

Les effets de la gestion du sol sur la biodiversité en viticulture biologique.



ReSolVe « Restoring optimal Soil functionality in degraded areas
within organic Vineyards »

AMBLARD Pierrick

Stage effectué du 7 Mars au 22 Juillet 2016 à
Bordeaux Sciences Agro
1 cours du général de Gaulle, 33 175 GRADIGNAN
Sous la direction scientifique de M. Brice GIFFARD



*"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas
engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"*

Remerciements

Je remercie tout d'abord M. Olivier LAVIALLE, Directeur de l'école Bordeaux Sciences Agro pour m'avoir accepté en stage dans ses locaux.

Mais aussi particulièrement M. Brice GIFFARD, post-doctorant, au Département Sciences et Gestion du Végétal à Bordeaux Sciences Agro, pour m'avoir fait découvrir le milieu de la Recherche, encadré sur le Projet Resolve, et pour m'avoir permis d'acquérir une certaine rigueur et un raisonnement scientifique.

Je remercie également Mme Emma FULCHIN, directrice adjointe de Vitinnov, partenaire du projet Resolve, pour avoir répondu à l'ensemble de mes questions.

Ainsi que Pauline TOLLE Ingénieur d'étude et Benjamin JOUBARD assistant ingénieur pour leur aide tout au long du stage, que ce soit pour l'organisation des jours de terrain ou pour la rédaction de ce rapport.

Et enfin toute l'équipe de stagiaires Marion RAMOS, Noémie OSTDIE, Lucie DEFFONTAINES, Romy SABATHIER, Inès TURKY, Virginie ODDO, Juliette COMBE, Clémentine BOURGEOIS et Léo KERAUDREN pour tous ces moments agréables durant et en dehors des horaires de travail.

Avant-propos

Bordeaux Sciences Agro

Bordeaux Sciences Agro, école nationale supérieure des sciences agronomiques, est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche agronomique dépendant du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Incluse à l'université de Bordeaux, elle participe activement à la formation des futurs cadres dans le domaine de l'agronomie ou de la viticulture. Près de 600 étudiants finissent leur formation d'ingénieur, ou de Master chaque année.

Les enseignants chercheurs sont intégrés au Département Sciences et gestion du végétal pour exercer leur activité de recherche. Plusieurs enseignants chercheurs sont rattachés à des Unités mixtes de recherches (UMR), ces UMR appartenant conjointement à l'INRA de Bordeaux ou d'autres instituts de recherche.

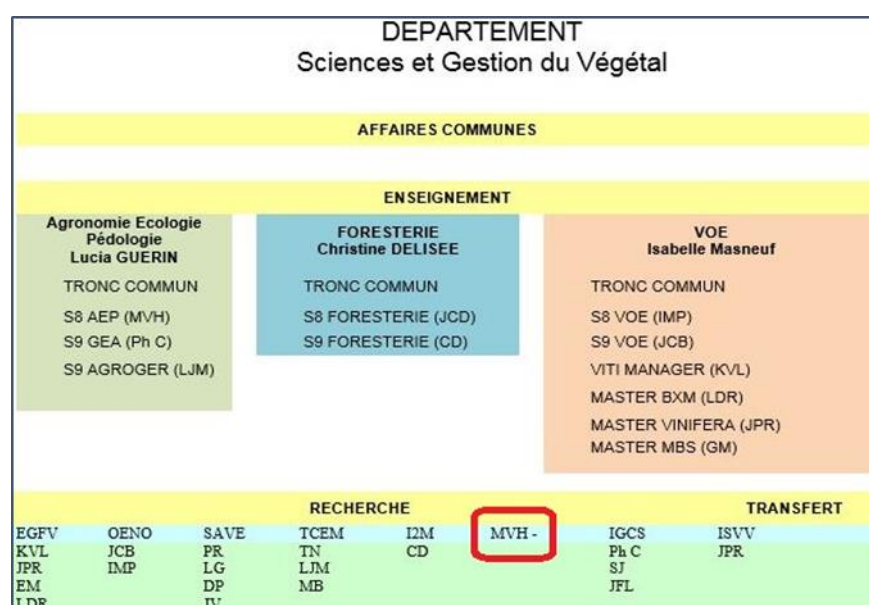


Figure 1 Organigramme du département SGV

Dans le cadre de mon stage j'ai été affecté dans l'équipe de recherche de Maarten Van Helden, enseignant chercheur à Bordeaux Sciences Agro.

Vitinnov

Vitinnov est une cellule de transfert de l'ISVV (Institut des Sciences de la vigne et du vin) appartenant à l'ADERA (Association pour le Développement de l'Enseignement et des Recherches en Aquitaine). Elle est destinée à faire de la recherche appliquée, des prestations, et de la formation dans le domaine de la viticulture.

Ils travaillent étroitement avec Bordeaux Sciences Agro, notamment pour les différents projets de recherche, comme le projet ReSolVe.

Table des matières

Remerciements	3
Avant-propos.....	4
Bordeaux Sciences Agro	4
Vitinnov.....	4
1. Introduction	1
a. ReSolVe.....	1
b. Le couvert végétal en viticulture.....	2
c. Analyses et fonctionnalité du sol	3
d. La faune du sol	4
i. Les Lombrics « Ingénieurs du sol »	4
ii. Les microarthropodes saprophages	5
e. Hypothèses testées	6
2. Matériel et Méthodes	7
a. Les parcelles expérimentales	7
i. Les différents modes de gestion du sol testés	8
b. Description qualitative et quantitative du couvert végétal	8
c. Echantillonnage des Lombrics	9
d. Echantillonnage des Microarthropodes.....	10
e. Les caractéristiques du sol	11
i. Mesure de l'humidité	11
ii. Mesure de la compaction du sol	11
3. Effets du mode de gestion du sol	12
a. Evaluation de la dégradation de la matière organique.....	12
4. Résultats.....	12
a. Le couvert végétal	13
i. Diversité du couvert végétal.....	13
ii. Couverts végétaux semés	15
b. Les lombrics.....	15
c. Les effets du couvert végétal sur les caractéristiques du sol et la mésofaune.....	16
5. Discussion.....	25
a. Le couvert végétal	25

i. Diversité du couvert végétal.....	25
ii. Couvert végétal semé	25
b. Les effets sur la mésofaune.....	26
i. Les effets du couvert végétal sur la faune du sol	26
ii. La période d'activité des Collemboles/Acariens au travers des modes de gestion du sol	28
iii. Méthodes d'échantillonnage.....	28
iv. La dégradation de la matière organique en fonction de l'abondance des détritivores.....	29
Conclusion	29
Références bibliographiques.....	31
Webographie	35
Annexes	36
.....	36
Résumé	39

1. Introduction

La vigne est une plante pérenne et peut occuper un terrain jusqu'à une cinquantaine d'années. Ce système de culture a montré plusieurs inconvénients comme une grande perte de biodiversité et de durabilité. Il entraîne un épuisement des sols et un développement des ravageurs. Pour y faire face, les pratiques agricoles se sont intensifiées avec l'utilisation massive de produits phytopharmaceutiques. De nombreux viticulteurs ont choisi de se reconverter en Agriculture Biologique. C'est une certification qui atteste d'une production respectueuse des cultures et de leur environnement, avec l'interdiction de l'utilisation de produits de synthèse pour lutter contre les maladies et les ravageurs, et qui met à l'honneur les effets du travail du sol. C'est un mode de culture qui est encouragé, notamment par le biais de certaines directives ou certains programmes, suite au Grenelle de l'environnement de 2007, et au plan Ecophyto II associé qui vise à réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. L'ensemble des instituts de recherche et d'aide au développement de l'agriculture sont mobilisés pour trouver des techniques alternatives aux pesticides pour améliorer la production certifiée Agriculture Biologique et répondre à des problématiques récurrentes. Le projet ReSolVe « Restoring optimal soil functionality in degraded areas within organic vineyards », en français, « Restaurer un fonctionnement optimal du sol en zones dégradées en vignobles conduits en agriculture biologique », s'intègre parfaitement dans cet objectif. C'est un projet qui appartient aux 11 projets du programme européen CoreOrganic+, financé en 2015, qui a pour but d'accroître la coopération entre les pays de l'Europe pour la recherche et le développement de la viticulture biologique.

a. ReSolVe

Le projet ReSolVe a été créé pour répondre aux besoins de certains viticulteurs qui sont confrontés à des manques de vigueur localisés dans leur vignoble. Le manque de vigueur au sein d'une même parcelle de vigne est dû aux variabilités du sol, ainsi qu'à un itinéraire technique mal adapté au type de sol (Fulchin *et al.*, 2016). Ce projet est porté par le centre de recherche CREA (*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria*) à Florence en Italie, avec 7 autres pays partenaires : la Suède (Swedish University of Agricultural), la Slovénie (Agricultural institute of Slovenia), la Turquie (Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü et General Directorate of Agricultural Research and Policy), l'Espagne (Universidad de La Rioja) et la France (Bordeaux Sciences Agro et Vitinnov). Ils essaient de répondre à cette problématique par 3 techniques de gestion du sol, l'ajout de compost qui correspond à un amendement de matière organique important, des semis de graminées et de légumineuses soit enfouis (Engrais verts) soit fauchés pour ensuite laisser les résidus

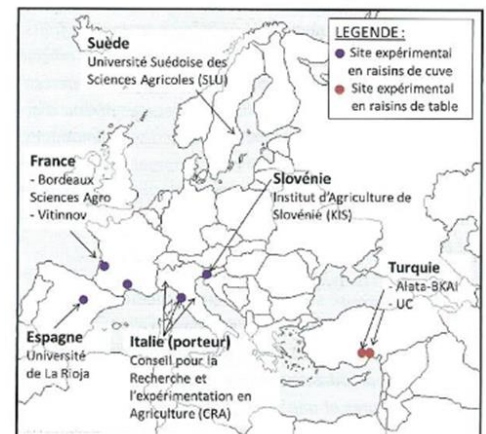


Figure 2 Localisation des Partenaires du projet ReSolVe, Fulchin E *et al.* 2016

végétaux en surface sur l'inter rang (Mulch). Chaque partenaire a mis en place, en 2015, un site d'étude composé de 3 parcelles dans des conditions environnementales à priori semblables, comme le même type de sol ou encore, les mêmes conditions climatiques. En France, deux sites ont été choisis : un dans l'AOC Montagne-Saint-Emilion dans le Libournais (33) et un autre dans l'AOC de La Clape dans le Languedoc (11). Les deux partenaires français, Bordeaux Sciences Agro et Vitinnov, travaillent en coopération sur ces deux sites. Plusieurs thématiques sont à analyser dans ce projet d'étude, avec la thématique principale qui est la relation entre le mode de gestion du sol, la santé de la vigne et la qualité des sols. Puis plusieurs thématiques complémentaires ajoutent à la pertinence du projet, comme les relations entre les modes de gestion du sol avec des conditions de stress hydrique ou les effets de modalité de gestion sur l'écosystème du sol, qui est le sujet sur lequel je suis intervenu en majorité avec la problématique suivante :

Les modalités de gestions du sol ont-elles un effet sur la biodiversité du sol ?

b. Le couvert végétal en viticulture

Le couvert végétal dans les inter-rangs de vigne peut apporter plusieurs avantages aux viticulteurs. Il améliore d'une part la structure et la portance des sols et facilite donc le passage des engins lors des périodes pluvieuses. Mais d'autre part il protège le sol contre l'érosion, le lessivage des minéraux et permet de maintenir un taux de matière organique stable dans le sol. C'est aussi une méthode qui permet de stimuler l'activité biologique et qui rend ainsi plus disponible les éléments fertilisants (Reynier, 2007).

Il existe différents couverts végétaux, comme l'enherbement permanent, qui provient d'espèces spontanées ou semées. Il est ensuite contrôlé par fauchage ou par broyage. Les espèces spontanées, ou adventices sont des plantes bio indicatrices de l'état des sols. Certains ouvrages comme « Le guide des plantes bio-indicatrices de l'Entre-deux-Mers », (AgroBio Gironde, 2011), décrivent les adventices présentes dans la région viticole de l'Entre-deux-Mers dans le Bordelais, avec les indications qu'elles peuvent apporter sur la nature du sol. Ces guides permettent un autodiagnostic pour mettre en place les techniques culturales adaptées.

L'enherbement temporaire, à partir d'espèces semées en automne, est détruit juste avant le débourrement de la vigne. Les espèces semées sont souvent des graminées, des légumineuses ou des crucifères (Arino, 2009). Le principal problème dû à la présence d'un couvert végétal, est la compétition pour l'eau et les nutriments avec la vigne. Une étude a par exemple montré que l'enherbement permanent pouvait réduire la vigueur de 55% et diminuer le rendement de 19% (Casteran et *al.*, 1975). Un semis de graminées apporte une meilleure structure du sol avec le développement de racines fasciculées, et empêche aussi le développement d'autres adventices. Les légumineuses sont capables de capter de l'azote atmosphérique pour le rendre assimilable aux autres plantes (Védie, 2007). Les différents semis permettent de limiter le développement des adventices (ITAB, 2003).

Plusieurs modes de destruction des semis sont possibles. Par exemple, un aplatissement à l'aide d'un rouleau : les tiges vont être pincées, ce qui va empêcher la sève de circuler, les débris végétaux vont former un couvert imperméable. Cette technique est intéressante car elle évite une minéralisation trop rapide. Elle permet d'augmenter l'activité bactérienne, le rapport C/N (Marinari et *al.*, 2015) et la rétention d'eau (Qingtao et *al.*, 2014). Les semis peuvent sinon être tondus, à l'aide d'un broyeur : les débris végétaux vont rester sur la surface du sol, permettre la rétention d'eau et éviter l'érosion des sols, ainsi qu'un apport régulier de carbone et d'azote au cours du temps, en fonction des tontes. Puis les semis peuvent être enfouis à l'aide des disques, un outil qui permet un travail du sol superficiel. Cette méthode permet un apport important en matière organique et en matière azotée disponible directement par les décomposeurs présents dans les premiers horizons du sol, comme les Collemboles ou les Lombrics (Yang et *al.*, 2014).

L'utilisation de couverts végétaux peut être un moyen de lutter contre l'épuisement des sols.

c. Analyses et fonctionnalité du sol

Le sol a un rôle déterminant pour la plante, c'est le support nutritif de celle-ci. Les problèmes, notamment de vigueur dans les parcelles viticoles, peuvent être dus à un contexte pédoclimatique des terroirs difficiles et des techniques de gestion du sol mal adaptées. Les analyses de sol, tant physiques que chimiques sont donc nécessaires pour apprécier son potentiel à supporter la plante dans son environnement. Les analyses physiques donnent une indication sur la texture et la structure du sol. Le creusement de fosses pédologiques permet d'observer les différents horizons du sol, d'étudier sa structure, son niveau de compaction, son comportement hydrique, et le développement des racines (Avenard et *al.*, 2003). Ces observations sont souvent accompagnées d'une analyse granulométrique. Cela consiste à isoler les particules du sol pour les trier et les classer en fonction de leur taille (Fournier et *al.*, 2012).

Tableau 1 Classes granulométriques selon le Laboratoire agronomique de Normandie (LANO)

DENOMINATIONS DES CLASSES GRANULOMETRIQUES AGRONOMIQUES ET LIMITES					
DENOMINATIONS EN 5 CLASSES	ARGILE	LIMONS FINS	LIMONS GROSSIERS*	SABLES FINS	SABLES GROSSIERS
LIMITES DE TAILLE EN μm	< 2	2 à 20	20 à 50	50 à 200	200 à 2000
DENOMINATIONS EN 3 CLASSES	ARGILE	LIMONS totaux		SABLES totaux	
LIMITES DE TAILLE EN μm	< 2	2 à 50		50 à 2000	

La répartition des différentes fractions granulométriques permet de classer le sol dans une classe de texture, qui définit certains paramètres de comportement physique, de rétention en eau utile, de capacité à stocker les éléments fertilisants, de risques de pertes par lessivage (LANO). Il permet également d'estimer la teneur en calcaire totale (Avenard *et al.*, 2003). Ces analyses servent à compléter les analyses chimiques, tel que le pH, la capacité d'échange de cations (CEC), le taux de matière organique, ainsi que des minéraux, qui nous renseignent directement sur la fertilité des sols. Les êtres vivants présents dans le sol jouent un rôle essentiel, interviennent dans les cycles de la matière organique, azote et phosphore et jouent un rôle capital pour la nutrition de la plante. Conjointement à l'épuisement des sols par l'absorption des minéraux et des différents nutriments par la plante, le sol subit plusieurs perturbations anthropiques, liées à son travail pour la gestion des adventices, mais aussi aux différents passages des engins pour l'application des techniques culturales, tel que les différents traitements phytopharmaceutiques. Ces perturbations peuvent avoir un effet sur la faune du sol.

d. La faune du sol

Le sol est un réservoir de biodiversité, on trouve de nombreuses espèces animales, dont certaines qui peuvent être essentielles pour le développement de nos cultures. On peut classer cette pédofaune en quatre groupes distincts. La microfaune qui est constituée d'individus de taille inférieure à 0,2 mm comme les protozoaires, les bactéries et les nématodes. La mésofaune est constituée principalement de microarthropodes, qui ont une taille comprise entre 0,2 et 4 mm avec majoritairement des Collembolés et des Acariens. Ensuite, il y a la macrofaune, de 4 mm à 8 cm, qui comprend les Lombrics, les arthropodes dont une grande partie sous forme larvaire (Deprince, 2003). Et pour finir on trouve la mégafaune qui est composée d'animaux de taille supérieure à 8 cm comme les taupes par exemple.

Deux groupes de la biodiversité du sol sont étudiés en particulier dans ce projet : les lombrics et les microarthropodes, tous reconnus pour leurs fonctions de dégradation de la matière organique et leur rôle dans la structuration du sol.

i. Les Lombrics « Ingénieurs du sol »

Les vers de terre regroupent les espèces du sous-ordre des Lumbricina, soit 13 familles et plus de 5000 espèces décrites à ce jour, dont plus de 140 sont présentes en Europe. Les espèces européennes sont classées en 3 catégories écologiques en fonction de leur morphologie, de leur comportement et de critères écologiques (Bouché, 1972). On distingue les vers anéciques, de grandes tailles et creusant de longues galeries verticales, les endogés construisant des réseaux de galeries horizontales dans les premiers 30 centimètres du sol et enfin les petits vers épigés qui vivent dans la matière organique de surface et ne creusant pas ou de très courtes galeries. On estime que dans une culture telle que la vigne, le nombre de vers de terre peut atteindre 20 à 70 individus au mètre carré (OPVT).

Ces vers ont un rôle écologique et biologique majeur et on les considère comme des « espèces ingénieuses ». Les épigés participent notamment à la dégradation de la matière organique en surface. Des études ont démontré que les lombrics endogés et anéciques dispersent les nutriments, les bactéries ou encore les spores de champignons mycorhizateurs (Reddel et Spain, 1991) par leurs déplacements verticaux dans le sol. Leurs réseaux de galeries augmentent aussi la porosité du sol. Celle-ci permet d'augmenter l'aération du sol, et les organismes aérobies tels que les bactéries fixatrices d'azote du genre *Rhizobium* peuvent donc se développer plus profondément. Une forte porosité du sol augmente aussi la capacité de drainage du sol, ainsi que la capacité du sol à garder une certaine humidité en cas de sécheresse. La pénétration des racines des végétaux est aussi facilitée par les galeries creusées par les lombrics anéciques, et faciliterait donc leur développement.

ii. Les microarthropodes saprophages

Les organismes classés dans la mésofaune sont, pour la plupart, saprophages ou détritivores et interviennent donc activement dans le cycle de dégradation de la matière organique, et faisant suite aux lombrics dans ce processus.

Les Collembolés et les acariens sont les animaux les plus abondants dans le sol et représentent 75% des organismes vivants. Les Collembolés est une classe faisant partie de l'embranchement des Arthropodes et du sous-embranchement des Hexapodes. Ils ont été longtemps considérés comme les insectes les plus primitifs. Les trois principales familles sont les Sminthurinae, les Poduromorphae et les Entomobryomorphae, voir Figure 4 ci-dessous. Ces Familles sont distinguées par différents caractères morphologiques présentés en Annexe 1.

Les Acariens font partie de la Classe des Arachnides, et de l'embranchement des Arthropodes. Les deux principales familles sont les Oribatidae et les Gamasidae.



Figure 3 Les principaux microarthropodes du sol observés sous loupe binoculaire. 1: Collembola Entomobryomorphae 2: Collembola Sminthurinae, 3: Collembola Poduromorphae, 4: Acarien Gamasidae, 5: Acarien Oribatidae. Photos : Maarten VAN HELDEN - BSA

Les Collembolés sont opportunistes, et s'installent dans les milieux riches en matière organique. Dittmer et *al.* (2000) ont démontré que les collembolés se développaient mieux dans les sols non compactés avec un travail superficiel de la première couche du sol (120mm). Poinot-Balaguer a démontré en 1990 que les Collembolés et les Oribates ont développé des adaptations comportementales, morphologiques et métaboliques pour résister à la sécheresse ou aux températures basses. Les microarthropodes adaptent en effet

constamment leur distribution verticale à travers les horizons. Ces migrations sont notamment visibles en région désertique ou méditerranéenne où les Collemboles sont majoritairement présents dans les couches sous-jacentes du sol pour éviter le déficit hydrique. Des mécanismes de résistance au stress hydrique ont été développés, notamment chez les Collemboles par des arrêts d'activités comme le jeûne, des stades adultes inactifs qui sont réactivés en période humide.

Ces microarthropodes peuvent être sensibles aux perturbations, les femelles Acariens Oribates pondent peu d'œufs et il n'y a en général qu'une génération par an (Gisin, 1955). Après la destruction des différents couverts végétaux, les individus qui auraient été touchés par cette perturbation ne seraient pas régénérés, contrairement aux Collemboles qui se multiplient très vite, dès que les conditions leur sont favorables. Une nouvelle génération apparaît en 6 semaines environ, tandis que l'ancienne génération continue de se reproduire (Gisin, 1955).

La plupart des microarthropodes sont saprophages, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent de matière organique en décomposition. Ils participent donc à la répartition de la matière organique dans les sols mais aussi au processus de minéralisation, ils fragmentent cette matière de manière à ce que la minéralisation soit plus efficace.

e. Hypothèses testées

A partir de toutes ces connaissances nous pouvons essayer de répondre à la problématique en plusieurs parties, structurées à partir de plusieurs hypothèses.

H1 : On suppose qu'en zone non dégradée le couvert végétal est plus diversifié qu'en zone dégradée.

H2 : On suppose que les Lombrics ont un effet positif sur le développement du couvert végétal et sur la ressource en matière organique disponible.

H3 : On suppose que la qualité du couvert végétal influe sur la biodiversité de microarthropodes.

- H3-a : La diversité du couvert végétal a une influence sur l'humidité et la compaction du sol
- H3-b : L'humidité du sol favorise l'abondance et la diversité des microarthropodes
- H3-c : La compaction du sol défavorise l'abondance et la diversité des microarthropodes

H4 : Les modes de gestion du sol ont-ils un effet sur la période d'activité des Collemboles/Acariens.

H5 : L'abondance des microarthropodes est liée à la vitesse de dégradation de la matière organique.

2. Matériel et Méthodes

a. Les parcelles expérimentales

Le réseau de parcelles expérimentales en France a été déterminé sur deux sites spécifiques, un dans le Libournais (Gironde), et l'autre dans le Languedoc. Le but des différentes parcelles d'essais est de répéter les mesures sur l'ensemble des sites pour vérifier l'efficacité et la fiabilité des modes de gestion du sol testés dans des conditions environnementales différentes.

Le choix des trois parcelles, sur un même site, s'est fait en fonction de la problématique visée, elles doivent présenter des manques de vigueur localisés et sur des terrains avec des profils de sol semblables. Ces parcelles devaient également avoir une surface suffisante pour définir les 2 zones, dégradée et non dégradée. Les zones dégradées ont été définies tel qu'un feuillage moins dense ou un rendement plus faible par rapport au reste de la parcelle. Les analyses de sol ont été effectuées dans les deux zones en 2015 et vont être répétées en 2017 uniquement. Elles se sont portées sur la composition physico-chimique, mais aussi sur la compaction, la hauteur des différents horizons et le profil racinaire de la vigne, par le biais d'une fosse pédologique.

Tableau 2 Résultats des analyses de sol au Château Maison Blanche (33) en 2015.

	argile (g/kg)	limons fins (g/kg)	limons grossiers (g/kg)	sables fins (g/kg)	sables grossiers (g/kg)	MO (g/kg)	pH eau	pH KCl	CaCO3 tot (g/kg)
MB_1_ZD_H1	242	159	171	95	333	20,1	7,6	6,8	3
MB_2_ZD_H1	109	73	95	128	595	10,1	6,7	5,7	0
MB_3_ZD_H1	146	154	218	109	373	21,7	6,8	6,1	0
MB_1_ZND_H1	190	138	190	115	368	18,4	6,8	5,9	0
MB_2_ZND_H1	132	125	177	129	437	15,1	6,8	5,9	0
MB_3_ZND_H1	143	179	219	102	357	19,8	8,1	7,5	38

**MB_1_ZD_H1 : MB =Château Maison Blanche ; 1 = Parcelle 1 ; ZD = Zone dégradée ; H1 = Horizon 1
2 = Parcelle 2 ; ZND =Zone non dégradé
3 = Parcelle 3**

	CEC Met (cmol+/kg)	P (en g P2O5/kg)	K2O ECH (en g/kg)	Mg ech (en g/kg)	Ca ech (en g/kg)	Na ech (en g/kg)	Cu ech (en mg/kg)	point flettrisseme nt (en%)
MB_1_ZD_H1	9,6	0,101	0,267	0,422	3,09	0,013	3,37	10,62
MB_2_ZD_H1	4,9	0,226	0,202	0,169	1,13	< 0,010	7,79	5,1
MB_3_ZD_H1	7,1	0,118	0,203	0,182	2	< 0,010	6,87	7,71
MB_1_ZND_H1	9,5	0,088	0,255	0,354	2,47	0,01	5,42	12,01
MB_2_ZND_H1	7,1	0,045	0,34	0,216	2,5	0,019	11,57	9,85
MB_3_ZND_H1	7	0,056	0,261	0,119	6,51	< 0,010	9,89	9,26

Les mêmes analyses sont répétées sur le Site du Château Pech Redon (11), tableau en annexe 2.

i. Les différents modes de gestion du sol testés

Plusieurs modes de gestion de sol sont testés dans les zones dégradées pour restaurer la vigueur. Il y a deux modalités semées. La modalité « Mulch » est un mélange composé d'une graminée (Ray grass anglais, *Lolium perenne*) à 75% et d'une légumineuse (Luzerne d'Arabie, *Medicago arabica*) à 25%, pour une dose totale de semis de 20 kg par hectare. Pour cette modalité les semis sont détruits au printemps, par broyage ou fauchage, de façon à laisser les résidus de fauchage sur le sol pour former une couche imperméable, le mulch.

La deuxième modalité semée est appelée Engrais vert (EV), c'est un mélange commercialisé par la société Eco performance qui est utilisé, le Chlorofiltre 30. C'est un mélange d'une graminée l'Orge cultivé (*Hordeum vulgare*) à 33% et de la Vesce commune (*Vicia sativa*.) à 66%, pour une densité totale de semis de 60 Kg/Ha. Pour la mise en place des semis, un travail du sol superficiel a été réalisé, puis les espèces ont été semées au semoir au Château Maison Blanche et à la volée au Château Pech Redon. Le dernier mode de gestion testé est

l'ajout de compost, à une dose de 25 T/Ha.

Il y a deux zones témoins, la première en zone dégradée appelée « Témoin » et la seconde en zone non dégradée (ZND), non visible sur la Figure 3, cette zone est située dans la partie vigoureuse de la parcelle.



Figure 4 Photo des parcelles 2 et 3 du Château Pech Redon (11), zone dégradée avec schéma des modalités de gestion du sol

b. Description qualitative et quantitative du couvert végétal

Pour caractériser le couvert végétal dans nos parcelles expérimentales, nous utilisons la méthode des quadrats. Dans un quadrat de 1m², chaque espèce est identifiée et son recouvrement du sol estimé. Cette mesure est réalisée dans la zone non dégradée (ZND) et dégradée (Témoin) de chacune des parcelles. La mesure est répétée trois fois dans chaque

modalité. Pour l'identification on peut s'aider d'une clé de détermination, comme « La flore d'Europe Occidentale » de Blamey et Grey-Wilson (1991). L'estimation du recouvrement est faite à l'œil nu. Les observations sont notées sur une fiche spécifique à cette méthode et sont ensuite enregistrées dans un tableau format Excel. Ces mesures sont répétées une fois par an, en début de printemps, avant tout travail du sol du viticulteur. La statistique descriptive et inférentielle, à l'aide du logiciel RStudio, nous permet de présenter les résultats, et de les mettre en lien, par la suite, avec l'abondance et la diversité des microarthropodes ou d'autres variables. L'indice de Shannon, est utilisé pour caractériser la diversité du couvert végétal, permet de caractériser le nombre d'espèces différentes présentes dans le quadrat en tenant compte des abondances.

La même méthode est utilisée pour caractériser l'état des semis avant leur destruction, avec un quadrat de 0,5 m². Dans les 2 modalités semées en zone dégradée, Mulch et Engrais Vert, le recouvrement de la légumineuse et de la graminée est estimé pour chaque modalité semée. On estime aussi le pourcentage de salissement du couvert semé par l'estimation du recouvrement par des espèces d'adventices spontanées. Les résultats sont traités à l'aide de la statistique descriptive pour nous donner un indice sur la réussite du semis de notre modalité.

Les mesures de la diversité du couvert végétal n'ont été faites que sur le Site Bordelais, au Château Maison Blanche. Le test de Shapiro wilk sur la variable Shannon ($W = 0,93772$, $p\text{-value} = 0,2648$) nous informe qu'elle suit une distribution normale ($p\text{-value} > \alpha=0,05$), les conditions d'application de l'ANOVA sont donc vérifiées.

c. Echantillonnage des Lombrics

Pour échantillonner les Lombrics présents dans nos parcelles le protocole proposé par l'ensemble des partenaires du projet est le protocole d'extraction à la moutarde. Dans un carré de 1 m de large, on arrose deux fois 10 L, à 10 min d'intervalle, une solution de moutarde « Amora Fine et Forte » diluée (150 g de moutarde pour 10 L d'eau). Les Lombrics qui fuient l'isothiocyanate, la matière active de la moutarde, et qui vont émerger en surface, sont prélevés et conditionnés dans de l'eau. Cette méthode ne s'est pas toujours montrée efficace, notamment au Château Pech Redon, où les sols étaient trop secs, la solution de moutarde ne s'infiltrait pas correctement et s'étalait en dehors du quadrat. Dans le Libournais, d'autres projets ont montré que lorsque les parcelles étaient saturées en eau la solution à la moutarde ne s'infiltrait pas non plus correctement.

Nous avons donc décidé d'utiliser le protocole d'extraction directe à la bêche. Un bloc de terre est extrait du sol, de la largeur de la bêche (environ 20 cm) sur une profondeur de 25 cm. Puis les individus sont recherchés manuellement, en frictionnant le bloc de terre. Tous les individus prélevés sont ensuite conditionnés dans des pots remplis d'eau pour les conserver. La mesure est répétée deux fois dans chaque modalité (ZND, Témoin, Mulch, EV, Compost). Les deux mesures sont faites dans les 2 inters-rangs centraux de chaque modalité

au niveau de la 2^{ème} piquetée. Une piquetée correspond à un ensemble de ceps se trouvant entre deux piquets de palissage, généralement composée de 5 ceps. Les individus sont identifiés en fonction de leur groupe fonctionnel, à l'aide d'une clé de détermination (OPVT, 2003). Pour pousser l'identification jusqu'à l'espèce des photos de l'individu peuvent être prises et ils sont ensuite conditionnés dans de l'alcool à 95°. Les individus recherchés accompagnés de leurs photos sont envoyés à l'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT) de Rennes.

Les prélèvements sont faits pendant la période d'activité des vers de terre, vers les mois d'Avril et Mai. L'idéal pour réaliser ces prélèvements est une journée avec une température entre 6 et 15°C, suivant 2 ou 3 jours de pluies, avec une humidité du sol de 10 à 25% (Resolve project, 2015).

d. Echantillonnage des Microarthropodes.

L'étude de la mésofaune se fait par prélèvement de terre dans chaque modalité. Pour avoir une répartition homogène des microarthropodes dans la modalité, nous allons prélever de la terre à trois endroits différents, de manière aléatoire dans les deux inters rangs centraux de la modalité pour ensuite les homogénéiser en un seul échantillon. Les microarthropodes sont lucifuges, c'est-à-dire qu'ils fuient la lumière. Nous allons utiliser cette propriété pour extraire les individus des échantillons de terre prélevée, par la méthode de Berlèse Tullgren. On place 1 L de terre échantillonnée dans un entonnoir équipé d'un tamis de 3 mm, avec sous l'entonnoir un pot rempli d'alcool à 70°. On éclaire la terre avec une lumière forte, pendant 72 h, les microarthropodes fuyant la lumière vont descendre dans l'entonnoir et tomber dans le pot d'alcool.

Une loupe binoculaire et une boîte de Pétri sont utilisées pour identifier et compter les différents arthropodes qui s'y trouvent, jusqu'à l'ordre. Pour les Collembolés et les Acariens, qui sont nos taxons d'intérêt, l'identification est poussée jusqu'à la Famille, l'identification jusqu'à l'espèce étant trop difficile, par la minutie des critères de la clé. Les prélèvements de sol se font à deux profondeurs, pour voir un gradient des Collembolés et Acariens (Oribates) dans les premiers horizons du sol, zone de développement des racines. Un premier prélèvement est réalisé de 0 à 10 cm pour les Collembolés épi ou héli édaphique, puis un second, de 10 à 30 cm pour les collembolés héli ou eu édaphique. Pour observer une dynamique d'abondance des Collembolés, en fonction de la météo ou des perturbations du sol, plusieurs prélèvements sont réalisés jusqu'à Juillet, à la hauteur d'un par mois, pendant leur période d'activité de Novembre à Juillet (Poinsot-Balaguer, 1990).

A partir des comptages, un jeu de données est créé pour le traitement statistique, le calcul de l'indice de diversité d'« ordre » de Shannon-Weiner.

On cherche à comparer par la suite les 3 modalités de gestion entre elles ainsi qu'avec les 2 témoins (ZND et Témoin ZD), pour évaluer si les modalités testées ont un impact sur l'abondance et la diversité de la mésofaune du sol. Une ANOVA entre la modalité et l'indice

de Shannon nous permet de mesurer cet impact. Ces données seront également utilisées pour répondre à la majorité des hypothèses posées.

e. Les caractéristiques du sol

i. Mesure de l'humidité

L'humidité du sol est une caractéristique très variable, même au sein d'une parcelle. C'est aussi une caractéristique très importante pour la structure du sol, pour la vie des organismes, et pour la vigne. Pour réaliser cette mesure nous utiliserons deux méthodes.

La première est une mesure de surface, à l'aide d'une sonde d'humidité, le modèle Fieldscout TDR 100 de chez Spectrum Technologies. C'est une sonde avec deux pointes de 12 cm, elle mesure le temps de transit de l'onde électromagnétique entre les deux pointes. La vitesse de déplacement de l'onde dépend de la constante diélectrique du sol. La constante diélectrique de l'eau est bien supérieure à celle de l'air ou des particules du sol (Spectrum Technologies, 2012). Cette méthode permet de connaître la teneur volumique en eau d'un sol. On prend le taux d'humidité à 10 points différents de la modalité, 5 dans chacun des deux inters rang centraux.

La seconde méthode est la méthode gravimétrique. Cela consiste à mesurer le poids frais d'un certain volume de terre, puis le poids sec après un passage de 48h à l'étuve à 70°C. Cette méthode permet de mesurer l'humidité plus en profondeur, notamment de 10 à 30 cm et de 40 à 60 cm. Le surplus des échantillons de terre pour l'étude de la mésofaune sera utilisé pour mesurer l'humidité de 0 à 10 cm et de 10 à 30 cm avec un volume aux alentours de 250 mL. La précision de la pesée est au décigramme près.

L'idéal est de mesurer l'humidité du sol à chaque extraction de Lombrics ou de mésofaune. L'humidité du sol de 40 à 60 cm n'est mesurée qu'une seule fois, lorsque le stade phénologique de la vigne atteint la véraison (les grappes formées changent de couleur).

ii. Mesure de la compaction du sol

Le pénétromètre est utilisé pour mesurer la compaction du sol. C'est un outil qui est composé d'une tige en acier de 1m de long avec, sur sa partie supérieure deux butées métalliques fixées à 33 cm d'écart l'une de l'autre. Un poids libre de forme cylindrique coulissant est installé entre ces deux butées. Pour réaliser une mesure, il suffit de placer au contact de la surface du sol l'extrémité inférieure du pénétromètre, et de le tenir verticalement. Le cylindre est ensuite remonté au niveau de la première butée puis lâché : le nombre de lâchers nécessaires pour que la tige s'enfonce de 10cm, puis de 20cm, est comptabilisé. Plus le nombre de lâchers est élevé, plus la compaction du sol est importante, pour chacun des horizons considérés. Cette mesure est réalisée 8 fois dans chaque modalité, dans les 2 inter-rangs centraux.

La mesure de compaction, ainsi que l'humidité du sol, seront dans les analyses utilisées comme variables explicatives pour tenter d'expliquer les variations de diversité et d'abondance des microarthropodes, en utilisant la méthode de la régression linéaire.

f. Effets du mode de gestion du sol

i. Evaluation de la dégradation de la matière organique

Pour évaluer l'activité des décomposeurs de la matière organique (MO), tels que les Collemboles ou les Oribates, nous utilisons la méthode TBI, Tea Bag Index (Keuskamp et *al.*, 2013). Deux types de sachets de thé sont pesés préalablement, du thé vert et du thé Rooibos après les avoir fait sécher 48h à l'étuve à 50°C. Le thé à l'intérieur du sachet représente la matière organique qui va être dégradée par les organismes du sol. Après les avoir numérotés, ils sont enterrés dans notre placette d'étude à environ 8 cm de profondeur sous les rangs de vigne, 3 paires de sachets dans chaque modalité, sur 3 rangs différents au niveau des piquets de palissage. Les deux sachets sont séparés géographiquement par le piquet pour éviter une préférence des microorganismes. Après 90 jours passés en terre, les sachets sont sortis, séchés à l'étuve à 50°C pendant 48h, puis pesés. La différence de poids sec du sachet de thé correspond à un indice de vitesse de dégradation de la matière organique, en mg de matière organique dégradée par jour. Ils sont mis en place début Avril pour être sorti début Juillet. Les résultats du site de Maison Blanche seront présentés, avec de la statistique descriptive la vitesse moyenne de dégradation de MO par modalité et par parcelle. A l'aide d'une ANOVA, on vérifiera l'effet de la modalité sur la dégradation de la matière organique. On mesure également l'effet des microarthropodes sur cette dégradation par une régression linéaire simple entre l'abondance des microarthropodes et le taux de décomposition des deux types de thés.

3. Résultats

Les principales analyses de ce rapport vont se porter sur les relations entre les Lombrics, les microarthropodes et le couvert végétal des modalités semées, ainsi que leurs effets sur la physiologie de la vigne.

a. Le couvert végétal

i. Diversité du couvert végétal

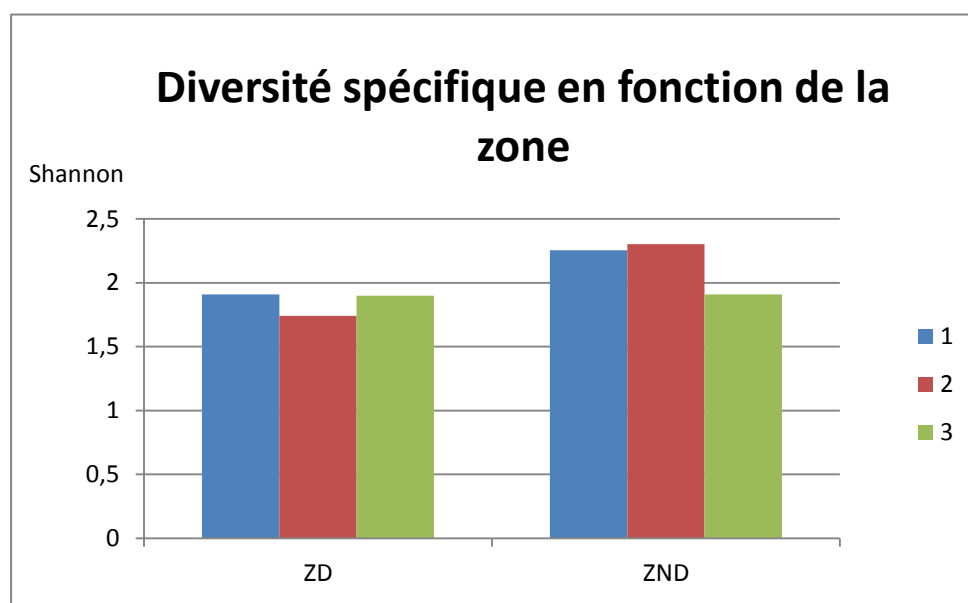


Figure 5 Diagramme en barre de l'indice de Shannon, caractérisant la diversité spécifique, en fonction de la zone dégradée ou non dégradée, sur les parcelles expérimentales du Château Maison Blanche dans le Bordelais. Les couleurs des barres correspondent aux numéros des parcelles. Réalisé le 30/03/2016 AP.

La diversité spécifique de la végétation est plus élevée en zone non dégradée quelque soit la parcelle considérée. L'ANOVA réalisée met également en évidence (Tableau 2) une interaction entre les facteurs Parcelle et Zone marginalement significative ($p=0,09$), ce qui signifie une variabilité entre les parcelles importante.

Tableau 3 Table d'ANOVA, Diversité spécifique des végétaux en fonction de la zone.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Zone	1	0.4176	0.4176	10.214	0.00769
Parcelle	2	0.0984	0.0492	1.204	0.33388
Zone:Parcelle	2	0.2337	0.1169	2.858	0.09658
Residuals	12	0.4906	0.0409		

Cette table rassemble toute les informations nécessaires au traitement statistique, notamment les p-value ($Pr(>F)$) qui donne si l'effet de la variable est significative si la valeur est supérieur à 0,05, et leurs degrés de liberté associés.

Dans les prochaines analyses statistiques, les tables d'ANOVA ne seront pas décrites, seules les p-value seront mentionnées.

Tableau 4 Recouvrement moyen (en %) des espèces végétales majoritaire au Château Maison Blanche

Espèces	Temoin	ZND
<i>Agrostis stolonifera</i>	7,50	8,50
<i>Cirsium palustre</i>		9,00
<i>Hordeum vulgare</i>	13,50	6,33
<i>Hypochaeris radicata</i>	4,00	10,33
<i>Lamium purpureum</i>		5,56
<i>Lolium perenne</i>	12,40	20,00
<i>Medicago arabica</i>	3,00	8,50
<i>Picris echioides</i>	12,00	14,50
<i>Poa pratensis</i>	8,00	10,00
<i>Potentilla reptans</i>		9,80
<i>Senecio vulgaris</i>	1,50	6,29
<i>Stellaria media</i>	6,00	17,44
<i>Taraxacum ruderalia</i>	13,00	
<i>Trifolium pratense</i>	9,50	
<i>Trifolium repens</i>	14,83	8,40
<i>Valerianella locusta</i>	4,83	13,17
<i>Veronica persica</i>	3,71	10,00

Le tableau 3 ci-dessus reprend les espèces majoritairement présentes sur le site du Château de Maison Blanche. Le tableau complet se trouve en annexe 3. Les recouvrements soulignés, en vert pour la zone non dégradée et en rouge pour la zone dégradée, correspondent aux recouvrements des espèces bio-indicatrices.

ii. Couverts végétaux semés

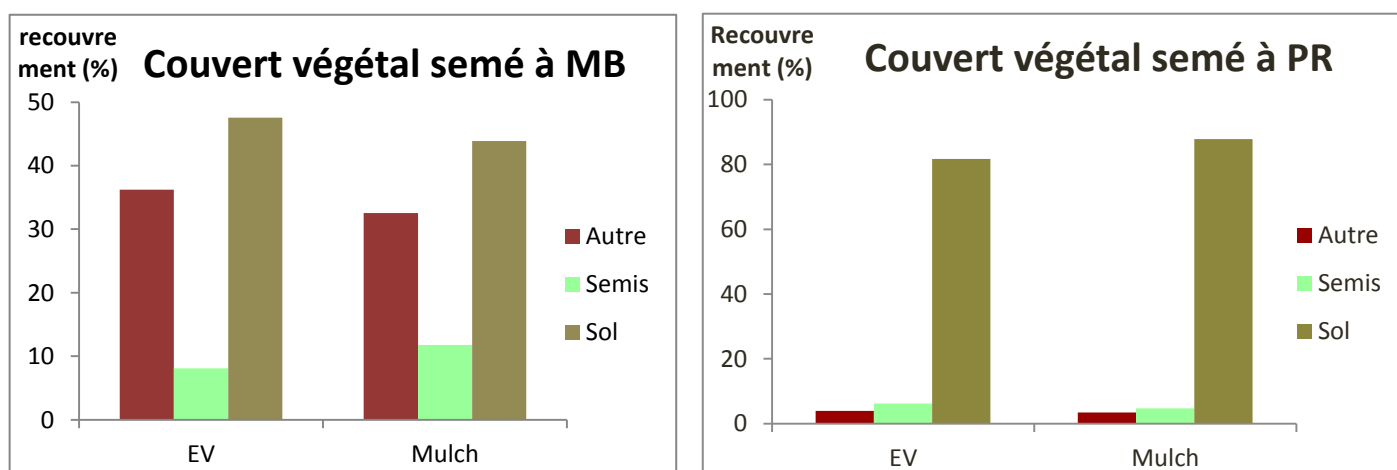


Figure 6 Diagramme en barres de la moyenne de recouvrements des espèces classées "Semis" ou "Autre" avec le pourcentage moyen de sol nu, au Château Maison Blanche, effectué le 24/05/2016 et au Château Pech Redon, effectué le 19/04/2016 dans la modalité EV (Orge et Vesce) et dans le Mulch (Ray grass et Luzerne)

Sur le site du Château Maison Blanche, l'inter rang est recouvert à 50%, avec des espèces majoritairement spontanées. Les semis se sont développés aux alentours de 10% et sont en compétition avec les adventices.

Sur le site du Château Pech Redon, il est bien visible sur le diagramme ci-dessus, que très peu d'espèces végétales se sont développées, avec près de 90% de sol nu. Les espèces semées représentent seulement 5% du recouvrement de l'inter-rang, avec en majorité la vesce commune pour la modalité EV et le Ray grass pour le Mulch.

b. Les lombrics

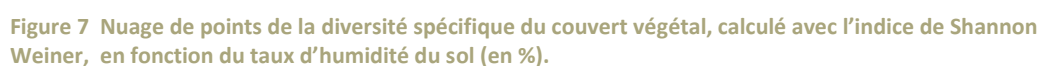
Le tableau suivant nous montre le nombre d'individus obtenus par extraction directe à la bêche, suivant la modalité de gestion du sol, pour chaque groupe écologique.

Tableau 5 Tableau de contingence de l'extraction de vers de terre au Château Maison Blanche, effectué le 11/04/16

Parcelle	Modalité	Anécique à tête rouge	Endogé	Total
1	Compost	1	2	3
	Mulch	5	-	5
	ZND	1	-	1
2	Compost	3	-	3
	ZND	1	-	1
3	Mulch	1	-	1
	ZND	2	-	2
Total		14	2	16

c. Les effets des caractéristiques du sol sur les couverts végétaux et la mésofaune

- Diversité en fonction de l'humidité



Le coefficient de détermination donné par la régression linéaire est de 0,1387, ce qui signifie que 13,87 % de la variance de la diversité spécifique du couvert végétale est expliqué par le taux d'humidité du sol.

- Diversité du couvert végétal en fonction de la compaction

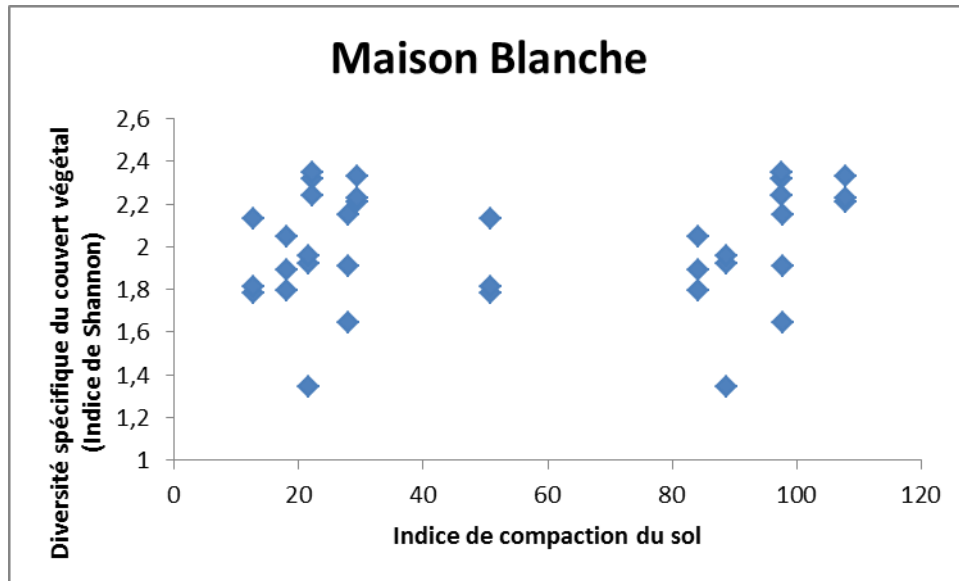


Figure 8 Nuage de points de la diversité spécifique, calculé avec l'indice de Shannon Weiner, du couvert végétal (cover_crop) en fonction de l'indice de compaction du sol (compaction)

La régression linéaire ne nous indique aucun lien significatif entre la diversité du couvert végétal et la compaction du sol, la p-value est supérieure au risque d'erreur, ($p\text{-value} = 0,49 > \alpha = 0,05$).

La compaction du sol explique seulement 0,13 % ($R^2 = 0,0013$) de la variabilité de la diversité spécifique du couvert végétal.

- Diversité du couvert végétal en fonction de la diversité de la mésofaune

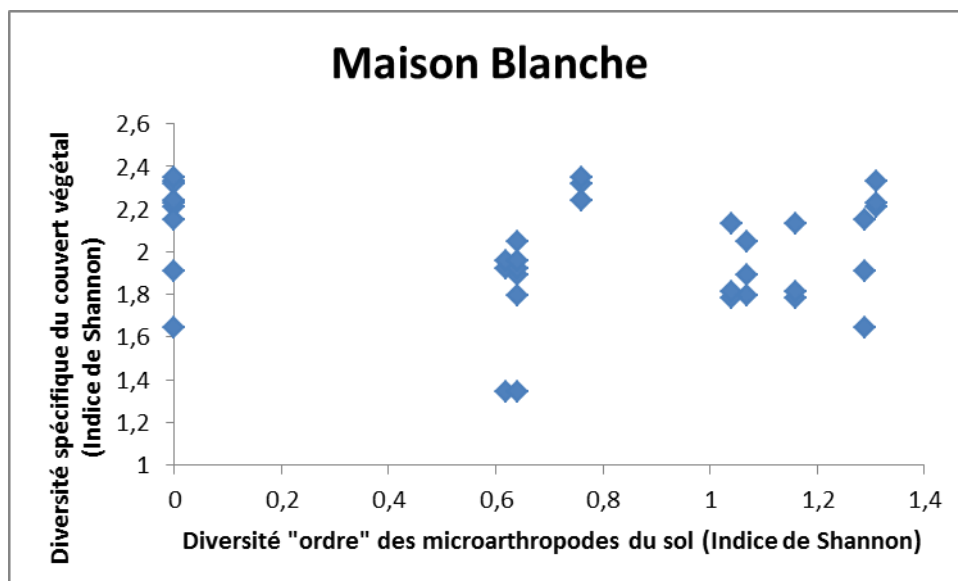


Figure 9 Nuage de points de la diversité spécifique, calculé avec l'indice de Shannon Weiner, du couvert végétal en fonction de la diversité spécifique de la pédofaune, calculé avec l'indice de Shannon Weiner.

La régression linéaire ne montre aucun lien significatif entre la diversité spécifique du couvert végétale et la diversité de la mésofaune, la p-value est supérieure au risque d'erreur, ($p\text{-value} = 0,28 > \alpha = 0,05$).

La diversité « ordre » des microarthropodes du sol explique seulement 3,3 % ($R^2 = 0,033$) de la variabilité de la diversité spécifique du couvert végétal.

- L'abondance et la diversité des microarthropodes en fonction de l'humidité du sol

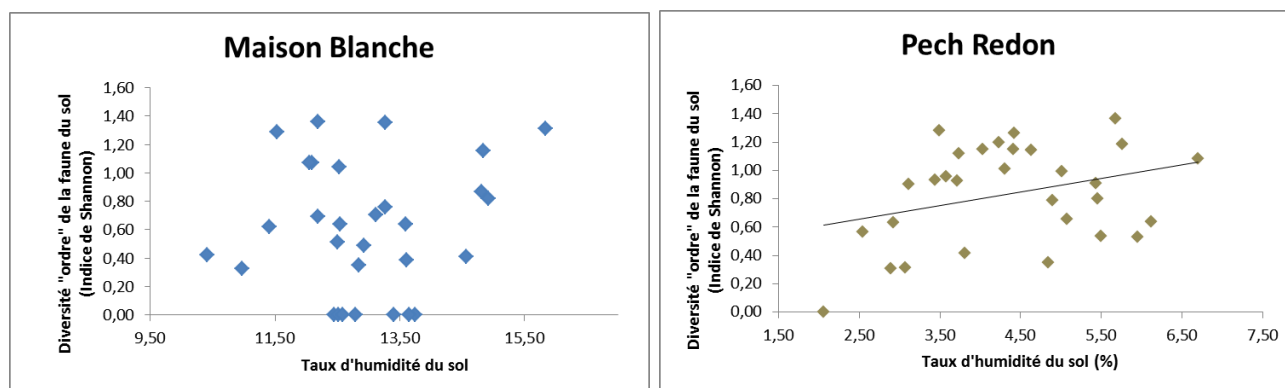


Figure 10 Nuage de points de la diversité spécifique de la faune du sol, calculé par l'indice de Shannon, en fonction du taux d'humidité du sol, par méthode gravimétrique

Maison Blanche

La régression linéaire nous indique aucun lien significatif entre les deux variables que sont l'humidité du sol et la diversité de faune du sol, la p-value est supérieur au risque d'erreur, ($p\text{-value} = 0,51 > \alpha = 0,05$).

Le taux d'humidité du sol explique seulement 1,5 % ($R^2 = 0,015$) de la variabilité de la diversité « ordre » des microarthropodes (Figure 11).

Pech Redon

Le nuage de points de la Figure 9 « Pech Redon » montre une légère forme ellipsoïdale, lorsque que le taux d'humidité augmente, la diversité de la faune a une faible tendance à augmenter.

La régression linéaire, représentée en Figure 11 indique une relation marginalement significative entre la diversité de des microarthropodes du sol et le taux d'humidité du sol ; la p-value est légèrement supérieure au risque d'erreur, ($p\text{-value} = 0,08 > \alpha = 0,05$). La droite de régression linéaire est $Y = 0,096 X + 0,42$.

Sur le site du Château Pech Redon, le taux d'humidité du sol explique 10,4 % ($R^2 = 0,104$) de la variabilité de la diversité « ordre » des microarthropodes.

- La compaction du sol en fonction de l'abondance et la diversité des microarthropodes

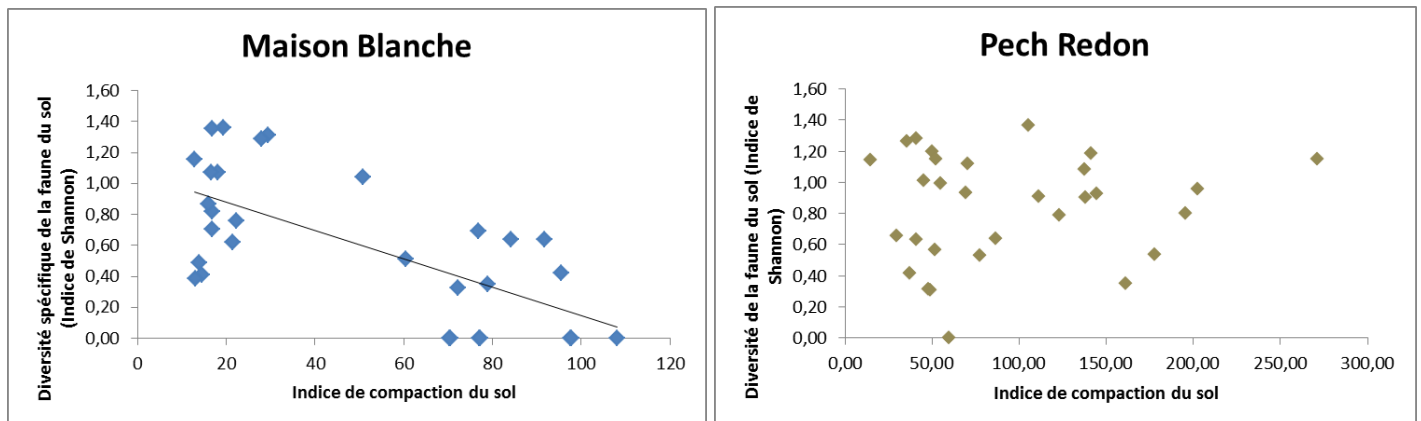


Figure 11 Nuage de point, diversité d'ordre des microarthropodes en fonction de l'indice de compaction du sol.

Maison Blanche

Sur le site du Château Maison Blanche nous avons mis en évidence une relation négative très significative entre la diversité de la faune du sol et la compaction du sol, avec une p-value = 0,00016, soit très inférieure au risque d'erreur $\alpha = 0,05$, le test de student associé nous donne une valeur de t égale -4,29, avec un degré de liberté de 28. La régression linéaire nous donne une équation de droite tel que $Y = -0,36 X + 1,92$. Le coefficient de détermination de cette droite est $R^2 = 0,397$, soit 39,7% de la variance de la diversité du sol qui est expliquée par la compaction du sol.

Pech Redon

Sur le site du Château Pech Redon, il n'y a aucun lien significatif entre les deux variables, diversité du sol et compaction du sol. La p-value de la régression linéaire est de 0,817, soit bien supérieur au risque d'erreur. Le coefficient de la droite de régression est de $R^2 = 0,0019$ soit 0,19% de la variance de la diversité du sol expliquée par la compaction.

- Comparaison des sessions d'échantillonnages

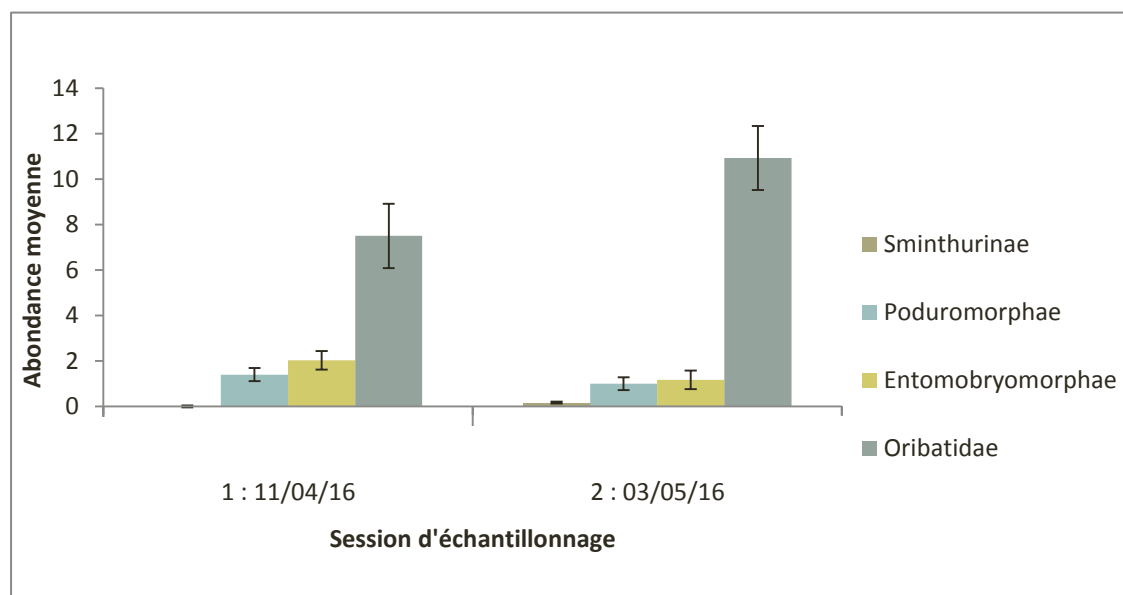


Figure 12 Moyenne des abondances des différentes familles de Collembolles et des Acariens Oribates par session d'échantillonnage sur le site de Maison Blanche pour les sessions du 11/04/2016 et du 03/05/2016

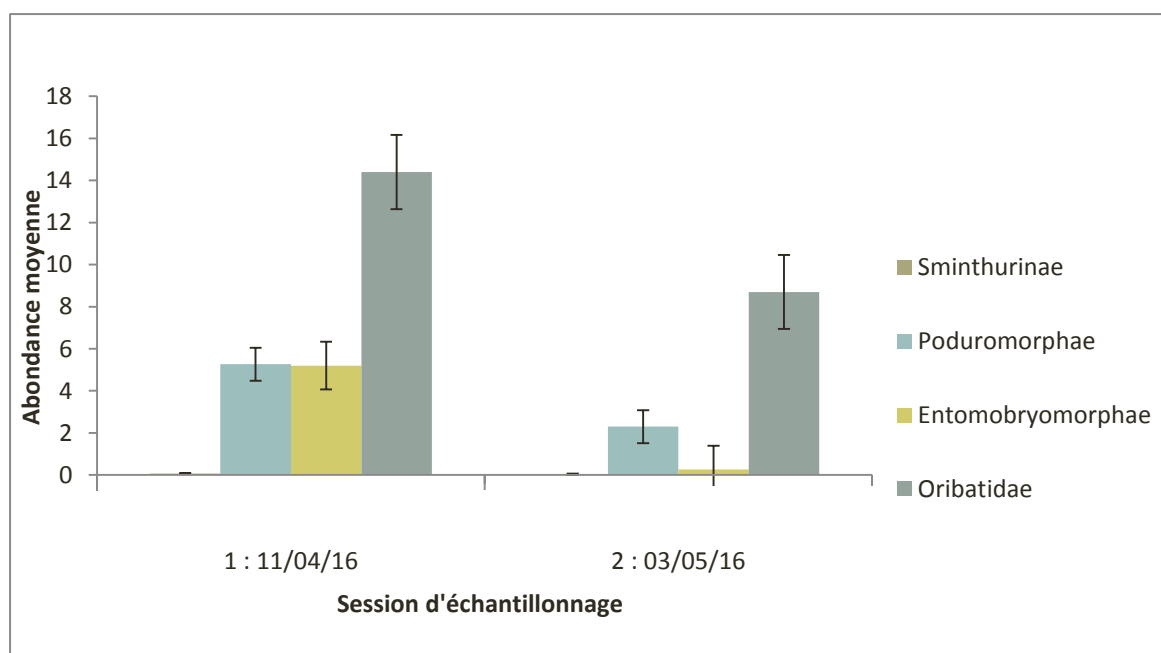


Figure 13 Moyenne des abondances des différentes familles de Collembolés et des Acariens Oribates par session d'échantillonnage sur le site de Pech Redon pour les sessions du 19/04/2016 et du 16/06/2016.

Les tableaux suivant regroupent les p-value des différentes ANOVA.

Tableau 6 Résultats des ANOVA de l'abondance des Collembolés et Acariens en fonction de la session d'échantillonnage

	Maison Blanche			
	Sminthurinae	Poduromorphae	Entomobryomorphae	Oribatidae
p-value	0,0525	0,4891	0,29	0,2265
significativité	NS	NS	NS	NS

NS : Non significatif ; * Significatif

	Pech Redon			
	Sminthurinae	Poduromorphae	Entomobryomorphae	Oribatidae
p-value	0,5614	0,0583	0,02768	0,1061
significativité	NS	NS	*	NS

Aucune ANOVA n'a montré de différence significative entre les deux sessions d'échantillonnages, l'abondance semble rester constante et homogène quelque soit la famille des microarthropodes détritviores étudiée. Seulement sur le site du Château de Pech Redon, les Entomobryomorphae sont significativement plus faibles à la deuxième session d'échantillonnage.

- Distribution verticale des microarthropodes

Maison Blanche

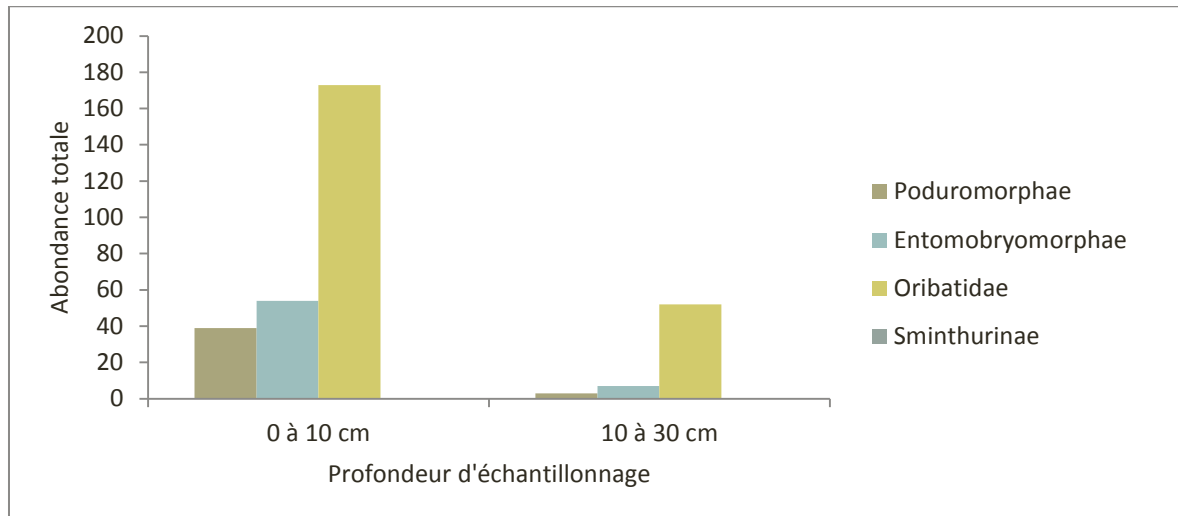


Figure 14 Abondance des détritivores en fonction de la profondeur, Maison Blanche, session 1 du 11/04/16

Les répartitions d'abondances des microarthropodes détritivores évoluent de la même manière sur les deux profondeurs d'échantillonnages. Elles diminuent de façon importante, tout en gardant les mêmes écarts entre chaque ordre des différents microarthropodes.

La session 2 donne des résultats similaires, tant au niveau des abondances que des différences intersessions.

	Maison Blanche			
	Sminthurinae	Poduromorphae	Entomobryomorphae	Oribatidae
p-value	0,69795	0,001189	0,002405	5,49E-05
Significativité	NS	**	**	***

Figure 15 Tableau de résultats des ANOVA des abondances des Microarthropodes détritivore en fonction des profondeurs

NS : Non significatif ; * Significatif ; ** Très significatif ; ***Très très significatif

Les ANOVA faites sur l'abondance des microarthropodes détritivores en fonction de la profondeur d'échantillonnage donnent des résultats très significatifs pour l'ensemble de ces microarthropodes. L'abondance est toujours plus forte de 0 à 10 cm que de 10 à 30.

L'abondance des Sminthurinae n'est cependant pas significativement différente entre les deux profondeurs d'échantillonnage.

Pech Redon

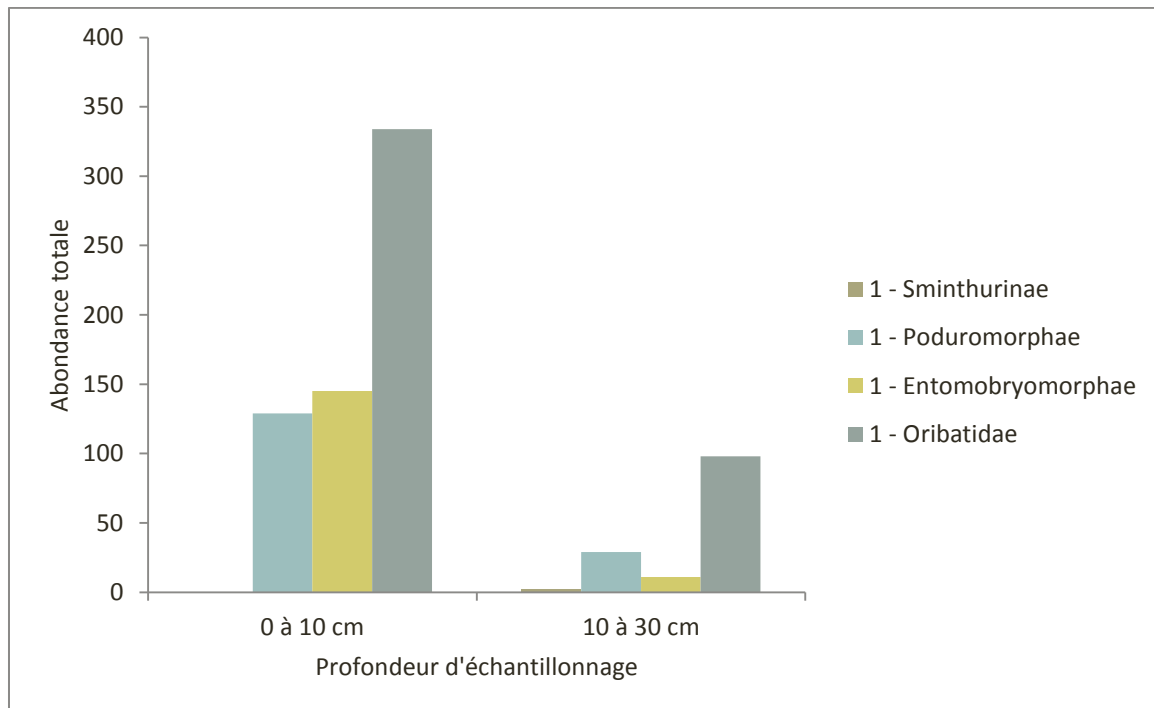


Figure 16 Abondance des détritivores en fonction de la profondeur d'échantillonnage, Pech Redon, session 1 du 19/04/16

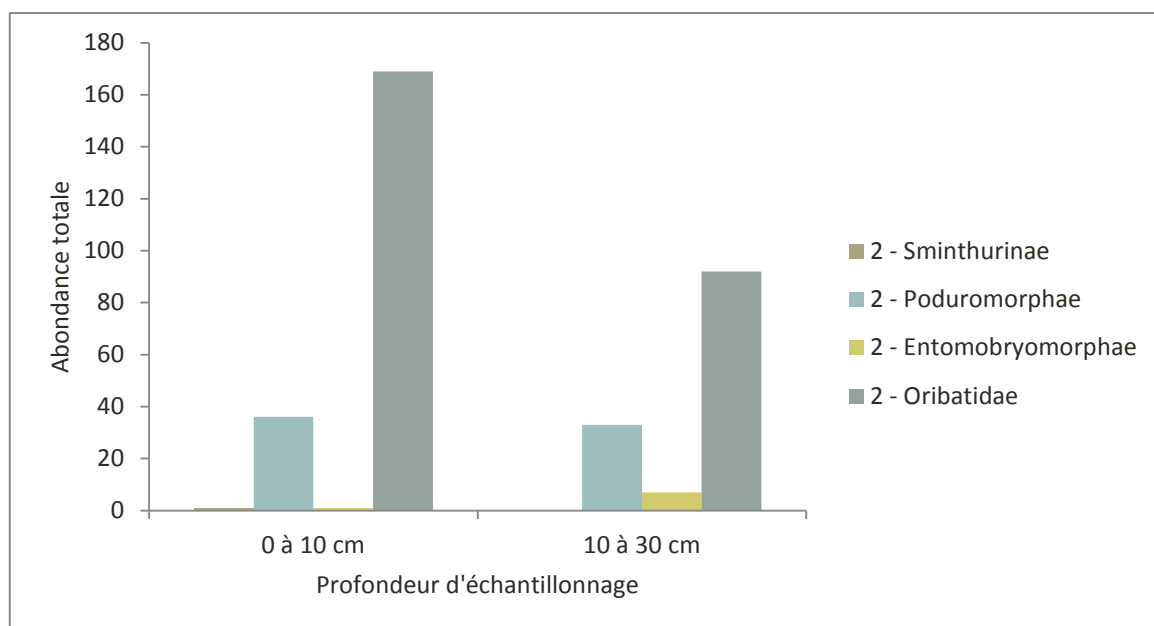


Figure 17 Abondance des détritivores en fonction de la profondeur d'échantillonnage, Pech Redon session du 16/06/16

On observe sur la session 1 de Pech Redon, Figure 17, une diminution de l'abondance des Collembolles et des Acariens Oribates dans la profondeur 10 à 30cm, sauf pour les Collembolles Sminthurinae qui sont présents uniquement dans cet horizon, en faible abondance.

	Pech Redon			
	Sminthuridae	Poduromorphae	Entomobryomorphae	Oribatidae
p-value	0,55649	0,01973	0,04258	0,001722
Significativité	NS	*	*	**

Tableau 7 Tableau de résultats des ANOVA des abondances des Microarthropodes détritivore en fonction des profondeurs

NS : Non significatif ; * Significatif ; ** Très significatif ; ***Très très significatif

De même que sur le site du Château Maison Blanche, les ANOVA donnent des résultats significatifs de l'abondance entre les deux profondeurs, sauf pour les Collembolles Sminthuridae. Cependant il y a moins d'écart entre eux, les p-value étant relativement proches du risque d'erreur fixé à 0,05.

- La dégradation de la matière organique en fonction de l'abondance des microarthropodes.

Les résultats présentés sont uniquement ceux obtenus sur le site du Château Maison Blanche (33). Les sachets de thé sur le site du Château Pech Redon vont être récupérés la semaine du 18 Juillet 2016.

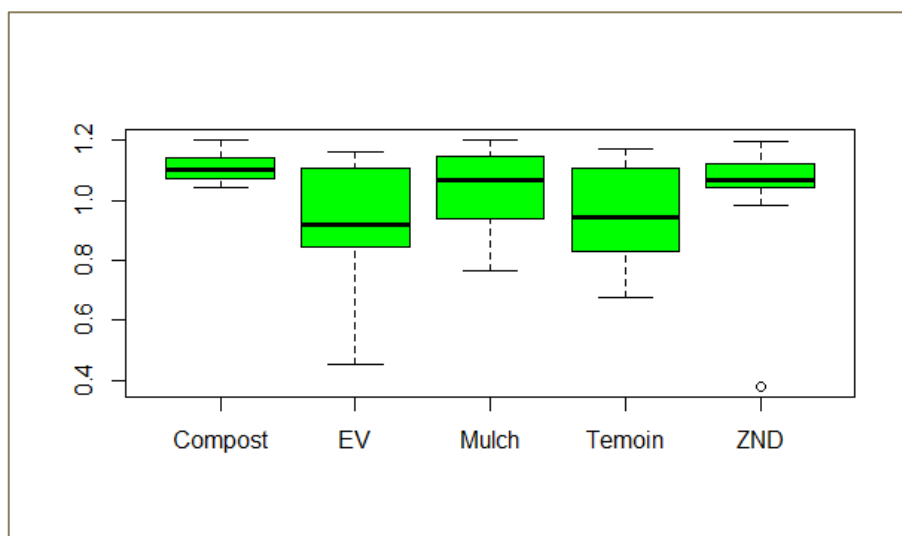


Figure 18 Indice de décomposition du Thé vert en fonction de chaque modalité de gestion du sol

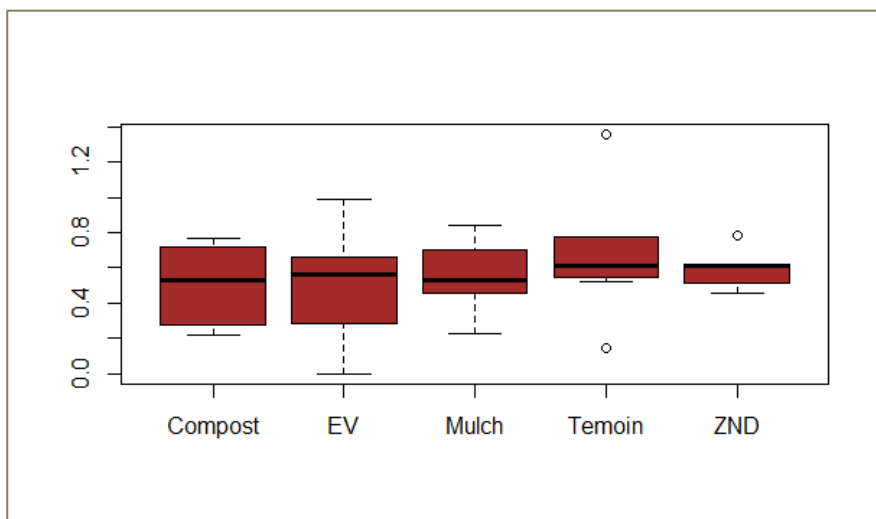


Figure 19 Indice de décomposition du thé Rooibos en fonction des modalités testées

Il n'y a aucune différence de vitesse de dégradation des sachets de thé Rooibos, quelque soit la modalité de gestion du sol. L'ANOVA nous le confirme avec une p-value de 0,88, supérieur e au risque d'erreur de 0,05.

Quelque soit le type de matière organique mesuré (thé vert ou rooibos), les régressions linéaires testées entre la vitesse de dégradation de la matière organique et l'abondance des microarthropodes détritviores n'ont montré aucun lien entre ces variables (p-value <0,05).

4. Discussion

a. Le couvert végétal

i. Diversité du couvert végétal

Sur le site de Maison Blanche, on s'attendait à ce qu'en zone non dégradée (ZND), la diversité du couvert végétal soit bien supérieure qu'en zone dégradée (Temoin). Ce que l'on remarque c'est que l'on retrouve quelques espèces présentes uniquement en ZND. La plupart des espèces trouvées sont présentes dans les deux zones, mais avec des abondances et un pourcentage de recouvrement plus faibles en zone dégradée. De plus le pourcentage de sol nu en zone dégradée est bien supérieur qu'en zone non dégradée, avec 49,2% et 1,9%. Le guide des plantes bio indicatrices de l'Entre-deux-mers, permet d'avoir une indication sur l'état des sols des parcelles viticoles du site du Château Maison Blanche. Dans la zone « Temoin » l'une des espèces majoritaires : *Taraxacum ruderalia* traduit un compactage des sols dû aux passages des machines, de même que pour *Hypochaeris radicata* en « ZND ». Dans les deux zones on trouve également des espèces traduisant une déficience du complexe argilo-humique, comme *Valerianella locusta* ou *Senecio vulgaris*. En zone non dégradée, il y a la présence de certaines espèces comme *Stellaria media*, ou même si elle est peu abondante, *Ornithogalum umbellatum*, qui marquent un bon équilibre carbone/azote.

Ces résultats sont à utiliser conjointement avec les analyses physico-chimiques du sol. Ils peuvent traduire une carence ou un excès d'éléments nutritifs, il est nécessaire de faire les analyses de sols pour confirmer ces suppositions mais aussi pour adapter une méthode pour y faire face.

ii. Couvert végétal semé

L'évaluation de l'état des semis est nécessaire pour estimer l'efficacité de nos modes de gestion testés, et d'évaluer un pourcentage d'erreur en fonction de la réussite des semis. Sur le site du Château Maison Blanche, les semis recouvrent l'inter rang à la hauteur de 10%, variant de 8% pour la modalité Engrais Vert (EV) à 12% pour le semis géré en Mulch (Mulch). Les espèces semées se sont développées de manière différentes, pour la modalité de gestion Engrais vert, *Vicia sativa* (Vesce commune) est la plus abondante, avec en moyenne 13% de recouvrement, contrairement à *Hordeum vulgare* (Orge) qui recouvre 1,5%. Cette différence est due d'une part à la densité d'individus par hectare, 60 kg/Ha de semis pour 1/3 d'orge et 2/3 de Vesce, ce qui n'explique pas totalement ces résultats. La préparation des semis a surement joué un rôle important dans le développement de l'orge. Un travail superficiel du sol avait été fait un rang sur deux avec un outil à disques, l'Orge n'a surement pas pu développer ses racines correctement. Pour la modalité de gestion en Mulch, cette fois ci c'est la graminée *Lolium perenne* (Ray grass Anglais) qui s'est développé en moyenne à 19% contre 3,6% pour *Medicago arabica* (Luzerne), la différence de développement des deux espèces correspond à la différence de la densité semée au travers du mélange.

Un fort taux de salissement a été observé sur ce site, aux alentours de 35% de surface de sol couverte par d'autres espèces d'adventices. Cette donnée pourrait expliquer le faible développement de nos espèces semées. Les plantes adventices spontanées rentrent en compétition avec nos espèces semées pour les éléments nutritifs du sol (Charles et al. 2012). De plus le taux de sol nu reste élevé avec un niveau proche de 50% de sol nu.

Sur le site du Château Pech Redon, de manière générale les semis ne se sont pas correctement développés, ils représentent 5% du recouvrement totale de l'inter rang. Avec une espèce dans chaque modalité qui se sont particulièrement bien développées, la Vesce pour la modalité Engrais vert, et le Ray Grass Anglais pour le Mulch. Il y a très peu de salissement, inférieur à 4%, et pour la plupart le sol nu atteint 80%. Un second relevé avait été réalisé courant Juin : seule la Vesce avait résisté aux conditions climatiques. Le site est situé à Narbonne dans l'Aude (11), c'est un département qui a un climat méditerranéen. C'est-à-dire que l'hiver est doux, et très peu pluvieux, et l'été est chaud et sec, avec beaucoup de vents. De plus il est situé sur une montagne, où le sol n'est pas propice aux développements des cultures. Les conditions de stress hydrique et de sécheresse, limitent le travail du sol et le développement de ces végétaux.

En vue des résultats, on suppose que les modalités de gestion semées n'auront pas, ou très peu d'effets sur les propriétés physico-chimiques du sol puisque trop peu développées pour présenter des différences, sur la faune du sol ou sur le développement végétatif et la vigueur de la vigne.

Pour améliorer la qualité des couverts végétaux, il faudrait augmenter la densité à l'hectare. On suppose que sur le site du Château Maison blanche, avec un meilleur travail du sol, les semis se développeraient mieux. Sur le site de Pech Redon, il faudrait réaliser un semis direct au semoir, pour éviter la dérive des graines lors du semis à la volée, dû au vent.

Pour avoir une meilleure appréciation de la qualité des semis, le recouvrement des semis n'est peut-être pas suffisant, il faudrait mesurer la biomasse totale, et estimer les apports organiques et minéraux qu'ils apportent lors de leur destruction.

b. Les effets sur la mésofaune

i. Les effets du couvert végétal sur la faune du sol

o *L'influence de la diversité végétale sur l'humidité et la compaction du sol*

Le couvert végétal un effet positif d'une part sur le sol, il limite l'impact des gouttes d'eau (effet splash) et empêche l'apparition d'une croûte de battance, et maintient la porosité en surface du sol en surface (Roose, 1994). Il permet aussi la rétention d'eau, et favorise l'infiltration. On s'attendait à ce que plus le couvert végétal était diversifié, plus il aurait d'effets positifs, grâce aux racines, à la décompaction des sols et au maintien un taux d'humidité suffisant. Un sol peu compact, et assez humide favorise la vie des

microarthropodes, pour le déplacement et l'alimentation. Les résultats des régressions linéaires n'ont montré aucun lien direct entre la diversité du couvert végétal avec la diversité de la faune du sol. Concernant les autres mesures les résultats sont assez variables suivant les sites d'études, surtout au niveau des propriétés physique du sol. La diversité spécifique du couvert végétal n'est pas le meilleur indicateur pour mesurer les effets du couvert végétal sur les propriétés physique du sol. Des mesures de biomasse végétale seraient peut-être à envisager dans la suite des expérimentations.

- *L'influence de l'humidité du sol sur l'abondance et la diversité des microarthropodes*

Les mesures d'humidité par méthode gravimétrique ont été faites sur les mêmes échantillons de terre que ceux qui étaient destinés à l'extraction de la mésofaune par la méthode Berlese, pour pouvoir mesurer le lien. L'activité des collembolés ou des Acariens Oribates, d'après Poinso-Balaguer (1990), dépend du taux d'humidité du sol. Si le point de flétrissement est inférieur à 4,2, alors les microarthropodes subissent un dessèchement. Des adaptations à la sécheresse ont été développées, comme le jeûne, l'activité des Collembolés est nulle durant ces périodes, et reprennent pendant les périodes pluvieuses (voir Figure en annexe 5). Ils peuvent également adapter leur distribution verticale au travers des différents horizons du sol. Sur le site de Pech Redon, la régression linéaire nous montre une relation positive entre la diversité de la mésofaune avec le taux d'humidité du sol. On sait que la plupart des Collembolés décomposeurs se situe dans la première couche du sol, qui est riche en matière organique et fongique (Wallwork, 1970). Cependant sur le site du Château Pech Redon, le taux d'humidité du sol est assez faible (4 % en moyenne). En fonction des sessions d'échantillonnages, nous observons une distribution différente entre les deux sessions. L'abondance des Collembolés reste sensiblement la même, cependant pour les Collembolés Poduromorphes et Entomobryomorphes on observe une migration vers les couches plus profondes de 10 à 30 cm en session 2.

Sur le site de Maison Blanche, où le climat est plutôt océanique, marqué par des pluies régulières. Le taux d'humidité est relativement constant, en moyenne de 13%. Nous observons un gradient de l'abondance des Collembolés en fonction de la profondeur, l'abondance diminue quand la profondeur augmente avec une certaine proportionnalité. La différence des abondances est environ 20 fois plus faible à la session 2 par rapport à la session 1. La diversité des Familles de Collembolés reste cependant identique entre les deux horizons.

- *L'influence de la compaction du sol sur l'abondance et la diversité des microarthropodes*

Il y a une corrélation négative entre l'abondance des Collembolés et la compaction du sol, (Dittmer et Schrader, 2000). Les sols compactés, ont des petits pores, qui limitent le déplacement des microarthropodes, et rend moins disponible la nourriture. Lorsque le sol est riche en matière organique, l'effet de compactage est augmenté et impacte davantage l'abondance des Collembolés, (Larsen et al., 2003). Ce résultat est confirmé sur le site de

Maison Blanche (Figure 8), avec une régression linéaire significative et son coefficient de détermination $R^2 = 0,397$.

Le travail du sol superficiel n'a pas forcément d'effet sur la diversité des collemboles mais a un effet significatif sur l'abondance (Brennan et *al.*, 2016). Cela permet de restructurer le sol et de créer de nouveaux pores. Le cycle de vie des Collemboles étant assez court (Gisin et *al.*, 1955), les populations ne sont pas trop affectées et se régénèrent rapidement. De plus (Faber et Joosse ; 1993) ont démontré que les Collemboles juvéniles vivaient dans des profondeurs plus importantes que les adultes dans les différentes couches du sol. Les juvéniles sont donc situés en dessous du sol perturbé, et en dessous de la zone la plus sujette au compactage. Les acariens ont un cycle de vie plus long et sont plus sensibles aux perturbations. On remarque (Figure 9), sur le site de Pech Redon que l'abondance des Acariens Oribates a fortement diminué en session 2.

ii. La période d'activité des Collemboles/Acariens au travers des modes de gestion du sol

Les Collemboles vivent généralement jusqu'à un an, et lorsque les conditions leur sont favorables ils donnent une nouvelle génération toutes les 6 semaines (Gisin et *al.* 1955). Ils sont sensibles à la sécheresse. Leur abondance est liée à l'humidité du sol (Annexe 4), et leurs pics d'activités sont de Septembre à Avril/Mai, pendant les périodes pluvieuses. On n'observe aucun effet du mode de gestion du sol sur l'activité des Collemboles. Les différentes modalités semées ne sont pas suffisamment développées pour faire varier le taux d'humidité du sol qui est un facteur clé dans l'activité des Collemboles et Acariens.

iii. Méthodes d'échantillonnage

○ Echantillonnage de la mésofaune

Les échantillons de terre sont faits à l'aide d'une tarière pédologique. Sur le site de Maison Blanche la terre était humide, lors des prélèvements, la terre se compactait dans la tarière, surtout lorsque l'on prélevait de 10 à 30 cm de profondeur, et formait des blocs compacts. Les individus pourraient être emprisonnés dans ces blocs, et ne pourraient pas fuir la lumière pendant l'extraction de Berlèse.

L'extraction Berlèse repose sur le caractère lucifuge des insectes qui cherchent à fuir la lumière en descendant, puis tombent dans un pot d'alcool. Cependant les Collemboles sont sensibles à la dessiccation que peut créer la lampe pour l'extraction. Les individus meurent et ne tombent pas l'alcool.

Lorsque les prélèvements ont été faits dans des sols plus secs, comme sur le site de Pech Redon, les particules étaient assez fines pour passer à travers le tamis lors de l'extraction Berlèse, ce qui a compliqué l'identification par la suite.

Une identification jusqu'à l'espèce serait plus complète, notamment pour acquérir plus d'informations sur leur régime alimentaire et sur leur groupe écologique. Pour cela une clé d'identification est disponible sur le site « Collembola.org », cependant cela demande beaucoup de temps et de connaissances sur les Collemboles, de plus il faut du matériel adapté pour l'observation au microscope optique.

iv. La dégradation de la matière organique en fonction de l'abondance des détritivores.

L'évaluation de la vitesse de dégradation de la matière organique a été difficile avec les sachets de thé. Lorsque le viticulteur a travaillé le rang à l'aide d'une décavaillonneuse, un outil qui réalise un labour entre les ceps, une partie des sachets ont été déterrés ou détruits, notamment sur le site de Maison Blanche. L'ensemble de ces sachets de thé ont été remplacés à l'issue, et sont donc restés en terre 2 mois seulement. De plus, en juillet lors du ramassage de tous les sachets, le sol était sec, il était difficile de les déterrer sans les abîmer. Cependant le nombre de sachets intacts était suffisamment élevé pour exploiter les résultats : 32 intacts sur 45 sachets par thé. Les régressions linéaires n'ont pas montré de liens entre l'abondance des microarthropodes détritivores avec les taux de décomposition de la matière organique. Il semblerait cependant logique que le lien existe, puisque ces individus consomment uniquement de la matière organique. Les sols semblent assez riches en matière organique d'après les analyses de 2015, contrairement aux microarthropodes qui semble peu abondants cette année. Le nombre total des individus n'est peut-être pas suffisant pour consommer l'ensemble de la matière organique. L'ANOVA ne révèle pas non plus de lien entre la vitesse de dégradation de cette matière organique en fonction des modalités de gestion, d'une part car celles-ci ne se sont pas bien développées cette année, surtout les modalités semées, et de plus les différents couverts végétaux n'ont pas encore montré d'influence positive sur l'abondance des microarthropodes.

Conclusion

Le projet Resolve a pour but de démontrer la possibilité de restaurer la vigueur, en viticulture certifiée Agriculture Biologique, par des techniques de gestion du sol comme le semis d'Engrais Verts en procédant à deux modes de destruction, et à l'ajout de matière organique, le compost.

Dans notre étude on cherche particulièrement à mesurer l'effet de ces différents modes de gestion du sol, sur la biodiversité du sol, en particulier les Lombrics, les Collemboles et Acariens. Ces organismes vivant dans le sol, jouent un rôle particulièrement important dans les différents cycles pour la disponibilité de des nutriments à la plante.

Les zones d'études ont été fixées par rapport au manque de vigueur localisé, par des surfaces foliaires basses et un rendement faible. Un état des lieux sur les propriétés physico-

chimiques des sols a été fait. Les zones en manque de vigueur sont marquées par une différence du couvert végétal spontanée. Dans les zones dites « non dégradée », le recouvrement et la diversité spécifique des végétaux est plus importante que dans les zones « dégradées ».

Les modalités de gestion du sol testées comprenaient deux méthodes de semis d'un mélange de Graminée et de Légumineuse, avec deux modes de destruction différents, l'enfouissement et le « mulch ». Avant destruction les semis ne s'étaient pas correctement développés, avec aux alentours de 5 à 10 % de recouvrement de l'inter rang des espèces semées. De plus sur le site du Château Maison Blanche (33), le taux de salissement était relativement élevé (>35 %). Et pour le site du Château Pech Redon (11) le pourcentage de sol nu dépassait les 80 %. Cette année les semis n'étaient donc pas très réussis, ce qui a compliqué la mise en évidence de différence entre les modalités.

Concernant les Lombrics, très peu d'individus ont été échantillonnés, ce qui complique l'étude des effets des modes de gestions du sol sur leurs populations.

Nos modes de gestions du sol ont eu très peu d'effets sur la mésofaune, d'une part car elles n'ont pas encore affecté les propriétés physiques du sol, comme l'humidité qui un facteur important pour la vie des microarthropodes. L'étude de la distribution verticale a montré que la plupart des Collemboles et Acariens se trouvaient dans les 10 premiers centimètres du sol. Pour le site du Château Pech Redon, on a commencé, de façon encore non significative, à voir une migration des individus de 10 à 30 cm de profondeur, certainement pour fuir la chaleur. Les sessions d'échantillonnage successives ont été faites dans le but d'observer un pic d'activité pendant le développement végétatif de la vigne, pendant laquelle le besoin en matière organique et minérale est important. Les résultats n'ont pas été significatifs, avec quasiment les mêmes abondances dans les deux sessions d'échantillonnages.

Les résultats ne semblent pas positifs sur l'année 2016, les mesures continuent en 2017, les axes d'amélioration peuvent être : un meilleur travail du sol sur tous les inters rang, une densité de semis plus élevée, l'échantillonnage des Lombrics et de la mésofaune de façon plus précoce.

Références bibliographiques

Alvarez T., Frampton G., Goulson D., 2001. *Epigeic Collembola in winter wheat under organic, integrated and conventional farm management regimes*. Agriculture, Ecosystems and Environment 83, 95–110.

Arino J., 2009. *Les engrais vert en viticulture*. Chambre d'Agriculture du Gers.

Avenard J.C., Bernos L., Grand O., Samie B., 2003. *Manuel de production intégrée en viticulture*. ENITA de Bordeaux, Edition Féret.

Bachelier G., 1963. *La vie animale dans les sols*.

Bartlett M., Harris J., James I., Ritz K., 2005. *Inefficiency of mustard extraction technique for assessing size and structure of earthworm communities in UK pasture*. Soil Biology & Biochemistry 38, 2990–2992

Bervas A., Houtin M., Montangon R., Stannard M. 2011. *Guide des plantes Bio-indicatrices de l'Entre-deux-Mers*. AgroBio Gironde

Blamey M., Grey-Wilson C., 2000. *La flore d'Europe occidentale*. Edition Arthaud ISBN 2-7003-0867-0

Bouché M., 1972. *Lombriciens de France : écologie et systématique*. INRA, 671 p

Brennan A., Fortune T., Bolger T., 2016. *Collembola abundances and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems*. Pedobiologia 50, 135–145

Cahurel J.Y., 2010. *Rapport d'activité 2007-2009 du programme GESOL (Gestion durable des sols viticoles)*. Institut Français de la Vigne et du Vin.

Capowiez Y., Samartino S., Cadoux S., Bouchant P., Richard G., Boizard H., 2012. *Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems*. Soil Biology & Biochemistry 55, 93 -103

Carbonneau A., 2015. *Traité de la vigne : physiologie, terroir, culture*. Paris : Dunod, 2e édition.

Casteran P., Leclair P., Pouget R., 1975. *Comparaison de différentes techniques d'entretien du sol dans le vignoble bordelais durant une longue période*.

Cluzeau D., Peres G., Robin P., Morand P., 2008. *Les lombriciens comme outil de gestion des agrosystèmes*. Université Européenne de Bretagne.

Charles R., Montfort F., Sarthou J.P., 2012. *Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires*. Chapitre 6 Effets biotiques des cultures intermédiaires sur les adventices, la microflore et la faune.

CIVAM Agrobio 47, CIVAM Agrobio 33, 2009 *Guide Technique pour une Conversion en Viticulture Biologique*, Association de développement de l'Agriculture biologique de Lot et Garonne.

Decaëns T., Bureau F., Margerie P., 2002. *Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France)*. *Pedobiologia* 47, 479–489

Deprince A., 2003. *Les insectes du sol (2e partie) de l'œuf enterré à une vie terricole*. *Insectes* 35 n°132

Dittmer S., Schrader S., 1999. *Longterm effects of soil compaction and tillage on Collembola and straw decomposition in arable soil*. *Pedobiologia* 44, 527–538

Eisenhauer N., Sabais A., Scheu S., 2011. *Collembola species composition and diversity effects on ecosystem functioning vary with plant functional group identity*. *Soil Biology & Biochemistry* 43, 1697-1704

Faber J.H., Joosse E.N.G., 1993. *Vertical distribution of Collembola in a Pinus nigra organic soil*. *Pedobiologia* (Germany)

Fitter R., Fitter A., 1997. *Guide des fleurs sauvages*. Blamey Edition delachaud et niestlé

Fournier J., Bonnot-Courtois C., Paris R., Voldoire O., Le Vot M., 2012. *Analyses granulométriques, principes et méthodes*. CNRS, Dinard, 99p.

Fulchin E., Giffard B., Van Helden M., 2015. *Le projet RESOLVE, dédié à la restauration du sol en viticulture biologique*, Union Girondine des Vins de Bordeaux (mai)

Gaviglio C., 2013. *Gestion des Sols Viticoles : Enjeux, Entretien, Mécanisation*. Paris : France Agricole. 241p. ISBN : 978-2-85557-258-1

Gergocs V., Hufnagel L., 2016. *The effect of microarthropods on litter decomposition depends on litter quality*. *European Journal of Soil Biology* 75, 24-30

Gisin, H. 1955. *Recherches sur la relation entre la faune endogée de Collembolles et les qualités agrologiques de sols viticoles*. *Revue Suisse de Zoologie*, Bd. 62, pp. 5

Gkissakis V., Volakakis N., Kollaros D., Bàrberi P., Kabourakis E., 2016. *Soil arthropod community in the olive agroecosystem: Determined by environment and farming practices in different management systems and agroecological zones*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 218, 178–189

Hasegawa M., 2000. *The relationship between the organic matter composition of a forest floor and the structure of a soil arthropod community*. *European Journal Soil Biologie* 37, 281–284

Holland T., Reynolds A., Bowen P., Bogdanoff C., Marciniak M., Brown R., Hart M., 2012. *The response of soil biota to water availability in vineyards*. *Pedobiologia* 56, 9– 14

Irvin. N., Bistline-East A., Hoddle M., 2016. *The effect of an irrigated buck wheat cover crop on grape vine productivity, and beneficial insect and grape pest abundance in southern California.* Biological Control 93, 72–83

Jeanjean M. 2015. *Influence des modes de gestion du sol en viticulture sur la faune du sol et la décomposition de la matière organique.* Bordeaux Sciences Agro, Bordeaux.

Keuskamp J., Dingemans B., Lehtinen T., Sarneel J., Hefting M. 2013. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 1070–1075

Kováč U., L'uptáčik P., Miklisová D., Mati R., 2001. *Soil Oribatida and Collembola communities across a land depression in an arable field.* Eur. J. Soil Biol. 37, 285–289.

Larsen T., Schjønning P., Axelsen J., 2003. *The impact of soil compaction on euedaphic Collembola.* Soil Ecology 26, 273–281

Lauga-Reyrela F., Deconchat M., 2000. *Diversity within the Collembola community in fragmented coppice forests in south-western France.* Eur. J. Soil Biol., 35 (4). 177-187

Lawrence A., Bowers M., 2001. *A test of the « hot » mustard method of sampling earthworms.* Soil Biology & Biochemistry 34, 549 - 552

Marinari S., Mancinellia R., Brunetti P., Campiglia E., 2015. *Soil quality, microbial functions and tomato yield under cover crop mulching in the Mediterranean environment.* Soil & Tillage Research 145, 20–28.

Mebes K., Filser J., 1997. *Does the species composition of Collembola affect nitrogen turnover.* Soil Ecology 9, 241-247

Mermoud A., 2006. *Propriétés de base du sol et de la phase liquide.* Cours de Physique du sol. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2015. *Plan ECOPHYTO II.*

Monteiro A., s M. Lopes C. 2007. *Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal.* Agriculture, Ecosystems and Environment 121, 336–342

Palm J., Van Schaik N., Schröder B., 2012. Modelling distribution patterns of anecic, epigeic and endogeic earthworms at catchment-scale in agro-ecosystems. *Pedobiologia* 56 (2013) 23– 31

Petersen H., 2001. *Effects of non-inverting deep tillage vs. conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field.* European Journal of Soil Biology 38, 177–180

Poinsot-Balaguer N., 1990. *Des insectes résistants à la sécheresse.* Sécheresse n°4 (1).

Qingtao Z., Shiping W., Li L., Mitsuhiro I., Jiao X., Guoyu Q., Wenbiao J. 2014. *Effects of mulching and sub-surface irrigation on vine growth, berry sugar content and water use of grapevines*. In *Agricultural Water Management* 143, 1–8

Reddell P., Spain A., 1991. *Earthworms as vectors of viable propagules of mycorrhizal fungi*. *Sod Bud. Blochem.* Vol. 23. No. 8. pp. 767-774

Reinecke A., Helling B., Louw K., Fourie J., Reinecke S., 2001. *The impact of different herbicides and cover crops on soil biological activity in vineyards in the Western Cape, South Africa*. *Pedobiologia* 46, 475–484

Renaud A., Poinso-Balaguer N., Cortet J., Le Petit J., 2004. *Influence of four soil maintenance practices on Collembola communities in a Mediterranean vineyard*. *Pedobiologia* 48, 623–630

Reynier A. 2007. *Manuel de viticulture*. 10^{ième} édition. Lavoisier

Riches D., Porter I.J., Oliver D.P., Bramley R.G.V., Rawnsley B., Edwards J., White R.E. 2013. *Review: soil biological properties as indicators of soil quality in Australian viticulture*. *Australian Journal of Grape and Wine Research* October 2013

Rochard J., 2005. *Traité de viticulture et d'oenologie durables. Chaintré : Oenoplurimédia*. 310p. ISBN : 2-905428-25-2

Roose E., 1994. *Introduction to the conservation management of water biomass and soil fertility*. FAO, Rome (Italy). Div. de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux.

Rusek J., 2001. *Taxonomy of Collembola at the beginning of the new millennium*. *Pedobiologia* 46, 215–224

Sandor V., Vidican R., Sandor M., Stoian V., Sfechis S., 2015. *Tested Methods for Extracting Earthworms from Soil*. *Bulletin USAMV series Agriculture* 72(1)

Schwartz C., Sere G., Cortet J., Watteau F., Ouvrard S., Legueudois S., Morel J.L., 2011. *Le génie pédologique au service de d'une refonctionnalisation écologiques d'espaces urbains dégradés*. Laboratoire Sols et Environnement Vandoeuvre-lès-Nancy.

Scheunemann N., Maraun M., Scheu S., Butenschoen O., 2014. *The role of shoot residues vs. crop species for soil arthropod diversity and abundance of arable systems*. *Soil Biology & Biochemistry* 81, 81 – 88

Schreck E., 2008. *Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration- Impact sur les lombriciens*. Thèse, Université de Toulouse, France

Skubala P., Kafel A., 2004. *Oribatid mite communities and metal bioaccumulation in oribatid species (Acari, Oribatida) along the heavy metal gradient in forest ecosystems.* Environmental Pollution 132, 51-60

Theau J.-P., Cruz P., Fallour D., Jouany C., Lecloux E., Duru M., 2010. *Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes.* Fourrages 201, 19-25.

Valckx J., Govers G., Hermy M., Muys B., 2011. Optimizing Earthworm Sampling in Ecosystems. Biology of Earthworms. Chapter 2.

Védie H., Berry D., Leclerc B., Grébert D., Lhôte J.M., 2007. *Optimisation du travail du sol en maraîchage biologique : intérêt des planches permanentes.* Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques – 4 & 5 décembre 2007 - Caen

Vršič S., 2011. *Soil erosion and earthworm population responses to soil management systems in steep-slope vineyard.* Plant Soil and Environment.

Wallwork J.A., 1970. *Ecology of soil animals.* cabdirect.org

Yang z., Zheng S., Nie J., Liao Y., Xie J. 2014. *Effects of Long-Term Winter Planted Green Manure on Distribution and Storage of Organic Carbon and Nitrogen in Water-Stable Aggregates of Reddish Paddy Soil Under a Double-Rice Cropping System.* In Journal of Integrative Agriculture 1772-1781

Yuexing C., Xiaoxia W., Yulin S., Junli Z., Wei W., Yuncheng L., 2014. *Mulching practices altered soil bacterial community structure and improved orchard productivity and apple quality after five growing seasons.* Scientia Horticulturae 172, 248–257.

Webographie

Alambic city, Les vers de terre [En ligne] consulté le 22/03/2016

<http://www.alambic-city.com/article-les-vers-de-terre-98558595.html>

ITAB Institut technique de l'Agriculture Biologique. [En ligne] Consulté le 13/05/16

<http://www.itab.asso.fr/>

LANO Laboratoire agronomique Normand. [En ligne] Consulté le 07/07/16

<http://www.lano.asso.fr/web/terres.html>

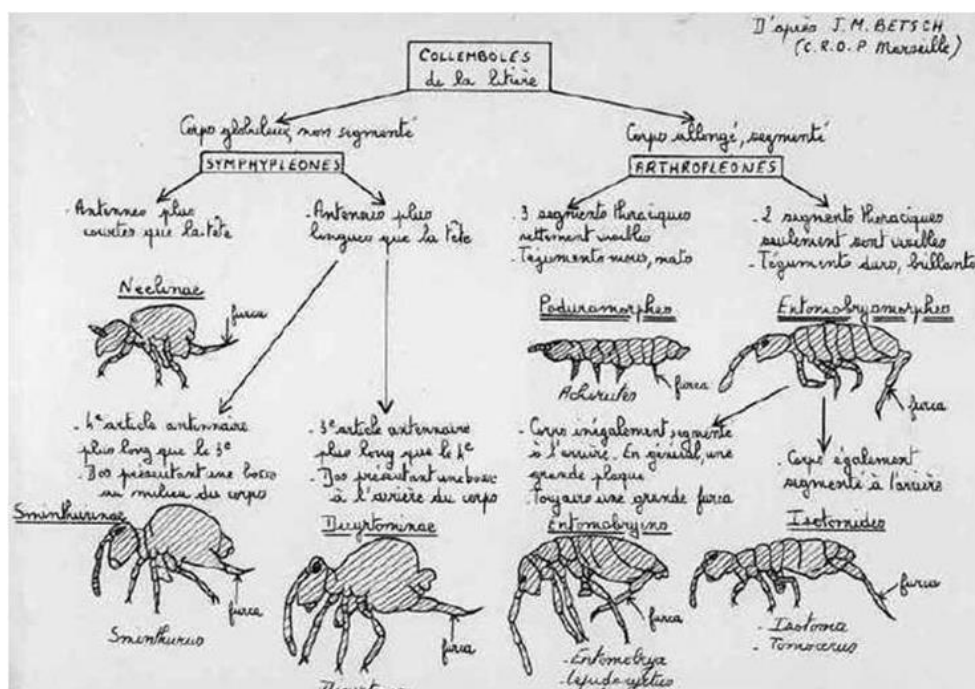
OPVT Site de l'Observatoire Participatif des Vers de Terre. Ecobiosol. [En ligne] Consulté le 20/06/16 <https://ecobiosol.univ-rennes1.fr>

Tea Bag Index [En ligne] consulté le 15/03/16 <http://www.decolab.org/tbi/protocol.html>

Vins Vignes Vignerons [En ligne] consulté le 13/04/2016

<http://www.vinsvignesvignerons.com/Geologie/Pedologie/Notion-de-sol-Sols-viticoles>

Annexes



Annexe 1 Clé de détermination des familles des Collembolés

	argile (g/kg)	limons fins (g/kg)	limons grossiers (g/kg)	sables fins (g/kg)	sables grossiers (g/kg)	MO (g/kg)	pH eau	pH KCl	CaCO ₃ tot (g/kg)
REDON_1_ZD_H1	88	97	96	352	367	5,2	8,7	8,1	279
REDON_2_ZD_H1	258	339	153	198	53	6,9	8,8	8	492
REDON_3_ZD_H1	225	315	201	181	77	7,2	8,6	7,9	465
REDON_1_ZND_H1	99	86	74	399	343	13,6	8,5	8	268
REDON_2_ZND_H1	202	263	231	213	91	15,5	8,5	7,8	461
REDON_3_ZND_H1	177	201	205	273	144	11,9	8,5	7,9	286

	CEC Met (cmol+/kg)	P (en g P ₂ O ₅ /kg)	K ₂ O ECH (en g/kg)	Mg ech (en g/kg)	Ca ech (en g/kg)	Na ech (en g/kg)	Cu ech (en mg/kg)	point fleurissement (en%)
REDON_1_ZD_H1	3,2	0,087	0,098	0,058	8,07	<0,010	4,35	5,73
REDON_2_ZD_H1	8,1	0,542	0,117	0,155	9,44	0,039	2,06	13,33
REDON_3_ZD_H1	7,6	0,728	0,154	0,14	10	0,022	0,92	12,11
REDON_1_ZND_H1	4,1	0,471	0,128	0,063	8,11	<0,010	2,78	7,44
REDON_2_ZND_H1	7,4	0,208	0,227	0,163	9,58	0,015	2	12,97
REDON_3_ZND_H1	7,4	0,212	0,239	0,167	9,9	<0,010	2,22	11,15

Annexe 2 Résultats des analyses de sol du Château Pech Redon en 2015

Recouvrement (%)	Étiquettes de colonnes		
Étiquettes de lignes	Temoin	ZND	Total général
Agrostis stolonifera	15	17	32
Bellis perennis	1	2	3
Cardamine hirsuta	1		1
Cirsium palustre		9	9
Crepis capillaria		7	7
Crepis vesicaria		1	1
Fumaria officinalis		3	3
Galium verum	9		9
Geranium dissectum	9	10	19
Globularia punctata	3		3
Hordeum vulgare	27	19	46
Hypochaeris maculata	1	15	16
Hypochaeris radicata	4	31	35
Lamium purpureum		50	50
Lathyrus tuberosus		5	5
Leontodon hispidus	3	6	9
Lolium perenne	62	100	162
Medicago arabica	6	17	23
Mibora minima	3		3
Ornithogalum umbellatum	2	10	12
Picris echioides	12	29	41
Plantago lanceolata	7	3	10
Poa annua	4		4
Poa pratensis	24	30	54
Polygonum persicaria	1	4	5
Potentilla reptans		49	49
Ranunculus lanuginosus		3	3
Ranunculus repens	4	2	6
Rumex acetosa	1	14	15
Rumex acetosella	3		3
Senecio vulgaris	3	44	47
Sol nu	394	19	413
Sonchus arvensis	3		3
Stellaria media	54	157	211
Taraxacum erythrosperma	3		3
Taraxacum officinalis	5	2	7
Taraxacum praestans	1		1
Taraxacum ruderalia	13		13
Taraxacum spectabilia		9	9
Torillis nodosa		4	4
Trifolim campestre	3		3
Trifolium campestre	10	12	22
Trifolium pratense	19		19
Trifolium repens	89	42	131
Valerianella locusta	29	79	108
Veronica hederifolia	2		2
Veronica persica	26	90	116
Vicia sativa	10	40	50
Total général	866	934	1800

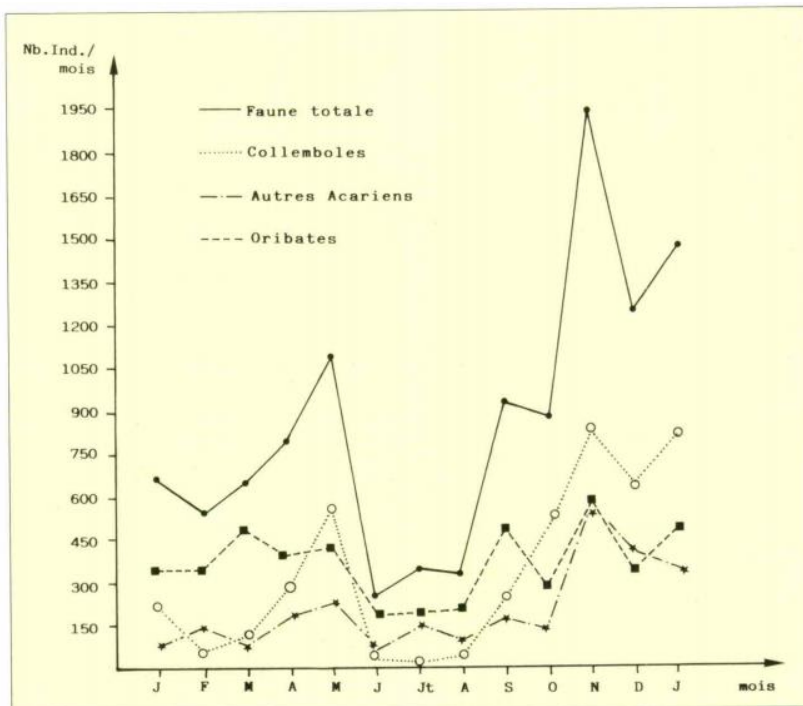


Figure 1. Variations des populations de microarthropodes dans une chênaie verte (*Quercus ilex*) de la Gardiole de Rians (Var-France).

Annexe 4 Evolution de l'abondance des Microarthropodes au cours de l'année

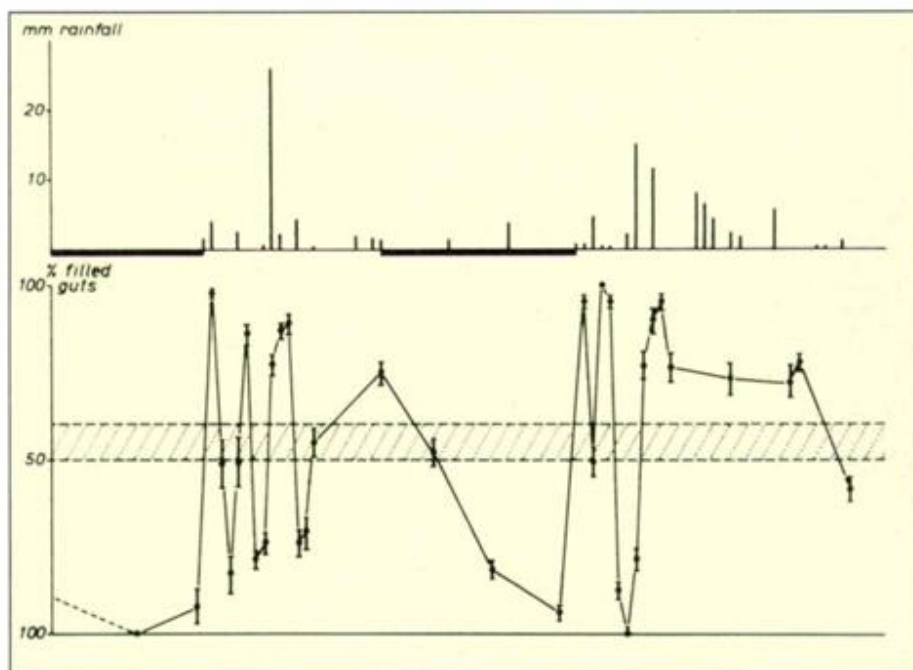


Figure 6. Synchronisation entre les périodes de pluies, la prise de nourriture et les périodes de sécheresse et de jeûne chez *Orchesella cincta* (d'après Joosse et Testerink, 1977).

Annexe 5 Abondance des Collemboles en fonction des périodes de pluies

Résumé

Le manque de vigueur localisée dans les parcelles viticoles est un problème récurrent dans les différents vignobles. Il est supposé que ce problème est dû en partie par des techniques culturales mal adaptées. Dans le cadre du projet ReSolVe, sur les sites du Château Maison dans le Libournais (33) et du Château Pech Redon dans le Languedoc (11), des modalités de gestion du sol sont testées dans ces zones non vigoureuses, dites dégradées. Les techniques mises en place sont l'ajout de compost et le semis de différents mélanges de graminées et de légumineuses, avec différents modes de destructions. La problématique de mon stage « Les effets de la gestion du sol sur la biodiversité en viticulture biologique » s'intègre dans ce projet. Des relevés botaniques ont servi à caractériser l'état du couvert végétal dans les zones dégradées et non dégradées. Les couverts végétaux se sont révélés plus diversifiés en zones non dégradées. L'impact de cette diversité du couvert végétal a été mesuré sur différentes caractéristiques du sol, comme l'humidité du sol, la compaction et la diversité de la pédofaune. Seul le lien entre l'humidité du sol et la diversité spécifique du couvert végétal a été démontré. Les mêmes mesures ont été effectuées sur les diverses modalités de gestion du sol testées. Sur le site de Maison Blanche (33) la diversité de la mésofaune s'est montrée significativement liée à la compaction du sol. Et sur le site de Pech Redon, la diversité de la mésofaune a tendance à augmenter lorsque l'humidité du sol augmente. L'évolution et l'action de la mésofaune détritivore sur la dégradation de la matière organique ont été mesurées pour caractériser la fertilité du sol. L'ensemble des mesures va être répété en 2017, l'année de fin du projet Resolve.

Mots-clés : Resolve, manque de vigueur, sol, couvert végétal, mésofaune, matière organique