



Rapport technique d'expérimentation - Arboriculture - 2023

Évaluation de l'effet de plantes couvre-sols en verger de pêchers

Impact des couvre-sols sur le verger et le fonctionnement du sol

Code Grab	A23 AURA 02310
Date	Mars 2024
Auteurs	Claude-Éric Parveaud (GRAB)
Contributeurs	Louise Le Rossignol (GRAB), Stéphanie Drusch, Armand Guillermin, Franck Merlin, Léa Aubry (INRAE)
Financeurs	Agence National de la Recherche (ANR), Compagnie nationale du Rhône (CNR)
Crédits Photo	Claude-Éric Parveaud
Droit d'usage	Licence Creative Commons CC BY SA
Contact	Claude-Éric Parveaud

Pour citer ce document :

Parveaud C.-E., 2024. Évaluation de l'effet de plantes couvre-sols en verger de pêchers. Rapport technique d'expérimentation 2023 Grab. Mars 2024. 24 p.



Résumé

Afin d'identifier des alternatives au travail mécanique du rang en condition semi-méditerranéenne, plusieurs plantes couvre-sol ont été implantées en automne 2021 dans un verger de pêcher : *Phuopsis stylosa*, thym serpolet, achillée millefeuille, mélilot officinale. De plus, un méteil implanté sur l'inter-rang a été fauché et déporté sur le rang, formant un mulch temporaire. En 2023, les couverts pérennes de *Phuopsis stylosa*, thym serpolet, achillée millefeuille couvrent entre 50 et 100% du sol. L'implantation du méteil a impliqué un deuxième semis en raison de la mauvaise levée du semis d'automne 2022. Des effets significatifs de réduction de la croissance des troncs (modalité Achillée) et du rendement par les cinq couverts testés ont été observé en 2023 pour la première fois, deux ans après l'installation des couverts. Les couverts modifient également la nutrition minérale des plantes, notamment les teneurs foliaires en azote, Fe et Mn. Les effets des couverts se répercutent par exemple au niveau de composition physico-chimique du sol (teneurs en K₂O et Mn), microbiologique (augmentation de la biomasse microbienne dans la modalité Phuopsis, abondance en bactérie *Pseudomonas sp.* dans la modalité Méteil). La dynamique de la disponibilité en eau du sol est modifiée par les couverts : la croissance du couvert d'achillée diminue de la disponibilité en eau en première et deuxième année par rapport au témoin, l'effet des couverts de Thym et Phuopsis sur la disponibilité en eau est plus ponctuelle. Cette expérimentation met en évidence et quantifie la multiplicité des effets liés à la présence d'un couvert pérenne ou temporaire sur le rang de plantation d'un verger de pêcher en 5 et 6^{ème} feuille.

Mots clés :

Couvre-sols – *Phuopsis stylosa* – crucianelle – *Achillea millefolium* – Achillée millefeuille – *Thymus serpyllum* – Thym serpolet – Méteil – Légumineuse – *Melilotus officinalis* – Mélilot officinale – recouvrement – sol – microbiologie – rendement – calibre – eau - azote

1 – ENJEUX ET CONTEXTE

Pratiques actuelles de gestion du rang en arboriculture biologique

En 2019, une enquête réalisée auprès de 229 exploitations fruitières biologiques, représentant une surface totale de 2900 ha, a permis de mieux connaître les usages actuels (Enquête CTIFL 2019). Le mode de gestion du rang dépend bien entendu des espèces fruitières. La tonte mécanique sur le rang (principalement en Olivier et Noyer) et le désherbage mécanique du rang par travail (principalement en Pommier, Abricotier) sont les deux méthodes les plus pratiquées. Les autres méthodes telles que les paillages synthétiques ou naturelles (incluant les plantes couvre-sols) sont indiquées comme anecdotiques.

Le travail du sol a des inconvénients biologiques (perturbation de l'activité biologique du sol), agronomiques (limitation de l'enracinement superficiel) et environnementaux (consommation d'énergie pour la traction mécanique).

Évaluer l'intérêt de plantes de services

Des techniques alternatives d'enherbement du rang ont été développées mais l'effet des plantes couvre-sols sur le verger et sur le sol restent peu évalués. L'enherbement du rang avec des espèces couvre-sols choisies peut permettre de produire des services agroécologiques intéressants : ressource pour la biodiversité fonctionnelle, restitution d'azote, effet potentiellement répulsif sur les campagnols, etc. A l'inverse, l'enherbement par des couvre-sols peut être source d'effets négatifs non souhaités : ressource/abris pour des ravageurs, compétition hydrique et minérale, etc. Le risque de favoriser la prolifération des campagnols est un risque à considérer avec attention, il est mentionné comme l'un d'un principal risque émergent (Enquête Sol du GIS Fruits, 2017).

Afin d'explorer les intérêts et limites de l'utilisation des plantes couvre-sols en verger, cinq couvre-sols différents a été évalué dans une parcelle expérimentale. Une prospection d'espèces couvre-sol candidates a été entreprise. Les caractères recherchés sont une hauteur basse ou une bonne résistance à la fauche, la facilité de semis et un recouvrement rapide, une faible appétence ou action répulsive contre le campagnol et une faible concurrence hydrique et minérale. Dans une parcelle de pêcher en 4^{ème} feuille, 6 modalités ont été mises en place à l'automne 2021.

2 – OBJECTIF

L'objectif de l'essais est d'évaluer (1) le développement de plusieurs espèces de plantes couvre-sols, (2) leur impact sur le sol et (3) sur la culture de pêcher.

3 – METHODOLOGIE

Localisation et environnement

L'expérimentation a lieu au domaine de Gotheron de l'INRAE de Gotheron (Saint-Marcel-lès-Valence, Drôme). Le verger expérimental est situé sur un plateau, entouré par deux haies composites au nord et au sud, et deux parcelles non cultivées à l'est et à l'ouest (Figure 1). Deux zones boisées sont présentes à 45m et 110m de la parcelle, respectivement. La texture du sol est de type sable argilo-limoneux (16% argile, 30% limons, 54% sables) et constitué de 5 à 15% de galets. Le pH_{EAU} et le pH_{KCl} sont de 7,7 et 6,9 respectivement (moyenne des 6 modalités, mesure réalisée en novembre 2023).



Figure 1 : Photographie aérienne. La parcelle expérimentale est encadrée en rouge. Source : www.geoportail.gouv.fr

Dispositif expérimental

Le verger est constitué de 6 rangs de pêcher :

- Orientation nord / sud
- Année de plantation : février 2018
- Variété Bénédicte® greffée sur Montclar®
- Densité de plantation : 6m x 4m ; 24 arbres / rang, surface : 3500m²
- Irrigation : micro-jet pendulaire couvrant une surface de 30m²

La parcelle expérimentale a été le support d'une expérimentation précédente concernant l'évaluation d'engrais verts entre automne 2017 et hiver 2020/2021 (figure 2 gauche). Les engrais verts étaient implantés sur le rang. Ils ont été broyés/enfouis le 09/04/2019. En 2020, le rang a été travaillé de manière indifférenciée sur toute la parcelle afin d'homogénéiser le sol sur le rang. En 2021, il n'y avait pas de reste visible des engrais verts plantés précédemment.

La disposition des modalités a été établi en automne 2021 à partir des diamètres des troncs mesurés en octobre 2021. La position des blocs a été choisi à partir d'une analyse statistique des diamètres de troncs, afin d'éviter les interactions bloc x modalité et éviter de regrouper les arbres de petits diamètres (et les arbres manquants) dans la même modalité.

Les six modalités sont réparties sur trois blocs (Figure 2 droite). Chaque parcelle élémentaire est constituée de 8 arbres. Chaque modalité est donc composée de 3 x 8 = 24 arbres.

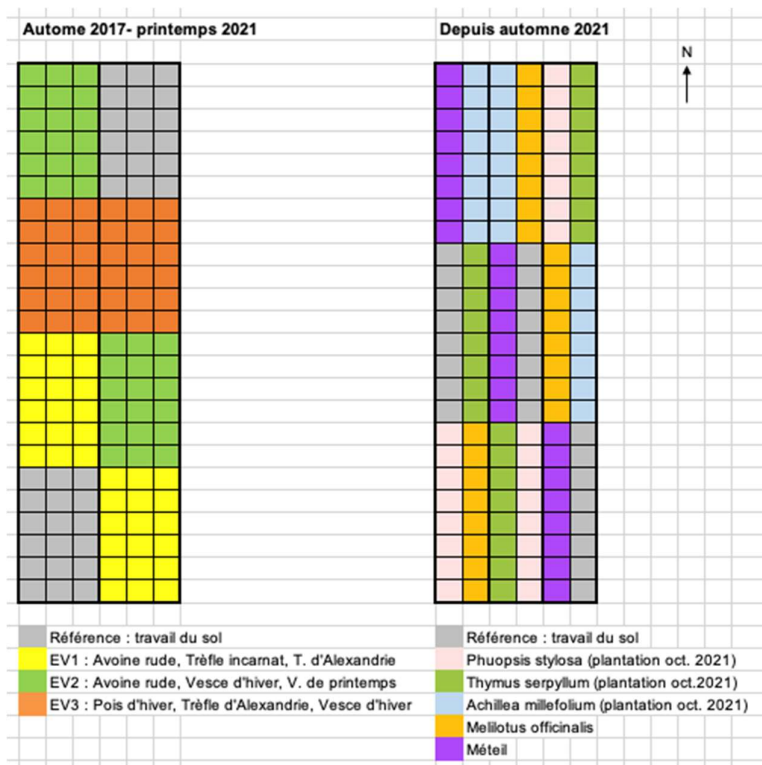


Figure 2 : Plan de la parcelle expérimentale entre l'automne 2017 et le printemps 2021 (gauche) et depuis l'automne 2021 (droite).

Critères de choix des modalités

Les 6 modalités se distinguent par l'entretien du rang de plantation et de ses abords (Tableau 2). Trois espèces de plantes couvre-sol ont été implantées en mini-mottes en octobre 2021. Les mini-mottes ont été produites par la pépinière EARL Tilleul (Chateaurenard, Bouches-du-Rhône).

Tableau 2 : Caractéristiques des modalités testées

	Modalité	Entretien du rang	Critères de choix initiaux
1	Référence	Désherbage mécanique : Lame Braun (buttage) + Disques émotteurs (débuttage)	Le travail mécanique est une pratique classique en verger biologique
2	Phuopsis stylosa	Implantation de mini-mottes Densité de plantation sur le rang : 2 lignes à 25 cm des troncs, plants espacés de 20cm → 10 plants / m2	Développement rapide Pouvoir couvrant important Résultats prometteurs (essais Astredhor)
3	Thym serpolet		Résistance à la sécheresse estivale. Résultats prometteurs en parcelles viticoles Comportement en système irrigué à préciser
4	Achillée millefeuille		Pouvoir couvrant important Résultats prometteurs (essais GRAB)
5	Mélilot officinale	Densité de semis Oct 2021 et Sept 2022 : 20Kg/ha, Mai 2023 : 26Kg/ha. 2021 : Semoir de maraichage (Lycée Valentin) 2022, 2023 : Semis manuel + roulage	Pouvoir couvrant important Se resseme d'une année sur l'autre Les tiges contiennent de la coumarine, dont la fermentation produit des dérivés anticoagulants pouvant provoquer une mortalité chez les herbivores, et potentiellement chez le campagnol.

6	Méteil	Composition du méteil 2022 : Triticale (66 Kg/ha), pois (24 Kg/ha), vesce (15 Kg/ha), blé (15 Kg/ha) et avoine (50 Kg/ha), total : 180 Kg/ha 2023 : Triticale (132 Kg/ha), pois (48 Kg/ha), total : 180 Kg/ha Semis du méteil sur l'inter-rang Pas de désherbage du rang	Le fauchage du méteil et rabat sur le rang doit permettre de produire un mulch sur le rang ayant un effet couvre-sol, et restituant potentiellement de l'azote.
----------	---------------	--	---

Conduite de la parcelle

Entretien du verger commun à toutes les modalités

Les actions communes à l'ensemble des modalités concernant l'entretien du verger (taille, éclaircissage, récolte), l'entretien du sol, la protection phytosanitaire et la fertilisation réalisée en 2023 sont décrites dans le tableau 3.

Tableau 3 : Opérations d'entretien du verger du verger communes à toutes les modalités réalisées en 2023.

Date	Nature de l'intervention
23 novembre	Dépose confusion sexuelle (RAK 5)
24 novembre	Prophylaxie : retrait des fruits momifiées
18 janvier	Broyage inter-rang (sauf méteil)
6 - 16 février	Taille
08 février	Calciblanco (60 kg/ha) => Cloque
23 février	Nordox ½ dose => Cloque
6 mars	Calciblanco (60 kg/ha) => Cloque
10 mars	Végéthumus (800 kg/ha)
16 mars	Oliblanco 10L/ha =>Pucerons
20 mars	Curatio 12 L/ha => Cloque
22 mars	Nordox ½ dose => Cloque
27 mars	RAK 5 pose => Tordeuse orientale du Pêcher
30 mars	Engrais organique Orgavio 12 – 2 – 0 (250Kg/ha)
01 avril	Curatio 12L/ha => Cloque
12 avril	Curatio 12L/ha => Cloque
20 avril	Curatio 12L/ha=> Cloque
04 mai	Broyage inter-rang (sauf méteil)
10 mai	Delfin 0,075Kg/hL => Tordeuse orientale du Pêcher
16 mai	Engrais organique 6-2-12 (500Kg/ha)
12 mai	Soufre 7,5Kg/ha => oïdium
26 mai	Soufre 7,5Kg/ha => oïdium
24 mai	Éclaircissage
02 juin	Broyage inter-rang
06 juillet	Broyage inter-rang
24 juillet	Julietta 2,5 Kg/ha => conservation
27 juillet	Récolte (1 ^{er} passage)
04 août	Julietta 2,5 Kg/ha => conservation
7 août	Récolte (second passage)
11 - 16 août	Taille en vert
22 août	Broyage inter-rang
27 septembre	Broyage inter-rang
Temps de travaux (h/ha)	241

Implantation des couverts

En 2023, les couverts pérennes (Achillée, Thym et Phuopsis) étaient bien installés, ce qui explique que les temps de travaux associés à leur gestion sont donc moins élevés qu'en 2022. En revanche, le mélilot a dû être semé à deux reprises car le semis d'automne n'a pas levé (hypothèse : concurrence élevée avec les adventices, le mélilot étant connu pour mal supporter la concurrence au semis). Cette implantation délicate illustre bien la difficulté de mise en place d'un couvert annuel sur le rang, car les interventions de travail du sol sont compliquées, et notamment de faux semis nécessaires en AB, car le matériel n'est pas adapté à la présence d'arbres.

Le couvert de mélilot est semé sur le rang sur une largeur d'un mètre à une densité de semis de 20kg/ha en septembre 2022 et à une densité de 26 kg/ha en mai 2023. Il a été semé à la main puis roulé.

Tableau 4 : Entretien du verger, du sol et fertilisation réalisés sur l'ensemble des modalités en 2021, 2022 et 2023. Pour plus de détail sur les années 2021 et 2022, se reporter au compte-rendu 2022.

Date	Témoin	Méteil	Achillée	Mélilot	Thym	Phuopsis
2021						
15/09/21	Débuttage (lame) => objectif faux semis					
27/09/21	Débuttage rang (lame) => objectif faux semis					
27/09/21		Griffon (inter-rang)				
1/10/21				Croc + râteau (préparation semis)		
1/10/21				Semis (20K/ha)		
11/10/21	Débuttage rang (lame) => objectif faux semis				Débuttage rang (lame)	
12/10/21			Plantation mini-motte		Plantation mini-motte	Plantation mini-motte
20/10/21		Semis méteil				
25/10/21			Arrosage citerne		Arrosage citerne	Arrosage citerne
28/10/21				Désherbage chardon		
20/01/22			Désherbage herse étrille manuelle + binette		Désherbage herse étrille manuelle + binette	Désherbage herse étrille manuelle + binette
2022						
	Témoin	Méteil	Achillée	Mélilot	Thym	Phuopsis
29/03/22	Buttage rang					
14/04/22					Désherbage manuel	
18/05/22						Débroussailluse au- dessus du couvert
19/05/22		Broyage Rang				
20/05/22		Broyage déporté du méteil				
16/06/22	Travail rang					
12/09/22	Débuttage rang					
21/09/22	Débroussailluse au-dessus du couvert					
19/09/22				Broyeur déporté sur mélilot		
27/09/22				Semis + roulage		
14/10/22		Semis				
17/11/22			Remplacement plants		Remplacement plants	Remplacement plants
2023						
	Témoin	Méteil	Achillée	Mélilot	Thym	Phuopsis
20/03/23			Écimage (15/20 cm)			

20/03/23	Travail sol (butage)					
05/04/23				Broyage mélilot broyeur déporté		
03/04/23	Travail du sol (butage)					
05/04/23				Travail sol (butage)		
25/04/23	Travail du sol (débutage)					
03/05/23				Griffage manuel		
04/05/23				Semis + roulage		
16/05/23		Broyeur rang				
17/05/23		Broyeur déporté inter-rang (photographie 1)				
05/06/23		Débroussailluse au-dessus du couvert				
15/06/23	Travail du sol (butage)					
26/06/23	Travail du sol (débutage)					
09/08/23	Travail du sol (débutage)					
26/09/23		Débroussailluse au-dessus du couvert				
15/11/23				Débroussailluse sur mélilot		
23/11/23		Préparation du sol				
27/11/23		Semis méteil				
Temps de travail spécifique aux modalités pour l'année 2023 uniquement (h/ha)						
	25	24	32	172	20	15



Photographie 1 : Broyage déporté du Méteil le 16 mai 2023.

Protocoles d'observation et de mesures de variables suivies

Données climatiques

Les données climatiques ont été enregistrées par une station météorologique mobile (iMetos®, Pessl®) située à 100m de la parcelle expérimentale. Les données d'ETP proviennent de la base météorologique Climatik de l'INRAE de Gothenon.

Recouvrement du sol sur le rang

Le recouvrement des plantes couvre-sols implantées, des adventices et du sol nu a été estimé visuellement le 18/01/22, 26/01/22, 17/03/22, 04/05/22, 10/06/22, 08/07/22, 29/08/22, 12/09/22, 30/01/23, 04/04/23, 10/05/23, 07/06/23 et le 5/07/23. Les observations ont été réalisées dans un quadrat de 50cm de côté. Le quadrat a été positionné entre un arbre et le micro-jet le plus proche. Quatre observations ont été réalisées par parcelle élémentaire, soit 12 par modalité. La hauteur du couvert a été noté à chaque relevé en 2023.

Croissance des troncs

Le diamètre des troncs de tous les arbres été mesuré à une hauteur de 30cm au-dessus du sol en septembre 2021, octobre 2022 et octobre 2023.

Croissance des fruits avant récolte

Cette notation hebdomadaire a été réalisé sur 5 fruits sur une charpentière (orientation, charge et taille similaire d'un arbre à un autre) et sur 4 arbres par parcelle élémentaire, soit 60 fruits par modalité.

Analyse de feuille

Un échantillon de 100 feuilles par modalité (constitué de 33 ou 34 feuilles par parcelle élémentaire prises sur les 4 arbres centraux) a été prélevé le 27/06/2023 pour analyse de la composition minérale par le laboratoire Teyssier (Bourdeaux, Drôme).

Rendement et calibre des fruits

Le nombre et le poids des fruits récoltés par catégorie (3A, 2A, A, B, C, 2^{ème} choix, 3^{ème} choix) ont été mesurés sur les 4 arbres centraux de chaque parcelle élémentaire. En 2022, la récolte a été réalisée entre le 01/08 et le 09/08/22 en trois passages. En 2023, la récolte a été réalisée entre le 31/07/23 et le 07/08/23, en deux passages.

Dégâts sur les fruits et en post-récolte

Les dégâts sur fruits ont été observés sur la totalité des fruits des 4 arbres centraux de chaque parcelle élémentaire (soit 6901 fruits au total en 2022). Les suivis post-récolte de conservation des fruits ont été réalisés sur 18 fruits par parcelle élémentaire sur le calibre dominant. Les dégâts ont été classé dans les catégories suivantes : pucerons, morsures, autres défauts d'épiderme, punaises, autres déformations, noyau fendu, oïdium, monilia, autres pourritures, autres.

Analyse du sol

Analyse physico-chimique, microbiologique et vitesse de

Six carottes de sol par parcelle élémentaires ont été prélevées dans le rang à une profondeur de 0-25cm le 08/11/23, sauf pour la modalité Mélilot (très peu de Mélilot dans le bloc 1 : pas de prélèvement dans ce bloc, 8 carottes prélevées dans les deux autres blocs, soit 16 carottes). Les analyses physico-chimique ont été réalisées par le laboratoire Teyssier (Bourdeaux, Drôme) et les analyses microbiologiques et les cinétiques de minéralisation de l'azote à 28 jours sont sous-traitées au laboratoire Célesta-Lab.

Activités déshydrogénase et phosphatase, abondance des bactéries Pseudomonas

Les nombre de bactéries du genre Pseudomonas, le nombre de bactéries ayant une activité phosphatase et l'activité déshydrogénase ont été mesurés à partir d'échantillon de sol le 09/05/22, 06/07/22, 06/09/22, 09/05/23, 11/07/23 et 19/09/23. Les mesures ont été réalisés à l'institut INHORT (Skierniewice, Pologne) sous la responsabilité de Magdalena Szczech (48h après avoir reçu les échantillons de sol conservé avec des pains de glace). Le protocole de prélèvement est identique à celui de la teneur en azote minéral du sol.

Reliquats d'azote

Les teneurs en azote minéral du sol (forme nitrique et ammoniacal) ont été mesurées par le laboratoire Teyssier (Bourdeaux, Drôme) à partir d'échantillon composite de sol. Six carottes de sol par parcelle élémentaires ont été prélevées dans le rang à une profondeur de 15-25cm le 24/01/22, 15/03/22, 17/06/22 et 06/09/22, 24/01/23, 28/03/23, 10/05/23, 12/07/23, 22/09/23 et 13/02/24. Les mesures ont été réalisées par parcelle élémentaire sauf le 15/03 (un échantillon composite par modalité).

Nématofaune

Les prélèvements de sol ont été réalisées le 08/11/23, dans les mêmes conditions que pour les analyses physico-chimiques. Les prélèvements ont été réalisées à l'issue d'une période très pluvieuse (22/10/23-08/11/23 : cumul de 166mm) et non gélive, afin d'optimiser les conditions favorables à la présence des nématodes. L'analyse de la nématofaune a été réalisée par le laboratoire Elisol Environnement.

Indicateur foliaire de la teneur en chlorophylle

La teneur en chlorophylle foliaire a été estimée à l'aide d'un lecteur optique SPAD (Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, USA). En 2022 et 2023, les mesures ont été réalisées les 03/06/22, 22/06/22, 12/07/22, 08/08/22, 15/09/22, 11/10/22, 16/05/23, 06/06/23, 27/06/23, 20/07/23 et 05/09/23 selon l'échantillonnage suivant : 2 mesures / rameaux x 10 rameaux / arbre x 4 arbres / parcelle élémentaire x 3 parcelles élémentaires / modalité (n=240 en 2022 : chaque valeur notée, n=12 en 2023 : moyenne par arbre notée). Les deux feuilles utilisées pour les mesures étaient les feuilles en position 5 et 6 en partant de l'apex.

Disponibilité en eau du sol

La disponibilité en eau du sol a été mesurée à l'aide de sondes tensiométriques Watermark® (Challenge Agriculture®) reliées à un boîtier d'acquisition SAM (SudExpé, France) permettant un enregistrement horaire de données. Trois couples de sonde par modalité ont été implantés à 25 et 50 cm de profondeur le 22/03/22. Les sondes ont été placées entre un arbre et un asperseur sur le rang de plantation.

4 – RESULTATS

NB : Le terme « témoin » et « référence » mentionné dans ce rapport désigne la même modalité.

Données climatiques

Le cumul des précipitations annuelles est de 899mm et 846mm en 2022 et 2023 (figure 3). Les mois de mai et juin 2022 ont été peu pluvieux (cumul de 31mm du 27 avril au 21 juin 2022), contrairement à l'année 2023 (cumul de 126 mm sur la même période). Le cumul estival du 1^{er} juillet au 31 août est de 81mm en 2022 et 57mm en 2023.

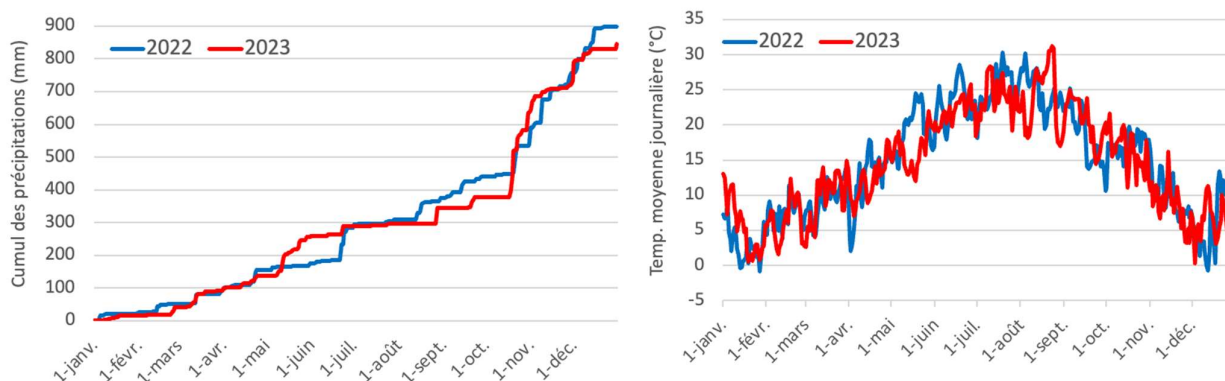


Figure 3 : Cumul des précipitations annuelles (gauche) et températures moyennes journalières en 2022 et 2023. Station IMetos® (Pessel®).

En 2023, l'ETP est proche de la moyenne décennale avec seulement un mois de juillet avec un ETP supérieur aux normales (figure 4). Concernant l'écart pluviométrie-ETP, les deux premiers mois 2023 sont inhabituellement déficitaires en eau, ce qui ne favorise pas le stockage de l'eau dans les sols. Heureusement, le déficit sur les mois de juin et d'août est nettement inférieure à la moyenne décennale, ce qui réduit la pression sur la ressource en eau.

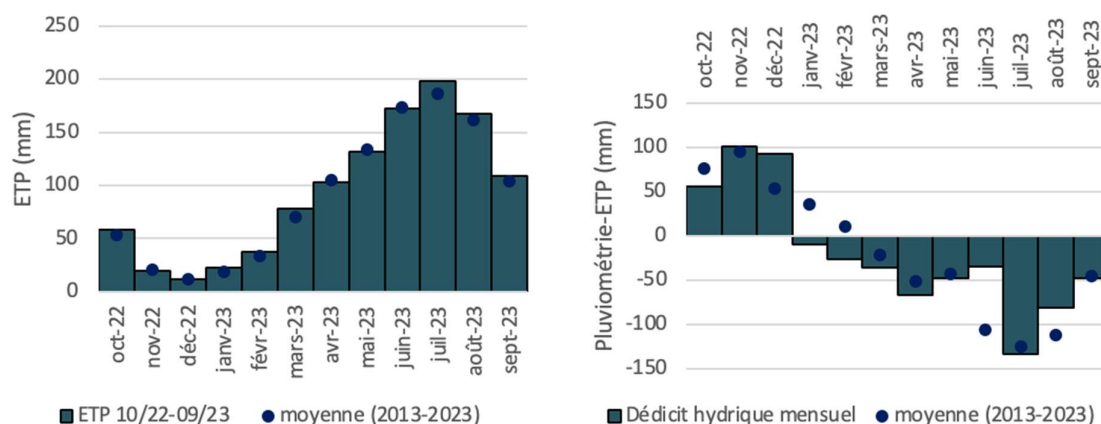


Figure 4 : ETP et déficit hydrique (pluviométrie-ETP) octobre 2022-septembre 2023 comparée à la moyenne décennale

Recouvrement des plantes couvre-sols

Le Phuopsis, le thym et l'achillée, implantées en mini-mottes en octobre 2022, se sont développées au cours du printemps et de l'été 2022 pour atteindre un recouvrement au sol de 76%, 58% et 60% en première année, respectivement (figure 5). En 2023, le Phuopsis recouvre entre 80 et 96% du sol, laissant peu de place au développement des adventices, surtout en fin de saison. Le couvert de thym a progressivement recouvert le rang au cours des deux années, jusqu'à recouvrir 79% du sol en juillet 2023. Dans le couvert d'achillée, les plants se sont surtout développés en hauteur en 2022 (50cm en été) mais ne se sont pas étalés par multiplication végétative. En 2023, le taux de recouvrement de l'Achillée est élevé en fin de saison (87% en juillet 2023), mais les lignes de plantation sont visibles, du fait d'une faible multiplication végétative. Ceci explique une présence abondante des adventices entre les rangs de plantation de l'Achillée au printemps (45% en avril 2023).

Dans la modalité méteil, en 2022 et 2023, le couvert s'est développé durant les mois d'avril et mai, puis la fauche déportée a été réalisée en mai, permettant un recouvrement complet du rang (figure 5, tableau 5). La matière sèche produite par le méteil est de $5,5 \pm 0,7$ T / ha ($n=3$, mesuré réalisée le 17/05/22 par la méthode MERCI). La décomposition du mulch s'est produite dès l'été : il n'occupait plus que 65% du sol le 12/09/22.

Le semis de mélilot réalisé en octobre 2021 était bien visible en janvier 2022 et formait un couvert de 20cm de hauteur environ fin avril 2022. Le mélilot était en fleur en juillet 2022 et recouvrait à cette période 43 à 70% du rang selon les répétitions (moyenne = 56%). Les résidus de mélilot broyés se sont rapidement décomposés, ils étaient encore visibles le 23/09/22 mais en quantité limitée, sans former un couvert homogène. En 2023, le mélilot ne s'est développé qu'après un second semis en mai 2023. En effet, le semis de septembre 2022 ne s'est pas bien développé, sans doute en raison d'une forte concurrence en raison de l'absence de faux-semis, contrairement à la première année. Son recouvrement atteint 64% en juillet 2023, sans avoir fleuri. Fauché en septembre 2023 à la débroussailluse, il a produit un mulch qui est resté visible pendant 4 mois.

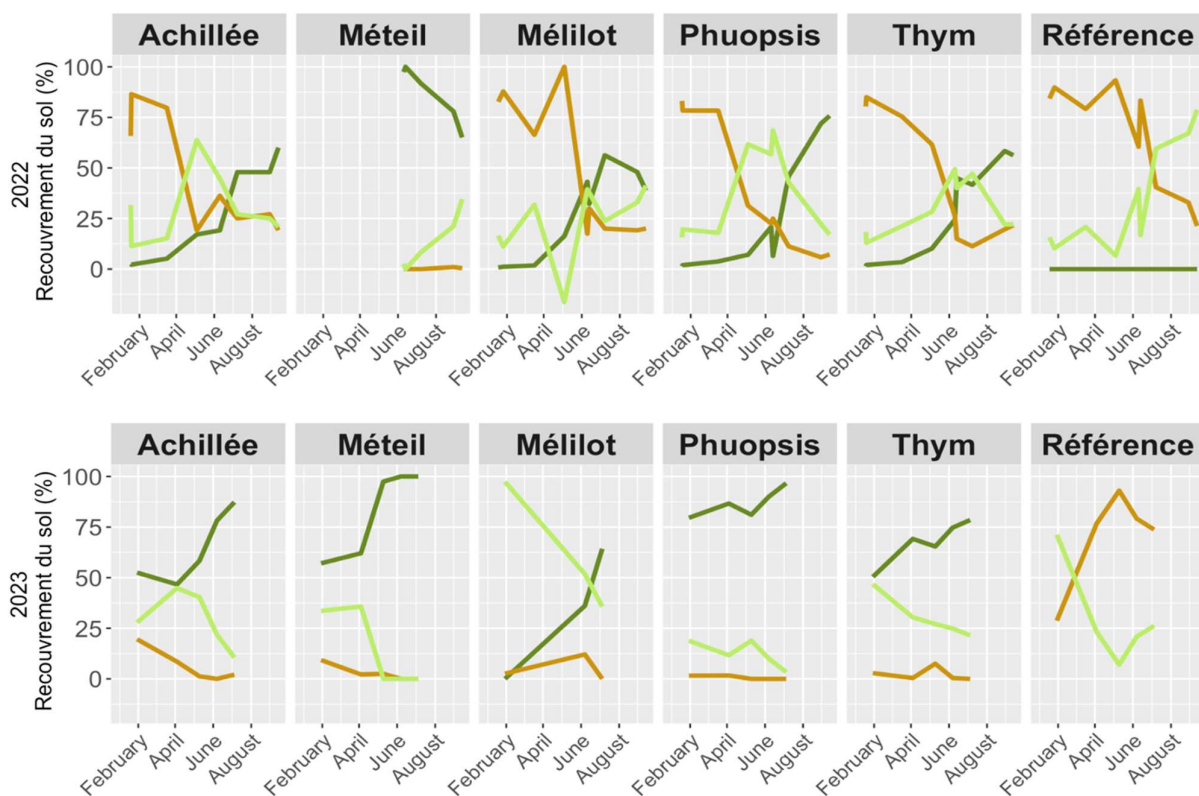


Figure 5 : Évolution du pourcentage de recouvrement au sol des espèces implantées (vert foncé), des adventices (vert clair) et du sol nu (marron) en 2022 (haut) et 2023 (bas) pour les six modalités. *Attention : Méteil 2022 : la courbe vert foncé correspond au recouvrement du mulch sur le rang ; Méteil 2023 : la courbe vert foncé correspond au recouvrement du méteil sur l'inter-rang*

Tableau 5 : Synthèse des opérations d'entretien des modalités Méteil et Mélilot entre octobre 2021 et mars 2024.

Date	Méteil		Mélilot
	Inter-rang	Rang	Rang
oct-21	Semis		Semis
nov-21	Levée		Levée
déc-21	Levée		Levée
janv-22	Levée		Levée
févr-22	Développement		Développement
mars-22	Développement		Développement
avr-22	Développement		Développement
mai-22	Broyage déporté	Mulch	Développement
juin-22		Mulch	Floraison
juil-22		Mulch	Développement
août-22		Mulch	Développement
sept-22		Mulch	Boyage + Semis + roulage
oct-22	Semis	Mulch	Levée
nov-22	Levée		Levée
déc-22	Levée		Levée
janv-23	Levée		Levée
févr-23	Développement		Levée
mars-23	Développement		Peu/pas de Mélilot
avr-23	Développement		Broyage Mélilot pour resemis
mai-23	Broyage déporté	Mulch	2ème semis
juin-23		Mulch	Levée
juil-23		Mulch	Développement
août-23		Mulch	Développement
sept-23		Mulch	Développement sans floraison
oct-23		Mulch	Développement sans floraison
nov-23	Semis		Fauchage à la débrousailluse
déc-23	Pas de levée		Mulch
janv-24	Pas de levée		Mulch
févr-24	Pas de levée		Mulch
mars-24	Semis à prévoir		Semis

Croissance des troncs

Un an après l'implantation des couverts (2021-2022, arbre en 5^{ème} feuille), la croissance des troncs nette (figure 6 gauche) et relative (figure 6 droite) est significativement différente entre les modalités (ANOVA, $p < 0.05$). La croissance nette varie entre 3,9mm/an (Référence) et 2,8mm/an (Phuopsis). Les différences de croissance relative entre les modalités sont moins contrastées que les croissances nettes. Le développement des couverts de mélilot, Phuopsis et thym ont limité la croissance des troncs par rapport à la modalité de référence. Le méteil, qui s'est développé sur l'inter-rang, n'a pas affecté la croissance des troncs par rapport à la référence.

Deux ans après l'implantation des couverts (2022-2023, arbre en 6^{ème} feuille), la croissance nette moyenne observée dans l'ensemble des modalités s'est ralentie par rapport à l'année précédente. La croissance relative observée sur la modalité Achillée est significativement réduite par rapport aux autres modalités.

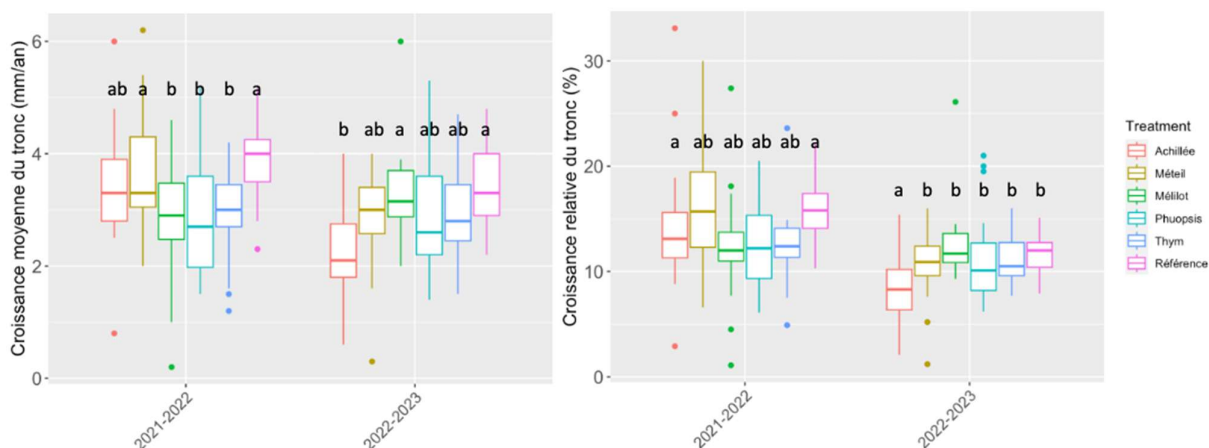


Figure 6 : Croissance moyenne des troncs (gauche) et croissance relative des troncs (droite) entre septembre 2021 et octobre 2022 et entre octobre 2022 et octobre 2023 pour les six modalités. ANOVA $p < 0.05$; N-K test. Les arbres morts puis remplacés n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

Croissance des fruits avant récolte

Les modalités ont un effet significatif sur la croissance des fruits avant récolte (figure 7). Cette différence est également significative après ajustement des données de diamètre par la co-variable charge des arbres (le nombre de fruit a été mesuré sur 2 arbres par parcelle élémentaire). Le nombre de fruit par arbre n'est pas significativement différent entre les modalités.

Le mélilot induit une croissance plus rapide des fruits alors le méteil et le témoin voit leur croissance ralentie en comparaison avec le mélilot (figure 7). Les autres modalités se distinguent du mélilot à certaines dates mais pas à toutes. Ce résultat est en cohérence avec les observations de conservation des fruits : les modalités qui induisent une croissance plus rapide ont tendance à voir leur conservation plus affectée (corrélation significative à J1 et J7 ($r = 0.47$ $p = 0.048$ et $r = 0.48$ $p = 0.043$)).

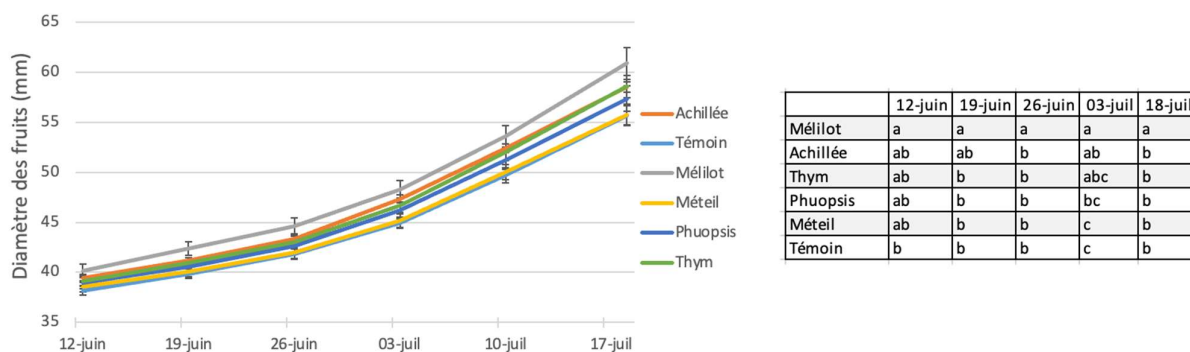


Figure 7 : Évolution du diamètre moyen des fruits entre le 12 juin 2023 et le 18 juillet 2023 (gauche) et résultats du test de Newman-Keuls (droite).

Analyse de feuille

La teneur en azote foliaire des modalités avec des couverts varie de 2.7 – 2.8 %. Ces valeurs sont inférieures à la teneur en azote du témoin (3.1), à l'exception de la modalité Méteil qui a une teneur en azote foliaire de 3.4% (figure 8). Ce résultat suggère une restitution d'azote du mulch de méteil, composé à 27% de Légumineuse, déposé sur le rang 5 semaines avant les analyses de feuilles.

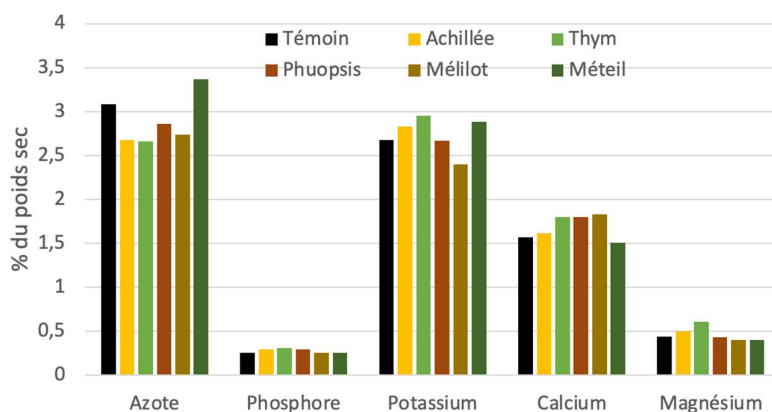


Figure 8 : Composition en éléments minéraux des feuilles le 27 juin 2023 en pourcentage du poids sec.

Les couverts semblent avoir un effet sur la teneur en Fer des feuilles (valeurs plus élevées dans les modalités avec des couverts) et sur la teneur en Manganèse (valeurs plus élevées dans les modalités avec des couverts, figure 9).

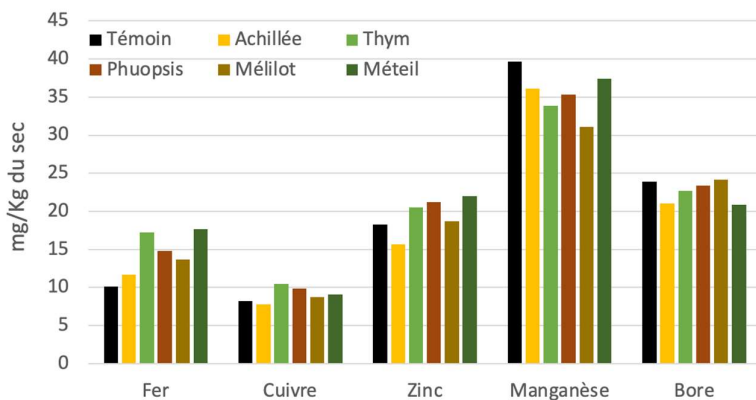


Figure 9 : Composition en éléments minéraux des feuilles le 27 juin 2023 en mg/Kg.

Analyse du sol

Analyse physico-chimique, microbiologique et vitesse de minéralisation

La texture des sols dans les différentes modalités sont similaires (moyenne : 16% argile, 30% limons, 54% sables). Les CEC des différentes modalités sont comprises entre 11,10 et 12,40 et le pH est compris entre 7,6 et 7,8.

Les teneurs en Mn du sol varie entre 51,3mg/kg, considéré comme « normal » par rapport au seuil proposé par le laboratoire, et 68,8mg/kg, considéré comme « élevé » (figure 10). L'ensemble des couverts semblent avoir un effet sur la teneur en Mn du sol (+33% par rapport au témoin). Les teneurs en cuivre sont considérées comme élevées.

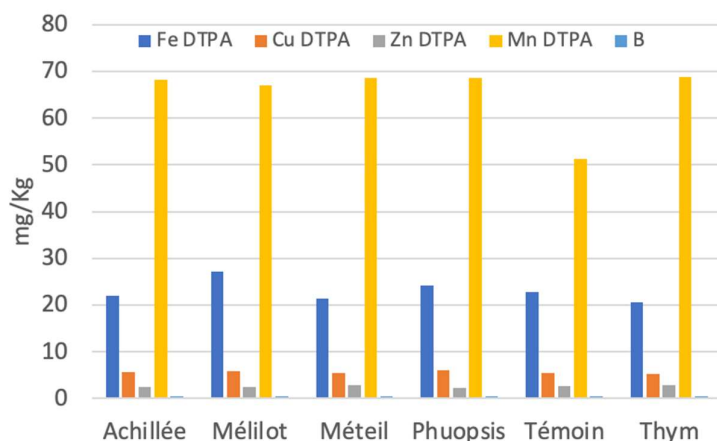


Figure 10 : Teneurs en oligo-éléments du sol mesurées en novembre 2023.

Les teneurs en oxyde de potassium mesurées dans les six modalités dépassent toutes le seuil de 250 mg/Kg proposé par le laboratoire (figure 11). Le teneur en oxyde de potassium est surtout particulièrement élevé dans la modalité Méteil : il est 159% plus élevé par rapport au témoin. Les teneurs en oxyde de magnésium sont comprises entre 253 et 325mg/Kg, valeurs considérées comme élevées par rapport au seuil proposé par le laboratoire (120 mg/Kg).

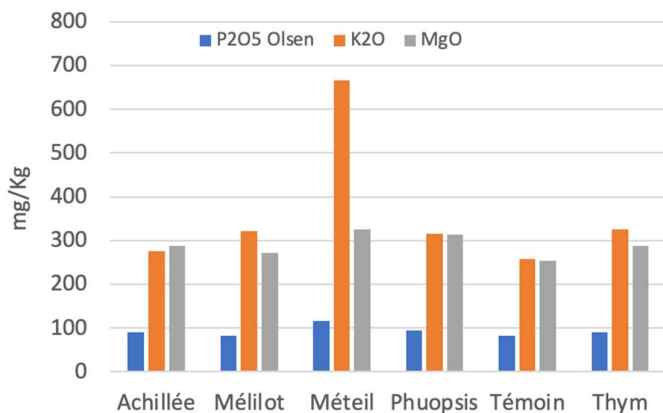


Figure 11 : Teneurs du sol en anhydride phosphorique (P_2O_5), en oxyde de potassium (K_2O) et en oxyde de magnésium (MgO) mesurées en novembre 2023.

Dans les modalités Méteil et Phuopsis, la teneur en carbone du sol est supérieure de 27% par rapport au témoin (figure 12). Étonnamment, aucune augmentation n'est observée sur la modalité Mélilot où le couvert a été fauché ou broyé sur le rang. L'augmentation de la teneur en carbone semble donc plus corrélée à la quantité de matière apporté (épaisseur importante du mulch du méteil, importante couverture du Phuopsis) qu'à la nature du couvert (vivant *versus* mulch).

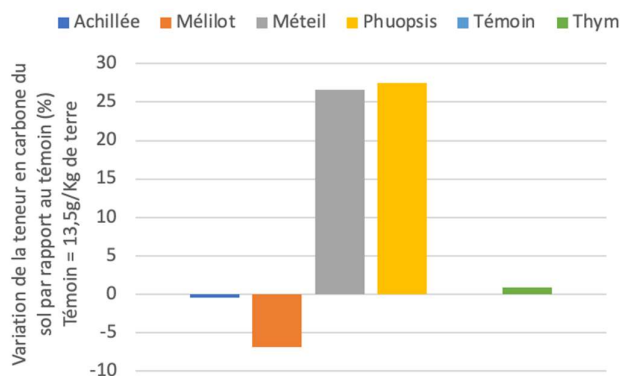


Figure 12 : Variation de la teneur en carbone du sol par rapport au témoin (%).

La biomasse microbienne varie entre 363 et 514 mg de carbone / Kg de sol sec selon les modalités (figure 13). La biomasse microbienne du témoin est de 363 mg/kg est considérée comme « normal », celle du Phuopsis comme « forte » d'après le référentiel du laboratoire d'analyse du sol. La biomasse microbienne des sols avec couverts est supérieure à celle du témoin. La respiration du sol après incubation à t+28 jours est corrélée à la biomasse microbienne ($r^2=0,79$) également maximale pour Phuopsis (résultat non présenté).

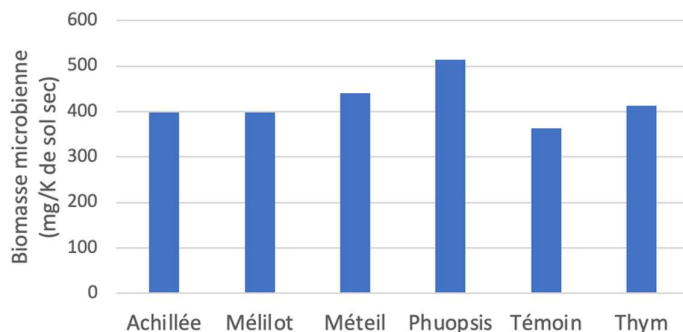


Figure 13 : Biomasse microbienne du sol (mg/Kg de sol sec)

L'état de la teneur en azote ammoniacale des sols est variable à t_0 (figure 14). Après incubation pendant 28 jours, les teneurs mesurées entre les modalités sont similaires et varient de 1,1 à 1,2 mg/Kg de sol sec. La vitesse de minéralisation de l'azote forme de nitrate est variable entre les modalités : elle varie entre 55 et 78 mg / Kg. Dans la modalité Phuopsis, la minéralisation pendant incubation se traduit par une augmentation de la teneur en nitrate par un facteur 17, alors qu'il est compris entre 4 et 6 pour les autres modalités. Cette variation peut être mise en corrélation avec la plus forte biomasse microbienne observée précédemment.

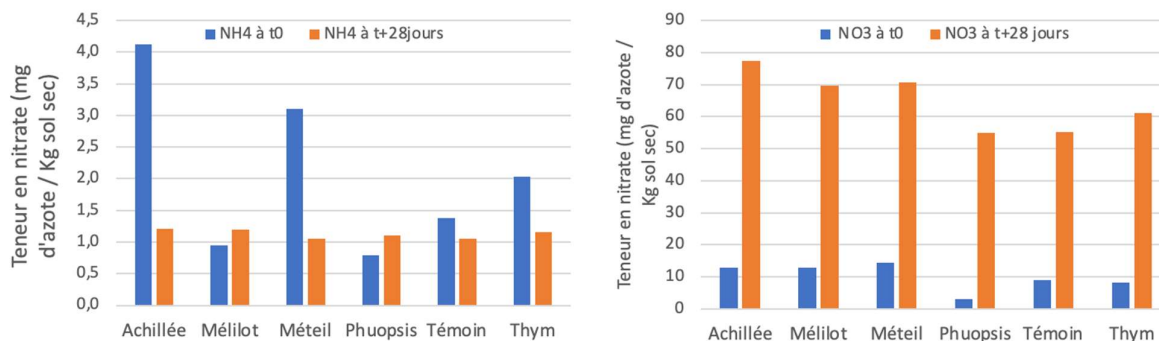


Figure 14 : Teneur en ammoniacale (gauche) et en nitrate (droite) du sol à t_0 et après incubation à 28 jours (mg N / Kg).

Activités *Pseudomonas*, Activités déshydrogénase et phosphatase, abondance des bactéries *Pseudomonas*

NB : Les mesures ayant été réalisées sur un nombre limité d'échantillon par modalité et par date ($n=3$), il convient d'être prudent dans l'interprétation des résultats.

Les enzymes déshydrogénases sont des enzymes qui reflètent une partie du métabolisme général du sol. Aucune différence significative n'a été observée entre les modalités concernant cet indicateur. Une baisse de l'activité déshydrogénase est observée chaque année en septembre après des niveaux relativement stables en mai et en juillet (figure 15). Les valeurs absolues sont délicates à comparer aux résultats d'autres expérimentations, les protocoles de mesures de cet indicateur influençant fortement les activités mesurées (Małachowska-Jutysz et Matyja, 2019).

Les activités phosphatases des bactéries sont théoriquement corrélées au cycle du phosphore. Une activité phosphatase élevée permet de réduire les acides et de favoriser l'absorption du phosphore du sol, élément qui est généralement difficilement assimilable par les plantes. Les activités phosphatases mesurées en mai, juillet et septembre varie davantage en 2022 qu'en 2023 (figure 15). Des différences significatives entre modalités sont observées en juillet 2022 et septembre 2022. En juillet 2022, la modalité mélilot a une activité phosphatase significativement supérieure à celle de la référence. En septembre, l'activité la plus élevée est observée sur la modalité de référence. A l'inverse, la modalité méteil a une activité significativement plus faible que celle de la référence. Ces différences ne sont pas observées en 2023.

La présence élevée de bactéries du genre *Pseudomonas* dans le sol est bénéfique au fonctionnement du sol et améliore la croissance des plantes. Dans la modalité Mélilot, des concentrations significativement supérieures aux autres modalités sont observées en septembre 2022, juillet 2023 (sauf pour le Thym) et septembre 2023 (sauf pour le Thym, le Témoin et le Phuopsis). Les concentrations moyennes en *Pseudomonas* observées sur les modalités avec couverts, à l'exception de la modalité Achillée, sont souvent plus élevées que celle du Témoin. Ces différences sont toutefois non significatives.

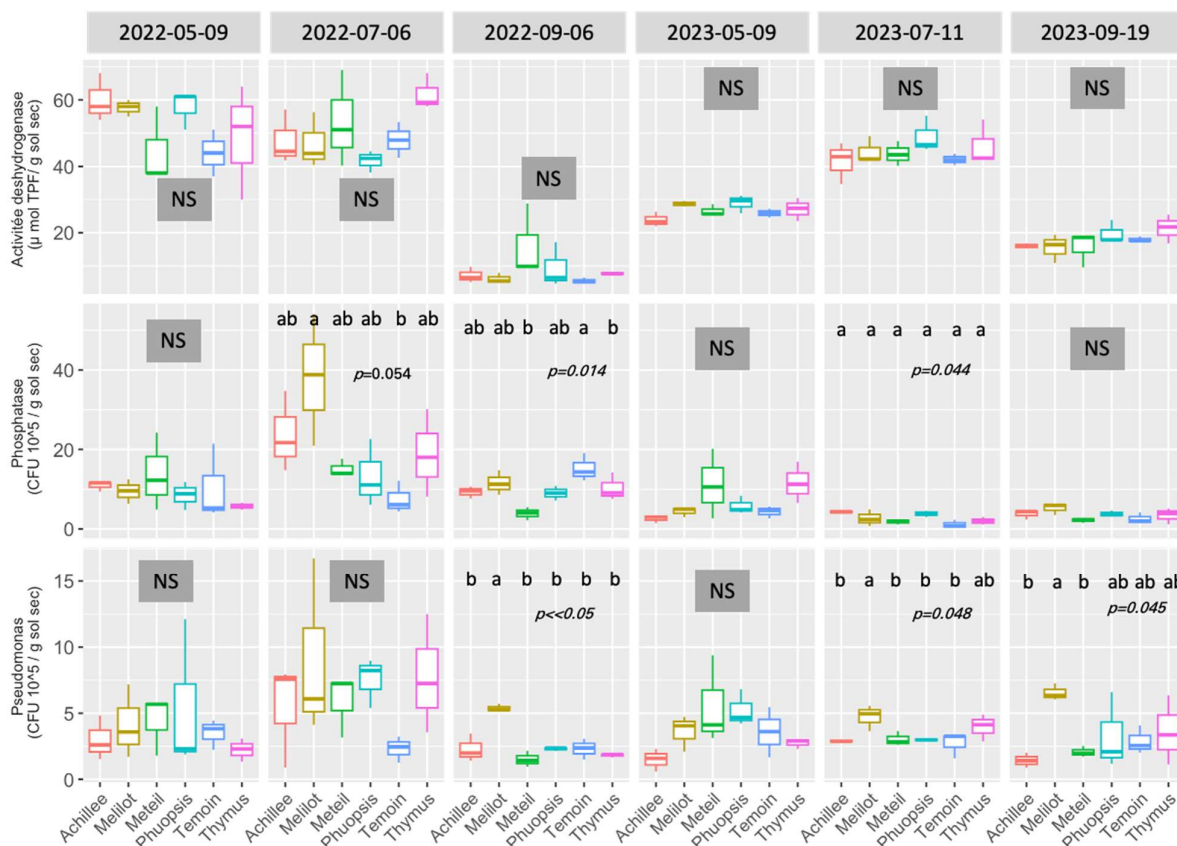


Figure 15 : Activité déshydrogénase (μ mol TPF/ g sol sec), phosphatase (CFU 10^5 / g sol sec) et abondance des bactéries *Pseudomonas* sp. (CFU 10^5 / g sol sec) mesurées dans le sol le 09/05/22, 06/07/22, 06/09/22, 09/05/23, 11/07/23 et 19/09/23 pour les six modalités (ANOVA $p < 0.05$, test de Newman-Keuls).

Reliquats d'azote

Des différences significatives de la teneur totale en azote du sol sont observées à trois dates entre janvier 2022 et février 2024 (figure 16). Un pic de disponibilité en nitrate est observé en juin sur la modalité méteil après la dépose du méteil en mulch sur le rang (ANOVA, $p < 0.05$). Cet effet n'est pas visible en mai 2023, ce qui est cohérent car l'analyse (10/05) est antérieure à la dépose du mulch (16/05). En juillet 2023, les teneurs moyennes en azote dans la modalité Méteil (a) et Référence (ab) sont respectivement de 63 et 50 Kg/ha, sans différence significative. A cette date, la teneur en azote du sol de la modalité Achillée, très poussante en 2023, est de 42 Kg/ha, significativement inférieure à la modalité Méteil.

Au début de la période de grossissement des fruits en mai 2023, la teneur en azote du sol de la modalité Référence (108 Kg/ha) est deux fois supérieure à celle des autres modalités (entre 43 et 57 Kg/ha), à l'exception de la modalité Mélilot (79 Kg/ha). Du fait de la hauteur du méteil, les apports de fertilisation organiques, réalisées les 10/03, 30/03 et 16/05 et projeté par tracteur depuis l'inter-rang, n'ont peut-être pas ou peu bénéficié directement au Pêcher, mais davantage à la croissance du méteil, puis indirectement au Pêcher par restitution de l'azote des Légumineuses. Les couverts de Thym, Phuopsis et Achillée semblent avoir bénéficiés de l'azote apporté, puisque les valeurs sont faibles dans ces modalités, mais sans restitution évidente possible comme avec les Légumineuses (Mélilot, Méteil).

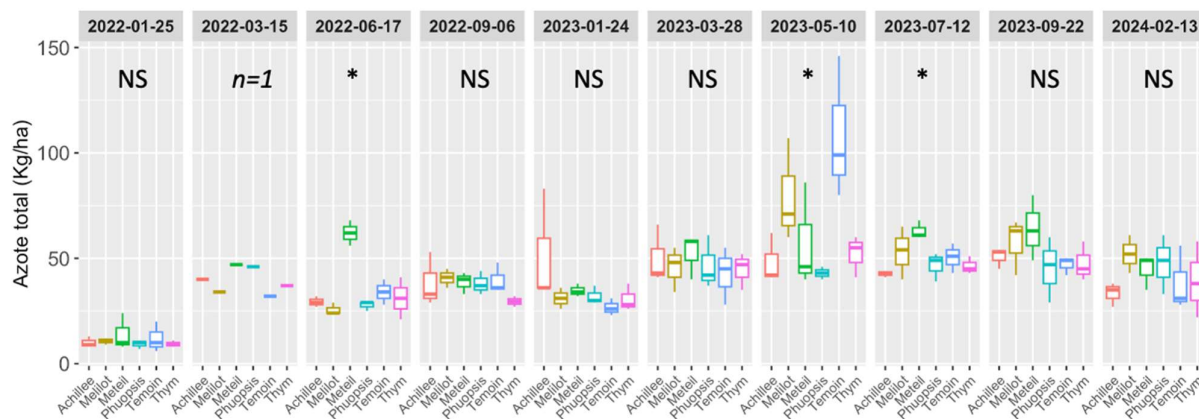


Figure 16 : Teneur moyenne en azote minéral total (NO_3^- et NH_4^+) du sol dans les six modalités. ANOVA, $n=3$ sauf le 15/03/22 où $n=1$.

Nématofaune

L'état de la qualité biologique du sol avant l'implantation des couverts était « moyen », ce qui permet de visualiser des effets potentiellement améliorant des couverts sur le sol (figure 17). D'après Elisol, une évolution est significative lorsqu'un score passe d'un état à un autre (score altéré : entre 0 et 4 ; score limité : entre 4-6, score satisfaisant = > 6). Toutefois, on peut considérer une tendance, lorsqu'un score évolue d'un point.

Dans la modalité Témoin, une légère amélioration est observée concernant la stabilité du milieu (lié à la complexité du milieu trophique) et la pression sur les racines (abondance des nématodes phytophages). A l'exception du couvert de Thym, les couverts ont amélioré les voies de décomposition de la matière organique du sol. Le thymol a des propriétés bactériennes et antifongiques, il semble donc avoir affecté la composition microbienne du sol. La stabilité du milieu, donc la diversité et abondance microbienne a été améliorée le Phuopsis (+3,9 points par rapport à octobre 2021), l'Achillée (+3,1 points par rapport à octobre 2021) mais également dans le Témoin (+2,0 points par rapport à octobre 2021).

Les effets des couverts sur l'abondance des nématodes phytoparasites sont contrastés : les couverts de Thym et Mélilot n'ont pas augmenté leur abondance : les populations sont équivalentes à celle du

Témoin en novembre 2023. Notons qu'une diminution de leur abondance est globalement observée sur Thym, Mélilot et Témoin entre octobre 2021 et novembre 2023. En revanche, le Phuopsis a dégradé la situation parasitaire (différence de 3,9 points entre Phuopsis et Témoin). Considérant l'ensemble des indicateurs, l'effet le plus critique est observé sur la modalité Phuopsis : la diversité des nématodes du sol est très faible, certains taxons, tels que les nématodes phytophages, prédominent fortement la communauté et peuvent induire un déséquilibre.

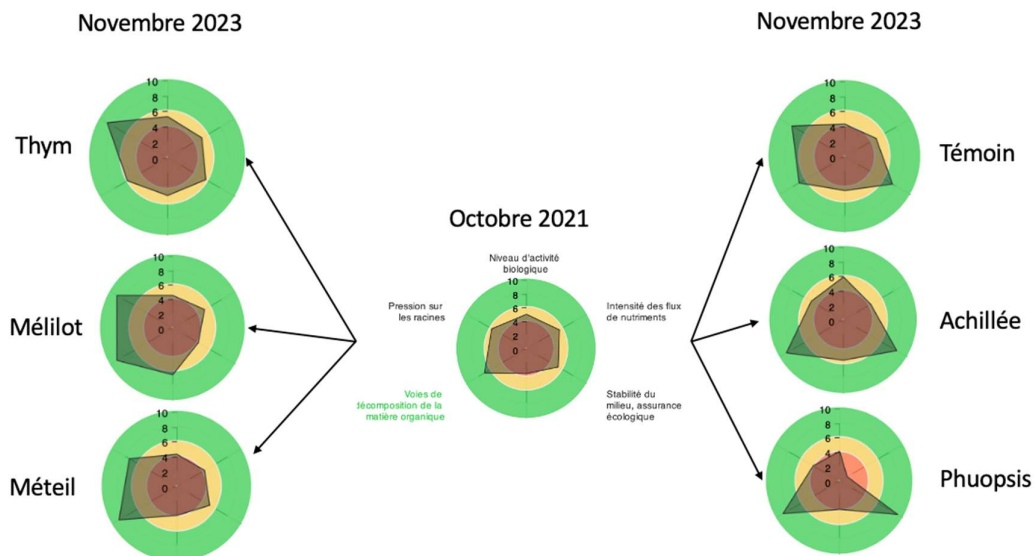


Figure 17 : Diagramme synthétique d'interprétation de la présence des nématodes avant l'implantation des couverts (octobre 2021) et deux ans après leur implantation (novembre 2023).

En ce qui concerne le nématode phytoparasite *Helicotylenchus sp.*, il semblerait effectivement que la modalité Phuopsis, favorise son développement (figure 18). Sa présence est liée au couvert végétal présent et à la profondeur des racines de celui-ci. Ici la profondeur de prélèvement était de 0-20cm et avec un enracinement assez superficiel des pêchers, il se peut qu'avec cette abondance élevée d'*Helicotylenchus sp.*, il puisse y avoir quelques impacts sur les racines. Cependant la présence d'une diversité de nématodes phytoparasites limite en général la prolifération et l'impact de ce taxon, ce qui est le cas ici. Par ailleurs, ce nématode ne représente pas un risque majeur pour les cultures d'arbres fruitier. Il est plutôt un indicateur de l'implantation du couvert végétal. Un changement de plante de couverture au cours du temps (ou sa diversification), peut permettre de limiter le développement des populations de ce nématodes.

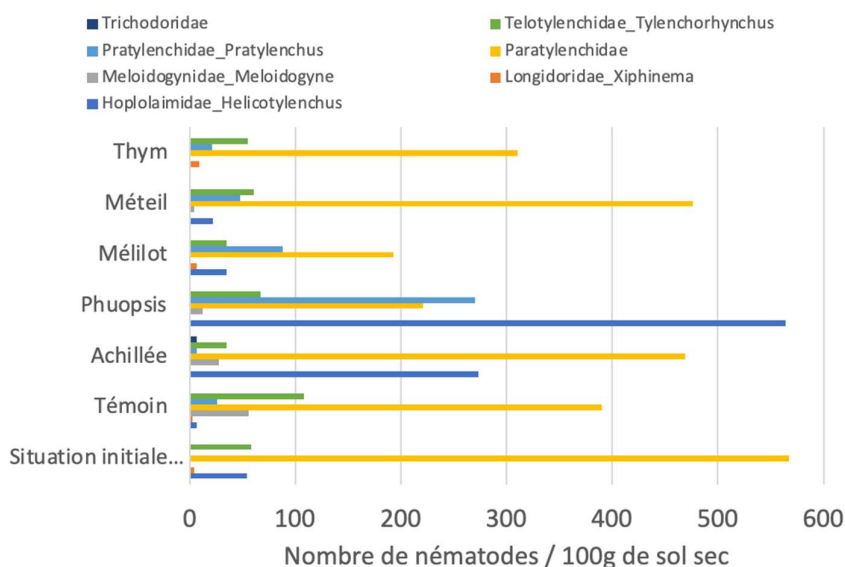


Figure 18 : Nombre de nématodes du sol présent le 08/11/23 en comparaison avec ceux présent avant la mise en place des couverts (situation initiale en octobre 2021). Analyse réalisée par Elisol Environnement.

Rendement et calibre des fruits

En 2022, le rendement en fruits commercialisables n'a pas été significativement affecté par les modalités (ANOVA, $p > 0.05$; figure 19 gauche). Un effet bloc significatif a été mis en évidence (ANOVA, $p < 0.05$) : le rendement du bloc n°1 (côté ouest) est significativement inférieur.

En 2023, le rendement de la modalité Témoin est significativement supérieur aux autres modalités (ANOVA, $p = 0.02199$; figure 19 gauche). Les couverts quels qu'ils soient ont impacté négativement le rendement. Les couverts n'ont en revanche pas eu d'effet significatif sur la répartition par calibre (test du khi2 $p = 0,1008$).

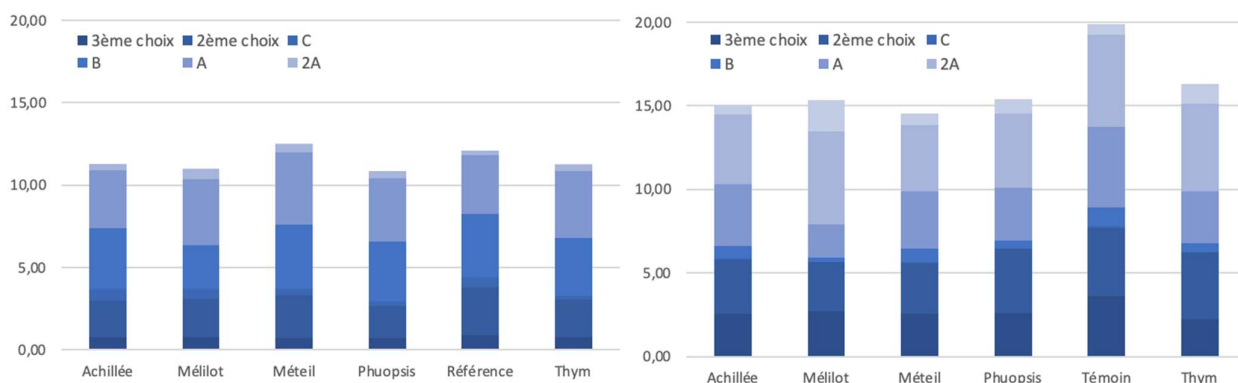


Figure 19 : Rendement (T/ha) et répartition par calibre des fruits pour les six modalités en 2022 (gauche) et 2023 (droite).

Notons que lors du premier passage les fruits ont été ramassés un peu trop vert suite à une mauvaise communication avec l'équipe de récolte. Pour caractériser le niveau de maturité, des mesures de fermeté sont été réalisées sur un échantillon de fruit pour chaque calibre du premier choix sur toutes les parcelles élémentaires des blocs 1 et 2 (le bloc 3 ayant été récolté en premier, nous n'avons pas eu le temps de nous ajuster pour ce bloc). L'analyse de variance effectuée sur la moyenne de la fermeté pondérée par le poids récolté de chaque catégorie ne montre pas d'effet des modalités. Si on s'intéresse à la fermeté par calibre, on ne voit pas de différence entre les modalités au seuil alpha de 0.05. Cependant il y a une différence pour le calibre 3A au seuil alpha de 0,1 : $p = 0.08$. La fermeté des fruits

dans la modalité Météil et Achillée sont significativement différente pour le calibre 3A (au seuil $\alpha=0,1$).

Dégâts sur les fruits et en post-récolte

Dégâts sur fruits à la récolte

En 2022, aucun effet significatif des modalités n'est observé concernant les dégâts sur fruits à la récolte (figure 21 gauche). Les dégâts les plus fréquents sont les morsures, causées généralement par les forficules. Ce type de dégâts est en augmentation dans les essais pêcher sur le domaine expérimental. La présence des couverts n'augmente pas les dégâts de morsures sur fruits (absence de glu sur le tronc sur toutes les modalités)

En 2023, le niveau de dégât sur fruits est globalement plus élevé qu'en 2022 (figure 20). Les fruits ont présenté de nombreux dégâts à la récolte puisque seuls 26% des fruits en moyenne (toutes modalités confondues) étaient sains pour 60% de fruits seulement en catégorie 1 et 2. Le taux de déchets est donc très important. Cela est lié principalement à la forte attaque de Rouille qui a touché la parcelle cette année avec 40% des fruits impactés, quelle que soit les modalités. La deuxième cause de déclassement est liée à la présence de morsures sur les fruits. Des différences significatives entre modalités sont observées (Phuopsis > Météil). Il est probable que les couverts facilitent le passage d'insecte dans la canopée. De plus, en culture de pêcher, il est courant de positionner un anneau de glu sur le tronc avant la récolte pour protéger les fruits contre les attaques de forficules. Cependant, en raison de la présence des couverts qui peuvent être relativement haut et qui peuvent donc créer des ponts entre branches et sols, la pose de glu est délicate.

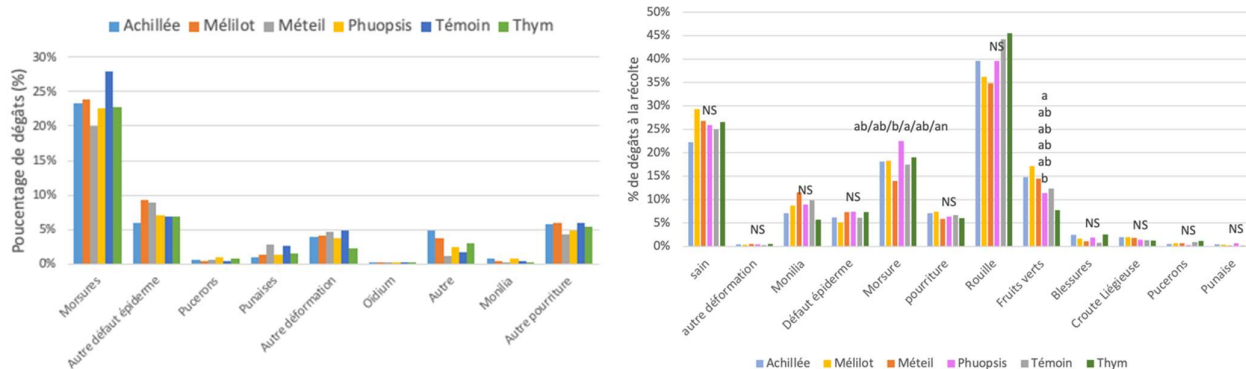


Figure 20 : Pourcentage moyen de dégâts observés sur les fruits récoltés en 2022 (gauche) et 2023 (droite).

Conservation des fruits en post-récolte

La proportion de fruits pourris à chacune des dates n'est pas significativement différente entre les modalités (figure 21). L'analyse statistique des aires sous la courbe (AUDPC) des différentes modalités ne montre pas non plus de différences significatives au seuil de 5% (ANOVA, $p=0.6248$). On observe toutefois la même tendance qu'en 2022 : en moyenne les fruits issus des couverts « vivants » (Achillée, Méliot, Phuopsis et Thym) tendent à moins bien se conserver que les fruits issus du témoin ou du météil, sans que cette différence ne soit significative.

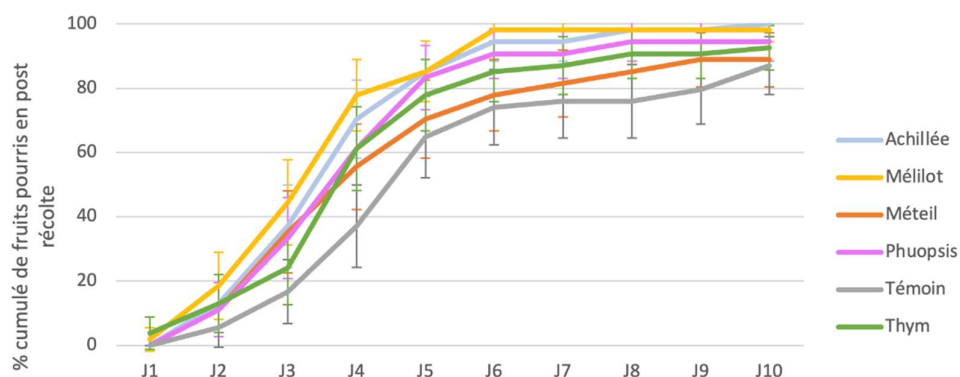


Figure 21 : Pourcentage cumulé de fruits pourris pendant 7 jours de conservation à 20°C observé en 2023. Les différences sont non significatives pour toutes les dates (barre d'erreur : IC à 95%).

SPAD

Les analyses statistiques effectuées à chaque date de mesure montrent des différences entre modalités pour le 16 mai (avec interaction blocs :modalités), le 7 juin (avec interaction blocs :modalités), le 18 juillet et le 5 septembre (figure 22).

En début de saison, le mélilot et le témoin se démarquent de l'achillée avec un indice SPAD plus élevé. Puis lors de la période de pousse active on se retrouve avec trois groupes : le témoin qui conserve des valeurs élevées d'indice SPAD, le méteil qui présente des valeurs intermédiaires et les autres couverts qui présentent un indice plus faible, probablement en lien avec une dilution de l'azote plus importante dans les tissus.

Au 27 juin, nous n'observons plus de différence entre les modalités.

Sur la période de maturation du fruit (18 juillet), le témoin et le thym ont un indice supérieur au méteil. Notons que le méteil a reçu un apport d'azote en moins en direct sur le rang, le dernier apport d'engrais organique ayant été apporté sur le méteil avant fauche de ce dernier, et non sur le rang de Pêcher. La fraction d'azote absorbée par le méteil n'est pas encore disponible pour les arbres à ce moment.

Enfin sur la période de mise en réserve deux modalités sont différentes : le thym avec l'indice SPAD le plus élevé et l'achillée avec l'indice SPAD le plus faible. L'indice SPAD reste un indice complexe à analyser lorsqu'il est considéré seul.

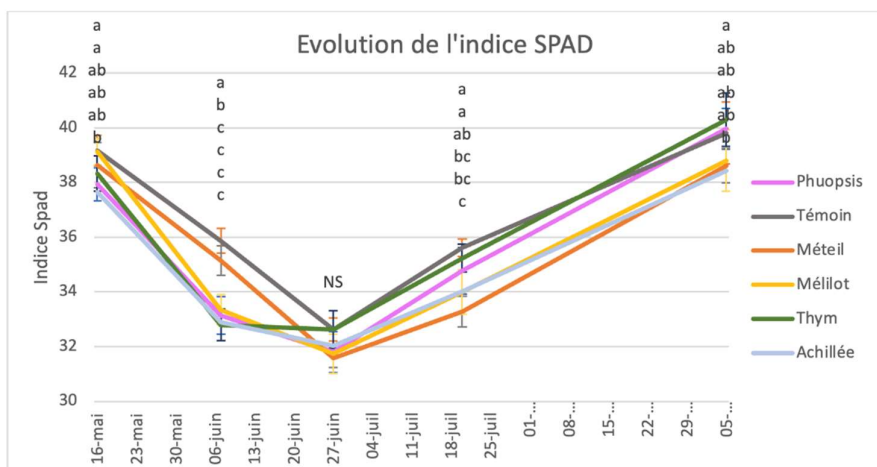


Figure 22 : Évolution de l'indice moyen de SPAD au cours de la saison entre le 16/05/23 et 05/09/23.

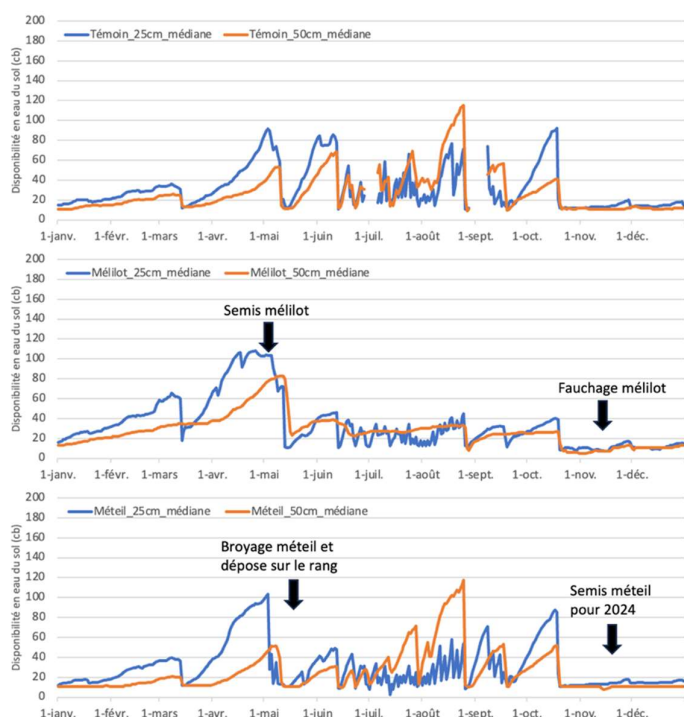
Disponibilité en eau du sol

En 2023, le cumul annuel des précipitations est de 846 mm, la quantité cumulée d'eau apportée par irrigation est 303 mm. Comme déjà observé en 2022, la disponibilité en eau à 25 cm de profondeur de

la modalité achillée apparait comme la plus affectée par la croissance du couvert, en comparaison avec le témoin (figure 23). La disponibilité en eau du sol des modalités thym et Phuopsis est également réduite par rapport au témoin, mais dans une moindre mesure.

A 25 cm de profondeur, la disponibilité en eau des modalités méteil et mélilot sont proches des celles de la référence. A 50 cm de profondeur, la disponibilité estivale en eau dans la modalité Mélilot est plus élevée que dans la modalité témoin.

Ces résultats mettent en évidence une diminution de la disponibilité en eau par la croissance des couverts d'achillée, en première et deuxième année par rapport au témoin, et de manière plus ponctuelle pour les couverts de Thym et Phuopsis, mais ils ne permettent pas d'établir un lien direct avec le niveau de stress hydrique de la culture.



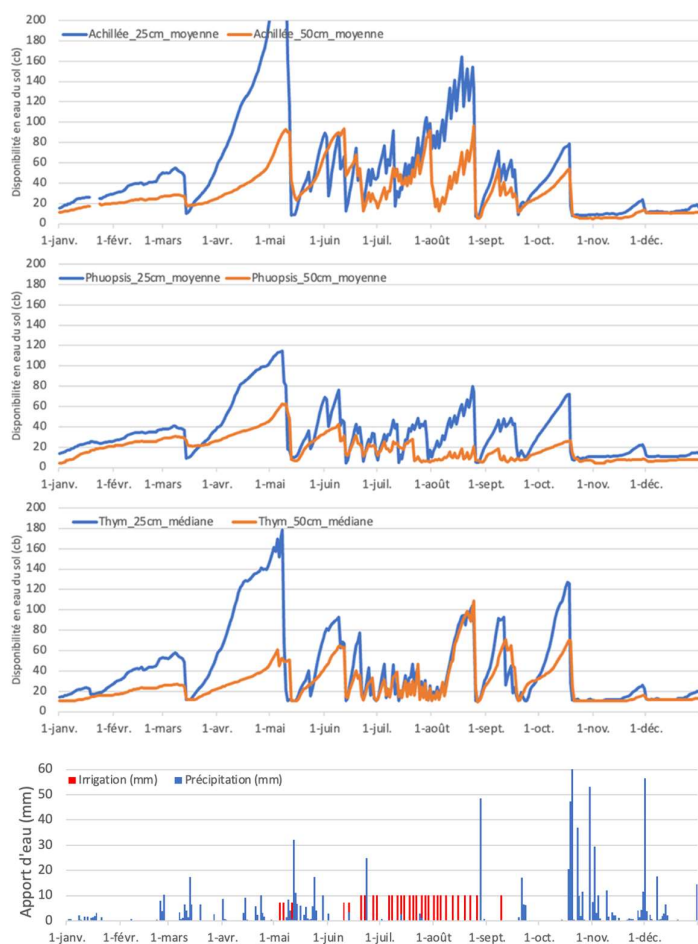


Figure 23 : Évolution de la disponibilité en eau du sol (centibars) mesurée à l’aide de tensiomètre sur le rang de plantation à 25 et 50cm de profondeur en 2023. Apport d’eau par précipitation et irrigation (mm).

5 – CONCLUSION

Les observations réalisées en 2023 (deuxième année d’installation des couverts, pêcher en 6^{ème} feuille) permettent de mettre en évidence :

- **Installation des couverts et recouvrement du sol**
 - L’implantation délicate du méteil en 2023 (besoin de réaliser un deuxième semis au printemps) illustre bien la difficulté de mise en place d’un couvert annuel sur le rang, car les interventions de travail du sol et notamment de faux semis nécessaires en AB, sont compliqués car le matériel n’est pas adapté à la présence d’arbres.
 - La présence des adventices entre les rangs de plantation de l’Achillée au printemps est abondante (45% en avril 2023). Le mode d’implantation (semis/plantation) et la variété d’Achillée pourraient expliquer les différences de comportement (érigé/tapissant) et de recouvrement observées dans d’autres essais où les recouvrements après 2 ans étaient plus élevés.
- **Croissance des troncs**
 - En première année (2021-2022), le développement des couverts de mélilot, Phuopsis et thym ont limité la croissance des troncs par rapport à la modalité témoin.
 - En deuxième année, un effet significatif de la réduction de croissance est observé pour l’Achillée. L’intensité de la réduction de croissance semble corrélée au rythme de développement des couverts. Lorsqu’ils sont en forte croissance (e.g. Phuopsis en 2021-2022, Achillée en 2022-2023), ils affectent significativement la croissance en diamètre des troncs (croissance nette ou relative).

- **Croissance des fruits avant récolte**
 - Une croissance des fruits plus rapide des fruits a été observée en juin-juillet sur la modalité Mélilot.
- **Analyse de feuille**
 - Les teneurs en azote foliaire de la modalité Méteil sont plus élevée, suggérant un prélèvement faciliter par la restitution d'azote des Légumineuses du méteil. Une tendance à l'augmentation des teneurs en Fer et une diminution de la teneur en Mn dans les modalités avec des couverts est observée, celle-ci serait à vérifier dans la durée.
- **Conservation des fruits**
 - Les pourcentages moyens de fruits pourris dans les modalités avec des couverts « vivants » sont inférieures au témoin. Toutefois, aucune différence significative n'est mise en évidence.
- **Reliquat d'azote**
 - La restitution d'azote par le méteil est significativement supérieure au témoin en 2022, pas en 2023 mais la même tendance est observée. La teneur en azote réduite dans la modalité Achillée en 2023 pourrait être expliquer par sa forte croissance.
 - Ces résultats confirment et quantifie la consommation d'azote des couverts permanents sans restitution évidente observée, contrairement aux Légumineuses « mulchées » (Méteil) ou laissée sur le rang (Mélilot) qui le restitue au sol.
- **Biomasse microbienne, vitesse de minéralisation, teneur en carbone du sol**
 - La biomasse microbienne, sa respiration et la vitesse de minéralisation sont plus élevée dans la modalité Phuopsis que dans le témoin.
 - Une augmentation de la teneur en carbone des sols avec des couverts abondants (Phuopsis) ou mulch épais (méteil) a été observée, et elle n'est pas visible dans les autres modalités avec couverts.
- **Nématodes**
 - A l'exception du couvert de Thym, les couverts ont amélioré les voies de décomposition de la matière organique du sol. La composition microbienne du sol de la modalité Thym a été altérée, probablement en raison des propriétés bactériennes et antifongiques du thymol.
 - Considérant l'ensemble des indicateurs, l'effet le plus critique est observé sur la modalité Phuopsis : la diversité des nématodes du sol est très faible, certains taxons, tels que les nématodes phytophages, prédominent fortement la communauté et peuvent induire un déséquilibre.
 - La présence d'une diversité de nématodes phytoparasites limite en général la prolifération et l'impact de ce taxon, ce qui est le cas ici. Par ailleurs, *Helicotylenchus sp.* ne représente pas un risque majeur pour les cultures d'arbres fruitier.
- **Rendement et calibre des fruits**
 - En 2022, aucune différence significative de rendement n'a été observé, les rendements pour les fruits de calibre compris entre C et 3A varie entre 7,9 et 9,1 T/ha. En 2023, le rendement du témoin (12,2 T/ha, calibre C et 3A) est significativement supérieur aux modalités avec des couverts (compris entre 9 et 10 T/ha). Les répartitions par calibre ne sont pas significativement différentes en 2022 et 2023.
- **Disponibilité en eau du sol**
 - Ces résultats mettent en évidence une diminution de la disponibilité en eau par la croissance des couverts d'achillée, en première et deuxième année par rapport au témoin, et de manière plus ponctuelle pour les couverts de Thym et Phuopsis

L'ensemble des corrélations entre variables n'ont pas été étudiés dans ce document.

REMERCIEMENTS

Le GRAB remercie l'UERI de l'INRAE de Gothenon pour la mise à disposition de la parcelle expérimentale et le partage des données.

Cette action a reçu le soutien financier de :

Agence Nationale de la Recherche dans le cadre de l'appel à projet SusCrop – ERA-NET.



SusCrop – ERA-NET
Cofund on Sustainable Crop Production
FACCEJPI

