

Etude de l'effet d'un paillage de foin de luzerne sur culture d'été sous abri

Hélène VEDIE – Abderraouf SASSI – Chloé ROCHAT – Mathilde CHABOT

COPREAU : des COuverts végétaux pour Préserver la Ressource en EAU

1- CONTEXTE ET OBJECTIFS:

Le projet COPREAU vise à mettre au point, évaluer et développer des pratiques innovantes de maîtrise des adventices *via* l'utilisation de couverts végétaux. Le projet porte sur l'étude de plusieurs solutions techniques permettant de protéger la qualité de l'eau en réduisant l'utilisation d'herbicides et d'engrais, notamment azotés. Il repose sur un programme d'expérimentation conduit pendant 3 ans qui permettra de proposer différentes solutions adaptées à la gestion de l'enherbement dans les cultures de légumineuses, qu'il y ait possibilité d'interculture ou non. Une des possibilités en l'absence de période d'interculture, comme c'est souvent le cas sous abri, est d'utiliser un mulch dit « de transfert ». 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. 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, un premier essai a été mis en place pour étudier l'impact d'un mulch de foin de luzerne en culture d'été sous abri.

2- MATERIEL ET METHODES

2.1 Dispositif expérimental :

Site : Tunnel froid (T6) en AB – Station expérimentale du GRAB à Avignon (84)

Sol limono-argileux calcaire profond

Surface de l'essai : 200 m² (8 m x 25 m) = ½ tunnel sud

Dispositif : Essai à 2 modalités en bandes

- **Mulch de foin de luzerne** (80 m²) : foin disposé en couche de 6-8 cm d'épaisseur, 1 rang
- **Paillage Polyéthylène** marron, 1 rang
- + une zone témoin sol nu
- 4 placettes de 10 plantes par modalité + 1 zone de 12 plantes sur sol nu
Voir plan d'essai en fin de document

2.2 Conditions de culture :

- Plantation : 12 Avril 2018
- Culture : association de tomate et concombre 1 plant sur 2 sur le rang – 3 rangs - Densité de 1 plant/m² (0,5 tomate + 0,5 concombre)
- Tomate : Tomate ronde variété Fiorentino (Enza) greffé sur Emperador (RZ). Conduite sur 2 bras.
- Concombre : Long lisse variété Diapason (RZ) greffé sur Flexifort (RZ). Conduite sur 2 bras
- Début récolte : concombre : 21 mai ; tomate : 20 juin
- Fin des récoltes : concombre : 16 juillet (arrachage des plantes le 17) ; tomate : 12 septembre
- Irrigation goutte à goutte (2 rampes/rang de culture) + quelques aspersion en début de culture

Le foin de luzerne a été disposé après travail du sol et avant plantation, en déroulant les balles sur le sol (photo). L'épaisseur n'est pas toujours parfaitement homogène, mais représente environ 25 t/ha (équivalent d'une balle de 200 kg pour 80m² épandus).

Tableau 1 : Caractéristiques du foin de luzerne utilisé (analyse AUREA) :

Elément	%MS	C	N	P	K	Mg	Ca	Na	C/N
Teneur (g/kgMS)	88,6	478,15	28,45	2,015 = 4,62 P ₂ O ₅	17,4 = 20,97 K ₂ O	4,86	16,5	0,14	16,8
Quantité apportée pour 24,5 t/ha			620	44 = 101 P ₂ O ₅	379 = 457 K ₂ O	106	360	3	



Mise en place du foin de luzerne le 10 avril 2018, 2 jours avant plantation.

2.3 Mesures et observations :

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 (voir dispositif de mesures sur le plan d'essai en fin de document)
- **Mesures de l'azote minéral du sol (et plantes)** :
 - * Azote nitrique sur 0-25 cm : échantillons composites de 15 prélèvements par modalité toutes les 3 semaines du 5 avril au 18 septembre. Dosage au nitrachek + mesure du taux d'humidité.
 - * Azote nitrique du jus pétiolaire (indicateur de nutrition azotée): mesures tous les 15 jours sur 12 pétioles de jeunes feuilles adultes/culture prélevés par modalité. Dosage au nitrachek

Suivi des performances des cultures :

- Mesures des rendements en fruits sur 4 placettes de mesures de 10 plantes par modalité : 5 concombres et 5 tomates ou 10 tomates. Rendement total, rendement commercialisable, déchets par catégories (défauts de forme ou de coloration, dégâts de ravageurs...). + mesures sur 5 plants de concombre et 7 plants de tomates sur le sous facteur sol nu
- Mesure de la biomasse totale aérienne des plantes en fin de culture : pesée de 2 plantes entières par placette + teneur en matière sèche sur un échantillon aliquote.

Suivi des adventices :

- Densité adventices par espèces sur le rang et l'inter-rang 18 jours après plantation : 3 placettes de 0,25 m² par modalité
- Appréciation globale de la présence d'adventices pendant la culture

3- RESULTATS :

3.1 Indicateurs sol :

3.1.1 Températures du sol :

Les moyennes journalières des températures de sol à 10 cm de profondeur sont globalement plus élevées sous paillage plastique que sous sol nu ou mulch de foin de luzerne (graphique 1). Le paillage polyéthylène occasionne une température plus élevée de 2 à 3°C pendant le 1^{er} mois de la culture, puis d'environ 1°C pendant la suite de la culture. En été, le foin de luzerne tamponne les températures élevées, et occasionne des températures de 1 à 2 °C plus faibles. L'analyse des valeurs mensuelles des valeurs de température moyenne, minimale et maximale (tableau 1), montre que :

- Entre le sol nu sans paillage et le mulch de foin : La température moyenne est proche, sauf en période chaude (juillet et août) où la température est moins élevée d'1 degré sous le foin. L'effet tampon du foin est néanmoins particulièrement visible, avec des températures minimales qui restent de 1 à 3°C plus élevées, et des maxima de 2 à 3°C moins élevés notamment en période chaude. Sous mulch de foin, la température du sol à 10 cm de profondeur a oscillé entre 14 et 25,5°C, alors qu'elle a oscillé entre 12 et 28°C sous le sol nu.



Graphique 1 : Températures moyennes journalières sol à 10 cm sous les différents paillages

- Entre le paillage plastique et le sol nu : Le paillage plastique permet un réchauffement du sol de 2 à 4 degrés pendant les premières semaines de culture, puis d'environ 1 degré sauf pendant la période la plus chaude où les températures sont identiques.

Globalement, sur la durée des cultures, la température moyenne du sol est donc de 1,2°C moins élevée sous le foin de luzerne que sous le paillage plastique.

Tableau 1 : Valeurs mensuelles des températures sol mini, maxi et moyennes à 10 cm

Mois	Températures moyennes			Températures mini			Températures maxi		
	Mulch	Plastique	Sol nu	Mulch	Plastique	Sol nu	Mulch	Plastique	Sol nu
Avril	21,1	22,3	20,0	14,3	14,4	12,0	25,5	27,3	26,0
Mai	19,5	20,6	19,4	16,3	15,9	13,0	21,6	23,9	24,0
Juin	20,3	21,3	20,2	18,8	19,1	17,0	21,8	23,8	24,0
Juillet	21,9	23,6	23,1	19,7	21,1	20,0	24,3	26,8	28,0
Août	22,5	23,6	23,4	18,9	19,2	17,0	24,9	27,7	28,0
Septembre	20,7	21,5	20,7	19,0	19,6	18,0	22,6	23,8	23,0
Moyenne	21,0	22,2	21,3	14,3	14,4	12,0	25,5	27,7	28,0

3.1.2 Humidité du sol :

Les courbes des valeurs tensiométriques sous les différents traitements et aux différentes profondeurs sont présentées sur le graphique 2. On constate que les tensions entre les différents paillages de sol suivent des évolutions similaires entre le sol nu et le paillage plastique, avec un sol qui est resté très humide tout le long de la culture et sur tous les horizons, et notamment une saturation du sol importante après la plantation pendant 2 à 3 semaines. Sous le mulch de foin le sol, après saturation initiale, s'est asséché progressivement, avec des tensions très élevées à partir de fin juin dans l'horizon de surface, mais également dans les horizons inférieurs.

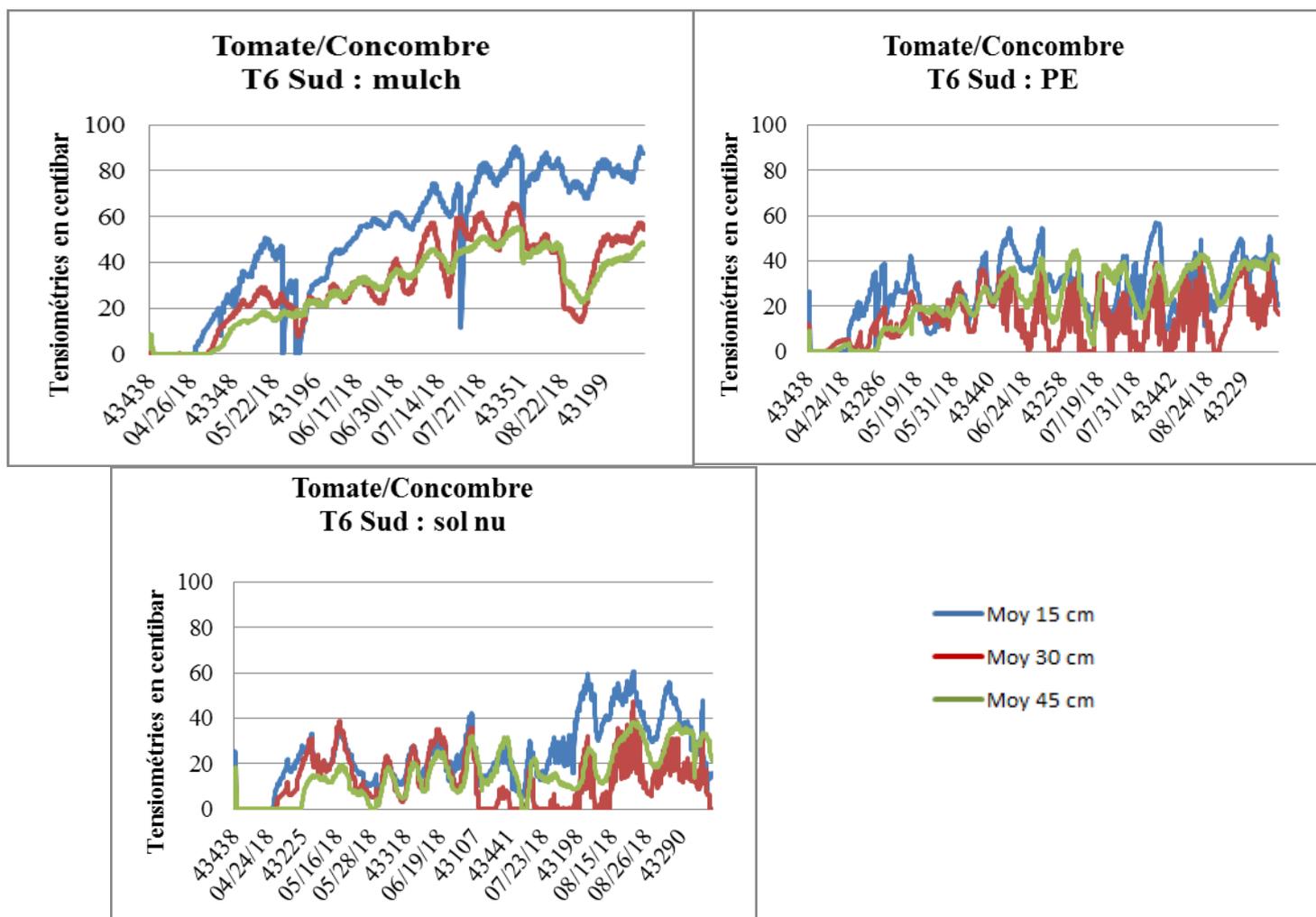
Malgré l'utilisation des sondes watermark pour piloter l'irrigation sous les différents traitements, on constate qu'il y a eu des différences de disponibilité de l'eau selon les traitements. Ainsi, dans le T6, l'irrigation a été restreinte sous le foin de luzerne après une saturation initiale trop importante, mais il est ensuite apparu rapidement que malgré un rétablissement de régimes d'irrigation similaires, le sol s'asséchait davantage que sous paillage plastique.

3.1.3 Mesures de l'azote minéral du sol (et plantes)

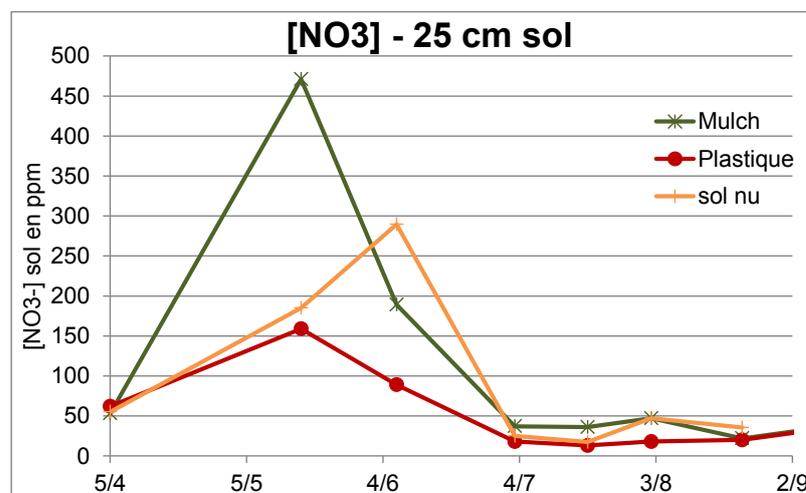
* Azote nitrique sur 0-25 cm

Les mesures d'azote nitrique dans l'horizon supérieur réalisées de façon régulière pendant la culture montrent que la présence de foin de luzerne en surface a occasionné environ 250 unités de nitrates de plus dans le sol à partir de la mi-mai, et que la teneur reste plus élevée jusque début juillet (graphique 3). On observe également un pic de minéralisation sur sol nu début juin, qui n'apparaît pas sur la

modalité paillage plastique. Ces résultats montrent donc que, même laissé en surface, le foin de luzerne a contribué à la fourniture d'azote à relativement court-terme.



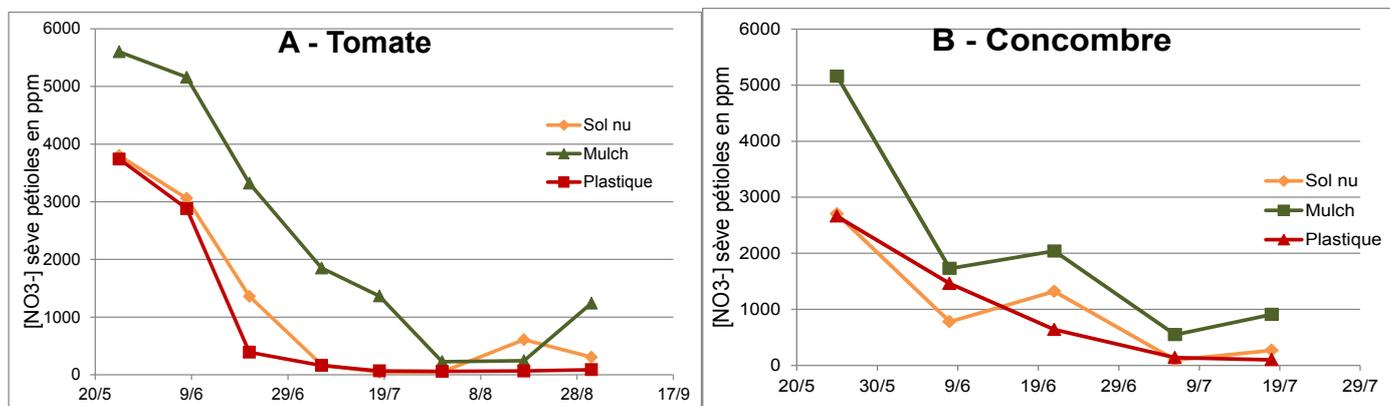
Graphique 2 : Courbes des sondes tensiométriques installées dans les différents tunnels et différentes modalités de l'essai



Graphique 3 : Concentration en azote nitrique (ppm) du sol dans l'horizon 0-25 cm pendant la culture 2018

* Azote nitrique du jus pétioleaire

Cette mesure, basée sur la méthodologie PILAzo, reflète le statut de nutrition azotée des plantes. Le suivi réalisé sur les cultures montre que les tomates étaient significativement plus alimentées en azote sur la modalité Mulch, avec des différences importantes, jusqu'à début août, puis à nouveau fin août (graphique 4A). Les plantes de tomates étaient visiblement plus vigoureuses sur le foin de luzerne à partir de juillet. De même, sur la culture de concombre, la sève des pétioles est plus concentrée en nitrates dans la modalité Mulch. Le foin de luzerne a donc positivement contribué à la nutrition des plantes pendant leur croissance jusqu'à début août, ce qui conforte les résultats d'analyse de nitrates dans le sol. Les teneurs des plantes sont similaires entre la modalité paillage plastique et le sol nu.



Graphique 4 : Concentration en azote nitrique (ppm) de la sève pétioleaire des plantes pendant la culture de tomate (A) et concombre (B)

3.2 Performances culturales :

3.2.1 Croissance de la culture

Dès le début de la culture, les plantes de concombre et de tomates montrent un retard de croissance sur la modalité mulch par rapport au paillage plastique (tableau 2). Pour le concombre, la différence de hauteur de plante est de l'ordre de 40 à 50 cm entre le mulch et le paillage plastique (photo) et se maintient jusqu'à la fin de la culture, le sol nu ayant une hauteur intermédiaire. Pour la tomate, les écarts sont moins marqués, de l'ordre de 20 cm et disparaissent début juillet. Il y a peu d'écart entre le sol nu et le mulch pour cette culture.

Ces différences de croissance peuvent être largement attribuées aux moindres températures sous le foin de luzerne, tout comme sous le sol nu, par rapport au paillage plastique. Le concombre, exigeant en chaleur, a été particulièrement pénalisé par des températures plus faibles, mais sans doute également par l'excès d'eau marqué sous le foin au début de la culture.



Retard de croissance des concombres sur mulch de transfert (à droite) par rapport au paillage plastique (à gauche)

Tableau 2 : Evolution de la hauteur des plantes sur chaque modalité

Dates	TOMATE			CONCOMBRE		
	plastique	Sol nu	mulch	plastique	Sol nu	mulch
29-mai	125	125	112	170	150	130
8-juin	150	140	140	220	200	170
21-juin	200	170	170	275	230	235
6-juillet	235	220	230			
18-juillet	250	245	250			

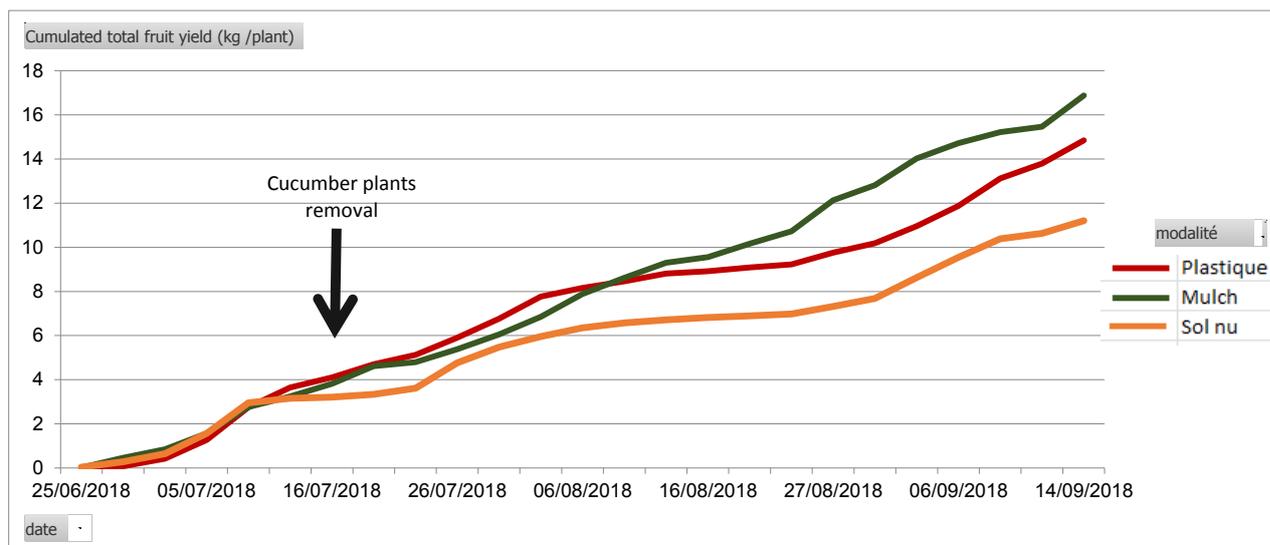
3.2.2 Rendement des cultures

* Rendement de la culture de tomate

L'analyse des courbes du rendement total cumulé en fruits sur les différents traitements (graphique 5) montre les évolutions suivantes au cours du temps :

- Jusqu'au 16 juillet, le rendement est équivalent sur toutes les modalités
- La production diminue ensuite sur le sol nu, avec une différence de 1 puis de 2 kg/plante avec le paillage plastique à partir de début août.
- Les rendements sont équivalents entre le paillage plastique et le foin jusqu'à la mi-août puis la modalité foin devient progressivement plus productive.

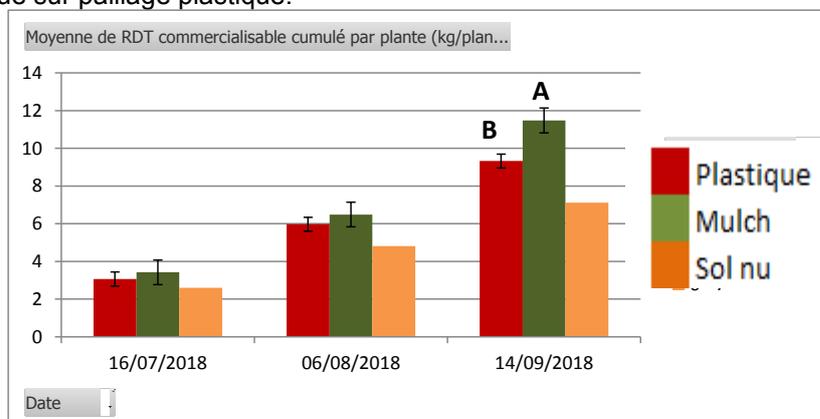
Sur la durée de la culture, la tomate a produit 10,6 ; 13,8 et 15,5 kg/plante sur les modalités « Sol nu », « paillage plastique » et « Mulch de foin de luzerne » respectivement. La différence est significative entre le mulch et le plastique ($p=0,029$)



Graphique 5 : Rendement total cumulé des fruits de tomates sur la totalité de la période de récolte

Les rendements commercialisables cumulés peuvent être analysés à 3 dates, correspondant au rendement jusqu'à arrachage de la culture de concomre (16 juillet), soit 3 semaines de récoltes ; 3 semaines après (6 août) ; et au rendement total (12 septembre) (graphique 6). Les évolutions sont identiques entre modalités à celle des rendements totaux.

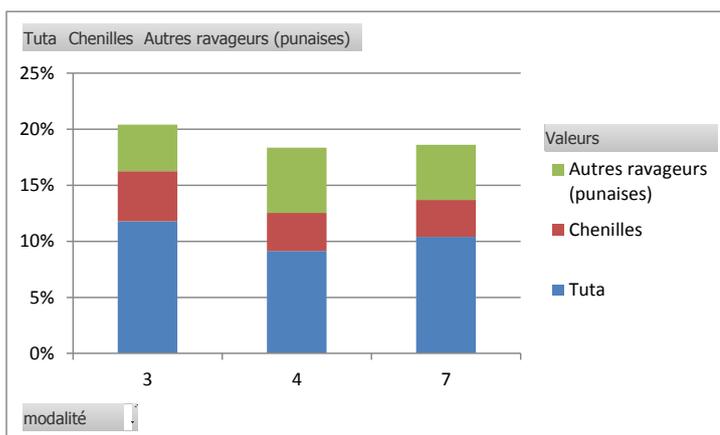
Globalement, les tomates ont produit un rendement commercialisable de 9,3 kg/plante, 11,5 et 7,1 pour les modalités « paillage plastique », « Mulch de foin de luzerne » et « Sol nu » respectivement. L'impact du mulch est significatif sur le rendement de la tomate ($p=0,014$) et permet de produire environ 2 kg de tomates de plus que sur paillage plastique.



Graphique 6 : Rendement commercialisable cumulé de la tomate à 3 (16/7) et 6 (6/8) semaines de récolte et sur la durée de la culture (12/9) sur les 3 traitements

Le déclassement des tomates, qui représente environ 1/3 de la production, est en grande partie lié à des dégâts de ravageurs (20%). Il n'y a pas de différence de pourcentage de déchets totaux entre modalités,

mais il y a significativement plus d'attaques de tuta absoluta sur fruits sur la modalité « plastique » que sur la modalité « mulch », avec 11,8% et 9,1% respectivement (graphique 7).



Graphique 7 : Pourcentage de dégâts liés aux ravageurs sur fruits de tomates

* Rendement de la culture de concombre

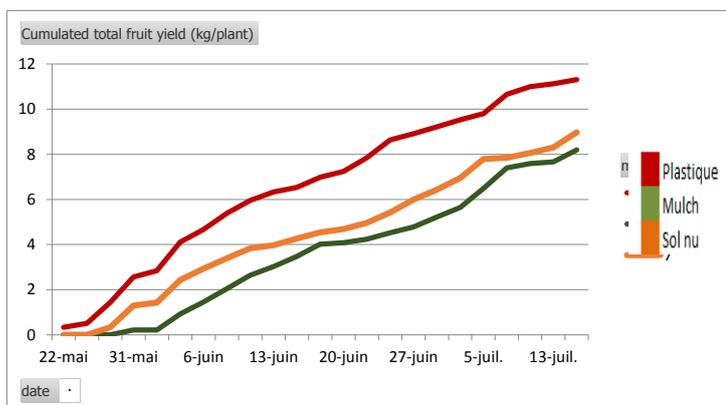
L'observation des courbes de rendement total cumulé du concombre sur les 3 modalités (graphique 8) montre que :

- Les concombres commencent à produire 6 jours après le paillage plastique sur le sol nu, et 10 jours après sur le mulch. La différence de rendement est alors de 2,5 kg/plante environ.
- Les courbes suivent ensuite une pente similaire, ce qui signifie que la récolte hebdomadaire est la même dans tous les traitements

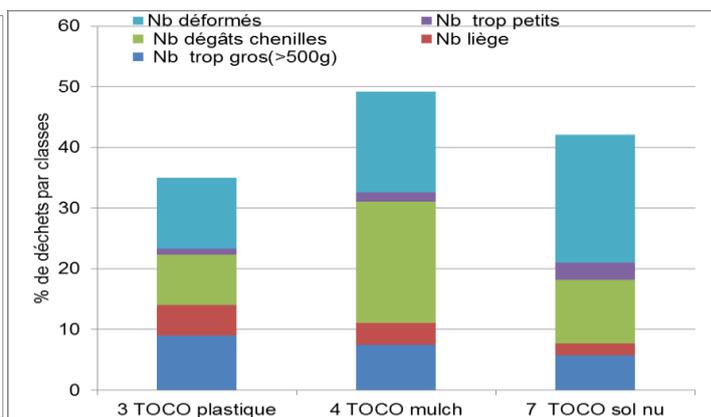
Pour la culture précoce et courte qu'est le concombre comparativement à la tomate, l'impact du mulch de foin de luzerne s'est donc avéré négatif sur le rendement, comme il l'était sur la croissance. L'effet résulte à la fois de la différence de température entre le paillage plastique et le paillage organique (voir 3.1.1) et également d'une humidité excessive sous le foin les semaines qui ont suivi la plantation (voir 3.1.2). Globalement, le rendement du concombre est de 11,3 kg/plante dans la modalité Plastique contre 9,0 sur sol nu et 8,2 dans la modalité Mulch. La différence est statistiquement significative ($p=0,018$).

Le déclassement des concombres représente 30 à 50% de la production et est principalement dû à des problèmes de calibre ou de déformations (graphique 9).

Les dégâts sur fruits liés aux ravageurs sont essentiellement ceux de chenilles ayant « brouté » l'épiderme. Le foin de luzerne a occasionné plus de dégâts de chenilles que les autres modalités, avec 19,4% de fruits broutés sur mulch, contre 8,4% sur paillage plastique ($p=0,029$).



Graphique 8 : Rendement total cumulé de concombres

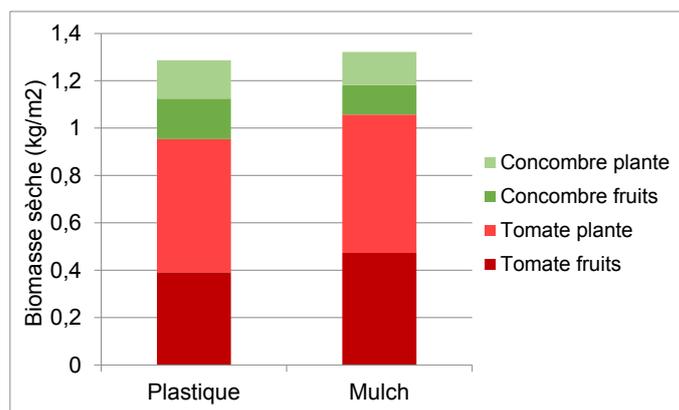


Graphique 9 : Répartition de la nature du déclassement sur les 4 systèmes avec concombre

3.2.3 Productivité globale des systèmes

Sur les cultures de l'été 2018, il n'y a pas de différence de productivité totale (fruits+plantes) entre les modalités, celle-ci étant de 1,32 kgMS/m² sur foin de luzerne et 1,29 kgMS/m² sur paillage plastique (graphique 10).

La moindre productivité des concombres cultivés sur mulch est compensée par une production de biomasse sèche plus importante des tomates. Dans l'association de cultures, la biomasse sèche des concombres représente 20% de la biomasse totale produite dans la modalité « mulch » et 25,9% dans la modalité « plastique ».



Graphique 10 : Production de biomasse sèche totale (fruits+ plantes) en kg/m²

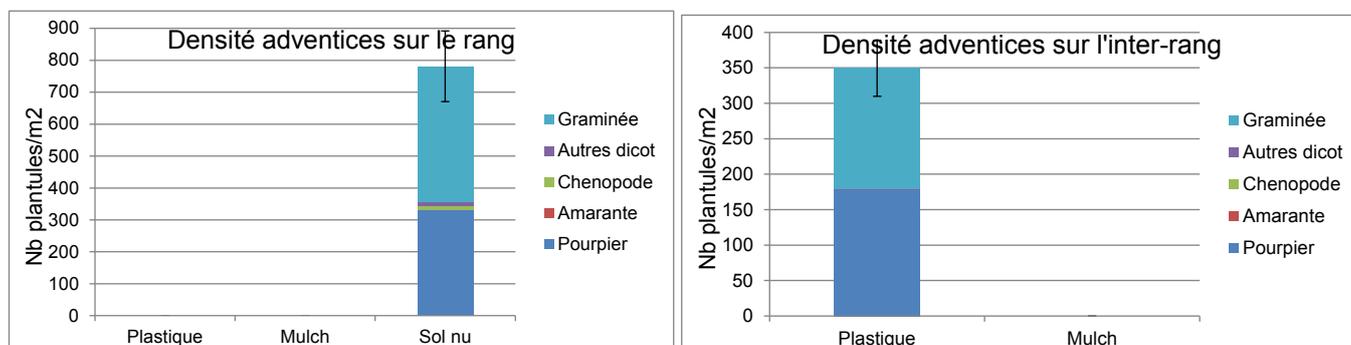
3.3 Gestion des adventices :

Le mulch permet de créer une barrière physique efficace contre la levée des adventices, à la fois sur le rang et l'inter-rang : le 30 avril, 18 jours après plantation il n'y a aucune plantule, alors que la densité sur sol nu est de 781 plantules/m² sur le rang et 349 dans l'inter-rang. Le paillage plastique permet de contrôler les adventices sur le rang, mais l'inter-rang étant nu, les adventices s'y développent.

Néanmoins, au cours du temps, alors que l'épaisseur de la couche de foin diminue progressivement, certaines adventices se développent et passent au travers. Il s'agit essentiellement de graminées (*setaria adhaerens*), qui se développent sur les bords de tunnel (photo).



Présence de setaria adhaerens dans le mulch – 11 mai



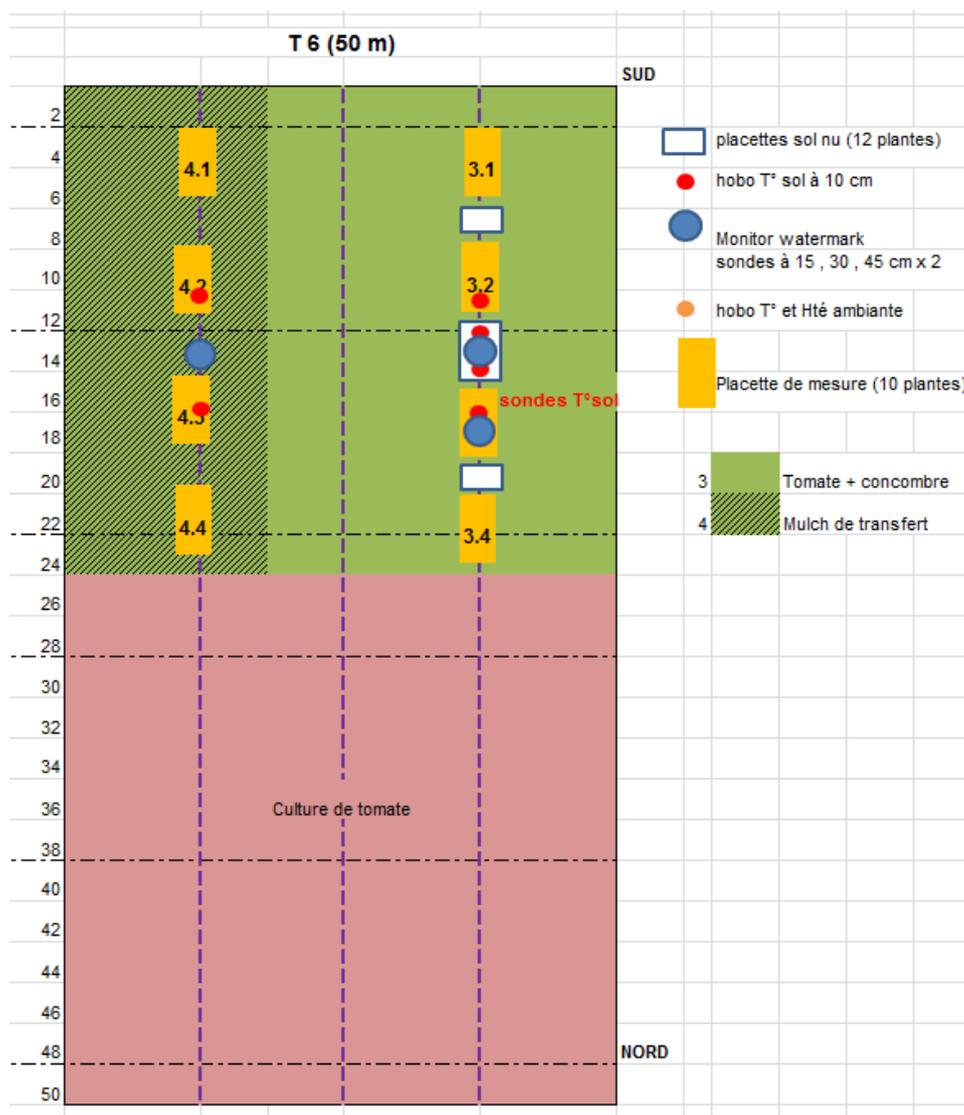
Graphique 11 : Densité d'adventices par espèces sur le rang et l'inter-rang 18 jours après plantation

CONCLUSION :

Les résultats de la première année d'essai ont donné des résultats significatifs des avantages et inconvénients potentiels de l'utilisation de foin de luzerne comparativement à un paillage plastique ou au sol nu.

Le foin de luzerne, est à l'origine d'un décalage de production lié à un réchauffement de sol plus lent qui pénalise les cultures précoces comme le concombre. Il a également favorisé les dégâts de chenilles sur cette culture. A l'inverse, il a augmenté le rendement total de la tomate en contribuant positivement à sa nutrition azotée à partir de la mi-mai, et le rendement commercialisable en diminuant les dégâts de tuta absoluta sur fruits. Le foin de luzerne a également permis de maîtriser totalement les adventices. La poursuite du dispositif l'an prochain avec évaluation de 2 années consécutives d'utilisation du foin de luzerne permettra de renforcer les résultats sur cette technique.

Plan de l'essai mulch de foin 2018



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 : Maraîchage – Agriculture Biologique - Tunnel - Mulch organique - Foin de luzerne

Date de création de cette fiche : juin 2019