ARBRATATOUILLE

agroforesterie maraîchère

Journée de restitution du projet de recherche participative

9 septembre 2021

sur les Terres de Roumassouze à Vézénobres -Gard

Restitution de **6 années d'expérimentations participatives sur l'agroforesterie maraichère**, témoignages de maraîchers agroforestiers et réflexions collectives sur des thématiques de recherche.

RECUEIL DES POSTERS

AGROOF s.c.o.p

INRAE

Imbe

cirad

Terres de Roumassouze

Ferme du Boulidou

l'Europe s'engage en France

Fonds Social européen

Projet soutenu par Fondation de France

Fondation Picard

La Région Occitanie Pyrénées · Méditerranée

Projet ADRENOME

ARBRATATOUILLE
agroforesterie maraîchère

Sommaire

4 Présentation du projet Arbratatouille

6 Effets de l'agroforesterie sur la production de tomates en système maraicher biologique et tempéré

10 Effets de l'agroforesterie sur la composition et la qualité de tomates produites en système maraicher biologique et tempéré

14 Influence de l'agroforesterie sur les Carabidae

18 Effet de l'agroforesterie sur les populations de punaises vertes Nezara viridula

22 Ombrage, microclimat en agroforesterie intraparcellaire

27 Macrofaune du sol en agroforesterie maraîchère : variations spatiales et saisonnières des communautés

30 Fertilité du sol au sein d'une parcelle en agroforesterie maraîchère : hétérogénéité spatiale, effets des arbres et des bandes enherbées

34 Partenaires

39 Financeurs

Présentation du projet Arbratatouille

L'agroforesterie maraichère correspond à l'association d'arbres et de cultures maraichère sur une même surface. Sur le pourtour méditerranéen, elle est pratiquée de manière traditionnelle : la « coltura promiscua » en Italie ; les « huertas » et les « pomeradas » en Espagne. Ces systèmes ont eu tendance à disparaître en raison de la modernisation et de la simplification de l'agriculture. Malgré tout, en raison des avantages que l'agroforesterie peut avoir, certaines surfaces en agroforesterie se sont maintenues, et de plus en plus de maraichers souhaitent planter, en s'inspirant des systèmes traditionnels mais en les adaptant à leurs contraintes, plus modernes.

Cette motivation à se lancer en agroforesterie est en partie due au fait que l'association agroforestière représente une solution potentielle a beaucoup d'enjeux rencontrés par les maraichers : besoin de diversifier les productions sur de petites surfaces, réduction de l'emploi d'intrants, gestion de la ressource en eau, adaptation aux changements climatiques (sécheresse, canicule), confort dans le travail au champ travail...etc. Beaucoup d'agriculteurs se tournent alors vers les structures techniques pour avoir plus d'informations, et bénéficier d'un accompagnement à la conception et la gestion de ces systèmes. Toutefois, les connaissances que nous avons aujourd'hui sur le fonctionnement et les performances de ces systèmes sont très restreintes et éparses, d'où le besoin de fédérer des échanges entre praticiens et chercheurs et de mener des recherches appliquées sur le sujet.

Arbratatouille est un projet de recherche sur l'agroforesterie maraichère, reposant sur une collaboration active entre agriculteurs et chercheurs. Il a débuté en 2014 et avait pour but d'améliorer nos connaissances sur les interactions entre arbres et production maraichères afin de proposer des pistes de réflexion pour la conception et la gestion de systèmes agroforestiers maraichers.

La démarche de recherche que nous avons choisie dans Arbratatouille est participative. Par la collaboration étroite entre chercheurs et agriculteurs, nous avons pu mettre en œuvre et valoriser une recherche proche des enjeux du terrain et dont les résultats sont plus facilement applicables et discutables avec les agriculteurs. Chaque année les objectifs, les protocoles et les résultats ont été rediscutés ensemble, pour faire évoluer le projet en accord avec les objectifs de chacun.

Objectifs

Microclimat : Evaluer les modifications microclimatiques engendrées par les arbres et modéliser la compétition lumineuse.

Sol : Comprendre les processus de partage des ressources en nutriment et en eau et les conséquences sur la fertilité des systèmes.

Légumes : Evaluer l'impact sur croissance, le développement, les performances agronomiques et la qualité physico-chimique des légumes.

Biodiversité : Estimer le potentiel de régulation naturelle des bio-agresseurs en fonction du microclimat et des habitats semi-naturels associés

Economie : Evaluer les performances technico-économiques des systèmes agroforestiers maraichers.

Effets de l'agroforesterie sur la production de tomates en système maraicher biologique et tempéré

Introduction

Dans les systèmes maraichers biologiques, l'agroforesterie est de plus en plus identifiée comme une solution possible pour une meilleure résilience économique et climatique des exploitations agricoles. Hormis en contexte tropical[3,4], il existe peu de références en contexte tempéré sur le comportement des cultures légumières sous les arbres, notamment des tomates, principale production maraîchère.

Matériel et méthodes

Etude menée de 2016 à 2019, dans le Gard, sur des tomates de variété « Rose de Berne », cultivées sous des noyers hybrides implantés en 1996 (17 à 20 m de haut) et espacés en 10 x 10m.

4 modalités étudiées suivant des niveaux d'ouverture de canopée différents (Tab.1). Suivi de 60 plants par modalité.

Itinéraires techniques : Conduite biologique / Irrigation goutte à goutte / Paillage BRF ou foin / Tourteau de ricin (2016) Fumier de volailles (2017-2019)

Tab. 1. Fourchette de variation des pourcentages d'ouverture de canopée par modalité de 2016 à 2019

AF++	22.9 à 27.2%
AF +	32.8 à 39.4 %
AF -	40.6 à 47.2%
CONTROL	96%

Résultats

Phénologie

Les dates de floraison et de maturité sont retardées dans les modalités AF ++ et AF +. La durée de production y est également réduite (Tab.2).

Tab. 2. Nombre de jours moyen entre repiquage et maturité du premier fruit, et nombre de jours moyen de production (±erreur standard). En jaune, les différences par rapport au CONTROL.

	1ère récolte			Durée récolte		
AF ++	103.5	+-1.6	+11.4	23.0	+-1.8	-14.4
AF +	98.3	+-1.4	+6.2	33.1	+-1.7	-13.7
AF -	91.2	+-1.2	-0.9	50.5	+-1.6	-2.7
CONTROL	92.1	+-1.3		53.2	+-1.9	

Croissance

La diminution de l'ouverture de canopée entraine une diminution du nombre de boutons floraux, et un accroissement de la hauteur (Tab.3).

Tab. 3. Hauteur moyenne des plants et nombre total moyen de boutons floraux par plant dans chacune des modalités ((±erreur standard). En jaune, les différences par rapport au CONTROL.

	Hauteur			Nb. de fleurs		
AF ++	178.0	+-5.6	+46.8	23.1	+-1.2	-14.4
AF +	154.0	+-4.2	+22.8	23.8	+-1.2	-13.7
AF -	163.6	+-5.9	+32.4	29.2	+-1.6	-8.3
CONTROL	131.2	+-3.1		37.5	+-2.1	

Production et qualité commerciale

La production brute de tomates est réduite en agroforesterie, d'autant plus que la canopée est fermée (Fig.1). Lorsque les tomates non commercialisables sont exclues la modalité AF - présente un rendement similaire au témoin (Fig.3) avec une qualité commerciale de tomates supérieure (Fig.2).

Fig. 1. Production brute moyenne de tomate par plant en fonction des modalités (±erreur standard)

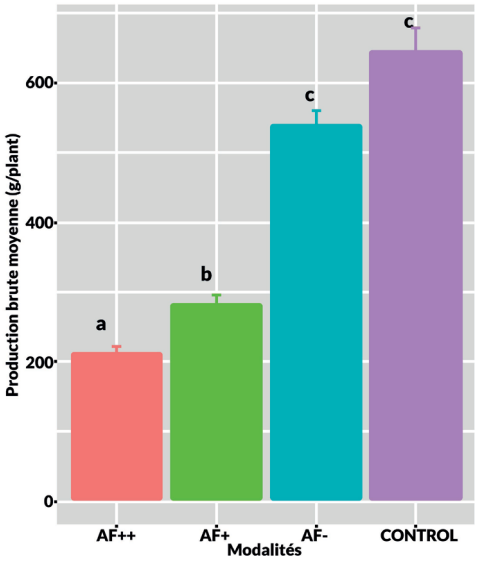


Fig. 2. Proportion du poids total de fruits récoltés par modalité dans les différentes catégories commerciales

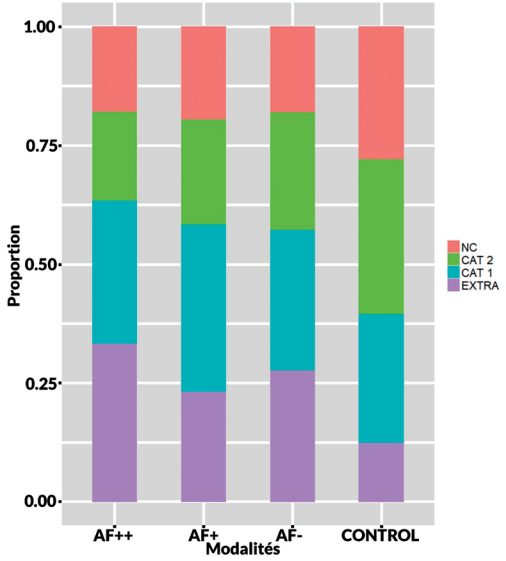
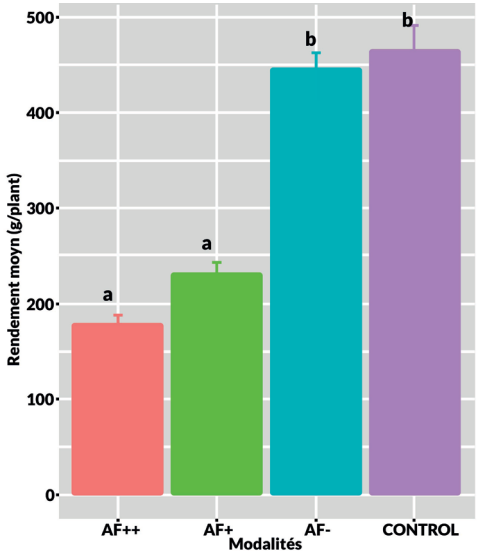


Fig. 3. Rendement moyen de tomates par plant en fonction des modalités (±erreur standard)



Conclusion

La présence d'arbres intraparcellaires de haut jet peut induire une forte compétition sur la production de tomates, notamment pour des niveaux d'ouvertures de canopée inférieure à 40%. Au dessus de ce niveau, la productivité des tomates se maintient en comparaison du témoin avec des tomates présentant moins de défauts et donc une meilleure qualité commerciale. Les arbres semblent donc susceptibles de tamponner certains stress.

Camille Béral, Ambroise Martin-Chave, Agroof SCOP et Denis Florès, Terres de Roumassouze

Effets de l'agroforesterie sur la composition et la qualité de tomates produites en système maraicher biologique et tempéré

Introduction

Sous climat méditerranéen, la production de légumes est affectée par l'augmentation des températures et l'agroforesterie est de plus en plus identifiée comme une solution possible pour limiter ces risques. Cependant, il existe peu de références pour définir le niveau d'ombrage nécessaire pour protéger les cultures maraichères du rayonnement en été tout en conservant leur niveau de production, leurs qualités organoleptique et nutritionnelle.

Matériel et méthodes

Etude en 2018, dans le Gard, sur des tomates de variété « Rose de Berne », cultivées sous des noyers hybrides implantées en 1996 (17 à 20 m de haut) et espacés en 10 x 10m.

7 modalités ont été comparées selon le niveau de lumière transmise aux plantes (Tab. 1).

La fermeté, coloration et composition en sucres, acides, caroténoïdes, vitamine C et composés phénoliques ont été analysées au laboratoire de l'unité INRAE PSH sur des tomates récoltées dans les 7 modalités.

Tab. 1. Fourchette de variation des pourcentages d'ouverture de canopée par modalité.

Modalités	Témoin	Tétard		Elagué		Emondé	
Traitements	1L	2L	2S	3L	3S	4L	4S
Rayonnements transmis	100%	60%	48%	31%	24%	13%	7%

Résultats

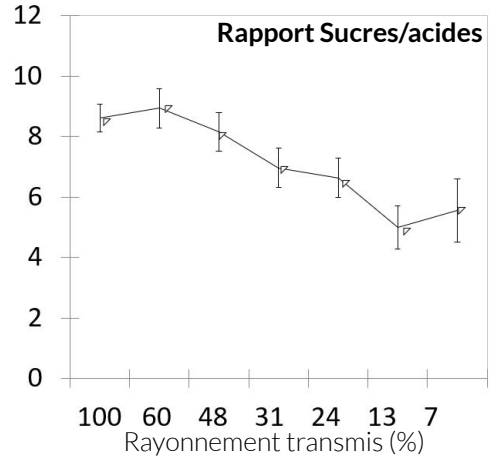
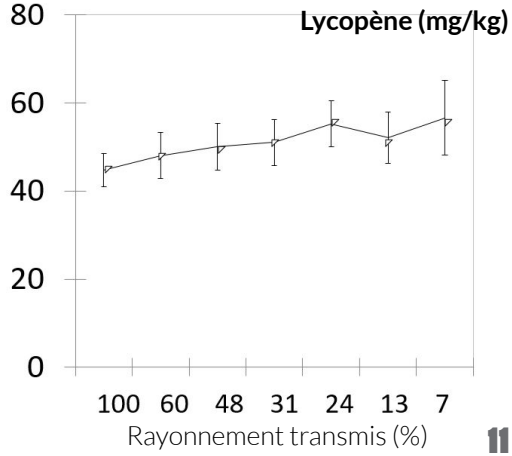


Fig. 1. Effet de l'ombrage sur le rapport sucre/acides, et les concentrations en vitamine C et lycopène des fruits de tomate (±erreur standard)

Aspect visuel: Le poids moyen des fruits ne varie pas mais la coloration rouge est accentuée avec l'ombrage surtout lorsqu'il fait chaud en août.

Qualité gustative : Un ombrage de moins de 60% ne modifie pas les teneurs en sucres ou en acides (Fig. 1, Tab. 1). Plus l'ombrage augmente, plus les concentrations en sucres diminuent et les concentrations en acide augmentent (Fig. 1, Tab. 2), ce qui indique une perte de qualité gustative.

Qualité nutritionnelle: Plus l'ombrage augmente, plus les concentrations en vitamine C et composés phénoliques diminuent. Par contre les concentrations en lycopène, pigment rouge de la tomate, augmentent (Fig. 1, Tab. 3).



Rayonnement transmis / témoin	Matière sèche (%)	Sucres/acides	Glucose (g/kg)	Fructose (g/kg)	saccharose (g/kg)	vitamine C (mg/kg)	Ac. citrique (g/kg)	Ac. Malique (g/kg)	Ac. chlorogénique (mg/kg)	Rutine (mg/kg)	Naringénine Chalcone (mg/kg)	Lutéine (mg/kg)	Lycopène (mg/kg)	β-carotène (mg/kg)	Phytoène (mg/kg)
100%	**6.53 c**	**8.61 d**	**12.32 c**	**14.47 e**	**0.61 c**	**259.8 d**	**2.96 a**	**0.29 ab**	**58.77 e**	**92.80 d**	**6.66 c**	1.500 d	44.760 a	4.982 c	8.966 a
60%	**6.54 c**	**8.94 d**	**12.31 bc**	**13.95 de**	**0.56 c**	**236.3 c**	**2.78 a**	**0.23 a**	**43.69 d**	**56.17 c**	**2.57 b**	1.17 bc	48.07 ab	4.85 ab	11.27 ab
48%	6.22 b	8.16 d	11.47 ab	13.19 cd	0.44 b	233.2 c	2.89 a	0.25 ab	36.57 cd	46.68 c	2.02 ab	1.23 bc	50.05 ab	5.00 ab	11.67 ab
31%	6.23 bc	6.97 c	11.66 abc	12.82 bc	0.44 b	192.1 b	3.31 b	0.30 b	34.37 bc	33.93 b	1.16 a	1.08 bc	51.06 ab	4.64 ab	13.79 ab
24%	5.87 a	6.64 bc	10.83 a	12.16 ab	0.31 a	177.1 b	3.36 b	0.31 b	27.37 ab	30.91 ab	1.26 ab	1.05 bc	55.24 ab	4.72 ab	14.64 ab
13%	6.08 ab	4.99 a	10.83 a	11.84 a	0.45 b	150.7 a	4.26 c	0.54 c	24.93 a	20.30 a	0.89 a	0.93 bc	52.07 ab	4.12 ab	14.51 ab
7%	6.21 b	5.56 ab	11.03 a	11.81 a	0.44 b	136.0 a	4.01 c	0.45 c	20.77 a	20.42 ab	0.62 a	1.05 bc	56.64 ab	4.16 ab	15.58 ab
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**

*Tab. 2. Effet de la densité d'ombrage sur différents critères de qualité des fruits de tomate des modalités. Les lettres différentes par colonne indiquent des différences significatives. En jaune, les valeurs semblables au témoin, en bleu, des valeurs significativement inférieures et en rouge, supérieures. *:P< 0,05; **: P< 0,001*

Témoin

Tétard

Émondée

Élaguée

Conclusion

Un ombrage modéré sous des arbres têtards (taux de transmission du rayonnement de 50%) ne modifie pas la qualité gustative des tomates.

Si le rayonnement diminue plus drastiquement (modalité émondée ou élaguée) la composition en sucres diminue et celle des acides augmente, et la qualité gustative est diminuée.

En condition témoin, les plantes sont en situation de stress (fort rayonnement et fortes températures):

- On observe de plus fortes concentrations en antioxydants (vitamine C et composés phénoliques). Sous ombrage modéré, les concentrations sont plus proches de celles en situation de culture optimale.
- L'accumulation des caroténoïdes (lycopène, phytoène), inhibée par les fortes chaleurs (témoin), augmente avec l'ombrage.

Les résultats de 2018 ont été confirmés en 2017 et 2019 et sur deux autres variétés, Cœur de Bœuf et Noire de Crimée.

Le maraichage sous ombrage agroforestier (de l'ordre de 50 à 60%) semble donc une solution intéressante pour maintenir la production en termes de rendement et de qualité en conditions méditerranéennes.

Hélène Gautier, Sylvie Sérino, Valérie Serra, Dorine Maury, INRAE UR 1115 PSH, Camille Béral, Ambroise Martin-Chave, Agroof SCOP

Influence de l'agroforesterie sur les Carabidae

Introduction

Les coléoptères Carabidae sont des prédateurs généralistes opportunistes, sensibles aux pratiques agricoles. Ils jouent un rôle dans la régulation naturelle des ravageurs de cultures et des graines d'adventices. L'objectif des études conduites dans Arbratatouille était de comprendre comment l'agroforesterie affecte ces communautés et les services associés.

Matériel et méthodes

Echantillonnage au pot Barber en 2015 et 2016, dans les tomates, laitues et bandes enherbées (5 réplicas), une fois par mois, dans 4 modalités discriminées par des niveaux d'ouverture de canopée différents (Tableau ci dessous).

Tab. 1. Pourcentages d'ouverture de canopée par modalité en 2015 et 2016

AF++	22 %
AF +	38 %
AF -	60 %
CONTROL	95 %

Résultats

Une faune remarquable

+ 5200 individus capturés
+ de 90 espèces identifiées (~1000 espèces en France)

Peu de différence en terme de diversité spécifique

- Faibles différences de diversité entre les modalités
- Gradient positif d'activité avec l'ouverture
- Modalités extrêmes en tendances plus équilibrées

Des différences marquées à l'échelle spécifique

Certaines espèces y compris dominantes montrent des préférences très marquées suivant le gradient d'ouverture.

Prédation et microclimat

Les Carabidae sont des prédateurs principalement nocturnes dont l'activité dépend de la température ambiante : des essais sur proies sentinelle ont montré qu'en période estivale, leur activité de prédation est plus forte dans les modalités les plus fermées et les plus chaudes en soirée.

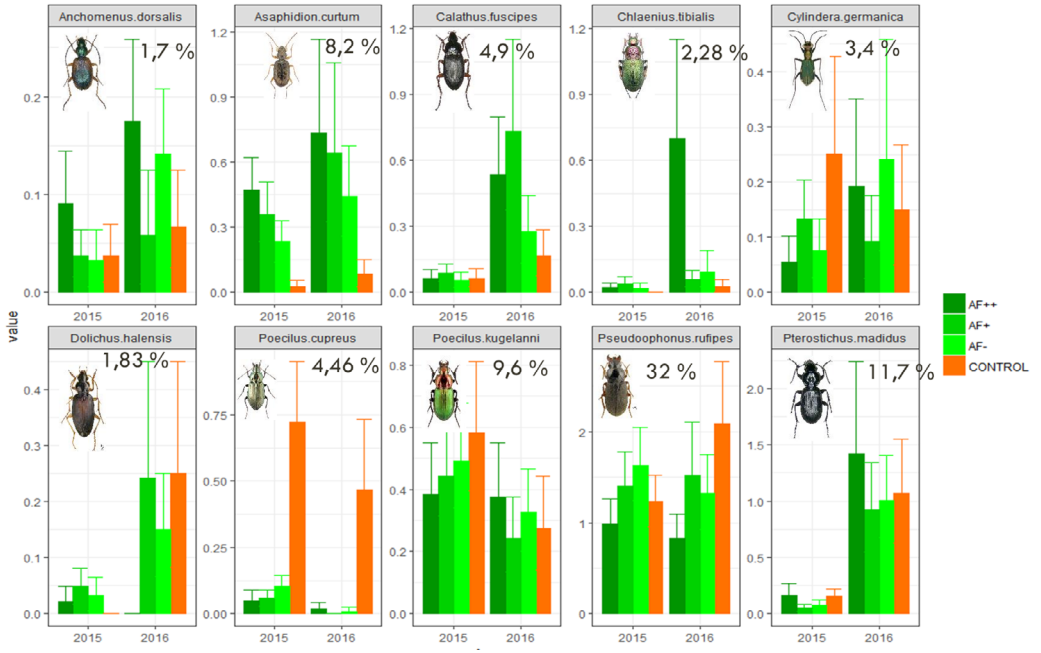


Figure 1. Activités-densités relatives totales en % et moyennes de capture par modalité sur les deux années de suivis pour les 10 espèces les plus abondantes.

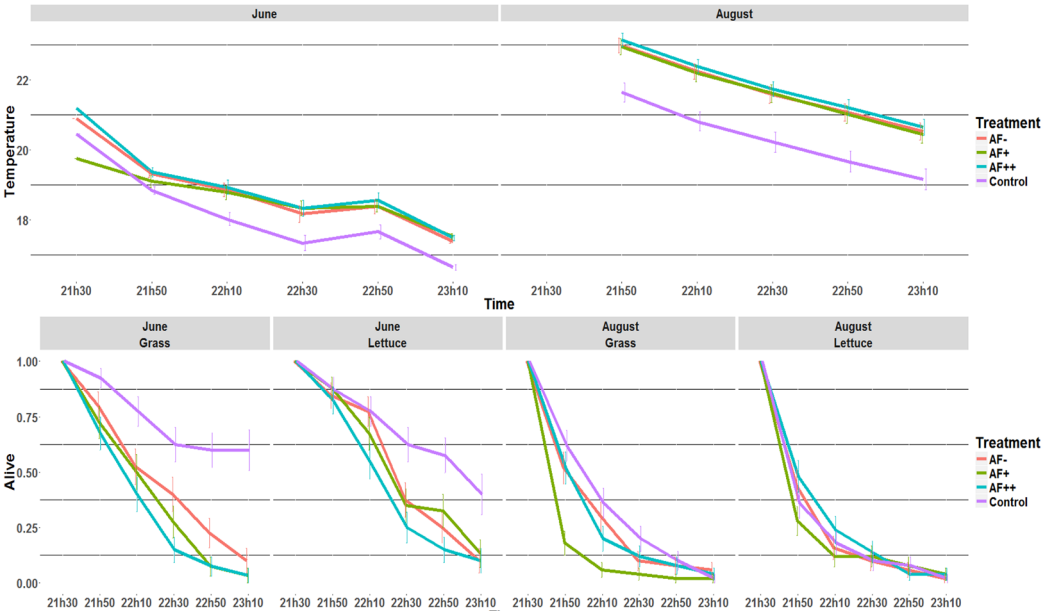


Figure 2. Prédation moyenne de 20 proies sentinelles (Cydia pomonella) par modalités à la tombée du jour en juin et août 2016, au cours de 4 soirées par mois

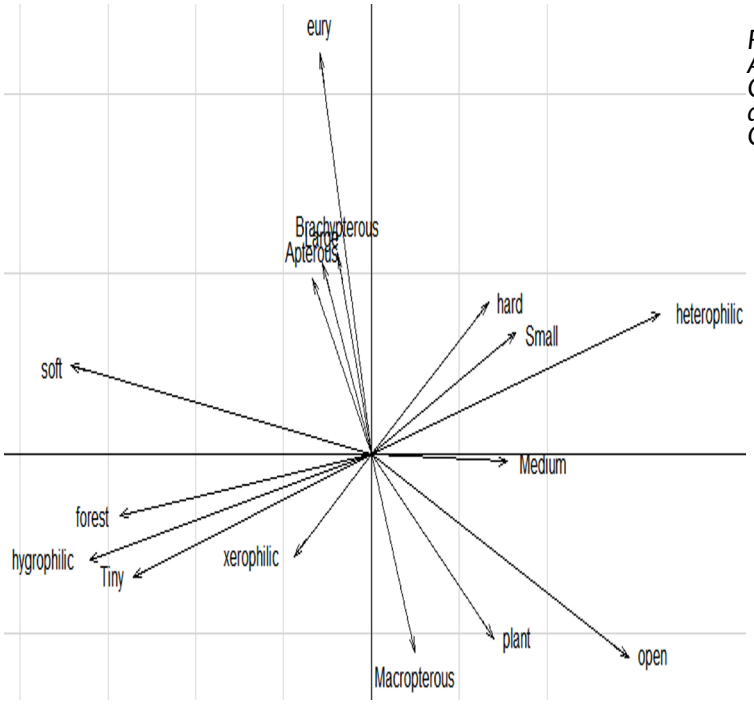
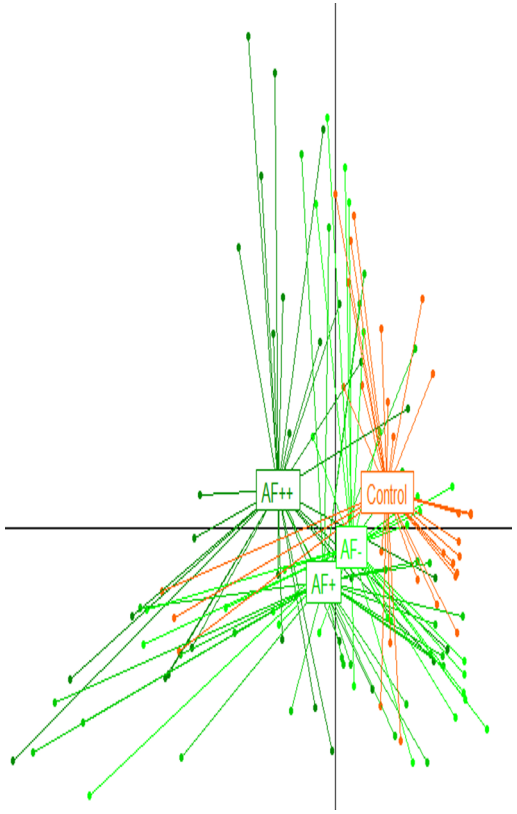


Figure 3. Between Class Analysis sur l'Analyse en Composante Principale des traits fonctionnels des Carabidae par modalité



Conclusion

La variation des conditions microclimatiques satisfait les exigences d'espèces aux écologies variées. Dans les modalités les plus fermées, on retrouve des espèces de ripisylve, de milieux humides. Les parcelles ouvertes, à savoir les modalités têtard et témoin abritent une faune plus spécifique des milieux agricoles.
Les bandes enherbées hébergent une grande diversité d'espèces et favorisent l'activité des carabes au sein des planches cultivées, et notamment la prédation au sein des cultures.

Ambroise Martin-Chave, Camille Béral, Agroof SCOP - Christophe Mazzia, IMBE - Yvan Capowiez, INRAE

Effet de l'agroforesterie sur les populations de punaises vertes Nezara viridula

Introduction

Les punaises vertes causent des dégâts (piqûres, nécroses) sur les fruits des tomates. L'objectif des études conduites dans le cadre du projet était de comprendre l'effet de l'agroforesterie sur les populations de punaises et sur leurs prédateurs naturels.

Matériel et méthodes

En 2018 et 2019, les populations de punaises ont été suivies sur 180 plants de tomates cultivés dans 4 modalités différentes dont 3 modalités agroforestières variant suivant des niveaux d'ouverture de canopée (L=23 % d'ouverture ; M=35% d'ouverture et T=55% d'ouverture) et une modalité témoin sans arbres (TS). Les dégâts de punaises sur fruits ont été caractérisés en 5 classes.

Résultats

En valeur absolue, la quantité en kg de fruits récoltés présentant des piqûres de punaises est supérieure en 2019 en M, T et TS pour la RDB, et inférieure en TS et L pour la CDB. L'analyse de la proportion de fruits présentant des dégâts de punaises au regard de la production totale par modalité montre cependant une diminution globale du pourcentage de fruits piqués par les punaises de 2018 à 2019 dans toute les modalités (L, -10%, M, -6.5 %, TS, -7.5%) sauf en têtard (+4%).

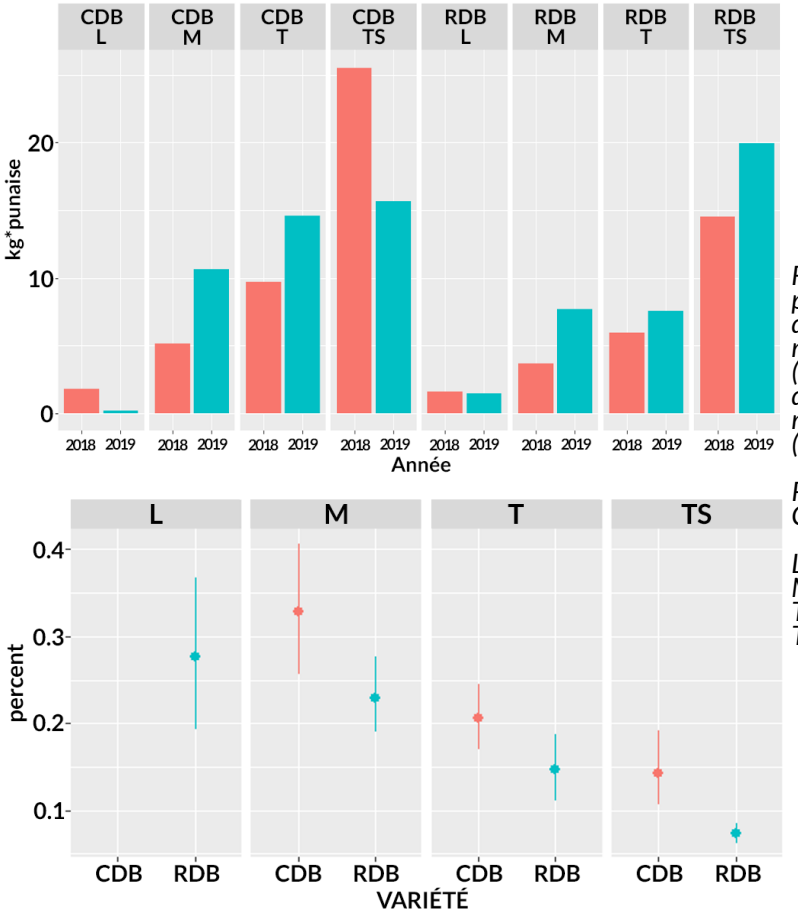


Fig 1. Poids de tomates présentant des piqûres de punaises par modalité et variété (haut) et pourcentage de fruits piqués par modalité et variété (bas).

RDB : Rose de Berne
CDB : Cœur de Bœuf.

L : Elaguée
M : Emondée
T : Têtard
TS : Témoin

% d'individus observés

	2018	2019
L	11	0
M	28	37
T	27	13
TS	33	48

TS ≥ M – T > L

Les punaises se reproduisent dans toutes les modalités sauf « L »
Plus de fruits piqués en témoin compensés par une production totale plus importante.

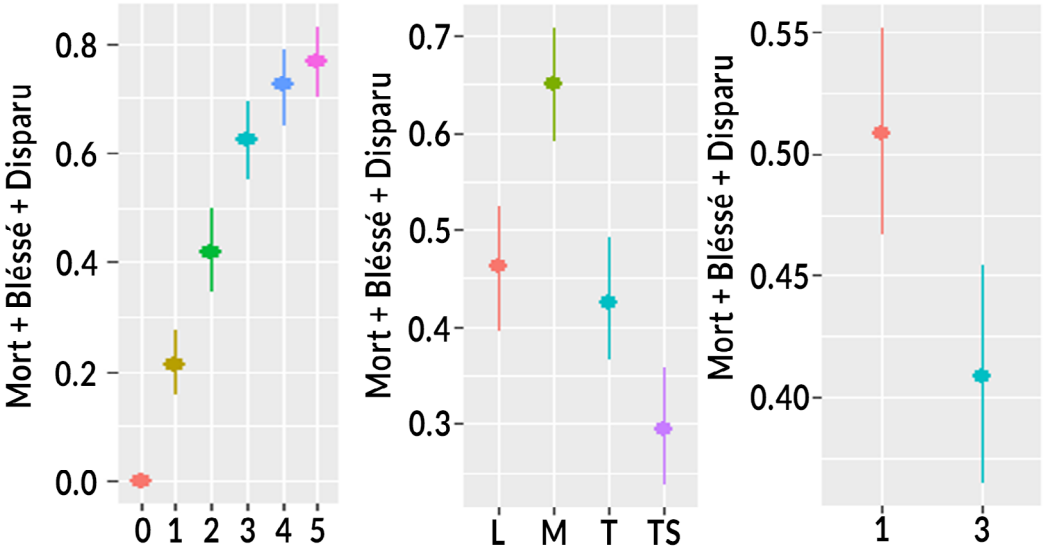


Figure 2. Gauche : taux de prédation (proies blessées, mortes ou disparues) au cours du temps (1 unité : 20 minutes), Milieu : taux de prédation en fonction de la modalité et la planches suivies (1 : 1 m de la bande enherbée, 3 : 5 m de la bande enherbée).

Figure 3. Prédation d'une punaise sentinelle par Pterostichus madidus

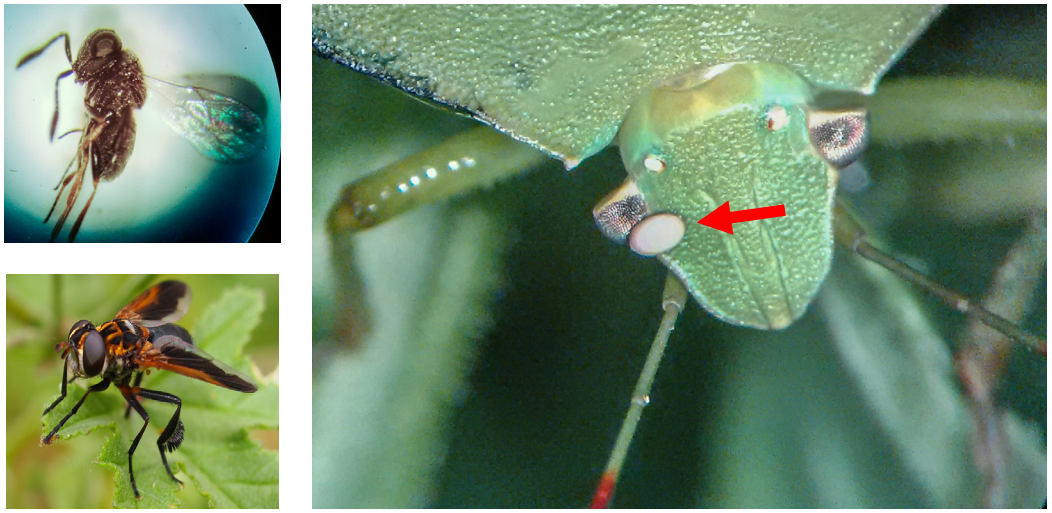


Figure 4. Recherche de parasitoïdes hyménoptères et diptères sur les œufs et adultes de Nezara viridula

Le parasitisme est quasi nul sur deux ans de suivis pour les diptères parasitoïdes (2 individus collectés) et nul pour les hyménoptères.

Conclusion

La proportion de fruits piqués augmente avec la fermeture du milieu, car moins de fruits sont produits pour une abondance similaire de punaises, excepté en L. La prédation des larves de stades 3 et 4 a été mise en évidence par plusieurs prédateurs. Ce qui indique qu'une prédation naturelle est probable au sein du dispositif, sans que des différences claires puissent être identifiées pour le moment entre les modalités.

Ambroise Martin-Chave, Camille Béral, Agroof SCOP

Ombrage, microclimat en agroforesterie intraparcellaire

Introduction

Dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, l'agroforesterie est identifiée comme un levier potentiel pour limiter les stress hydriques et thermiques sur les cultures et ou les animaux. Dans le cadre du projet Arbratatouille, l'ombrage et le microclimat créés par de l'agroforesterie intraparcellaire ont été caractérisés sur les Terres de Roumassouze, à Vézénobres dans le Gard.

Matériel et méthodes

Dispositif agroforestier

Noyers hybrides implantés en 1996 et espacés en 10 x 10 m. En 2015, avant la réalisation des différentes modalités (ci-dessous), les noyers mesuraient 17 à 22 m de haut. Trois modalités agroforestières ont été mises en place en 2015, et se distinguent à la gestion de leur houppier (Fig. 1). La taille a été renouvelée en 2018.

L'ouverture de canopée

12 photos hémisphériques par modalité, spatialement réparties de manière homogène, et prises à 2m de haut. Traitement sous CANEYE (© INRAE).

Fig. 1. Présentation des différentes modalités de l'expérimentation Arbratatouille sur les Terres de Roumassouze avec leur code, le type de taille appliquée sur les arbres et, en orange, le pourcentage moyen d'ouverture de canopée de 2015 à 2020 (± écart type).

AF ++ Elagage 22,8 ± 4,2

AF + Emondage 34,7 ± 6,0

AF - Tétard 58,8 ± 13,7

Control Sans arbres 91,8 ± 2,4

Taux de lumière

Utilisation d'un scanner Lidar et modélisation des différentes modalités en 3D pour estimer les taux de lumière transmise sous les arbres.

- Discrimination des différentes modalités
- Hétérogénéité au sein d'un même traitement
- Forte évolution en 1 an pour la modalité AF -

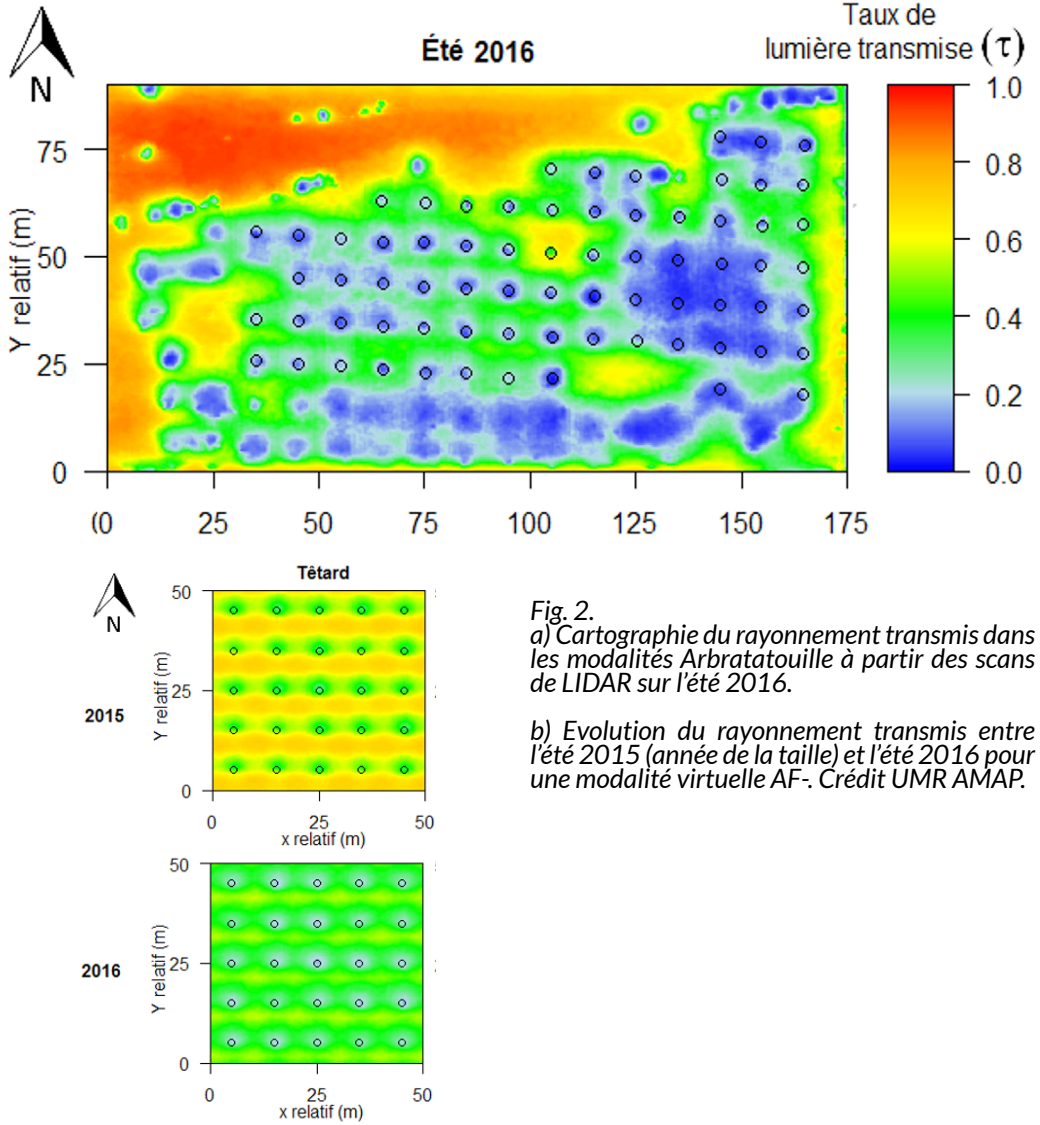


Fig. 2.
a) Cartographie du rayonnement transmis dans les modalités Arbratatouille à partir des scans de LIDAR sur l'été 2016.

b) Evolution du rayonnement transmis entre l'été 2015 (année de la taille) et l'été 2016 pour une modalité virtuelle AF-. Crédit UMR AMAP.

Températures et humidité relative de l'air

Enregistrement continu. Sondes placées à différentes distances des arbres (au milieu entre 4 arbres et à 1m au nord d'un arbre) sous des abris.

- Un effet tampon fonction de l'ouverture de canopée.
- En été, à l'heure la plus chaude (14h)
  - les différences de températures moyennes par rapport au témoin étaient les suivantes : AF ++ (-3,9 °C) / AF + (-2,8 °C) / AF – (-1,5°C)
  - les différences d'humidité relative d'environ +3,8% à 5,6% dans les modalités agroforestières.

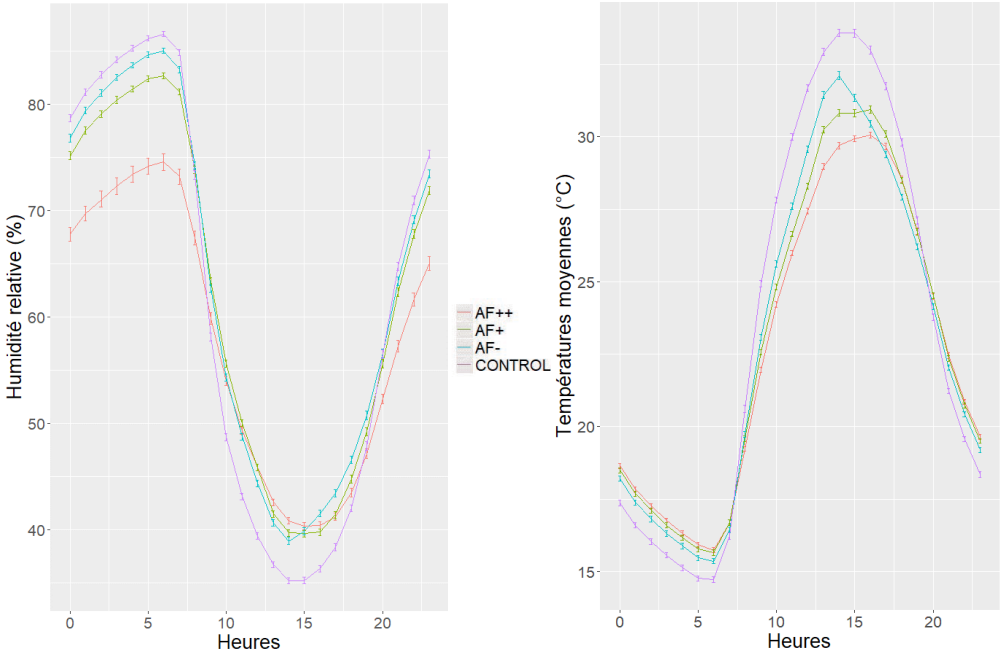


Fig. 3. Températures moyennes (°C) et humidité relative moyenne (%) par heure de la journée sur les 4 étés 2016, 2017, 2018, 2019 compilés.

Conclusion

La présence d'arbre modifie les conditions microclimatiques des parcelles de manière plus ou moins marquée en fonction de l'ouverture de canopée.

Ambroise Martin-Chave, Camille Béral, Agroof SCOP - Denis Florès, Terres de Roumassouze
Jean Dauzat et Rémi Vézy, CIRAD UMR AMP

Macrofaune du sol en agroforesterie maraîchère : variations spatiales et saisonnières des communautés

Introduction

Dans les systèmes agroforestiers, la présence de bandes enherbées plantées d'arbres génère des habitats particuliers au sein même des parcelles, susceptibles d'accueillir des communautés fauniques spécifiques. A trois saisons contrastées, nous avons étudié comment cette hétérogénéité spatiale affectait les macroinvertébrés édaphiques, acteurs essentiels du fonctionnement du sol.

Matériel et méthodes

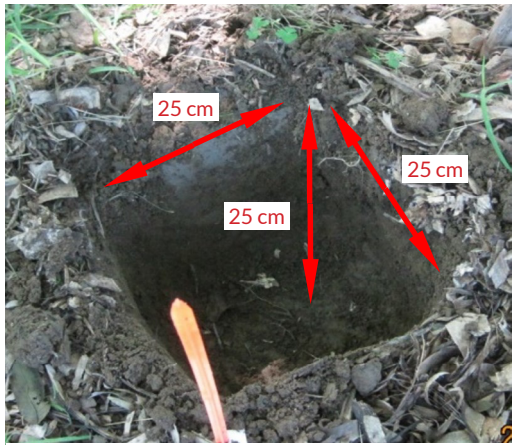
Etude menée en 2018, dans le Gard, sur des placettes en agroforesterie maraîchère, où des tomates sont cultivées sur buttes sous des noyers hybrides implantés sur des bandes enherbées en 1996 (17 à 20 m de haut) et espacés en 10 x 10m

Echantillonnage

Prélèvements effectués (Fig 1) :

- sur 3 placettes: agroforestières élaguée (AF+) et tétard (AF-) et témoin sans arbres.
- à 3 distances aux bandes enherbées (0m, 1m et 2,5m), 8 réplicats par placette
- à 3 saisons: avril, juin, novembre (Tab. 1)

Fig. 1. Prélèvement par tri manuel des macro-invertébrés (>2 mm) dans des blocs de sol



Tab. 1. Etat des noyers et de la culture de tomates et gestion du sol aux trois dates d'échantillonnage

	Avril	Juin	Novembre
Noyers	Avant débourrement	Feuillage développé	Après chute des feuilles
Tomates	Avant plantation	Production	Plants morts
Sol	Buttes, BRF (mars)	Désherbage	Arrêt désherbage
Irrigation	non	oui	non

Résultats

Dans toutes les placettes étudiées, les communautés des bandes enherbées étaient différentes de celles des buttes cultivées en avril et en juin, avec plus d'individus de toutes catégories sauf les invertébrés phytophages, plus nombreux dans les buttes en avril. En novembre, si les vers de terre anéciques et endogés sont restés un peu plus abondants dans les bandes enherbées, les densités des autres animaux étaient équivalentes entre bandes enherbées et buttes cultivées (Fig. 2 et 3).

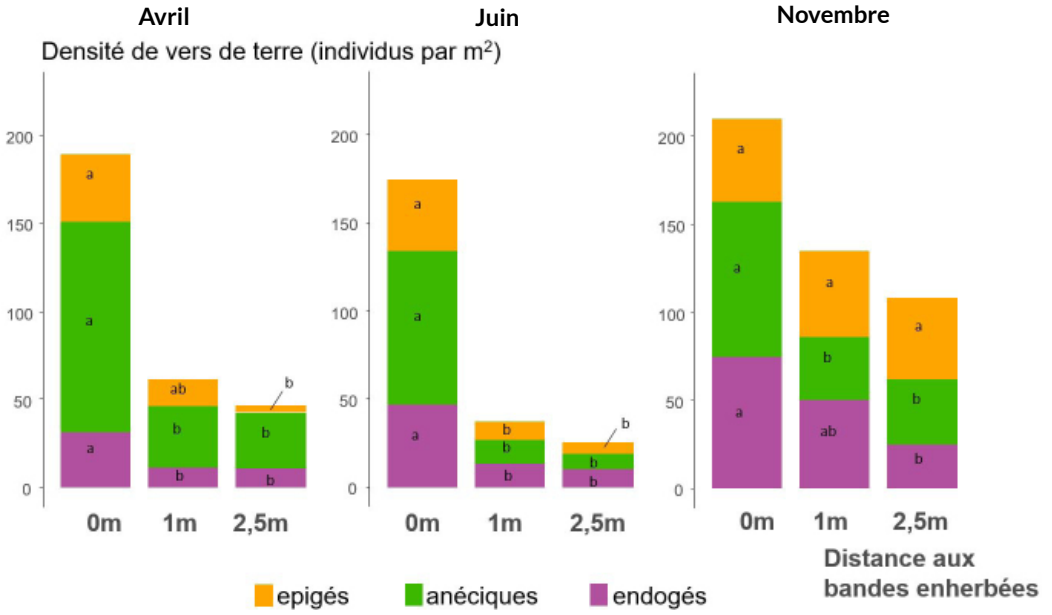


Fig. 2. Densités moyennes (sur les 3 placettes étudiées) de vers de terre de trois catégories écologiques en fonction de la distance aux bandes enherbées en avril, juin et novembre. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (p<0.05) entre distances pour une même catégorie écologique et saison.

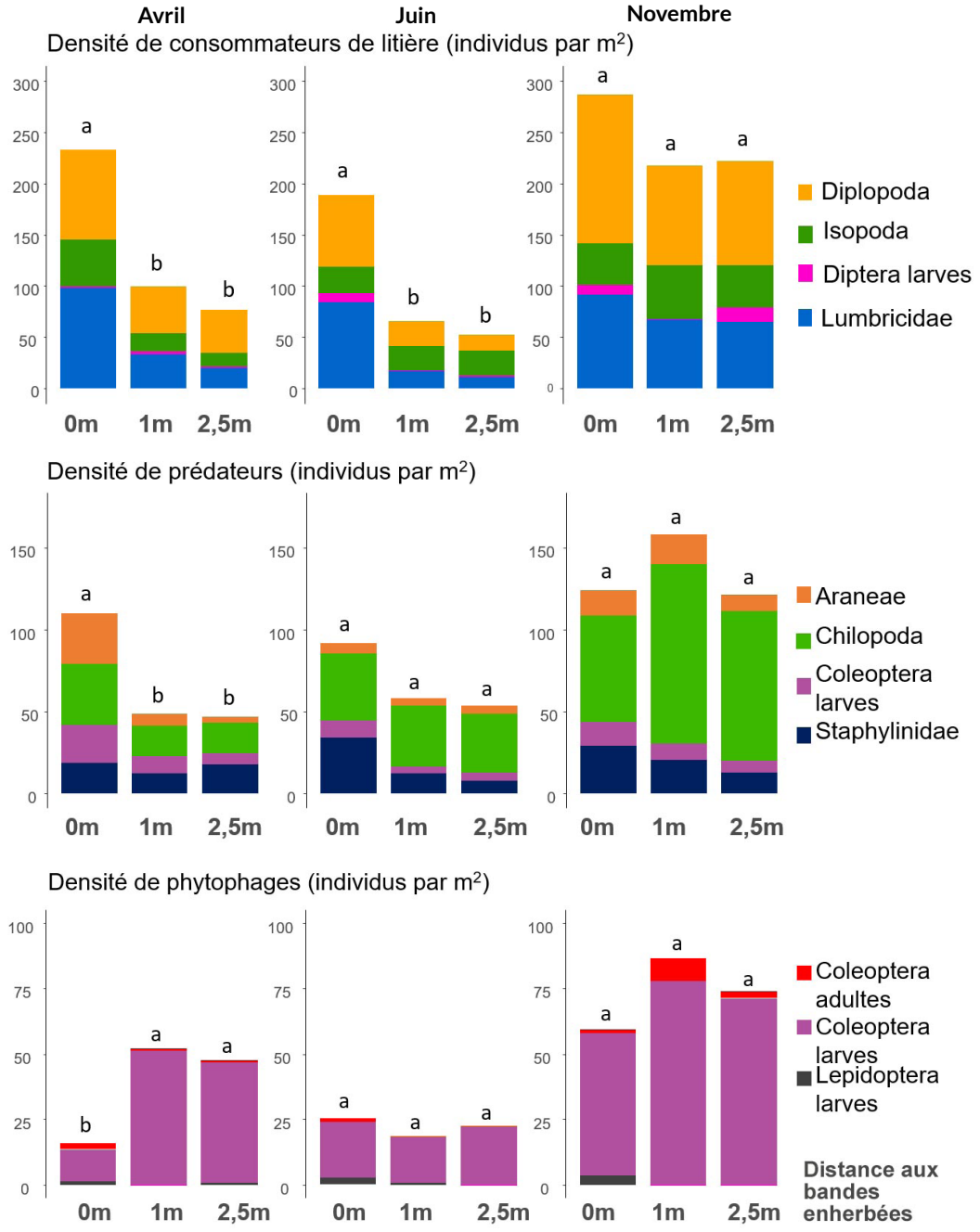
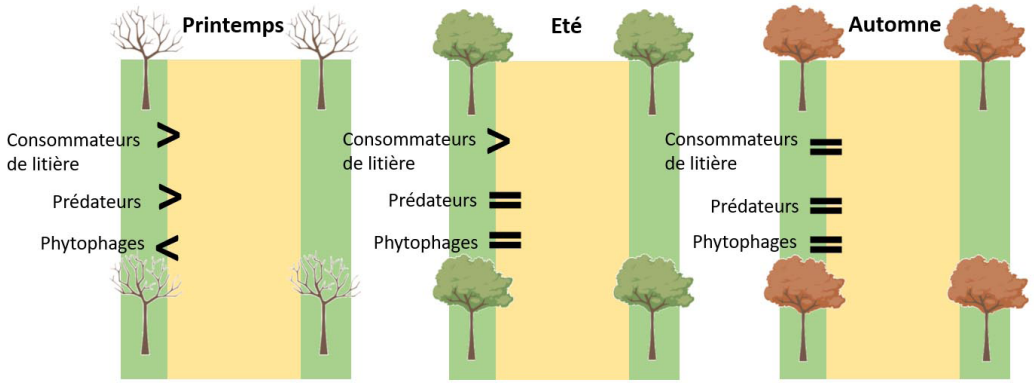


Fig. 3. Densités moyennes (sur les 3 placettes étudiées) de différents groupes trophiques de macrofaune en fonction de la distance aux bandes enherbées: consommateurs de litière (en haut), d'autres animaux (au milieu) et de végétaux vivants (en bas); en avril, juin et novembre Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (p<0.05) entre distances pour un même groupe trophique et saison.

Conclusion

En présence ou en absence d'arbres, les bandes enherbées jouent un rôle important en hébergeant des communautés de macrofaune plus riches et diversifiées que dans l'allée cultivée, avec plus d'organismes bénéfiques et moins de pression de phytophages. L'enrichissement des communautés des allées en novembre pourrait être expliqué par un déplacement d'organismes depuis les bandes enherbées, qui joueraient ainsi un rôle de réservoir source de macrofaune aux saisons favorables.



Camille D'Hervilly, Léa Delapré-Cosset, Claire Marsden, Isabelle Bertrand, UMR Eco&Sols
Yvan Capowiez, UMR EMMAH - Camille Béral, Agroof SCOP

Fertilité du sol au sein d'une parcelle en agroforesterie maraîchère : hétérogénéité spatiale, effets des arbres et des bandes enherbées

Introduction

Alors que les systèmes agroforestiers sont de plus en plus mis en avant pour leur contribution au stockage du carbone et pour la complémentarité des arbres et des cultures dans l'utilisation des ressources du sol, on connaît encore mal l'effet de ces systèmes sur le fonctionnement du sol. En particulier, peu d'études concernent la création possible de gradients de fertilité à l'intérieur des allées cultivées. Nous avons évalué la disponibilité en nutriments et la biomasse microbienne, et leur variabilité spatiale en fonction de la proximité à des bandes enherbées, en présence ou non d'arbres.

Matériel et méthodes

Etude menée en 2018, dans le Gard, sur des placettes en agroforesterie maraîchère, où des tomates sont cultivées sur buttes sous des noyers hybrides implantés sur des bandes enherbées en 1996 (17 à 20 m de haut) et espacés en 10 x 10m. Etude également d'une placette témoin, avec bandes enherbées mais sans arbres.

Itinéraire technique : Conduite biologique / Irrigation goutte à goutte / Paillage BRF / Fumier de volailles

Echantillonnage : Echantillons de sol prélevés représentant la couche de sol de 0 à 25 cm de profondeur, à différentes distances des lignes d'arbre (Fig 1).

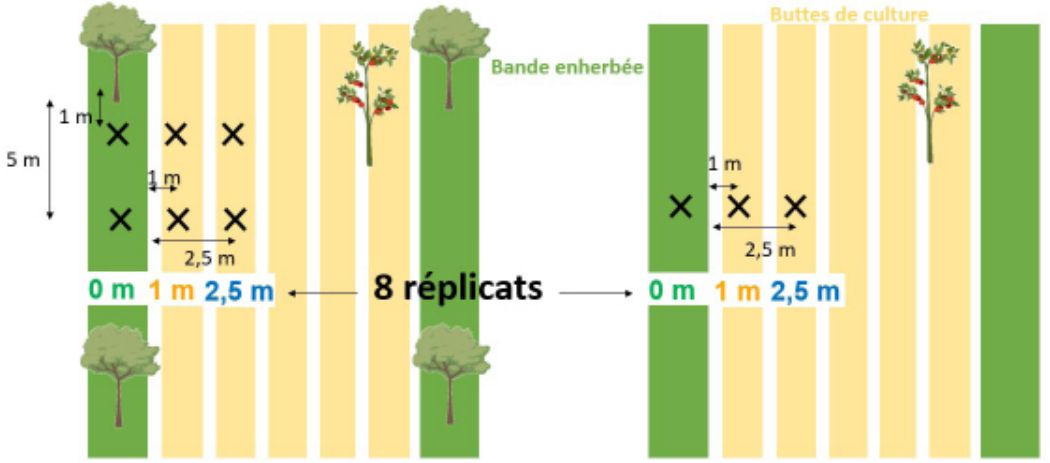


Fig. 1. Schéma d'échantillonnage de l'étude, à gauche dans 2 placettes agroforestières (élaguée AF++, et tétard AF-) et à droite dans une placette témoin sans arbres. Les points d'échantillonnage sont représentés par des croix. Ces schémas ont été répétés de manière à échantillonner 8 réplicats de chaque distance à la bande enherbée dans chacune des placettes.

Résultats

Placettes agroforestières (Fig. 2 haut): Le sol des bandes enherbées arborées contient plus de matière organique, mais aussi plus de biomasse microbienne et de nutriments azotés et phosphatés disponibles que le sol des buttes de culture, avec une tendance d'apparition d'un gradient de fertilité entre les lignes d'arbres et le centre des allées cultivées. Le quotient métabolique microbien (qCO2) est plus faible sous les bandes enherbées, signalant une meilleure efficience microbienne.

Placettes témoin sans arbres (Fig.2 bas): En absence d'arbres, le quotient métabolique microbien est également plus faible sous la bande enherbée. En revanche, les teneurs en carbone organique, carbone microbien et en phosphore disponible, globalement plus faibles qu'en présence d'arbres, ne sont pas différentes de celles des buttes de culture. L'azote minéral est plus élevé sous les buttes.

Conclusion

Les bandes enherbées ont un sol au fonctionnement différent du reste de la parcelle, avec une communauté microbienne plus efficiente dans son utilisation du carbone. En présence d'arbres, le sol sous ces bandes enherbées et à proximité dans l'allée cultivée s'enrichit en C organique, C microbien et en nutriments.

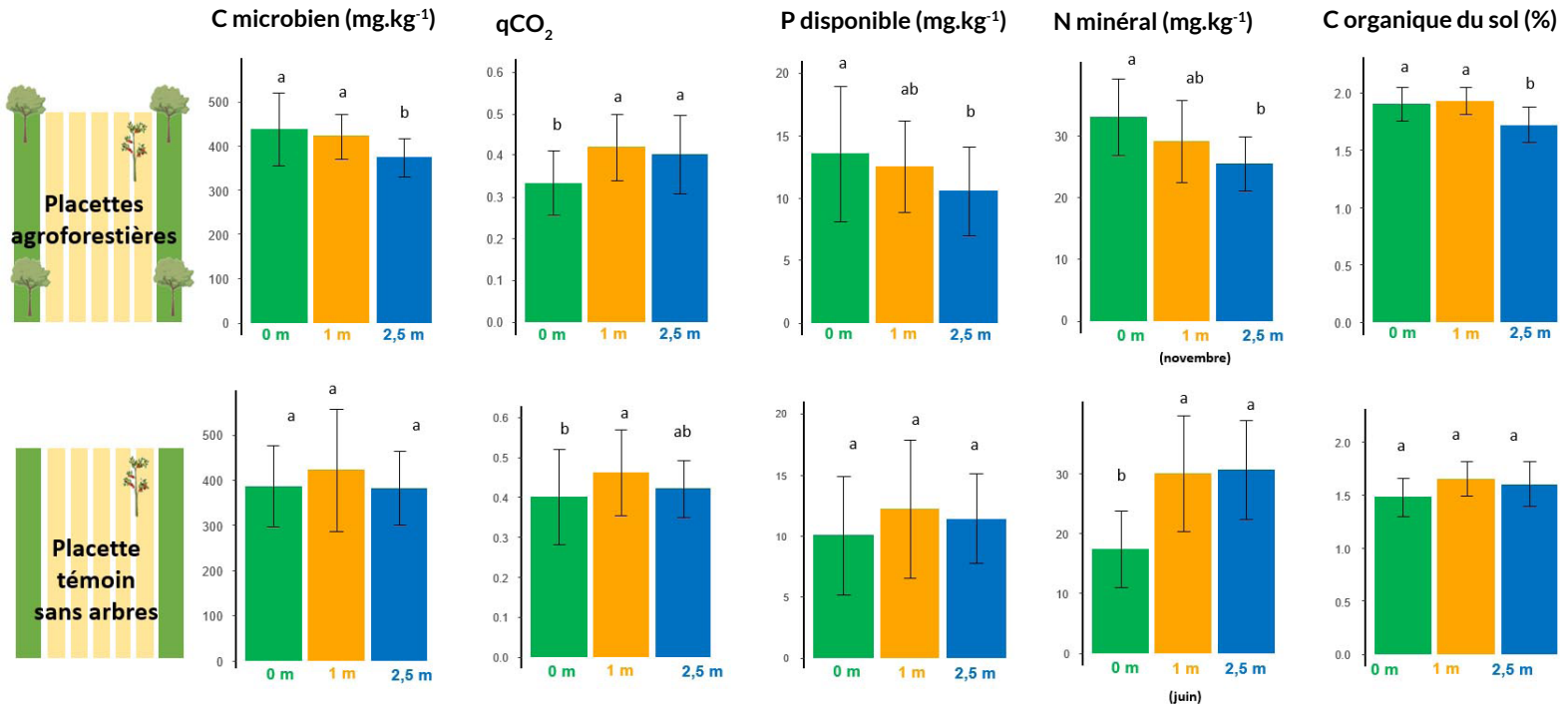


Fig. 2. Valeurs moyennes (±écart type) de propriétés du sol en fonction de la distance aux bandes enherbées: de gauche à droite, C microbien, qCO2 (quotient métabolique: respiration basale des microorganismes divisée par la respiration induite par du glucose, soit ~respiration/biomasse), P Olsen, N minéral et C organique. Les graphiques du haut représentent les valeurs des placettes agroforestières et les graphiques du bas représentent les valeurs de la placette témoin sans arbres. Les lettres différentes signalent des différences significatives au seuil de 5% entre distances aux bandes enherbées.

Camille D'Hervilly, Léa Delapré-Cosset, Claire Marsden, Isabelle Bertrand, UMR Eco&Sols
Yvan Capowiez, UMR EMMAH - Camille Béral, Agroof SCOP

Partenaires

SCOP Agroof

Agroof est une Société Coopérative et Participative spécialisée dans l'étude et le développement de l'agroforesterie en France depuis 2000. Elle réalise des formations, accompagne des projets agroforestiers et mène des travaux de recherche participative.
Présente sur toute la France, elle s'implique également dans l'évolution des réglementations et s'investit dans les outils numériques au service de la recherche, la formation et l'ingénierie.
Elle est labellisée Entreprise Solidaire d'Utilité Sociale, et finaliste au Grand Prix de la Finance Solidaire en 2018!

Rôles dans le projet

Coordination
Responsable des actions :
- Microclimat,
- Légumes,
- Biodiversité et
- Economie

Terres de Roumassouze

Les parcelles de Vézénobres sont parmi les plus anciennes de France. Les arbres avaient été plantés par l'INRA en 1996 dans le cadre d'une expérimentation qui a duré 12 ans.
Denis et Virginie se sont installés en 2010, ravis de l'opportunité d'acquérir 11ha de terres avec des arbres aussi développés. Ils se sont immédiatement lancés dans l'agroforesterie maraichère et céréalière, le tout en Bio. Pour eux les arbres contribuent à la fertilité de leur sol, au maintien d'une certaine biodiversité et à la production de bois et de BRF.
Aujourd'hui, la ferme maraichère fait 11 ha où différents systèmes agroforestiers se côtoient :

- 2 ha de noyers hybrides disposés en 10m x 10m dont 0,8 ha avec du maraichage
- 4 ha d'un arboretum d'une douzaine de feuillus divers
- 0,33 ha de vergers maraichers mis en place en 2014
- 0,85 ha de maraîchage plein champ
- 2,5 ha de grandes cultures
- 1,43 ha de haies diverses et ripisylves

Rôles dans le projet

Impliqués dans différents projets de R&D en collaboration avec Agroof, et curieux du fonctionnement des systèmes agroforestiers, Denis et Virginie Florès ont accepté de laisser une partie de leur parcellaire à disposition pour les expérimentations menées dans Arbratatouille sur 6000 m². Ce dispositif a été mis en place en 2015. Il comprend un témoin sans arbres (plein soleil) et trois modalités agroforestières correspondant chacune à un mode de taille différent.

Ferme du Boulidou

Sonia et Benoît Guérin initient leur installation en 2011, motivés par leur engagement en faveur d'une alimentation saine et respectueuse de la nature. Les terres sont d'anciennes vignes abandonnées depuis 20 ans. Les anciens rangs de vignes ont délimité les buttes maraîchères, et la frênaie accueille depuis 2012 une forêt fruitière. Le verger-maraîcher est l'organe de production principal, mais les autres systèmes (âne, poules pondeuses, canards, et forêt fruitière) jouent chacun un rôle essentiel dans le fonctionnement global de la ferme.

Les productions de fruits et de légumes sont principalement assurées par le verger maraîcher (7 500 m²), complémentés par la forêt fruitière (3 400 m²) ; une petite serre de 35 m² assure également la production de plants, essentiellement de tomates. Les cultures maraîchères comprennent une trentaine de légumes différents. Les arbres fruitiers comprennent une douzaine d'essences. L'élevage est aussi pratiqué avec une prairie de 6 500 m² accueillant des ânes dont le fumier composté est utilisé sur les buttes maraîchères, et un parcours de 1350 m² pour des poules pondeuses permettant ainsi de diversifier l'offre de la ferme et d'employer les déjections comme nutriments sur les cultures maraîchères. La ferme est entourée de haies, jouant le rôle de tampon vis-à-vis d'excès climatique), et de réservoir de biodiversité.

Rôles dans le projet

Sonia souhaite s'impliquer dans des projets de recherche tels qu'Arbratatouille pour trouver des éléments de réponse à ses questions et un appui technique. Elle participe activement aux réunions de discussion sur les orientations du projet, les résultats, et apporte son expérience comme formatrice dans le cadre de formations longues.

INRAE UMR EMMAH

L'unité a pour finalité de développer des outils d'analyse et de prévision de la dynamique du fonctionnement biophysique des écosystèmes à l'échelle du territoire. En particulier, ces outils doivent permettre de mieux comprendre les rétroactions entre les diverses modalités d'occupation de la surface, les pratiques agricoles, les forçages climatiques sur ces surfaces et le cycle de l'eau en quantité et qualité, d'une part, et sur la production agricole, d'autre part.

Rôles dans le projet

Impliqué dans les actions Sol et Biodiversité, et plus particulièrement sur l'impact des processus de surface sur l'évolution des ressources en eau souterraine.

INRAE UR PSH

L'unité PSH a pour mission de contribuer, par des approches d'écophysiologie et d'agro-écologie, à la mise au point de systèmes de culture des fruits et légumes et de scénarios paysagers en zone méditerranéenne afin d'améliorer la qualité des produits récoltés et le respect de l'environnement.

Rôles dans le projet

Impliqué dans l'action Légumes.

UMR ECO&SOLS

Eco&Sols est une unité mixte de recherche de 70 permanents associant l'INRA, l'IRD, Montpellier SupAgro et le Cirad. Les travaux conduits à Eco&Sols ont pour objectif d'améliorer la compréhension du rôle des organismes du sol et des plantes, ainsi que des interactions entre eux et avec leur milieu, dans les cycles biogéochimiques - cycles C, N et P principalement- au sein des sols et des agro-écosystèmes

Rôles dans le projet

Impliqué dans l'action Sol et plus spécifiquement sur l'étude de la fertilité des sols.

IMBE - Université d'Avignon

L'IMBE analyse les systèmes biologiques marins et continentaux, avec un regard particulier sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. L'objectif est d'améliorer la conservation et la gestion des ressources naturelles face aux changements globaux.

Rôles dans le projet

Impliqué dans l'action Biodiversité.

institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale

UMR AMAP CIRAD

Unité Mixte de Recherche à 5 tutelles, rattachée au CIRAD, au CNRS, à l'INRA, à l'IRD et à l'Université Montpellier. Son projet scientifique s'articule autour de 3 axes de recherche: «Biodiversité végétale, actuelle et passée», «Biomasse et production des plantes et des végétations» et «Modélisation du monde végétal».

Rôles dans le projet

Impliqué dans l'action Microclimat.

Financeurs

Fondation de France

Projet soutenu par

Forte de près de 50 ans d'expérience, la Fondation de France est le premier réseau de philanthropie en France. Elle réunit fondateurs, donateurs, experts bénévoles, salariés et des milliers d'associations, tous engagés et portés par la volonté d'agir. Grâce à ses acteurs implantés un peu partout en France, en milieu rural ou en ville, elle est en prise directe avec les enjeux locaux.

Fondation Picard

La Fondation Picard s'engage pour le respect de l'environnement et la promotion d'une alimentation saine, et plus particulièrement pour le développement des connaissances et des pratiques en faveur de nouveaux modes de production agricole écologiques tels que la permaculture ou l'agroécologie.

Fondation Terra Symbiosis

La fondation Terra Symbiosis a été créée en 2009 par Patricia Jung-Singh. Elle a pour vision de rétablir le lien entre l'Homme et la Nature. Elle a pour objet de soutenir des projets dans l'environnement, vecteurs de développement social, économiquement viables et protégeant les ressources naturelles et la biodiversité. L'agriculture s'est rapidement révélée comme reliant ces différents aspects, permettant d'offrir un travail et une souveraineté alimentaire aux peuples tout en respectant la terre et les écosystèmes.

Fondation Humus

Créée en 2011 par les membres de la famille Dumont, acteurs et promoteurs depuis 30 ans du développement de l'agriculture biologique, de l'éco-construction et des éco-médecines, à partir de 2020 la Fondation Humus se consacre uniquement à la biodiversité sauvage.

Remerciements à **Virginie et Denis Florès**, ainsi qu'à l'ensemble des stagiaires et collègues ayant contribué aux études : **Guilhem Heranney, Maxime Poissonneau, Camille Niard, Clémence Rivoire, Julien Larivière et Maé Podéchard, Lisandro Budassi, Ninon Claude**.

Pour en savoir plus, le rapport final du projet sera diffusé sur le site internet
https://arbratatouille.projet-agroforesterie.net

Pour tous renseignements, prendre contact avec
Camille Béral - beral@agroof.net

Label Imprim'Vert
Certifications forestières FSC® et PEFC™