

DOSSIER SPECIAL MBI n°99

Vers un système de production de légumes bio plus écologique sous serre : résultats 2018 de l'essai du GRAB dans le projet GREENRESILIENT

Hélène VEDIE- Jérôme LAMBION

Le projet transnational CORE Organic Cofund GREENRESILIENT, qui vise à démontrer le potentiel et la faisabilité d'une approche agro écologique de la production biologique sous serre, a démarré en avril 2018 pour 3 ans. Le projet rassemble 12 partenaires issus de 8 pays européens. La conception de systèmes agroécologiques adaptés à la production de légumes bio sous serre répond à un enjeu important de réduction de l'impact de ces systèmes sur l'environnement. Ces systèmes, conçus pour être résilients en favorisant la biodiversité aérienne et tellurique, peuvent également contribuer à une plus grande autonomie des producteurs vis-à-vis des intrants extérieurs, tout en étant productifs et économiquement viables.

Le système innovant à l'étude au GRAB

L'essai est mis en place sur la station expérimentale du GRAB dans 2 tunnels et vise à comparer un système « classique » à un système innovant, où 3 leviers principaux sont mobilisés :

- L'utilisation de bandes fleuries en bord de tunnel pour favoriser la biodiversité fonctionnelle, en hébergeant les auxiliaires des cultures. Cette technique vise à limiter les traitements phytosanitaires et l'introduction d'auxiliaires exogènes.
- La complexification du système de culture en cultivant plusieurs espèces de façon simultanée : mélange de 2 espèces en été (tomate+concombre en 2018) et de plusieurs légumes feuilles en automne/hiver. Ce levier doit réduire la sensibilité du système de culture aux problèmes de pathogènes aériens et telluriques.
- L'utilisation de « mulch de transfert », matière organique végétale épandue en couche de plusieurs centimètres sur le sol. Cette technique vise à limiter le développement des adventices en alternative au paillage plastique, à stimuler l'activité biologique du sol et à contribuer à la nutrition des cultures, tout en réduisant le recours aux engrais extérieurs.



❖ **Dispositif expérimental** : Essai à 2 facteurs croisés et un sous-facteur : 6 modalités

Facteur 1 : Bande fleurie (BF ou FS : flower strip), 2 modalités :

- ⇒ 1. Bandes fleuries sur les 2 bordures de tunnel : tunnel 5
- ⇒ 2. Témoin Pas de bandes fleuries : tunnel 6

Facteur 2 : Association de cultures (ASSO ou MC : mixed crop), 2 modalités

- ⇒ 1. Association tomate – concombre 1 plant sur 2 sur la ligne de plantation (1/2 tunnel dans chaque tunnel)
- ⇒ 2. Témoin : monoculture tomate (1/2 tunnel dans chaque tunnel)

Sous-Facteur : Mulch de transfert en paillage de surface (TM : transfert mulch), 2 modalités

- ⇒ 1. Mulch de transfert : foin de luzerne à 25t/ha (environ 6 cm épaisseur) disposé après travail du sol et avant plantation
- ⇒ 2. Témoin : paillage plastique

Le sous facteur n'est étudié que sur l'association de cultures, un rang dans chaque tunnel.

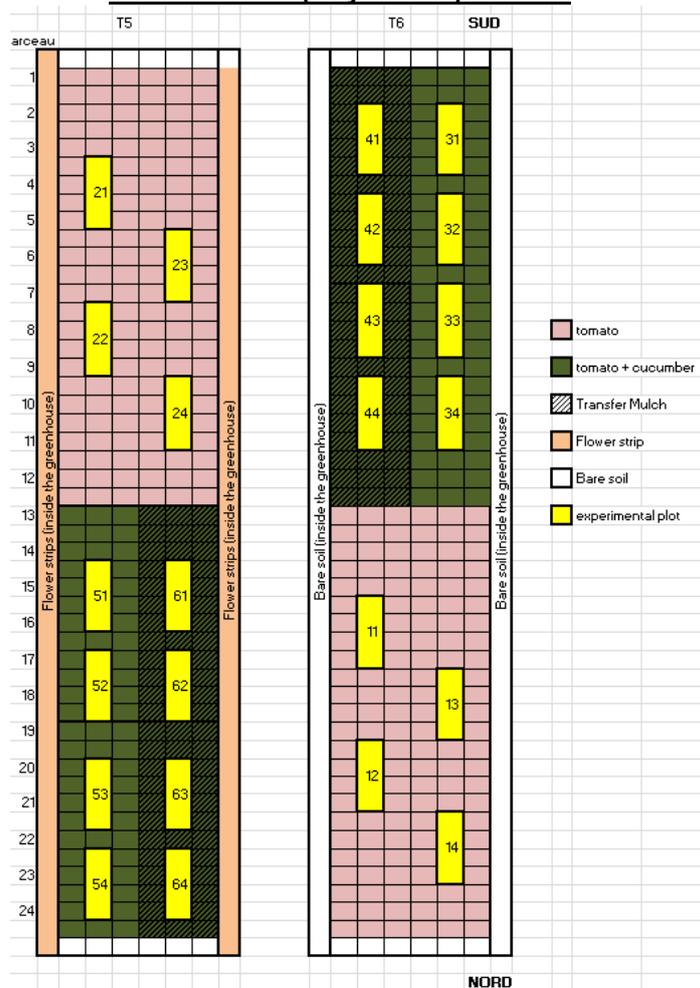
L'essai est conçu de façon à pouvoir étudier l'impact de chaque levier utilisé selon un dispositif où les leviers sont utilisés de façon additive (voir plan A), mais c'est surtout l'effet du système innovant le plus complexe (INN), qui combine les 3 leviers, qui sera comparé au système de référence (BAU) sans aucun levier.

Pour les mesures agronomiques, le dispositif d'analyse est simplifié de façon à avoir un dispositif à 3 traitements et 4 répétitions en blocs. On fait l'hypothèse pour cette analyse que la bande fleurie influence les résultats aériens (présence de maladies et ravageurs) mais n'influe pas sur les résultats des mesures sol et la productivité globale de la culture (hors dégâts sur récoltes). Les 3 traitements sont alors PU (culture pure = tomate en 2018), ASSO (culture associée = tomate + concombre en 2018) et ASSOMulch (culture associée + mulch de transfert).

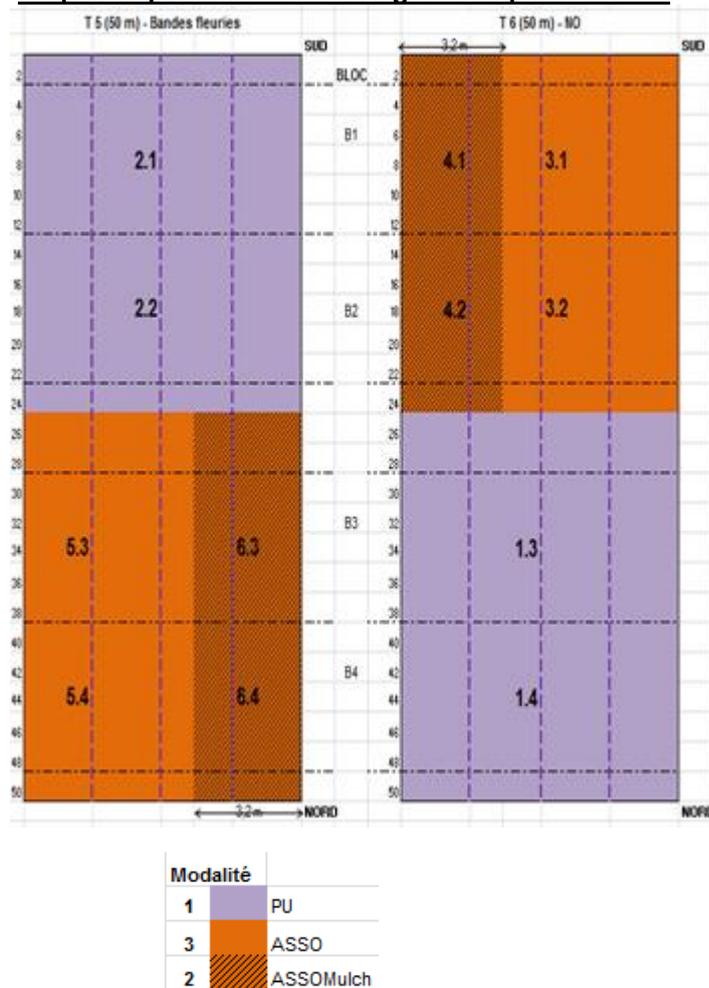
Combinaisons des leviers pour les 6 systèmes étudiés :

| | Système | Bande Fleurie (BF/FS) | Association de cultures (ASSO/MC) | Mulch de transfert (MT/TM) |
|-------|---------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| BAU = | 1 | | | |
| | 2 | X | | |
| | 3 | | X | |
| | 4 | | X | X |
| | 5 | X | X | |
| INN = | 6 | X | X | X |

Plan de l'essai (6 systèmes) : Plan A



Dispositif pour les données agronomiques : Plan B



❖ Mesures réalisées

Suivi Sol

- Mesure de la température du sol (hobo) à 10 cm de profondeur et de l'humidité du sol (tensiomètres) à 15, 30 et 45 cm de profondeur

- Mesures de l'azote nitrique, sol et plantes :

* Azote nitrique sur 0-25 cm : échantillons composites de 15 prélèvements par quart de tunnel toutes les 3 semaines du 5 avril au 18 septembre. Dosage au nitrachek + mesure du taux d'humidité.

* Azote nitrique du jus pétioleaire (indicateur de nutrition azotée) : mesures tous les 15 jours sur 12 pétioles de jeunes feuilles adultes/culture prélevés par quart de tunnel. Dosage au nitrachek

Performances culturales

- 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

- Mesure de la biomasse sèche totale produite (fruits + plantes en fin de culture)

- Dosage des éléments N (et P et K) sur fruits et parties aériennes – analyse de laboratoire (AUREA)

- Calcul et analyse de tous les intrants azotés (amendements, engrais, mulch de transfert...)

Suivi des maladies et ravageurs sur la culture

* Suivi des ravageurs

Le comptage est effectué sur 5 bras par placette et sur 5 feuilles par bras. Pour chaque espèce de ravageur, une classe d'intensité de présence de 0 à 5 est attribuée à chaque feuille.

| Classe | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|-------|-----|------|-------|--------|------|
| Nombre d'insectes | Aucun | 1-3 | 4-10 | 11-30 | 31-100 | >100 |

*Suivi des maladies

Le suivi des maladies telles que l'oïdium, le mildiou ou la cladosporiose est réalisé par une estimation de la surface d'un bras entier de la plante touchée par les maladies. Pour chaque placette, 10 bras de concombre et 10 bras de tomates sont observés, et une classe d'intensité est attribuée à chaque bras

| Classe | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------------------|--------|-------|--------|--------|------------|
| Surface touchée (%) | Pas de symptômes | Traces | 2-10% | 10-20% | 20-30% | Plus de 30 |

Biodiversité aérienne et des arthropodes du sol :

Biodiversité aérienne : pose de bols jaunes à 1 m de hauteur (4 par modalité) du 25/05 au 03/09

Biodiversité du sol : pose de pièges Barber (4 par modalité) du 05/06 au 28/08

Les bols jaunes et pièges sont remplis toutes les 2 semaines avec une solution savonneuse salée et relevés après une semaine.

❖ Conditions de culture en été 2018

- Plantation : 12 Avril 2018
- Tomate : Tomate ronde variété Fiorentino (Enza) greffé sur Emperador (RZ). 1 plant/m². Conduite sur 2 bras - 3 rangs
- Concombre : Long lisse variété Diapason (RZ) greffé sur Flexifort (RZ). Densité de 1plant/m² au total (0,5 tomate + 0,5 concombre). Conduite sur 2 bras - 3 rangs
- Début récolte : concombre : 21 mai ; tomate : 20 juin
- Fin des récoltes : concombre : 16 juillet (arrachage des plantes le 17) ; tomate : 12 septembre
- Paillage PE sur le rang de culture – Irrigation goutte à goutte (2 rampes/rang de culture) + quelques aspersions en début de culture
- Fertilisation : avant plantation 5t/ha d'amendement organique (Humicoop 13) + 2,9 t/ha d'engrais organique correspondant à 230 unités N/ha. 2 apports de vinasses par ferti-irrigation fin juillet et début août, correspondant à 2x20 unités N/ha, sauf sur les modalités avec foin de luzerne.

Impacts des systèmes sur les performances agronomiques

❖ Plus frais et plus humide sous le foin

La température moyenne est inférieure de 1,2 degrés sous le mulch de foin de luzerne par rapport au paillage polyéthylène sur la durée de la culture (tableau 1). L'effet tampon du foin est particulièrement visible sur les températures maximales qui restent de 2 à 3°C moins élevés.

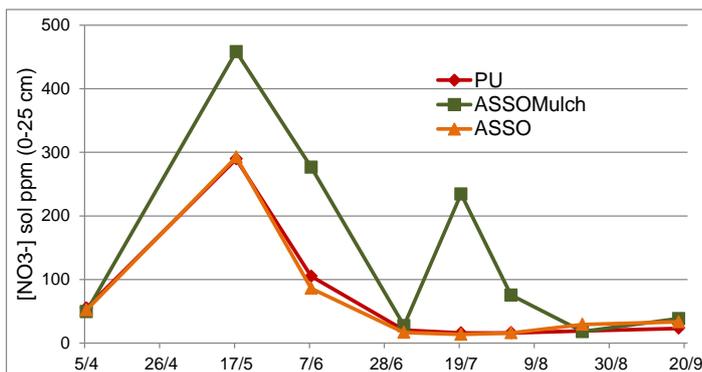
Tableau 1 : Valeurs mensuelles des températures sol mini, maxi et moyennes à 10 cm

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

Malgré l'utilisation des sondes Watermark pour piloter l'irrigation sous les différents traitements, il y a eu des différences de disponibilité de l'eau selon les traitements (résultats non montrés). Ainsi, dans le T6 (sans bande fleurie), le sol 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. La saturation était particulièrement marquée en début de culture sous le foin de luzerne. Entre les 2 tunnels, on note une différence de disponibilité en eau, avec une offre globalement beaucoup plus importante dans le T6 que dans le T5. Il y a également une différence importante entre le Nord et le Sud des tunnels qui provient probablement de la compétition avec une haute haie de cyprès situés au nord des tunnels.

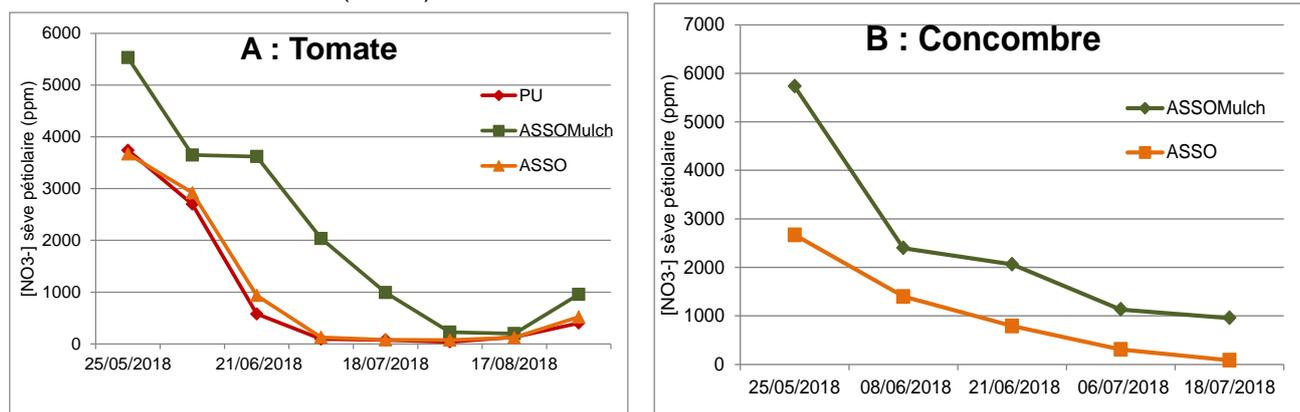
❖ Le foin de luzerne améliore la disponibilité de l'azote minéral

Les mesures d'azote nitrique dans l'horizon supérieur du sol pendant la culture de tomate révèlent des différences entre le traitement « ASSOMulch » et les traitements PU et ASSO. Les mesures montrent que la présence de foin de luzerne en surface a occasionné environ 200 unités de nitrates de plus dans le sol à partir de la mi-mai, et que la teneur reste plus élevée jusqu'à la mi-août environ (graphique 1). Il n'y a aucune différence entre les traitements PU et ASSO. 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 1 : Concentration en azote nitrique (ppm) du sol dans l'horizon 0-25 cm pendant la culture de

La mesure de l'azote nitrique du jus pétioleaire, 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 ASSOMulch, avec des différences importantes, jusqu'à début août (graphique 2A). 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 ASSOMulch (graphique 2B). 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. Il n'y a par contre pas de différence de nutrition des tomates entre les modalités où elles sont cultivées seules (PU) et celles où elles sont associées au concombre (ASSO).



Graphique 2 : Concentration en azote nitrique (ppm) de la sève pétioleaire des plantes pendant la culture de tomate (A) et concombre (B)

❖ Plus de tomates mais moins de concombres avec le foin

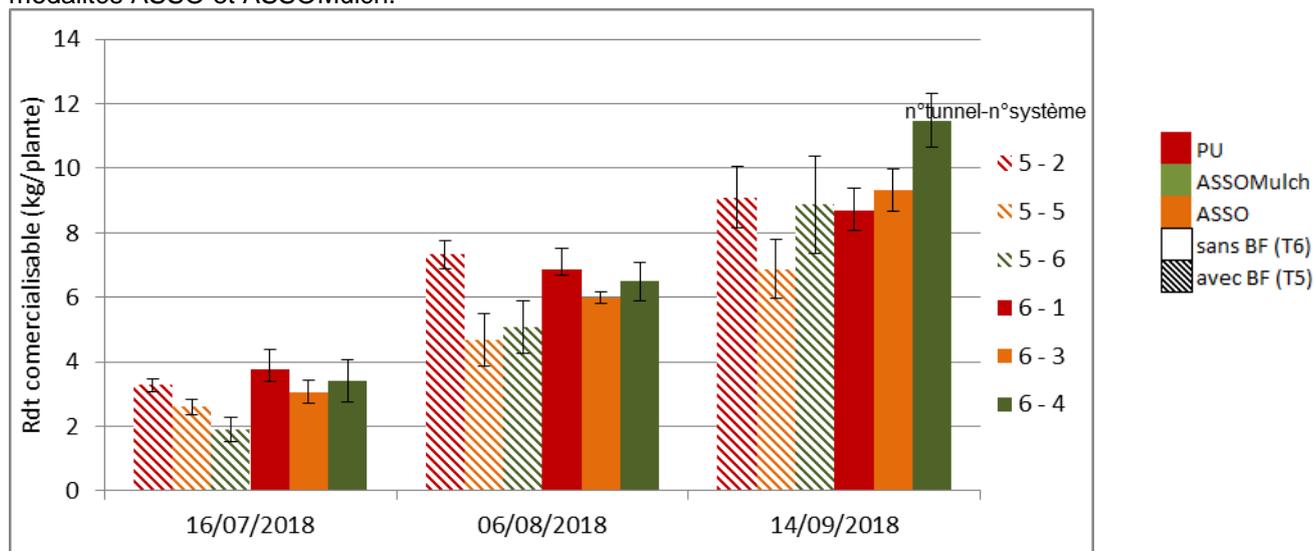
* Rendement de la culture de tomate

Sur la durée de la culture, la tomate a produit au total 12,6 ; 13,1 et 15 kg/plante sur les modalités PU, ASSO et ASSOMulch respectivement. Ces différences ne sont néanmoins pas significatives ($p=0,07$).

Les rendements commercialisables cumulés peuvent être analysés à 3 dates, correspondant au rendement jusqu'à arrachage de la culture de concombre (16 juillet), soient 3 semaines de récoltes ; 3 semaines après (6 août) ; et au rendement total (12 septembre) (graphique 3).

- Jusqu'au 16 juillet, le rendement de la tomate est similaire en culture pure (systèmes 1, « PU », et 2, « PU-BF ») et en culture associée (systèmes 3 à 6)
- Le 6 août, 3 semaines après l'arrachage des concombres, le rendement de la tomate est significativement plus élevé en culture pure, ce qui peut refléter un impact négatif de l'association sur les premiers stades de la culture. On note également une plus faible productivité des systèmes associés (ASSO et ASSOMulch) dans le tunnel avec bande fleurie (T5)
- Sur le rendement commercialisable total de la culture au 12 septembre, on constate à nouveau la forte différence des systèmes associés entre les 2 tunnels alors qu'elle n'est pas visible sur la tomate cultivée seule (PU). Cette différence est probablement liée au fait que les systèmes associés sont positionnés au nord dans le tunnel 5 et au sud dans le tunnel 6. Les tomates ont pu souffrir de manque d'eau dans le nord du tunnel 5, comme c'était visible sur le rendement total.

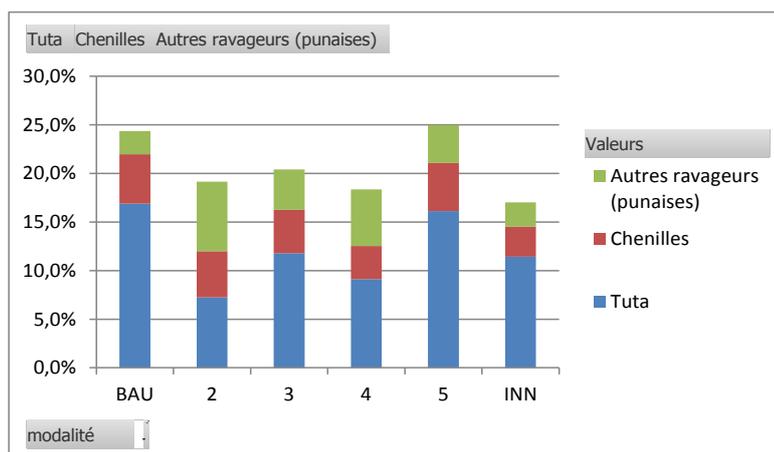
Globalement, les tomates ont produit un rendement commercialisable de 8,9 kg/plante, 8,1 et 10,2 pour les modalités PU, ASSO et ASSOMulch respectivement. L'impact du mulch est significatif sur le rendement de la tomate ($p=0,028$) et permet donc de produire environ 2 kg de tomates de plus lorsque l'on compare les modalités ASSO et ASSOMulch.



Graphique 3 : 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 6 systèmes – Les barres d'erreur représentent l'écart-type

Le déclassement des tomates, qui représente environ 1/3 de la production, est lié pour 80% à des dégâts de ravageurs, et notamment de *Tuta absoluta* (graphique 4).

Le mulch est le seul facteur pouvant expliquer les différences de proportions de dégâts de *Tuta absoluta* observées sur fruits entre les systèmes. En comparant ASSO et ASSOMulch dans chaque tunnel (comparaison des systèmes 3 et 4 ; 5 et 6) la différence est significative [$p=0,006$, test de Wilcoxon sur échantillons appariés].



Graphique 4 : Pourcentage de dégâts des 3 principaux ravageurs sur les 6 systèmes de l'essai

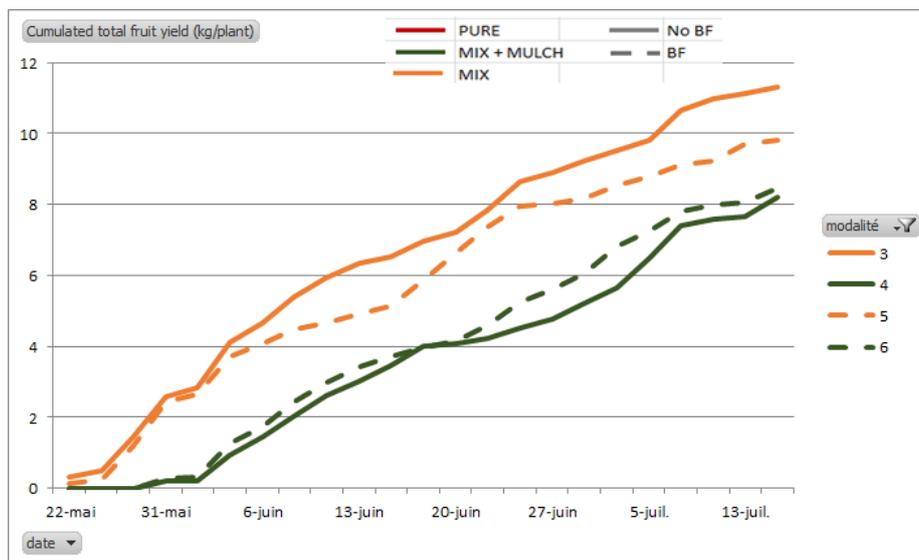
* Rendement de la culture de concombre

L'observation des courbes de rendement total cumulé du concombre sur les 4 systèmes associés (graphique 5) montre que les concombres sur les modalités « mulch » commencent à produire environ 10 jours après les modalités sur plastique, 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. On n'observe pas sur le concombre la différence de productivité entre les 2 tunnels observée sur la tomate. Il n'a donc a priori pas souffert du manque d'eau.

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. L'effet résulte à la fois de la différence de température entre le paillage plastique et le paillage organique et d'une humidité excessive sous le foin les semaines qui ont suivi la plantation. Globalement, le rendement du concombre est de 11 kg/plante dans la modalité ASSO, contre 8,5 dans la modalité ASSOMulch. La différence est statistiquement significative.

Le déclassement des concombres représente globalement environ 1/3 de la production, comme pour la tomate, et est principalement dû à des problèmes de calibre ou de déformations. Le rendement commercialisable est significativement plus important sur plastique que sur mulch, avec 7,2 et 4,9 kg/plante respectivement.

Les dégâts sur fruits liés aux ravageurs sont essentiellement ceux de chenilles ayant « brouté » l'épiderme. Sur le pourcentage de fruits touchés par les chenilles, on observe des effets significatifs des facteurs : Bande fleurie : Moins de dégâts dans le tunnel bande fleurie (6,8%) que dans le tunnel sans (13%) [p=0,013 test de Wilcoxon] et Mulch : Plus de dégâts sur mulch (14%) que sur plastique (6,7%) [p=0,006 test de Wilcoxon].



Graphique 5 : Rendement total cumulé de concombres

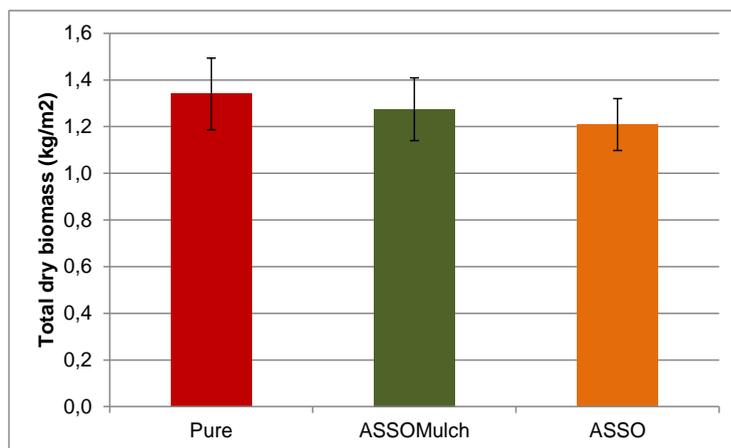
* Productivité des systèmes

Sur les cultures de l'été 2018, il n'y a pas de différence de productivité totale (fruits+plantes) entre les systèmes, celle-ci étant de 1,34 ; 1,27 et 1,21 kgMS/m² pour les modalités PU, ASSOMulch et ASSO respectivement (graphique 6).

La moindre productivité des concombres cultivés sur mulch est compensée par une production de biomasse sèche plus importante des tomates.

Les plantes de tomates en fin de culture sont significativement plus développées sur les modalités associées (8,3 et 9,8 kg/plante) que dans la culture pure (5,3 kg/plante). La différence résulte sans doute du plus grand espace dont ont bénéficié les tomates après arrachage des concombres adjacents mi-juillet.

Dans l'association de cultures, la biomasse sèche des concombres représente 20 à 27% de la biomasse totale produite.



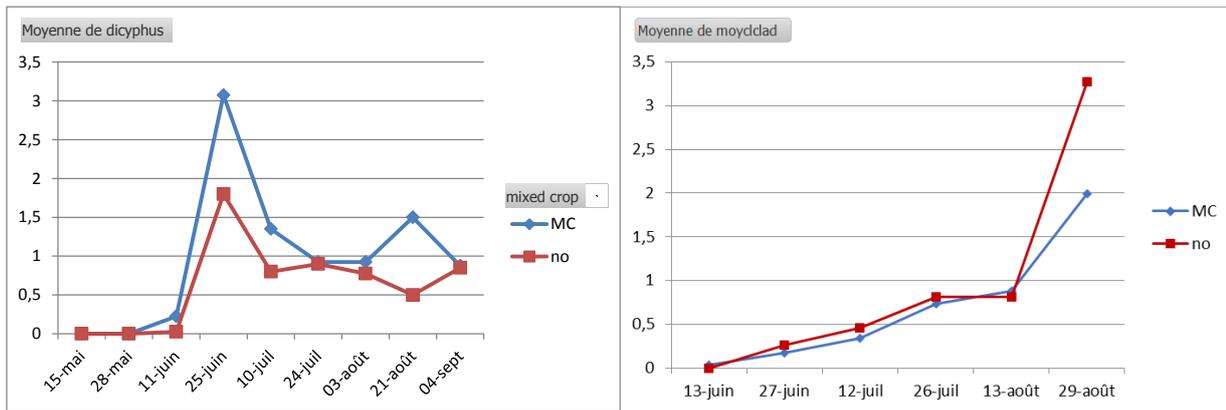
Graphique 6 : Production de biomasse sèche totale (fruits+ plantes) en kg/m² pour les différentes modalités. La barre d'erreur représente l'écart-type

Impacts des systèmes sur les maladies et ravageurs

❖ Plus de *Dicyphus* et moins de cladosporiose sur tomates associées

Le principal ravageur observé sur la culture est *Tuta absoluta*. Les dégâts sur feuilles sont faibles jusqu'au 10 juillet et augmentent ensuite rapidement. Parallèlement, les effectifs de *Dicyphus*, principal auxiliaire endogène observé, sont faibles jusqu'au 10 juin, puis atteignent environ 2 individus/plante. En considérant la moyenne des effectifs sur les dates, aucun des 3 facteurs étudiés n'a d'impact sur le nombre de mines de tuta par plante, mais le facteur « association de culture » (MC) a un effet significatif sur les populations de *Dicyphus* (graphique 7).

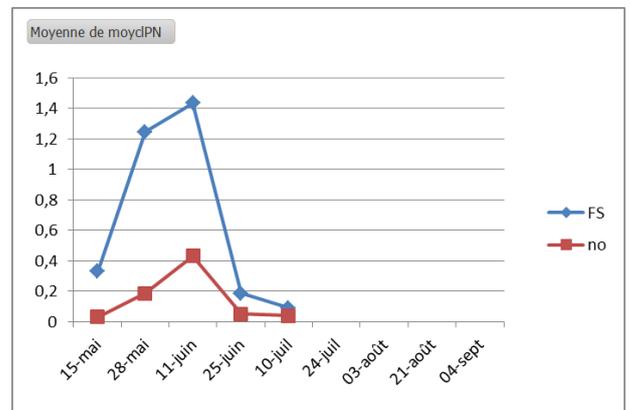
La principale maladie rencontrée dans la culture est la cladosporiose, qui augmente rapidement à partir de la mi-août. En considérant la moyenne des dates, il apparaît que le facteur bande fleurie a un impact positif sur l'attaque de cladosporiose, mais que l'on peut raisonnablement attribuer à un effet « tunnel », et que le facteur « association de cultures » réduit significativement les attaques (graphique 7).



Graphique 7 : Evolution des populations de dicyphus (nb individus/plante) et de la cladosporiose sur cultures associées ou pures

❖ **Moins de pucerons quand les concombres poussent sur du foin de luzerne**

Le principal ravageur observé sur la culture de concombre est le puceron noir *Aphis gossypii*. Les populations de pucerons apparaissent significativement plus élevées dans le tunnel Bande Fleurie, ce que l'on peut probablement attribuer à un effet « tunnel », et moins élevées sur les parcelles avec mulch de transfert. Le 11 juin, les moyenne des classes de pucerons atteint 1,3 dans les parcelles sur paillage plastique, contre 0,5 dans celle avec foin de luzerne (graphique 8).



Graphique 8 : Evolution de la moyenne des classes de puceron avec ou soin foin de luzerne

Les plantes de concombre ont également été touchées par le mildiou, en lien avec un printemps 2018 très humide, mais aucune différence n'a été observée entre les systèmes.

Impacts des systèmes sur la biodiversité des insectes aériens et au sol

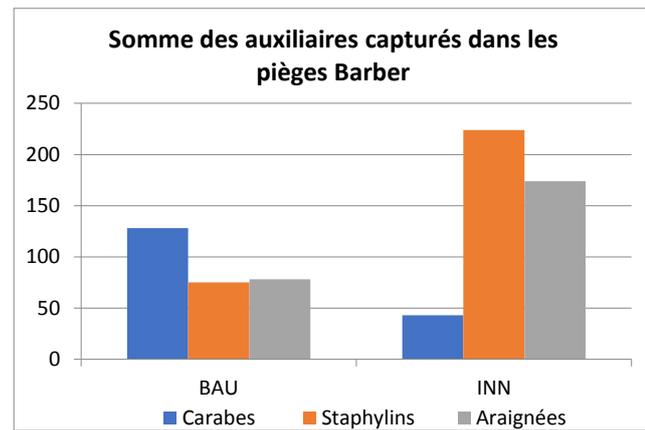
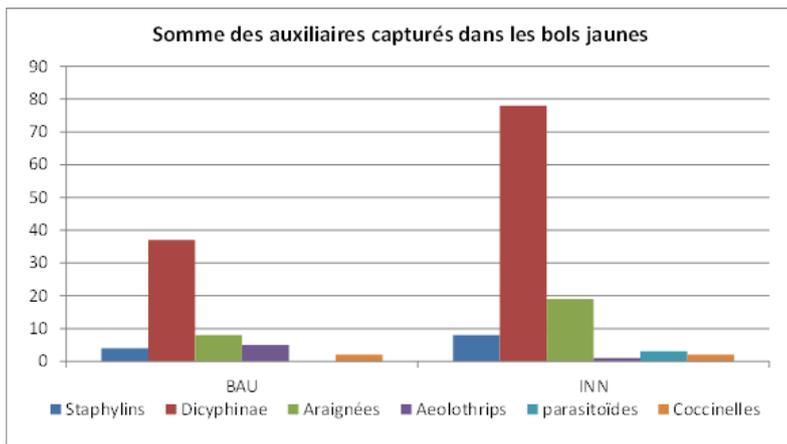
❖ **Plus de Dicyphus dans le système innovant**

Les *Dicyphus* sont les insectes les plus piégés dans les bols jaunes disposés dans les systèmes INN et BAU (graphique 9). Le système de culture le plus innovant INN a permis une augmentation des populations de staphylin, de Dicyphinae, d'araignées et de micro-hyménoptères parasitoïdes par rapport au système témoin BAU (respectivement 8 vs 4, 78 vs 37, 19 vs 8, 3 vs 0 ind. piégés). L'effet est significatif au seuil de 5% pour les Dicyphinae et les parasitoïdes. Les coccinelles sont présentes de façon équivalente dans les deux systèmes; les aélothrips sont significativement plus abondants dans le système témoin BAU

❖ **Plus de Staphylin et d'araignées dans le système innovant**

Le système de culture le plus innovant INN a permis une augmentation des populations de staphylin, et d'araignées par rapport au système témoin BAU (respectivement 224 vs 75, 174 vs 78 ind. piégés). L'effet est significatif au seuil de 5% pour les staphylin et les araignées. Les carabes sont significativement plus abondants dans le système témoin BAU (graphique 9).





Graphique 9 : Faune collectée dans les bols jaunes et les pièges barber

Des performances intéressantes... à confirmer !

Les premiers résultats de l'essai « Greenresilient » conduit au GRAB montrent diverses performances du système et des leviers mis en oeuvre.

- L'effet de la bande fleurie n'est pas évident à distinguer de façon nette car il se superpose à un effet « tunnel » qui a été visible sur la teneur en eau du sol et sur les performances culturales. Ainsi, la présence accrue de pucerons sur concombre ou de cladosporiose sur tomates peut sans doute être attribuée à un effet « tunnel ». Néanmoins, on observe une plus grande diversité d'auxiliaires et moins de dégâts de chenilles sur concombre qui peuvent être dus à la bande fleurie.
- L'association de culture a eu peu d'impact sur les performances agronomiques des cultures, mais a favorisé des populations plus importantes de *Dicyphus* dans la culture et limité les dégâts liés à la cladosporiose sur tomates.
- Le mulch de transfert, en l'occurrence du 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 et favorisé les auxiliaires du sol comme les staphylins et araignées.

Globalement le système le plus innovant (INN), qui combine les facteurs bande fleurie, association de cultures et mulch de transfert présente donc des intérêts certains en termes de performances écologiques et agronomiques. La poursuite du dispositif dans le temps permettra de conforter ces premiers résultats et de voir l'évolution de ce système sur les différents indicateurs de performances comparativement à un système « classique » (BAU) moins résilient.

Le compte-rendu complet de l'essai est disponible sur demande auprès des auteurs ou sur www.grab.fr.

Pour en savoir plus sur le projet Greenresilient : www.greenresilient.com