les températures maximales et minimales par rapport au sol nu et ont donc un effet isolant. Le classement des modalités est le même que celui observé en 2020.

On distingue 3 périodes distinctes : **de la mi-juin au 7 juillet environ**, les différences entre modalités sont importantes, les températures moyennes étant assez proche entre le compost et le sol nu, et supérieures au foin, ce dernier ayant une température supérieure à celle de la paille. **A partir du 7 juillet**, il y a peu de différences entre les différents paillages, et moins d'amplitude que par rapport au sol nu. **A partir du 24 août**, les températures de sol montrent à nouveau un effet isolant des paillages qui conservent la chaleur et ralentissent l'effet de températures minimales plus basses visibles sur le sol nu.



Graphique 1 : Températures sol à 10 cm sous les différents paillages organiques et sol nu

Le tableau des valeurs de température moyenne, minimale et maximale sur les 3 périodes (tableau 2), permet de quantifier les différences. De début juin au 7 juillet, la paille limite le réchauffement du sol de 2 degrés en moyenne, le foin de 1°C, alors que le compost n'a pas d'impact. Il y a ensuite moins de différences de température moyenne, et il n'y en a plus en dernière partie de cycle à partir du 20 août environ. A ce moment-là, les 3 paillages ont un effet tampon en limitant l'échauffement en journée, et le refroidissement la nuit, de 1°C environ.

Globalement sur les 3 mois de culture, la température du sol à 10 cm de profondeur est en moyenne similaire sous les différents paillages organiques et sous sol nu. Mais les paillages ont diminué la moyenne des températures maximales de 1,5 (compost, foin) à 2°C (paille) et augmenté la moyenne des températures minimales de 1,5°C.

Tableau 2 : Moyennes des températures journalières moyennes, minimales et maximales sur différentes périodes de la culture

		Sol nu	Compost	Foin	Paille
11/06 - 6/07	T° moy	24,6	24,7	23,4	22,7
	T° mini	21,5	23,9	22,7	22,2
	T° maxi	28,1	25,3	24,1	23,1
8/07-23/08	T° moy	22,5	22,7	23,2	22,9
	T° mini	20,9	22,1	22,6	22,5
	T° maxi	24,4	23,2	23,6	23,2
24/08-14/09	T° moy	21,1	21,4	21,5	21,3
	T° mini	19,8	20,9	21	21,1
	T° maxi	22,5	21,9	22,1	21,6
Durée de culture	T° moy	22,8	23	22,9	22,5
	T° mini	20,8	22,3	22,3	22,1
	T° maxi	25	23,5	23,4	22,8

3.1.2 Humidité du sol et irrigation :

L'utilisation de sondes Watermark pour piloter l'irrigation nous a conduits à adapter les apports d'eau sur les différentes modalités. Au total, 258 et 275 mm d'eau ont été apportés sur les modalités paillages de foin et paille d'une part et compost de déchets verts d'autre part et 290 mm sur le témoin sol nu. L'économie d'eau a donc été de 10% sur paille/foin et de 5% seulement sur le compost, mais au vu des courbes tensiométriques (annexe 2), les apports auraient pu être limités davantage dans cette modalité car les tensions ont été beaucoup plus basses tout le mois de juillet, notamment en profondeur.

Les courbes des valeurs tensiométriques sous les différents traitements à 15, 30 et 45 cm de profondeur sont présentées en annexe 2.

Les tensions sont restées basses jusqu'à la fin juin, puis ont oscillé entre 0 et 70 cbar.

On a peu de différences entre les modalités foin et paille. Les tensions sont en tendance plus faibles sur la modalité paille que sur la modalité foin, notamment à 45cm, traduisant un sol globalement plus humide sous le paillage de paille. Pendant le mois de juillet, l'humidité est supérieure sous paille et foin que sous sol nu.

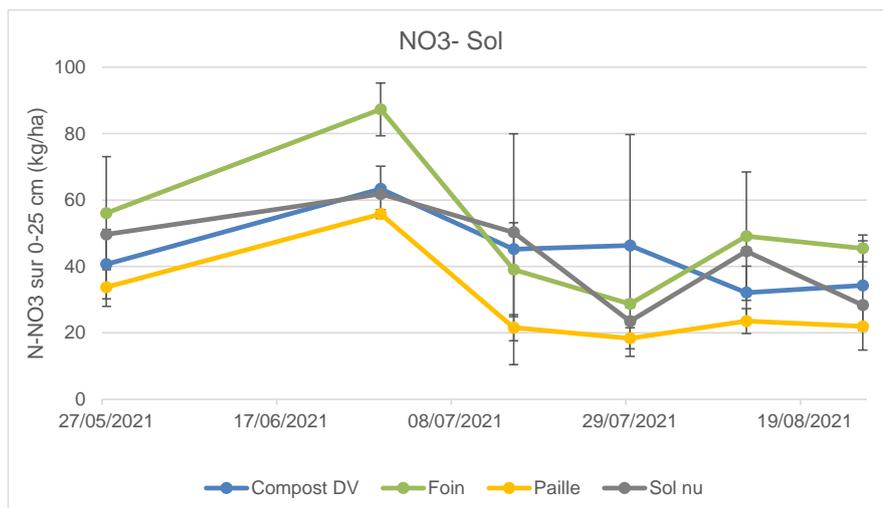
La comparaison des tensions sous le compost de déchets verts et le témoin sol nu montre que l'humidité du sol a été globalement plus importante sous compost de déchets verts, sauf en juin. En juillet, le sol s'assèche de façon homogène sous la modalité sol nu, notamment en profondeur. A partir du 6 août, les tensions sont très basses dans les 2 modalités, signifiant que les apports d'eau par irrigation auraient pu être réduits.

Le compost de déchets verts semble donc être le paillage le plus à même de tamponner et de conserver l'humidité, suivi par la paille puis le foin, mais ce résultat serait à moduler avec des mesures en situation d'apport d'eau identiques pour les 3 paillages organiques.

3.1.3 Mesures de l'azote minéral du sol :

- **Azote nitrique sur 0-25 cm**

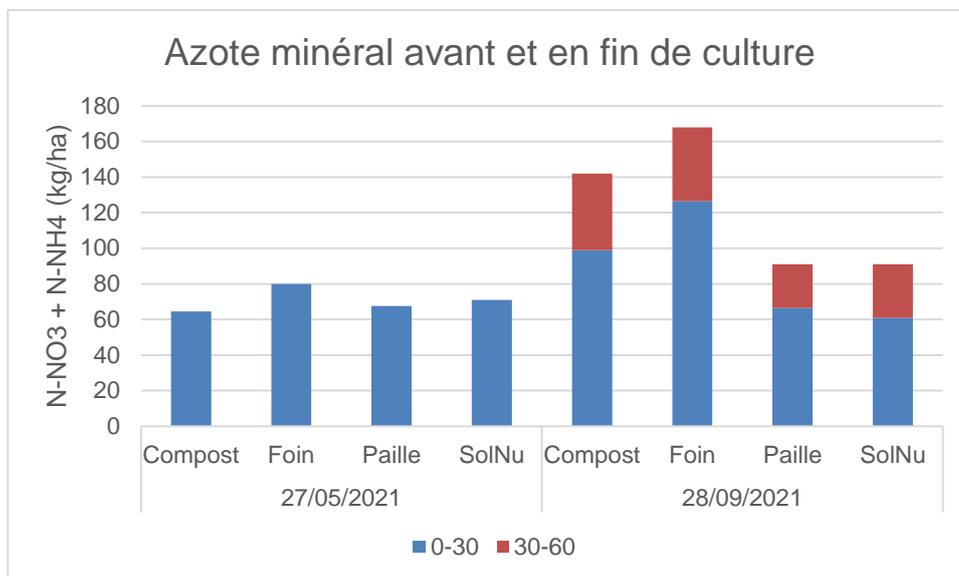
Les mesures d'azote nitrique dans l'horizon supérieur réalisées de façon régulière pendant la culture révèlent peu de différences entre les différents paillages et des teneurs plutôt faibles sur la durée de la culture (graphique 2). En tendance, les valeurs sont légèrement plus élevées sous le foin de luzerne au début de la culture, et plus faibles sous la paille sur l'ensemble du cycle.



Graphique 2 : Quantité d'azote nitrique du sol (kg/ha) dans l'horizon 0-25 cm pendant la culture. Moyennes de 2 mesures

• **Azote minéral (N-NO₃⁻+N-NH₄⁺) sur 2 horizons (AUREA)**

La mesure n'a pu être faite que sur un horizon avant la culture car le sol était trop sec en profondeur. Les résultats initiaux sur l'horizon 0-30 sont similaires sur les différentes modalités, en tendance légèrement supérieurs sur la modalité foin (graphique 3). A la fin de la culture, les valeurs sont élevées, comprises entre 90 et 170 kg N minéral/ha sur 60 cm. Les valeurs plus élevées, sur les 2 horizons, sont observées pour les modalités Foin et compost, avec 170 et 140 kgN minéral/ha respectivement. Les 2 années d'apport réalisées en 2020 et 2021 semblent donc augmenter la disponibilité de l'azote minéral du sol pour ces 2 produits organiques qui apportent les quantités d'azote les plus importantes (cf tableau 1).



Graphique 3 : Azote minéral sur 2 horizons avant et en fin de culture de courge. Moyennes de 2 mesures

3.1.4 Résultats des analyses de sol de laboratoire sur 0-25 cm

Les analyses, réalisées en fin de culture de courges après 2 années de pratiques (tableau 3), montrent quelques tendances d'évolution des teneurs entre les modalités :

- Les teneurs en matière organique, phosphore Olsen, potassium, magnésium et sodium sont supérieures sur la modalité CDV, ce qui semble logique vues les quantités apportées avec 210 t/ha de compost 2 années consécutives (tableau 1).
- Le foin et la paille ont moins d'impact sur l'évolution des teneurs : les teneurs en potassium échangeable sont supérieures que sur sol nu, ainsi que le sodium sur la modalité foin.

- La biomasse microbienne semble plus faible en valeur absolue sur la modalité paille, mais pas en valeur relative où la variabilité est importante. Les autres paillages organiques ne semblent pas avoir d'impact à court terme sur la biomasse.
- Il ne semble pas y avoir d'impact des traitements sur l'alcalinisation du sol (pH eau et pH KCL).

Les analyses de sol montrent donc une augmentation très rapide des teneurs en éléments nutritifs dans le sol avec les apports massifs de compost de déchets verts, et de potassium pour la paille et le foin. Pour autant, la matière organique du compost, si elle augmente la teneur en MO totale mesurée dans le sol, ne semble pas augmenter à court terme l'activité microbienne, ni même la Capacité d'Echange Cationique (CEC), signifiant qu'elle se dégrade et évolue lentement.

L'augmentation de la teneur en sodium, notable sur les modalités compost et foin, doit être surveillée pour voir si la pratique d'apport massif présente un risque de salinisation du sol.

Tableau 3 : Analyses chimiques et biomasse microbienne (AUREA) – septembre 2021 – (CDV : Compost de Déchets Verts ; SN : sol nu) – moyennes de 2 analyses de sol/modalité.

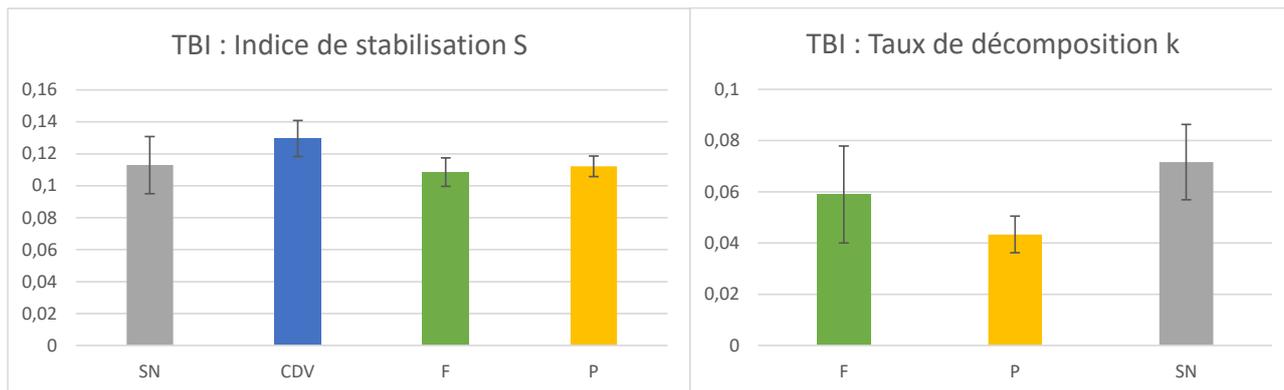
	Modalité	CDV	Foin	Paille	SN	
Analyse chimique*	MO (%)	3,3	2,9	2,6	2,7	
	pH eau	8,5	8,3	8,4	8,4	
	pH KCl	8,2	8	8	8,1	
	CEC Metson (cmol+/100g)	9,5	9,8	9,5	9,3	
	Éléments nutritifs	P2O5 Olsen (g/kg)	0,047	0,035	0,035	0,032
		K2O échangeable (g/kg)	0,790	0,483	0,474	0,364
		MgO échangeable (g/kg)	0,440	0,414	0,384	0,402
		CaO échangeable (g/kg)	12,2	12,3	12,2	12,4
		Na2O échangeable (g/kg)	0,065	0,055	0,029	0,035
	Biomasse Microbienne	BM totale (mgC/kg)	515	497	408	455
BM relative (%C)		2,7	3,0	2,7	3,0	

* Les valeurs indiquées en gras souligné indiquent une tendance claire à la **hausse** ou la **baisse** : les 2 mesures réalisées par modalité donnent des valeurs proches et les différences sont supérieures à l'incertitude de mesure du laboratoire.

3.1.5 Tea Bag Index

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 de cette année ne donnent pas de tendance nette d'impact des différents paillages sur l'évolution de la matière organique des sachets de thés (graphique 4) : le calcul du taux de décomposition k n'a pas été possible pour la modalité compost de déchets verts et il n'y a aucune différence significative entre les 3 autres modalités (écarts-types importants). Il n'y a pas non plus de différence significative d'indice de stabilisation S au seuil de 5%, cet indice est cependant supérieur en tendance pour la modalité compost (p=0,056).



Graphique 4 : Taux de décomposition k et Indices de stabilisation S – Méthodes TBI CDV (Compost), F (foin), P (paille) et SN (Sol Nu)

3.2 Performances culturales :

3.2.1 Croissance de la culture

On observe un développement moins important des courges sur les modalités paille et foin que sur les modalités compost et sol nu au début de la culture, peut être en lien avec une humidité trop importante sous ces paillages (sol noir) et des températures inférieures (tableau 2). A partir de la mi-juillet, les plantes ont progressivement rattrapé leur retard initial et la vigueur des courges est supérieure sur les 3 paillages organiques que sur sol nu à partir du mois d'août.



Vue de la culture le 29 juin, 3 semaines après plantation : les courges sont plus développées sur Compost et sol nu (planche de droite)

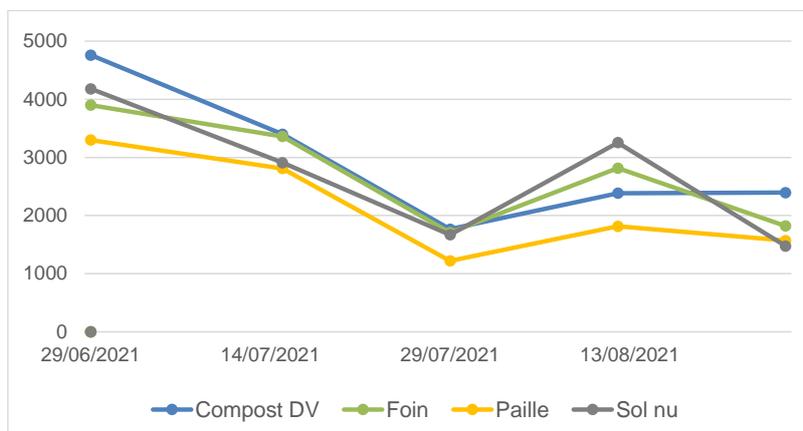


Vue de la culture le 22 juillet : la vigueur est similaire sur les différentes modalités

3.2.2 Azote nitrique du jus pétioleaire

Cette mesure, basée sur la méthodologie PILAzo, reflète le statut de nutrition azotée des plantes. Elle a été réalisée à 5 dates (graphique 5). Les différences sont peu marquées entre les modalités et ne sont pas

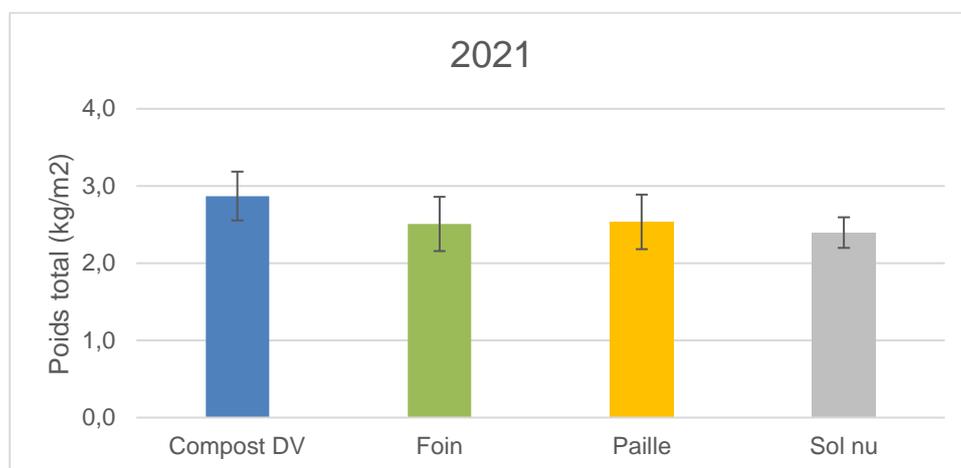
toujours en adéquation avec les mesures des niveaux d'azote nitrique dans le sol, sauf pour la modalité paille, en-dessous des autres à chaque date.



Graphique 5 : Concentration en azote nitrique de la sève pétioleaire des plantes pendant la culture. Moyennes de 2 mesures

3.2.3 Rendement

Le rendement est équivalent sur toutes les modalités de l'essai (graphique 5). On n'a mesuré aucune différence statistiquement significative sur l'ensemble des paramètres mesurés (rendement commercialisable, nombres de fruits, poids moyen, quantité et types de défauts). En tendance, le rendement est légèrement supérieur sur la modalité compost.

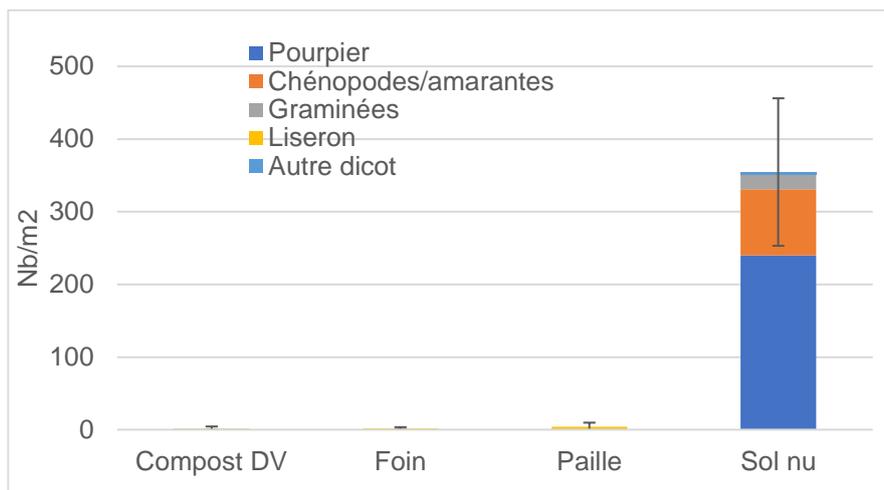


Graphique 6 : Rendement total des courges sur les différentes modalités. Moyennes de 4 placettes de mesure/modalité. Les barres d'erreur représentent l'écart-type

3.3 Gestion des adventices :

Les paillages organiques ont permis de créer une barrière physique efficace contre la levée des adventices, en réduisant de 100% le nombre de plantules 12 jours après plantation. Sur la modalité sol nu, le nombre de plantules s'élève à 350/m². Elles sont essentiellement composées de pourpier (70%), ainsi que d'amarantes, chénopodes et graminées (graphique 7). On n'a quasiment aucune plantule sur les paillages organiques.

Au cours du temps, alors que l'épaisseur de la couche de paillage diminue progressivement, ou sur les zones où il est un peu moins épais, certaines adventices parviennent à se développer. On note la présence éparse de liseron sur les 3 paillages organiques, et quelques « nids » de pourpier dans les zones moins épaisses.



Graphique 7 : Densité d'adventices et répartition par espèces 12 jours après plantation

CONCLUSION :

Utilisés en paillage de cultures d'été en plein champ, les paillages organiques n'ont pas l'effet négatif sur la précocité des cultures que nous avons observé avec des paillages précoces (mars) sous abri en 2018 et 2019. Cette année, un léger retard initial observé sur paille et foin a été rapidement compensé et n'a pas eu d'impact sur le rendement de la courge. Les 3 paillages testés ont permis de tamponner la température du sol, de limiter l'irrigation par rapport à un sol nu et de limiter très efficacement les adventices. A court terme, les effets sur la disponibilité de l'azote ou l'activité biologique du sol (Biomasse microbienne, TBI) ne sont pas très marqués, mais la disponibilité de l'azote semble légèrement augmenter après 2 ans sur les modalités compost et foin de luzerne. Les apports de nutriments réalisés avec les paillages se traduisent par une augmentation nette des teneurs en potassium dans le sol. Avec le compost, à la dose massive effectuée, les teneurs de l'ensemble des nutriments augmentent de façon importante, et doivent conduire à des économies substantielles d'engrais. Le rendement de la courge est équivalent pour l'ensemble des modalités.

L'essai sera reconduit en 2022, avec répétition des mêmes modalités sur les mêmes parcelles élémentaires de façon à conforter ces observations et mesurer un éventuel effet du cumul de pratiques sur plusieurs années.

DIFFUSION :

Articles :

- Résumé de l'essai dans le rapport d'activité 2021 du GRAB
- Diffusion du Compte-rendu sur le site internet www.grab.fr à venir

Visites :

- Visite de l'essai le 8 juillet 2021, lors de la journée Portes Ouvertes de la station du GRAB à Avignon – 50 Participants

Etude réalisée avec le concours financier de la région PACA



ANNEE DE MISE EN PLACE : 2020 - ANNEE DE FIN D'ACTION : 2022

ACTION : nouvelle

en cours

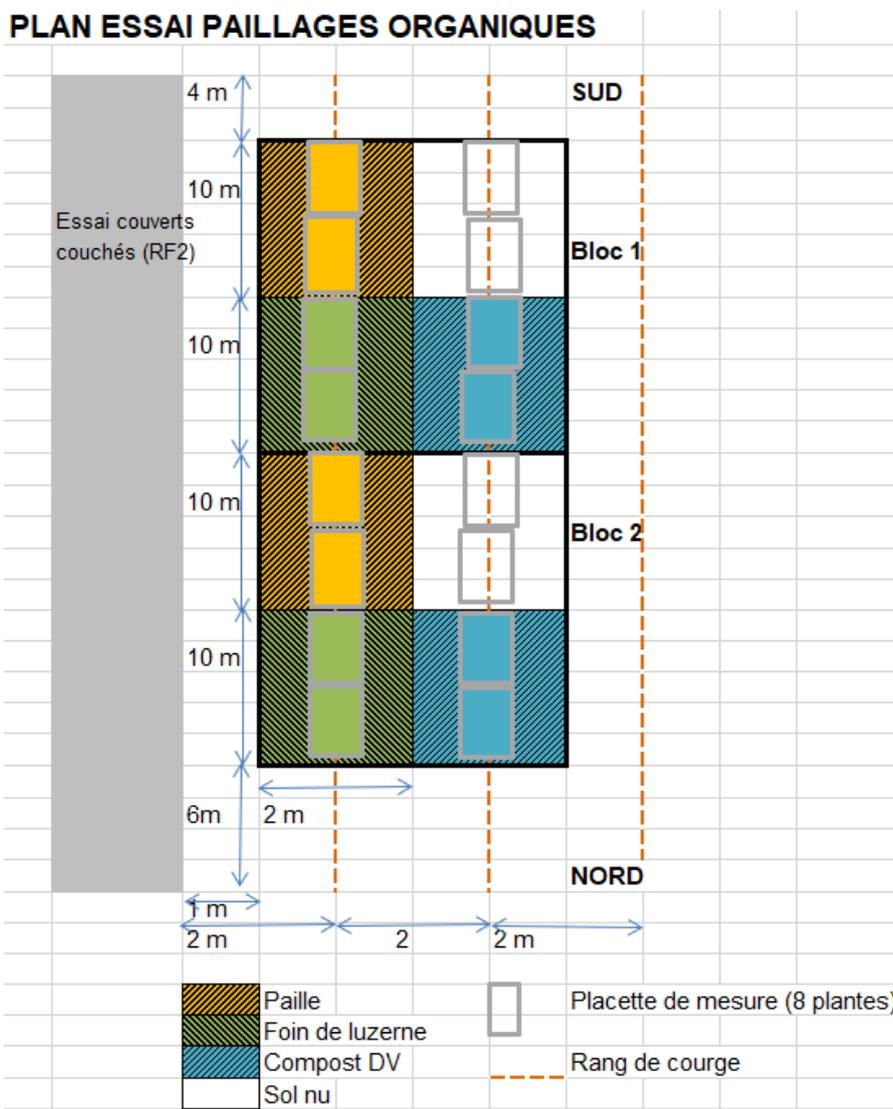
en projet

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 : Maraîchage – Agriculture Biologique - Paillage organique - Foin de luzerne – Compost de déchets verts – Paille

Date de création de cette fiche : juin 2022

Annexe 1 : Plan de l'essai paillages Organiques 2021



Annexe 2 : Suivis tensiomètres à 15, 30 et 45 cm (moyenne de 2 sondes/profondeur) sur chaque modalité

