2017-2018

Licence Professionnelle Agriculture Biologique

Plantes couvre-sol comme contribution au contrôle des adventices et à la promotion de la biodiversité

BEUCHER Thomas

Lycée Nature

Maître de stage : Rémy Chifflet

Tuteur pédagogique : David Landry

IUT Angers Cholet

université angers

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) Thomas Beucher
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **28 / 08 / 2018**

iut Angers Cholet

université angers

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement Rémy Chifflet, mon maître d'apprentissage, de m'avoir reconduit en apprentissage. Tu as su me faire confiance pour cette nouvelle aventure au Lycée Nature. Merci de m'avoir suivi durant ces deux années d'expérimentations qui m'ont enrichi professionnellement. Merci pour ton soutien sans faille dans l'écriture de mon rapport, et les statistiques ! Quelle épreuve ! Quelle maitrise de toi-même !
Ta gentillesse et ton soutien mon fait vivre une très belle expérience !
Je te souhaite de réussir dans ton nouveau domaine. Ça devrait le faire, je suis fan !
En te remerciant encore et encore ! C'est avec fierté d'avoir travaillé avec toi que je quitte bel et bien le Lycée Nature.

J'aimerais aussi remercier très amicalement le coloc' et collègue ! J'ai nommé ce diable de Tanguy ! Nous avons su séparer le professionnel de la vie personnelle (enfin je pense ...) bien que ce stage fût plaisant. Tisanes de mélisses, « p'tit Call of' », p'tite bière (bio), discussion sur la perma' … Enfin que de quoi décompresser de nos journées ensoleillées. Ce fut très agréable et enrichissant de travailler avec toi durant ces quelques mois !

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe de l'exploitation ! Laure, pour sa gentillesse et sa bonne humeur. Les sandwichs de la bougang' n'ont pas la même saveur sans toi … Je te souhaite de réussir dans ta production d'asperges ! Germain et Isis pour ces parties FIFA et courses après les moutons. Bonne chance aussi à toi pour l'avenir ! Cyrielle, merci pour tout ! Je n'oublie pas mes premiers pas au Lycée Nature et les observations directes avec toi ! Je te souhaite de t'épanouir professionnellement car tu le mérite. Philippe et Karl pour leur mise à disposition des cultures et leurs conseils techniques avisés. Laurent, pour son amour des cochons et du vélo. Et Patrice Briand, le directeur d'exploitation, pour sa gentillesse.

Je remercie le directeur du Lycée Nature, monsieur Daniel Greiner, de m'avoir accueilli dans son établissement.

Enfin, j'aimerais remercier l'ensemble des enseignants et professionnels de la Licence professionnel Agriculture Biologique pour cette formation de qualité qui ne demande qu'à se développer.

Sommaire

INTRODUCTION 1

AVANT-PROPOS : PRESENTATION DE LA STRUCTURE : L'EPLEFPA NATURE DE LA ROCHE-SUR-YON ... 2

1. Les formations 2
2. L'exploitation : un support pédagogique et expérimental 2
3. La plateforme d'innovation 2

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DU SUJET 3

1. Contexte agricole 3
1.1. Enjeux de diminution des herbicides 3
1.2. Gestion des adventices 4
1.2.1. Les adventices dans l'agriculture 4
1.2.2. Cas du maraîchage 5
1.3. Diminution de la qualité des sols par le travail mécanique 5
2. L'enherbement, une technique prometteuse 6
2.1. Notion de plante de service 6
2.2. Rôle d'une couverture végétale en culture 6
2.2.1. Lutte contre les adventices 6
2.2.2. Améliorations du sol 7
2.2.3. La biodiversité fonctionnelle au service de l'agriculture 8
2.3. Potentiels inconvénients des plantes couvre – sol en culture et solutions d'aménagements 9
3. Une solution potentielle à la maîtrise du salissement en maraîchage biologique : les plantes couvre-sol ? 10
3.1. Présentation du projet Placohb 10
3.2. Les plantes couvre-sol peuvent-elles limiter les adventices en cultures maraîchères et promouvoir d'autres services écosystémiques secondaires ? 11

MATERIELS & METHODES 12

1. Présentation des couvre-sol sélectionnés 12
1.1. *Ajuga reptans* – Bugle rampante 12
1.2. *Phuopsis stylosa* – Crucianelle pourpre 12
1.3. Mélange gazonnant : Fétuque rouge, Trèfle blanc et Pâturin annuel 13
1.4. Paillage 13
2. Essai en culture annuelle : le petit pois 13
2.1. La culture de petit pois 13
2.2. Le plan expérimental 14
3. Essai en culture pérenne : la rhubarbe 14
3.1. La culture de rhubarbes 14
3.2. Le plan expérimental 14
4. Les différents relevés et tests statistiques 15
4.1. Relevé des recouvrements du sol 15
4.2. Etude des rendements des cultures 15
4.3. Relevés de biodiversité 16

RESULTATS 16

1. Conditions météorologiques 16
2. Culture annuelle 16
2.1. Recouvrement du sol par les couvre-sol 16
2.2. Taux d'adventices 17
2.3. Impacts sur le rendement des petit-pois 17
2.4. Attraction de la biodiversité 18
3. Culture pérenne 18

3.1. Recouvrement du sol par les couvre-sol 18
3.2. Taux d'adventices 19
3.3. Impacts sur le rendement de la rhubarbe 19
3.4. Attraction de la biodiversité 20

INTERPRETATION DES RESULTATS ET DISCUSSION 21

1. Maitrise des adventices par les différents couvre-sol en maraîchage 21
1.1. Difficultés de levée d'*A. reptans* 21
1.2. Un recouvrement faible de *Phuopsis stylosa* pendant sa phase d'implantation 21
1.3. Limitation des adventices par le mélange Kabelis à confirmer 22
1.4. Faire attention à la qualité du paillage 22
2. Effets des couvre-sol sur l'attraction de la biodiversité 23

CONCLUSION 24

BILAN PERSONNEL 25

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES TABLEAUX

TABLE DES ANNEXES

ANNEXES

Introduction

La lutte contre les adventices est un enjeu réel en maraîchage biologique. Sans pouvoir recourir aux produits herbicides, les maraîchers doivent réfléchir autrement leur lutte. La limitation des adventices commence par une réflexion autour des rotations entre les cultures. Le changement de famille végétale permet de casser les cycles d'adventices. Ensuite intervient le travail mécanique. Il peut commencer par un labour de prévention permettant d'enfouir les graines d'adventices en profondeur. Ensuite, les adventices sont gérées mécaniquement par des binages, des herses ou encore manuellement lorsque l'infestation est trop importante. Cependant, le travail mécanique répété en maraîchage, impact la fertilité des sols en altérant la structure.

Un enherbement efficace par des plantes couvre-sol permettrait de limiter les adventices tout en respectant et en améliorant la fertilité du sol. De plus, elles contribueraient à favoriser l'attraction de la biodiversité dans les espaces agricoles.

C'est sur cette thématique que travaille le Casdar Placohb 2017-2021 (Plantes couvre-sol pour limiter les adventices). Placohb réunit un ensemble de partenaires autour de différentes productions végétales (arboriculture, viticulture, horticulture, Plantes médicinales et aromatiques, maraîchage). Ce projet vise à recenser et tester en production un des plantes couvre-sol pouvant limiter les adventices.

En 2018, le Lycée Nature teste trois plantes couvre-sol dans son activité maraîchère (*Phuopsis stylosa*, *Ajuga reptans* et un mélange de fétuque rouge demi-traçante, pâturin annuel et trèfle blanc nain). Ces plantes couvre-sol seront testées dans deux types de culture : annuelle (petit-pois) et pérenne (rhubarbes).

Dans ce rapport, nous introduirons des éléments de contexte qui visent à expérimenter de nouvelles pratiques quant à la limitation d'adventices. Puis nous présenterons les connaissances autour du sujet de l'enherbement. Enfin nous présenterons les résultats des essais que nous interpréterons et discuterons par la suite.

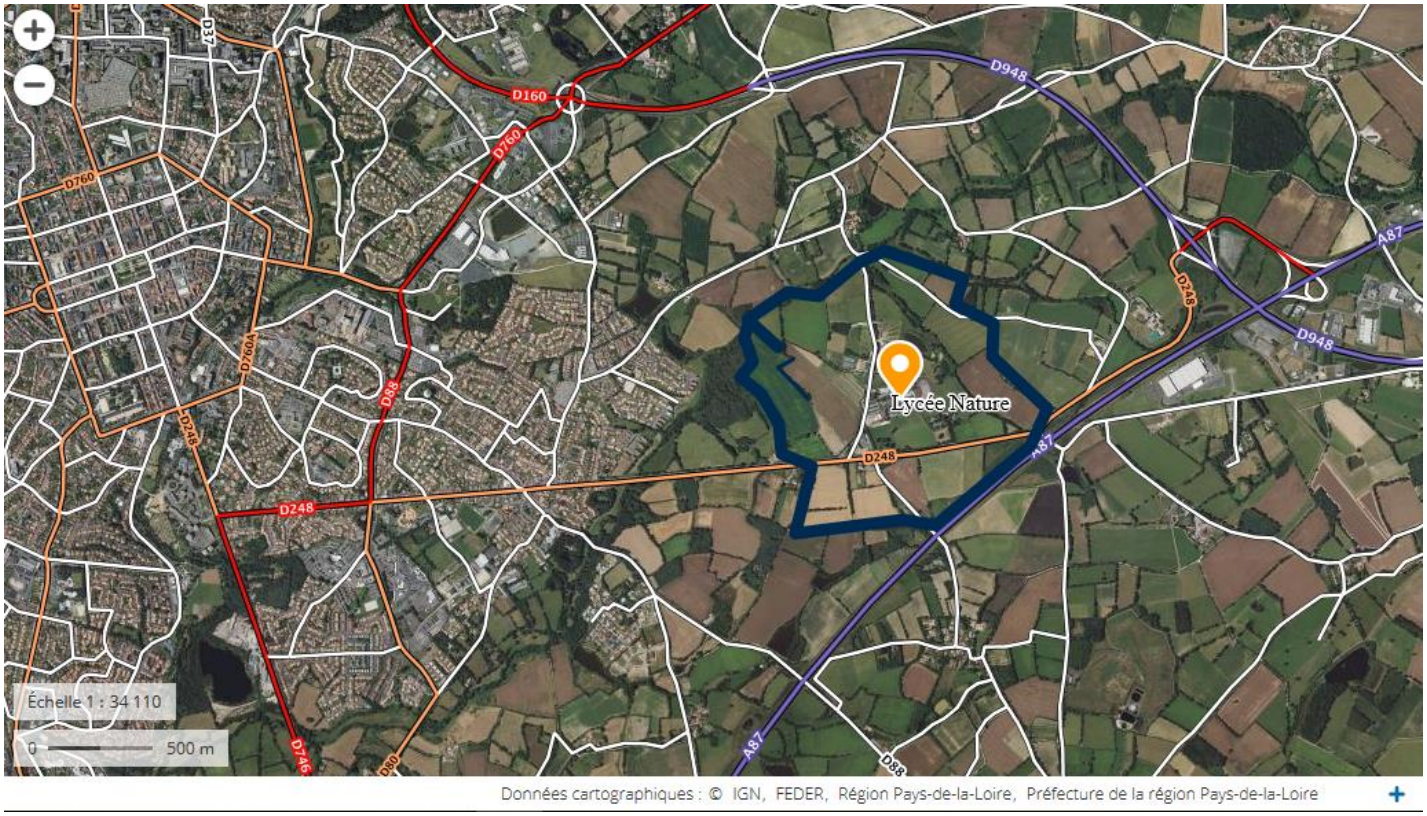


Figure 1 Le Lycée Nature, en territoire périurbain

(Source : Géoportail)

Avant-propos : Présentation de la structure : l'EPLEFPA Nature de la Roche-sur-Yon

L'EPLEFPA Nature, dit Lycée Nature dans la suite du rapport, profite d'un territoire rural avec un bocage dense en zone périurbaine de la Roche-sur-Yon en Vendée (85) (Figure 1). Créé en 1968, cet établissement public est rattaché au Ministère en charge de l'Agriculture.

1. Les formations

Le Lycée Nature est divisé en quatre centres : un Lycée d'Enseignement Général et Technique Agricole (LEGTA), un Centre de Formation et d'Apprentissage (CFA), un Centre de Formation Professionnelle Pour Adultes (CFPPA), ainsi que d'une exploitation agricole conduite en agriculture biologique. C'est l'ensemble de ces centres qui constituent l'EPLEFPA (Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricoles) qui répond aux cinq missions suivantes d'un établissement public agricole définies par le code rural : la formation, l'insertion professionnelle, la recherche et l'innovation, l'animation du territoire ainsi qu'une mission d'entraide à l'internationale.

2. L'exploitation : un support pédagogique et expérimental

L'exploitation du Lycée Nature, dirigée par Patrice Briand, le directeur d'exploitation, se caractérise par une diversification des productions sur une surface de 128 ha entièrement conduis en agriculture biologique depuis 2010. L'exploitation est constituée de 5 ateliers de production et 1 atelier de vente.

Un atelier maraîchage de 2 hectares en maraîchage diversifié permet d'alimenter la cantine de l'établissement, le magasin du Lycée ainsi que des magasins spécialisés bio aux alentours de la Roche-sur-Yon. De plus, le maraîchage est un support pour les formations adultes du CFPPA.

Un atelier ovin est présent avec un troupeau de 360 brebis de race « Vendéen » pour la production d'agneaux commercialisé en vente directe.

Le deuxième atelier animal est l'atelier d'engraissement de porcs charcutiers. Chaque années, l'exploitation abat 600 porcs destiné une partie à la vente directe au magasin et une autre partie dans des circuits longs par l'intermédiaire de la Cavac (une coopérative vendéenne).

Le dernier atelier animal est la volaille « cou nu de Challans ». La production s'élève à 12 000 volailles par an commercialisé à la fois en circuits courts par le magasin et en circuits longs par la Cavac.

Le dernier atelier est celui des grandes cultures. Il permet d'alimenter la fabrique d'aliment à la ferme destinée à produire l'aliment des différents élevages.

L'exploitation vise à développer et permettre aux apprenants du lycée de découvrir de nouvelles productions et de nouvelles techniques innovantes dans un souci de sensibilisation à la préservation de l'environnement.

3. La plateforme d'innovation

Le Lycée Nature bénéficie d'une Plateforme d'Innovation (PI) depuis 2010. Cette structure a été labélisée par la région des Pays de la Loire afin de développer l'innovation agricole dans la région. La plateforme du Lycée Nature s'intitule « Agroécologie & Biodiversité » et mène des expérimentations en lien avec des pratiques agroécologiques. Les

expérimentations proviennent régulièrement de projets soutenus par des fonds Casdar (Comte d'affectation spéciale « développement agricole et rural »). De plus la PI du Lycée Nature est impliquée dans le Réseau Mixte et Technologique « Agriculture & Biodiversité », lui permettant de faire partie intégrante de la recherche agricole.
Cette PI est dirigée par Rémy Chifflet et est en lien avec l'exploitation agricole du lycée. La PI fait le lien entre les apprenants des différents centres de formation et l'exploitation en les impliquant des expérimentations. C'est sur cette plateforme que j'effectue actuellement mon apprentissage (Annexe 1).

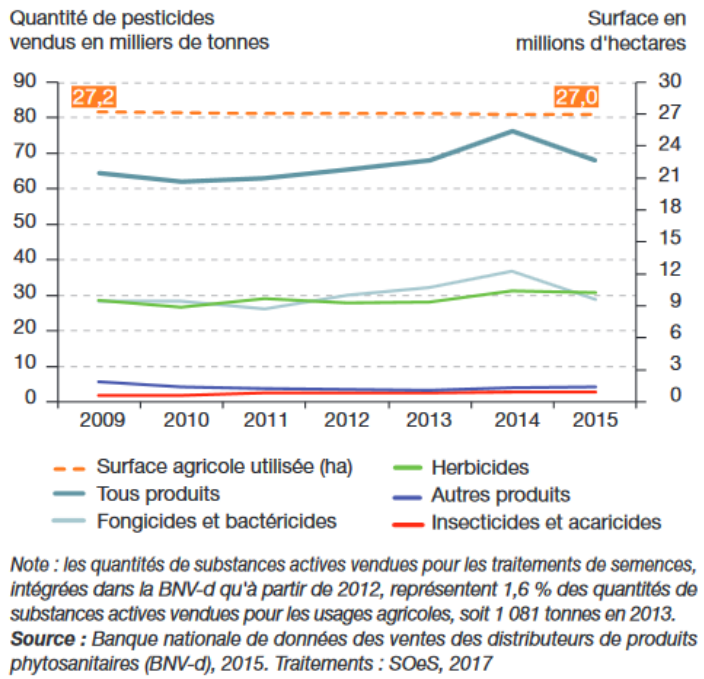
Etude bibliographique du sujet

1. Contexte agricole

Face à la forte croissance de la population mondiale qui devrait atteindre, selon les estimations, plus de 9 milliards d'humains sur Terre en 2050, il est important de prévoir la demande mondiale en culture. Afin de répondre, au mieux, aux besoins alimentaires de l'ensemble de la population, cette demande devrait doubler entre 2005 et 2050 (Tilman et al., 2011). Pour répondre à cette demande, l'agriculture intensive est encore le mode de production le plus répandu dans le monde. Par cette intensification agricole, (i) l'uniformisation du paysage, réduisant le nombre d'habitats écosystémiques et les corridors écologiques, (ii) et l'utilisation accrue des produits phytosanitaires sont à l'origine d'une baisse et d'un dérèglement de la diversité biologique. Ces impacts sur la biodiversité se traduisent par des disparitions de populations d'arthropode (Saunders et al., 1991), une diminution de la pollinisation (Naeem, 2002) ainsi que des phénomènes de résistances aux produits phytosanitaires (Leibee et Capinera, 1995; Oerke et Dehne, 2004).

1.1. Enjeux de diminution des herbicides

La création de la PAC, en 1962, marque le début d'un processus d'intensification de l'agriculture française afin d'atteindre une autosuffisance alimentaire dans les pays membres de la Communauté Economique Européenne (CEE). Le modèle agricole dominant s'est construit sur la base de systèmes agricoles « simplifiés » qui se caractérisent notamment par un usage élevé des pesticides (Zahm, 2011). Cette intensification des pratiques agricoles va avoir un fort impact sur l'environnement, bouleversant la biodiversité qui fût, dans les années 60, très peu prise en compte (Khush, 2001). Depuis les années 80, l'Europe prend conscience du coût environnemental croissant du modèle intensif (i.e. diminution de la biodiversité, épuisement des sols, pollution des eaux …) et intègre dans la PAC (Politique Agricole Commune), en 1992, des mesures agro-environnementales (MAE) visant à valoriser l'environnement dans l'agriculture en rémunérant davantage les agriculteurs en fonction de leurs actions pour la préservation de l'environnement (Lécole & Thoyer, 2017). De plus, un premier plan de restriction de l'utilisation des produits phytosanitaires, proposé par le Grenelle de l'Environnement en 2007, est initié par le Ministère de l'Agriculture en 2008. Ce plan, Ecophyto I, visait, notamment, à réduire de 50 % l'utilisation des pesticides en France à l'horizon 2018. L'objectif n'étant pas atteint, ce plan fût reconduit en 2015 avec l'ambition de réduire de 25 % à l'horizon 2020 puis 50 % pour 2025. C'est le plan Ecophyto II (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt & Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie, 2015). Preuve de cette prise en compte de la dangerosité des pesticides pour la santé et l'environnement, plusieurs molécules dangereuses pour la santé et l'environnement, ont été interdites comme les néonicotinoïdes par exemple, ou encore le DDT. Le glyphosate quant à



Note : les quantités de substances actives vendues pour les traitements de semences, intégrées dans la BNV-d qu'à partir de 2012, représentent 1,6 % des quantités de substances actives vendues pour les usages agricoles, soit 1 081 tonnes en 2013.
***Source :** Banque nationale de données des ventes des distributeurs de produits phytosanitaires (BNV-d), 2015. Traitements : SOeS, 2017*

Figure 2 Evolution de la quantité de pesticides vendu en France

(Source : statista.com)

Figure 3 Schéma explicatif de la nuisibilité des adventices

(Source : Acta)

lui, est remis en cause par le Ministère de l'Environnement actuel, avec un projet d'interdiction de ce produit d'ici trois ans. Malgré les mesures prises par l'Etat français, l'utilisation des produits phytosanitaires, ne diminue pas autant que l'objectif fixé, avec une tendance à l'augmentation des herbicides depuis 2013 (Figure 2).

Les herbicides sont les produits phytosanitaires les plus utilisés en France en agriculture conventionnelle. Cette utilisation de masse contribue à la forte diminution des adventices des cultures mais impact fortement un des piliers de la biodiversité des paysages agricoles (Colas et al., 2017). Eradiquer systématiquement les adventices, réduit les ressources nutritives des auxiliaires, qui par conséquent, ne vont plus être attirés dans les cultures où la diversité alimentaire n'est pas assez conséquente.
De plus, la suppression systématique des adventices en culture favorise la nudité du sol. Or, un sol nu, ou peu couvert, est sujet à une érosion accrue et un fort lessivage des pesticides et engrais notamment. Des résidus polluants sont alors retrouvés dans les eaux de surfaces et souterraines. Pour exemple, le glyphosate, herbicide le plus utilisé dans le monde, affecte directement les plantes mais il est aussi lessivé des sols vers les ruisseaux, rivières et eaux souterraines (Vereecken, 2005). Des prélèvements d'eaux ont été effectués en 2011 pour détecter l'AMPA (acide aminométhylphosphonique), un métabolite du glyphosate. L'AMPA était présent dans plus de 60 % des cours d'eau français testés et le glyphosate dans plus de 30 %. L'Agence de l'Eau de Seine-Normandie reconnait en 2010 la présence de glyphosate dans l'eau potable à des concentrations supérieures à la norme. Une étude sur le lessivage du glyphosate et de son métabolite l'AMPA montre qu'une couverture herbacée pourrait réduire la contamination des eaux souterraines par cet herbicide (Landry et al., 2005).

Afin de pallier une réduction des produits phytosanitaires conséquente, il est nécessaire de trouver des méthodes alternatives permettant d'être, à la fois, compétitifs et respectueux de l'environnement.

1.2. Gestion des adventices

1.2.1. Les adventices dans l'agriculture

La lutte contre les adventices est importante dans tout système de production agricole. Les adventices sont des plantes qui entrent en concurrence avec les cultures en place pour la lumière, les éléments minéraux et la ressource hydrique. Cette nuisibilité impact les cultures soit (i) par une nuisibilité directe comme la compétition ou l'allélopathie ; soit (ii) par leur nuisibilité secondaire qui peut impacter l'état sanitaire de la culture ou encore augmenter le temps de travail de l'agriculteur (Figure 3). Ces nuisibilités se traduisent par des chutes de rendement et parfois une altération de la qualité des productions amenant à des pertes économiques. Ces adventices peuvent aussi apporter des effets positifs liés à leur présence : augmentation de la biodiversité, plantes permettant de lutter contre le tassement (racines pivotantes), plantes indicatrices … La gestion et le contrôle des adventices doivent être intégrés aux itinéraires techniques. L'objectif n'est pas de tendre vers une éradication, mais de maîtriser leur développement pour limiter la concurrence sur les cultures et de limiter leur nuisibilité secondaire (Figure 3) (Glachant & Aubert, 2009).
Les facteurs qui influencent négativement les cultures sont (i) le temps d'émergence des adventices, (ii) leurs types, (iii) leurs densités. La levée de la culture est donc primordiale. Il est nécessaire de bien maîtriser le contrôle des adventices avant et pendant celle-ci. En effet, ce stade est crucial pour la productivité de la culture à la récolte, d'autant plus que certaines adventices peuvent rejeter des substances allélopathiques, inhibant la germination et la croissance de la culture (Sardana et al., 2017).

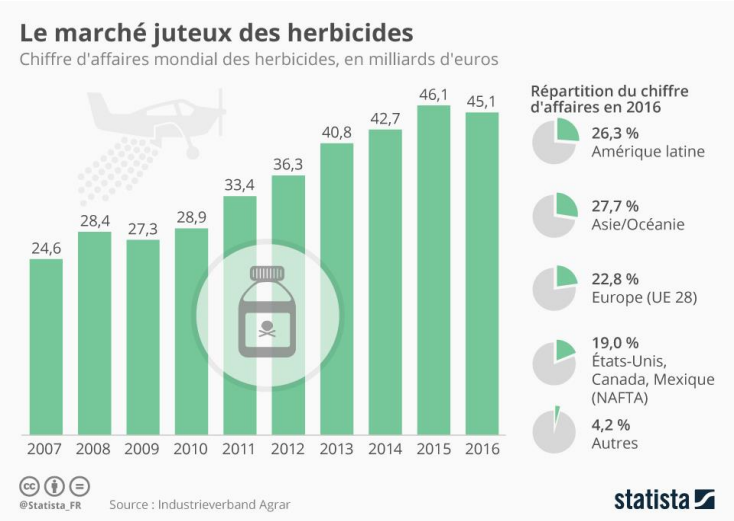


Figure 4 Chiffres d'affaires mondiaux des herbicides en milliards d'euros par années (Source : statista.com)

Une étude estime la perte potentielle de production, due aux adventices, à plus de 34 %. Cette perte est plus élevée que les dégâts causés par les ravageurs (18 %) et agents pathogènes (16 %). Ces pertes sont estimées à plus de 100 milliards de dollars chaque année dans le monde alors que les achats d'herbicides s'élèvent jusqu'à 25 milliards de dollars en 2006 et 45 milliards en 2016 (Figure 4) (Oerke, 2006).

1.2.2. Cas du maraîchage

La gestion des adventices en inter rangs de cultures, communément appelés « passes pieds », est une problématique très souvent rencontrée dans les exploitations maraîchères. En effet, ces zones non cultivées sont propices au développement d'adventices pouvant engendrer un effet salissant de la culture par leur multiplication. La maitrise du salissement de la culture passe donc, aussi et surtout, par la gestion rigoureuse de ces zones non cultivées.

1.3. Diminution de la qualité des sols par le travail mécanique

Dans une agriculture plus raisonnée, basée sur la limitation de produits phytosanitaires voir la non utilisation des herbicides de synthèse, le travail mécanique a des avantages de limitation des impacts environnementaux non négligeables. Ce travail mécanique a pour but de prévenir l'infestation des adventices par le labour notamment. Il peut également être utilisé dans une optique de destruction d'adventices en culture par différents matériels agricoles (herses, bineuses). Le travail mécanique des sols (labour et désherbage mécanique) n'est pas sans inconvénients.

En maraîchage diversifié, la succession rapide des cultures et la recherche d'un horizon de surface très fin ont tendances à engendrer une multiplication des interventions mécanisées. Ces interventions ont des conséquences souvent défavorables et non négligeables pour la structure. Des passages dans des conditions limites de ressuyage et de portance entrainent des problèmes de tassement et de lissages du sol (Védie et al., 2012).
Les sols travaillés à répétition, comme des labours profonds chaque année, vient réduire la porosité du sol. Ces sols sont moins stables, avec une tendance à la battance. La conductivité hydraulique est atténuée favorisant les phénomènes d'érosion des sols et le lessivage des pesticides et engrais chimiques et/ou organiques (Pagliai et al., 2004).

Le sol est un réservoir de biodiversité très important, rendant des services écosystémiques fondamentaux comme la minéralisation, la formation et le maintien de la structure, le transfert hydrique et la rétention de l'eau (Cluzeau et al., 2012). Comme pour la biodiversité de « surface », la nécessité de prendre en compte la biodiversité des sols apparaît de plus en plus évidente aux instances politiques. Cette prise en compte se remarque par des stratégies instaurées par la Commission Européenne (Stratégie sur la Biodiversité de la Commission Européenne : http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l28183.htm; Stratégie Thématique en faveur de la protection des sols : EC 2006a). De plus, le déclin de la biodiversité des sols a été identifié par la Commission Européenne comme faisant partie d'un des risques majeurs pour les sols. La diminution de la biodiversité des sols est donc prise en compte dans le projet de Directive-Cadre sur les Sols proposée par la Commission Européenne en 2006 mais n'est pas encore définitivement adoptée à ce jour.

Pour préserver au mieux la biodiversité dans les systèmes agricoles, il apparaît nécessaire que des pratiques durables soient favorisées à la fois dans les cultures mais aussi à travers les paysages par l'intermédiaire d'Infrastructures Agroécologiques, sources d'habitats et d'alimentation pour les auxiliaires de l'agriculture (Lichtenberg et al., 2017).

2. L'enherbement, une technique prometteuse

Les agriculteurs commencent à prendre en compte l'importance de la couverture des sols afin d'améliorer et de préserver au mieux leur outil de travail. Cette prise en compte se remarque notamment par l'implantation de couverts végétaux en interculture. Cette couverture végétale obligatoire dans certaines régions durant la période hivernale (Justes et al., 2012) est bien utilisée par les agriculteurs comme levier agronomique afin de préserver la structure et la stabilité de leurs sols ainsi que de lutter contre les adventices et parfois même les ravageurs. Par cette obligation d'utilisation, les agriculteurs se sont rendu compte de l'étendue des services (diminution des adventices, apport de matière organique, amélioration de la structure …) que pouvait rendre un couvert végétal au sol, aux cultures suivantes et donc à l'exploitation.

Certains agriculteurs vont encore plus loin en incluant dans leurs systèmes des couverts végétaux permanents avec des techniques de semis direct sans travail de sol au préalable. Ces techniques culturales simplifiées (TCS) se retrouvent principalement en grandes cultures. Cependant, ce système à des limites car actuellement, il est encore très consommateur en herbicides pour gérer la compétition du couvert avec la culture.

2.1. Notion de plante de service

Les plantes de services sont des espèces végétales accompagnant une ou plusieurs cultures en remplissant des fonctions d'améliorations des processus de développement (Valentin & Grignon, 2017). Ces améliorations peuvent porter sur la qualité des sols ou le contrôle des bio-agresseurs (adventices, ravageurs et maladies) (Ferre, 2016a).

Sur l'aspect auxiliaires régulateurs, les infrastructures agroécologiques (IAE) comme les haies en bordure de champs, n'ont d'effets que sur quelques dizaines de mètres autour d'elles. Les plantes de services vont permettre d'attirer les auxiliaires dans la culture en servant de relais ou encore repousser les ravageurs en dehors de la culture (Ferre, 2016a).

2.2. Rôle d'une couverture végétale en culture

2.2.1. Lutte contre les adventices

Le recours à une couverture végétale en culture pour limiter les adventices consiste à remplacer une flore adventice non contrôlable par un couvert maîtrisable (Justes et al., 2012).

Il existe plusieurs facteurs intervenant dans la limitation voire la suppression des adventices par une couverture végétale. Le facteur le plus répandu est une recherche de concurrence du couvert sur les ressources (eau, éléments nutritifs, lumière) (Altieri, 1999). D'autre part, certaines espèces implantées peuvent émettre d'éventuels effets allélopathiques (Tschuy et al., 2014). « L'allélopathie est (potentiellement) un phénomène d'interaction différent, de nature chimique, faisant intervenir l'émission par certaines plantes et/ou leurs résidus de molécules toxiques pour d'autres plantes. Ces substances peuvent avoir un impact sur la germination des adventices. »(Justes et al., 2012).

Le but recherché d'un couvert végétal est de concurrencer l'adventice sans compromettre la production de la culture.

L'analyse des effets des couverts végétaux sur les adventices est difficile. Elle réside dans le fait que les modes d'actions ne peuvent pas être systématiquement distingués les uns des autres. La capacité de compétition des

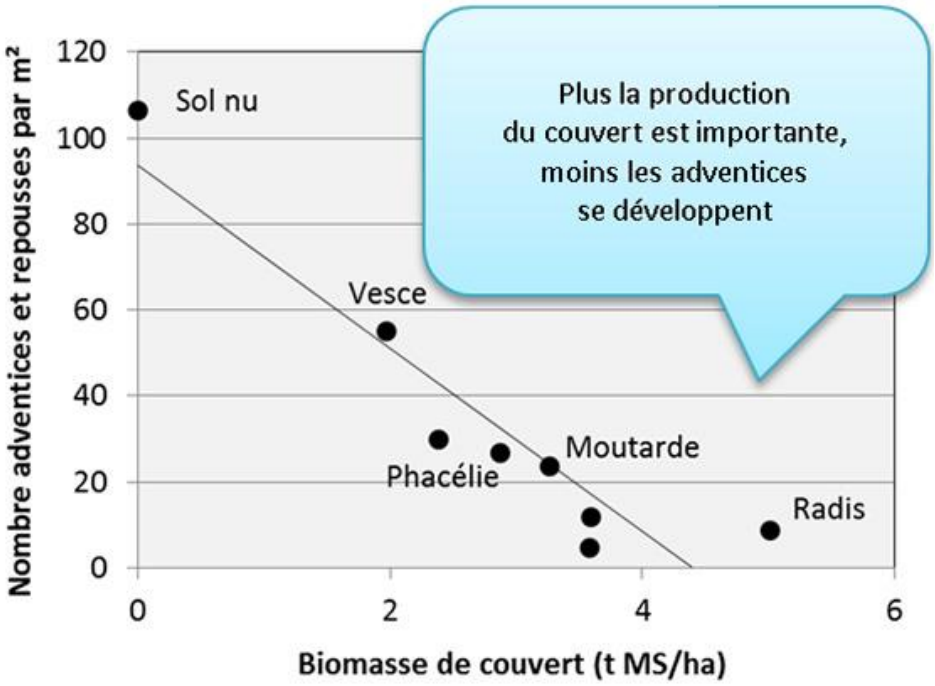


Figure 5 Impact de différents couverts d'interculture sur le salissement
(Essai ARVALIS - Institut du végétal, Boigneville 91, 2011)

couverts végétaux pour les ressources abiotiques est généralement manifestée par une croissance rapide et une production de biomasse élevée (Figure 5) (Brainard et al., 2004 ; Lu et al., 2000). Cependant, il est encore difficile de mesurer leur efficacité sur la modification du milieu ou par processus d'allélopathie.

Pour une lutte efficace des adventices, il est primordial de sélectionner des espèces ayant un développement rapide avec un bon recouvrement, une morphologie assez basse, en fonction de la culture, afin de ne pas trop impacter son développement spatial. L'allélopathie ne paraît pas envisageable du fait de la courte distance entre le couvre-sol et la culture.

Avant l'utilisation de plantes couvre-sol, il faut raisonner sa lutte contre les adventices de manière intégrée, en réhabilitant les méthodes préventives et l'agronomie dans les systèmes de culture (rotations, succession des cultures sur une parcelle, gestion du labour, faux-semis …).

2.2.2. Améliorations du sol

Une couverture végétale contribue à la protection des états de surface du sol contre l'érosion et permet une amélioration de l'état structural et des propriétés physiques des horizons du sol explorés par les racines (Gómez et al., 2018).

La couverture végétale améliore les propriétés physiques des sols par les effets mécaniques de protection de la surface du sol. La force des gouttes de pluies est atténuée par le couvert, limitant l'effet « splash » qui provoque des croûtes de battance sur sols limoneux notamment. Les systèmes racinaires des végétaux vont favoriser l'agrégation, favorable à une structure plus aérée, favorisant la porosité et donc facilitant l'infiltration de l'eau, le déplacement hydrique et le transport des éléments. L'amélioration physique des sols passe, aussi, par la matière organique qu'apporte le couvert. Cet apport passe soit par destruction ou par la sénescence naturelle des végétaux en place (Justes et al., 2012). Cette matière organique permet au sol de former des complexes argilo-humique favorisant l'agrégation et la formation de mottes, permettant d'augmenter la capacité d'échanges cationiques (CEC) et sa saturation, réduisant ainsi le risque de lessivage et améliorant la structure (Mahboubi et al., 1993; Lu et al., 2000; Vandenberghe and Colinet, 2017). Cependant, les effets positifs pour réduire l'érosion par la matière organique, dépend des quantités de biomasses aériennes.

Un couvert de légumineuses est capable de fixer l'azote de l'air pour la restituer au sol. Par cet effet, il peut contribuer à fournir une partie de l'azote nécessaire à la culture (Anglade et al., 2015). Pour exemple, un trèfle blanc pour un rendement de 10 tonnes de matière sèche à l'hectare, va apporter un apport d'azote proche de 100 kg/ha/an selon Comifer.

De plus, certaines espèces sont capables de piéger en conséquence l'azote nitrique présente dans le sol par leurs systèmes racinaires. Ces espèces permettent dans la majorité des cas de limiter la perte par lixiviation de l'azote, qui ne peut être retenu par le sol par sa composition chimique négative (No_3^-, No_2^-). Dans une étude sur le piégeage de nitrate par les cultures intermédiaires, l'absorption racinaire d'azote nitrique peut atteindre potentiellement 100 à 150 kg N/ha avec des graminées et plus de 200 kg N/ha pour les crucifères. L'absorption de l'azote par ces plantes « pièges à nitrates » dépend de la date, des conditions d'implantations, de la durée de croissance, de l'espèce végétale ainsi que de la quantité d'azote minéral disponible dans le sol. Cette étude montre l'efficacité des cultures intermédiaires pour la réduction de la concentration en nitrate dans l'eau de drainage (Justes et al., 2012).

Facteurs / Effets	Non légumineuse Graminées	Non légumineuse Crucifères	Légumineuse	Mélanges Légum. & non-légum
Exigences	Semis assez précoce Non ou peu gélives	Semis précoce Gélive selon l'espèce et la température	Semis très précoce Gélives	Adapter le mélange
Abattement de lixiviation (taux / témoin)	30 à 80%	30 à 90%	0 à 40%	20 à 60% (à confirmer*)
Effet azote à court terme (N libéré en % N absorbé)	-20 à +10%	-10 à +30%	+10 à +50%	+10 à +40% (à confirmer)
Atouts	Efficacité à haut niveau d'intrant en azote ou sous climat océanique	Large efficacité et Efficacité à haut niveau d'intrant en azote ou sous climat continental	Efficacité à bas niveau d'intrant en azote	Efficacité intermédiaire et plasticité / à la disponibilité en N Moindre compétition en semis sous couvert
Systèmes déconseillés ou à proscrire	Sol argileux (/ destruction tardive).	Sol argileux si non gélive (/ destruction tardive).	Systèmes intensifs en azote & apports d'effluents	Systèmes intensifs en azote

* à confirmer par une étude bibliographique ciblée et des simulations incluant une association d'espèces.

Figure 6 Effets, atouts et limites des différents types de cultures intermédiaires. (Justes *et al,* 2012)

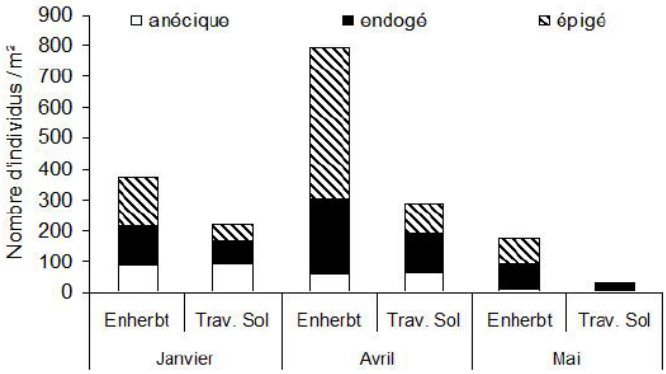


Figure 7 Densité de vers de terre en fonction du mode de gestion du sol (enherbement ou travail mécanique) (Casdar Sol AB, 2010)

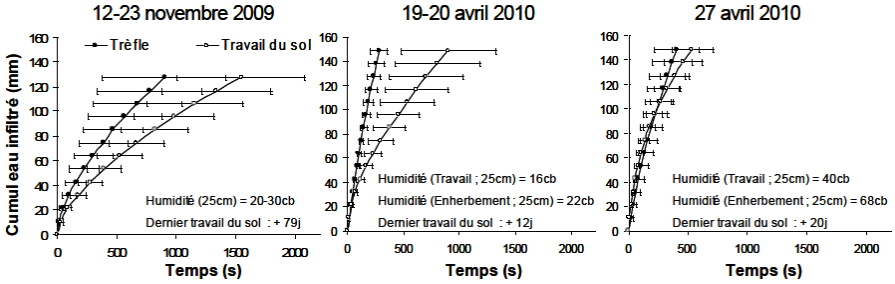


Figure 8 Cumul du volume d'eau infiltré en fonction du temps du mode de gestion du sol (Casdar Sol AB, 2010)

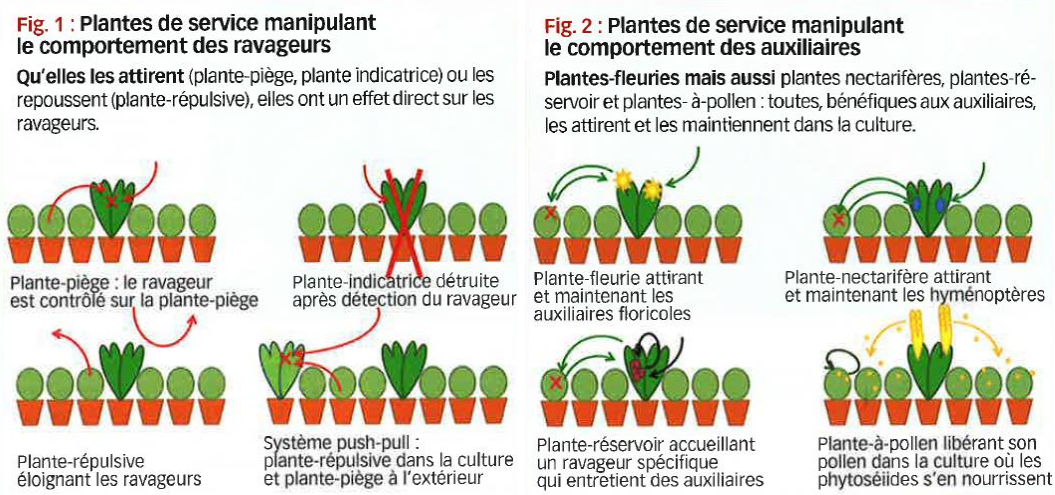


Figure 9 Effets des plantes de service dans la régulation des ravageurs (A.Ferre, *Phytoma*, 2016)

Le choix des espèces couvre-sol dans un but d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques passe par la connaissance d'autres systèmes similaires tel que les cultures intermédiaires et leurs propriétés (Figure 6). Pour lessols à faible CEC, comme les sols sableux, un couvert peu pallier la lixiviation des éléments nutritifs en profondeur. Des quantités importantes de nutriments peuvent être séquestrées et recyclés par le couvert végétal (Lu et al., 2000; Pousset, 2011). Ensuite, ces éléments sont restitués au stade propice de la culture, par destruction du couvert.

Dans le cadre du programme Casdar Sol AB, porté par l'ITAB, une étude sur l'effet de l'enherbement sur la fertilité du sol sur rang de pêcher a été réalisée entre 2009 et 2011. Le témoin est constitué d'une modalité où le rang est travaillé mécaniquement. La modalité testée est un enherbement du rang par du trèfle blanc nain implanté, au préalable, en 2004. Il ressort de cet essai différents éléments à l'issus des trois années du Casdar Sol AB : (i) l'enherbement par le trèfle a permis, sur la parcelle, de diviser par deux les quantités d'azotes apportées sans observer de diminution de rendement et d'altération de la qualité commerciale des fruits ; (ii) la densité de vers de terre est très variable dans le temps et en fonction des modalités mais que l'enherbement tend à favoriser la population de lombrics (Figure 7) ; (iii) la vitesse d'infiltration de l'eau est significativement plus élevée dans la modalité enherbée (Figure 8) ; (iv) et la disponibilité en eau du sol suggère un pouvoir tampon du couvert permettant aux arbres de bénéficier de l'eau plus en continu, bénéfique à leur assimilation.

2.2.3. La biodiversité fonctionnelle au service de l'agriculture

La biodiversité tend à avoir un impact positif sur les productions. Un agroécosystème avec une biodiversité conséquente, est susceptible de fournir des services écosystémiques importants, plus spécifiquement ceux de protection des cultures. Favoriser la biodiversité aux abords et dans les cultures, permettrait d'augmenter la régulation des ravageurs par des individus appelés auxiliaires (Haaland et al., 2011; Tschumi et al., 2015).
Des études en laboratoires ont montré que (i) l'efficacité des auxiliaires sur la régulation des ravageurs était supérieure à l'utilisation d'insecticides (Tschumi et al., 2015), (ii) la conséquence de la disparition ou l'exclusion des auxiliaires, serait une augmentation de + 55 à 600 % du nombre de ravageurs (Le Roux et al., 2008), et (iii) que le service écosystémique rendu était estimé à 100 millions de dollars par an dans le monde (Losey and Vaughan, 2006; Pimentel et al., 1997). La préservation et l'accueil de ces auxiliaires régulateurs dans les cultures, permettrait une diminution considérable de l'utilisation des produits phytosanitaires.
Le retour de la biodiversité dans les milieux agricoles, passe par une restructuration du paysage et notamment par la construction et la préservation des Infrastructures Agroécologiques (IAE : i. e. haie, arbres isolés, bandes enherbées ou fleuries …) (Plantegenest et al., 2007).

Une couverture végétale pourrait offrir un service de régulation des ravageurs propice à la production. Ces plantes de services permettent de créer des liens entre infrastructures agroécologiques et favoriser le maillage propice à la circulation et/ou l'habitat d'une biodiversité entomologique (Gómez et al., 2018).
Certaines espèces sont connues pour leur attractivité en termes d'auxiliaires régulateurs par les ressources nutritives qu'elles peuvent leur apporter. Les apiacées ressortent comme étant plus intéressantes pour l'attractivité des guêpes parasitoïdes que d'autres fleurs plus profondes (Duflot, 2013). Lessando *et al.* (2013) montrent l'effet significatif de l'Alysse maritime (*Lobularia maritima*), par rapport à d'autres espèces, sur la présence de syrphes et la régression des pucerons lanigères dans les vergers de pommiers (Gontijo et al., 2013). Ces plantes relais développent des stratégies différentes pour l'attraction d'insectes auxiliaires (Figure 9,2) : (i) par l'abri qu'elles fournissent à certaines périodes,

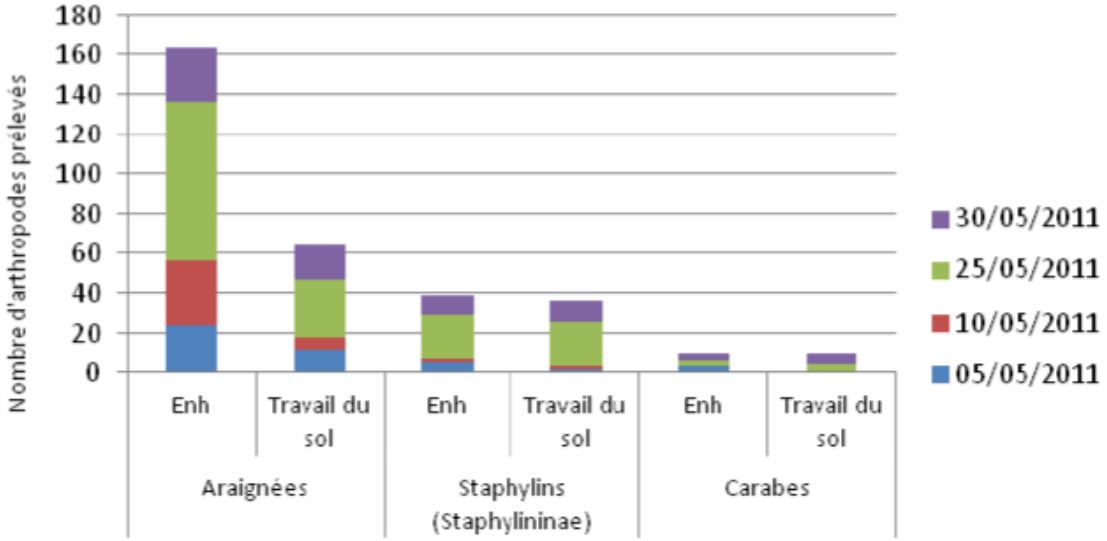


Figure 10 Nombre d'arthropodes, classés par date de prélèvement, dans les deux modalités d'entretien du sol

Source : Casdar SolAB

(ii) par les pollens et nectars floraux et extra-floraux qu'elles proposent (Denis, 2009; Villenave and Rat-Morris, 2007), (iii) par les proies alternatives qu'elles hébergent (plantes compagnes) (Parker et al., 2013). Certaines espèces, comme le bleuet, présentent la spécificité d'héberger un ravageur spécifique à cette plante qui n'ira pas impacter la culture. Les auxiliaires prédateurs et parasitoïdes sont alors attirés par ce ravageur. Les auxiliaires trouvant refuge sur cette plante, se développent donc à proximité de la culture et pourraient prévenir une éventuelle infestation dans la culture par un autre ravageur de la même espèce.

La présence de certaines plantes de services peut aussi jouer un rôle attractif sur des ravageurs (Figure 9.1). Les plantes pièges ont la spécificité d'être très attractives pour les ravageurs et permettent de prévenir une infestation. Le ravageur commence un cycle de développement à l'intérieur de son hôte : la plante piège. Ainsi, une fois l'infestation avancée, la plante est détruite afin de casser le cycle du ravageur. D'autres espèces végétales, comme le basilique ou encore l'œillet d'Inde, par leurs présences, vont limiter la présence de ravageurs en constituant une barrière physique, voir répulsive en masquant des composés volatiles (Hemptine, 2013).

La présence d'un couvert végétal permanent offre un habitat et des ressources nutritives aux auxiliaires tout au long de l'année. Le compte rendu d'avancement du programme Casdar SolAB montre une forte disparité entre la présence d'araignées dans des modalités enherbement et la modalité travail de sol. Ils recueillent 2,5 fois plus d'araignées dans la modalité enherbement que dans la modalité travail du sol (Figure 10)(Casdar SolAB, 2012).
Les araignées occupent quasiment tous les milieux terrestres. En milieux agricoles, elles sont localisées en bordure de champs principalement, et chassent dans la culture. Leur qualité bio-régulatrice provient de leur prédation opportuniste, c'est-à-dire qu'elles consomment diverses proies vivantes dont une grande variété de ravageurs de cultures. Dans l'ensemble de leur prédation, les araignées capturent 40 à 70 % d'insectes ravageurs des cultures (pucerons, collemboles, cicadelles, noctuelles, piérides …). Elles peuvent attraper jusqu'à 1 000 pucerons ailés par toile. Leur efficacité s'explique par leur capacité à tuer plus de proies qu'elles n'en consomment mais aussi par le fait que certaines espèces d'arachnides sont actives même à basses températures. Des araignées peuvent, alors, consommer des ravageurs dès leur émergence ou leur arrivée dans les cultures. Des araignées sont capables de prédater au tout début du printemps les fondatrices de colonies de pucerons cendrés. Ces araignées interviennent donc à un moment clé du cycle du ravageur limitant sa phase d'installation (Projet SEBIOREF, 2017). Il est donc important de fournir à ces arthropodes un milieu propice à leur développement et continue dans le temps, pour privilégier et favoriser la biorégulation le plus tôt possible dans la saison (sortie hiver, début de printemps) afin de ne pas laisser les ravageurs s'installer en masse dans les cultures.

2.3. Potentiels inconvénients des plantes couvre – sol en culture et solutions d'aménagements

Si la plante couvre-sol tend à avoir un impact direct ou indirect défavorable à la survie, la croissance ou la vitalité des cultures destinées à la commercialisation, Frochot *et al*, parlent alors d'effets inhibiteurs. Les graminées pérennes héliophiles sociales, telles que les houlques, les agrostis voire les fétuques, présentent des capacités à conquérir rapidement des milieux ouverts. Ces graminées sont très compétitrices pour l'eau et l'azote qu'elles prélèvent à leur profit. Certaines graminées comme la Molinie (*Molinia* caerulea) ou la grande Féture (*Festuca sylvatica*) et certains Carex (*Carex brizoïdes*) peuvent également émettre des composés allélopathiques pouvant impacter la croissance de la culture, voir l'inhiber. Les dicotylédones pérennes couvrantes sont également connues pour être compétitrices sur

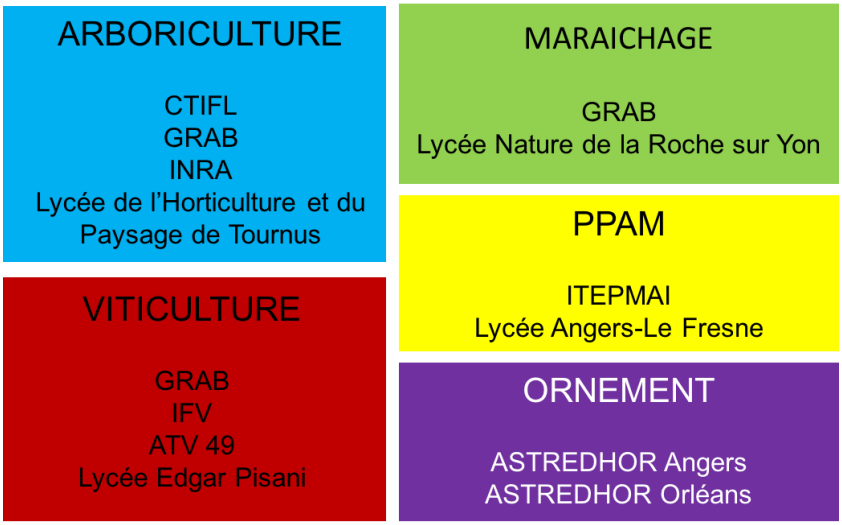


Figure 11 Répartition des essais en production en fonction des partenaires

les ressources souterraines et notamment pour l'eau, pouvant impacter la croissance de la culture en place. Les légumineuses prairiales, comme les trèfles, peuvent favoriser des petits rongeurs qui mangent leurs racines mais également les racines de la culture. (FROCHOT et al., 2002). Pour réduire ces effets inhibiteurs sur la culture, il est nécessaire de réfléchir à l'aménagement prévu pour les plantes couvre sol afin d'éviter au maximum des effets dépressifs sur le rendement. Si le couvre sol est connu pour exercer une forte concurrence spatiale et sur la solution du sol, il faut veiller à éloigner le couvre sol de la culture. Si la plante est connue pour émettre des composés allélopathiques, la proximité avec la culture maraîchère est à bannir.
En revanche, la connaissance des besoins azotés et hydriques de la culture et du couvre sol permettrait d'installer le couvre -sol en décalés en fonction des besoins de la culture.

Afin de limiter un potentiel effet inhibiteur, les plantes couvre-sol doivent répondre à plusieurs critères importants. Ces plantes se choisissent en fonction du contexte pédoclimatique du lieu d'implantation. Elles doivent avoir de faibles besoins hydriques, une croissance rapide, un pouvoir compétitif supérieur à celui des adventices sans pour autant compromettre le développement de la culture en place. Il est intéressant que la plante couvre – sol supporte le piétinement du fait d'une fréquence de passages qui peut être plus ou moins importante en fonction de l'entretien de la culture (taille, récolte, …). De plus, le couvre-sol ne doit pas favoriser la présence des ravageurs de la culture et des maladies. L'étude de ces espèces afin de choisir au mieux son couvre sol est donc primordiale.

L'entretien du couvre-sol est aussi un point à ne pas négliger. En effet, le couvre-sol a un rôle principal de limitation des adventices sans contrainte de main d'œuvre. De ce fait, le couvre-sol ne doit pas nécessiter d'entretien régulier et doit être « autonome ».

3. Une solution potentielle à la maîtrise du salissement en maraîchage biologique : les plantes couvre-sol ?

3.1. Présentation du projet Placohb

Le projet Placohb (Plantes couvre-sol pour limiter les adventices) intervient dans un contexte de diminution de l'utilisation des produits herbicides. Il s'inscrit donc dans le cadre du plan Ecophyto II. C'est un projet national, porté par l'institut technique Astredhor et dirigé par Alain Ferre responsable d'expérimentations de l'Arexhor Pays de la Loire, une filiale d'Astredhor. Afin de réaliser des essais dans plusieurs domaines de production (Figure 11), le projet regroupe un ensemble de partenaires techniques tels que : Astredhor (75, 49, 45), Ctifl (30), Grab (26,84), IFV (81), ITAB (26), Iteipmai (49, 26), ATV, BHR (49), Inra (26), lycées agricoles (49, 71, 85). Ce projet est financé en partie par le ministère de l'agriculture et ses fonds CASDAR (Compte d'affectation spécial développement agricole et rural) mais aussi par des fonds de l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité).

Le projet Placohb vise à étudier l'effet des plantes couvre-sol sur la limitation des adventices ainsi que les potentiels services écosystémiques secondaires, comme la potentielle attraction de régulateurs naturels. L'organisation se fait en actions dans lesquelles les partenaires, en fonction de leurs domaines de compétences, se positionnent. La première action (Action 1) a pour but de caractériser et sélectionner des espèces adaptées à chaque situation d'utilisation. L'action 2 met au point des techniques de multiplications, d'implantations et de conduites. L'action 3 test en situation réelle les espèces sélectionnées en action 1 selon les itinéraires techniques élaborés en action 2. Une étude sur le

La recherche bibliographique	Les services attendus	Les impacts à éviter
Quelles espèces de plantes couvre-sol existent ? Quelles espèces de plantes couvre-sol sont adaptées au milieu d'implantation ? Est-ce que le couvre sol est adapté à la culture ? Sur quelle(s) culture(s) essayer les couvre-sol ?	Le couvre-sol peut-il apporter un « plus » à la culture ? (Azote, phosphore, potassium, calcium …) Le couvre-sol attire-t-il des auxiliaires ? La culture bénéficie t'elle des auxiliaires attirés par le couvre-sol ? Le couvre-sol permet-il de concurrencer réellement les adventices ? Le couvre-sol peut-il résister au piétinement ? Le couvre-sol permet -il de limiter l'érosion ? Le couvre-sol favorise t'il les microorganismes du sol ?	Le couvre-sol impact-il le rendement de la culture ? Le couvre-sol nécessite-t-il un entretien particulier ?

Tableau 1 Sous question de la problématique

comportement au champ du couvre sol est réalisée, ainsi que les potentiels effets sur la culture. Des suivis entomologiques sont effectués pour étudier le potentiel apport de régulation naturel des plantes couvre-sol. La dernière action, l'action 4, est établie dans le but de coordonner le projet mais aussi valoriser et transférer les résultats aux publics visés. Le transfert pédagogique est un point important de cette action. Il vise à impliquer des apprenants des lycées agricoles dans la démarche expérimentale afin de les sensibiliser. Ces 4 actions se répartissent sur 3 années de projet à partir de l'année 2017. Le Lycée Nature est positionné sur les actions 3 et 4 sur son atelier maraîchage.

C'est dans ce cadre que se déroule la principale mission de mon apprentissage, à savoir la mise en place et le suivi des essais de couvre-sol sur le maraîchage du Lycée Nature, ainsi qu'une valorisation pédagogique auprès des apprenants pour l'année 2018.

3.2. Les plantes couvre-sol peuvent-elles limiter les adventices en cultures maraîchères et promouvoir d'autres services écosystémiques secondaires ?

Le principal but de l'implantation de plantes couvre-sol est la limitation des adventices par la concurrence exercée du couvre sol. Il est intéressant d'étudier les autres services écosystémiques que pourraient permettre les plantes couvre-sol. Le couvre-sol végétal pourrait améliorer la qualité du sol en améliorant notamment la structure part le tissu racinaire qu'il produit, mais aussi par le service de protection physique, limitant l'érosion et le lessivage des éléments de surface. De plus, la micro et macro faune du sol peut être favorisée participant à l'amélioration de la fertilité biologique du sol.
En offrant des ressources nutritives aux insectes par le nectar, le pollen, voir des ravageurs spécifiques, les plantes couvre-sol pourraient favoriser la régulation naturelle des ravageurs par l'attraction d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes.

Afin de répondre à une certaine viabilité de l'utilisation de plantes couvre-sol, des sous questions se posent pour garantir l'efficacité du système pendant et après l'étude (Tableau 1).

Figure 12 Bugle rampante - *Ajuga reptans*

Figure 13 Crucianelle pourpre - *Phuopsis stylosa*

Matériels & Méthodes

Les couvre-sol sont étudiés sur deux types de culture. Un premier essai s'effectue sur une planche de rhubarbes, une culture pérenne. Un deuxième essai est implanté sur une planche de cultures annuelles (petit-pois à l'implantation, puis courges à partir de juillet).

1. Présentation des couvre-sol sélectionnés

Un retard de convention a entraîné un démarrage tardif de l'action 1 et 2. Celles-ci consistaient à la recherche de couvre-sol en fonction de leurs utilisations dans différentes productions et définir un itinéraire technique pour leurs conduites en situation de production.

Pour l'action 3, il a alors fallu effectuer un travail bibliographique de recherche d'espèces pouvant potentiellement être intéressantes pour une implantation en maraîchage. Les espèces choisies pour une utilisation en maraîchage n'ont pas pu être testées au préalable comme il était convenu. Les espèces de couvre-sol ont été sélectionnées dans la bibliographie par des critères élaborés en fonction de leur utilisation.

Il ressort du travail bibliographique deux espèces de plantes dites « couvre-sol » par leurs morphologies basses et tapissantes et un mélange gazonnant constitué de graminées et d'une légumineuse.

1.1. *Ajuga reptans* – Bugle rampante

La Bugle rampante (*Ajuga reptans*) (Figure 12), de la famille des Lamiacées est une plante vivace herbacée des régions tempérées d'Europe. Par sa morphologie tapissante et couvre-sol (hauteur de 15 cm jusqu'à la hampe florale), elle est capable de recouvrir rapidement un milieu. De plus, la Bugle rampante est une plante stolonifère qui permet une multiplication et un recouvrement rapide comme recherché pour la limitation des adventices. Son feuillage persistant permet un recouvrement continu tout au long de l'année. Elle se développe généralement sur tous types de sols mais préfère les sols frais et humides (Pépinière Lepage).

Par sa floraison bleu d'avril à juillet, une potentielle attraction entomologique est envisagée. L'essai permettra d'identifier et quantifier le potentiel attractif de cette espèce pour les insectes auxiliaires.

1.2. *Phuopsis stylosa* – Crucianelle pourpre

Phuopsis stylosa (Figure 13) est une plante vivace à port tapissant favorable à la limitation d'adventices. De la famille des Rubiacées, cette espèce est favorisée sur des sols secs et frais. Sa floraison de mai à septembre pourrait attirer des insectes. De plus, la crucianelle est une plante odorante, potentiellement répulsive contre certains ravageurs. Elle garde son feuillage tout au long de l'année (Pépinière Lepage).

De plus, *Phuopsis stylosa* pourrait potentiellement émettre des composés allélopathiques permettant une lutte accrue des adventices. Cette allélopathie pourra être vérifiée dans cette expérimentation et voir si elle a un réel impact sur le développement des cultures.

1.3. Mélange gazonnant : Fétuque rouge, Trèfle blanc et Pâturin annuel

Le mélange graminées – légumineuse est un mélange préparé par Kabelis, un partenaire du Casdar. Il est composé de 30 % de fétuque rouge demi-traçante (*Festuca rubra L.*), 65 % de pâturin des près (*Poa pratensis*) et 5 % de trèfle blanc nain. La fétuque rouge est tolérante à l'ombre. Sa pousse, relativement faible permet un recouvrement bas et dense. C'est une graminée qui possède une très bonne pérennité dans le temps. En revanche, sa vitesse d'installation est relativement faible et sont redémarrage est plus difficile après une sécheresse (http://choixdugazon.org/fiche-espece/fetuque-rouge-demi-tracante). Le pâturin des près permet de fournir une densité plus importante au couvert et donc un bon recouvrement. Il possède une bonne pérennité, une bonne résistance à la chaleur en présence d'eau et tolère le piétinement. En revanche, sa vitesse d'installation est également lente et il est sensible à la sécheresse. (http://choixdugazon.org/fiche-espece/paturin-des-pres). Ces deux graminées sont présentes dans le mélange afin d'assurer une bonne pérennité du couvert. Malgré une implantation difficile ils devraient être efficaces dans le recouvrement des planches de culture. Le trèfle blanc contribue à la biodiversité du gazon. Grâce à sa fleur mellifère nutritive pour les auxiliaires régulateurs, le trèfle blanc permet de diminuer l'invasion d'insectes ravageurs et est efficace contre les vers blancs par son attraction de nématodes parasitoïdes. Sa germination est rapide et ne nécessite peu d'eau. Il densifie la couverture du sol en tapissant le sol permettant de diminuer l'apparition d'adventices. De plus, il permet de redistribuer l'azote de l'air dans le sol favorisant la culture ainsi que le couvre-sol. En revanche, sa pérennité est limitée à trois années (https://gazon.ooreka.fr/astuce/voir/120441/le-trefle-nain-dans-votre-gazon-bon-ou-mauvais-point).

1.4. Paillage

Le paillage est une technique très répandue dans la lutte contre les adventices en maraîchage. Il permet de lutter contre les adventices en les privant de lumière à leur germination. De plus, il limite l'évaporation du sol permettant de garder de la fraicheur et de l'humidité aux pieds des cultures par temps secs. Cependant, le paillage peut parfois provoquer des faims d'azote pour la culture du fait de son rapport C/N élevé. C'est pourquoi il est plus rependu sur les cultures pérennes comme les artichauts ou les rhubarbes qui sont moyennement exigeante en azote et préfère les sols humifères. Ces cultures sont aussi des productions « autonomes » : elles ne demandent pas d'entretient mis à part une gestion des adventices. La paille permet de freiner le développement des adventices dans ces cultures permettant aux agriculteurs d'y consacrer moins de temps.
Cette modalité n'est testée que sur la culture de rhubarbes.

2. Essai en culture annuelle : le petit pois

2.1. La culture de petit pois

Le petit-pois (*Pisum sativum*) de la famille des fabacées est une plante annuelle. Son cycle de développement est relativement court (4 mois). Dans un climat océanique, il peut être semé de février à mai pour une récolte allant de mars à juillet (https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/110/petit-pois).
Les ravageurs importants du petit pois sont la petite limace grise (*Deroceras reticulatum*), la limace des jardins (*Arion hortensis*) et le pigeon ramier (*Columba palumbus*) qui attaquent les semis et les jeunes plantules de petit pois. D'importants dégâts peuvent également être causés par le puceron vert du pois (*Acyrthosiphon pisum*) et la tordeuse du pois (*Cydia nigriana*). Les feuilles peuvent être attaquées par la noctuelle gamma (*Autographa gamma*) ainsi que la

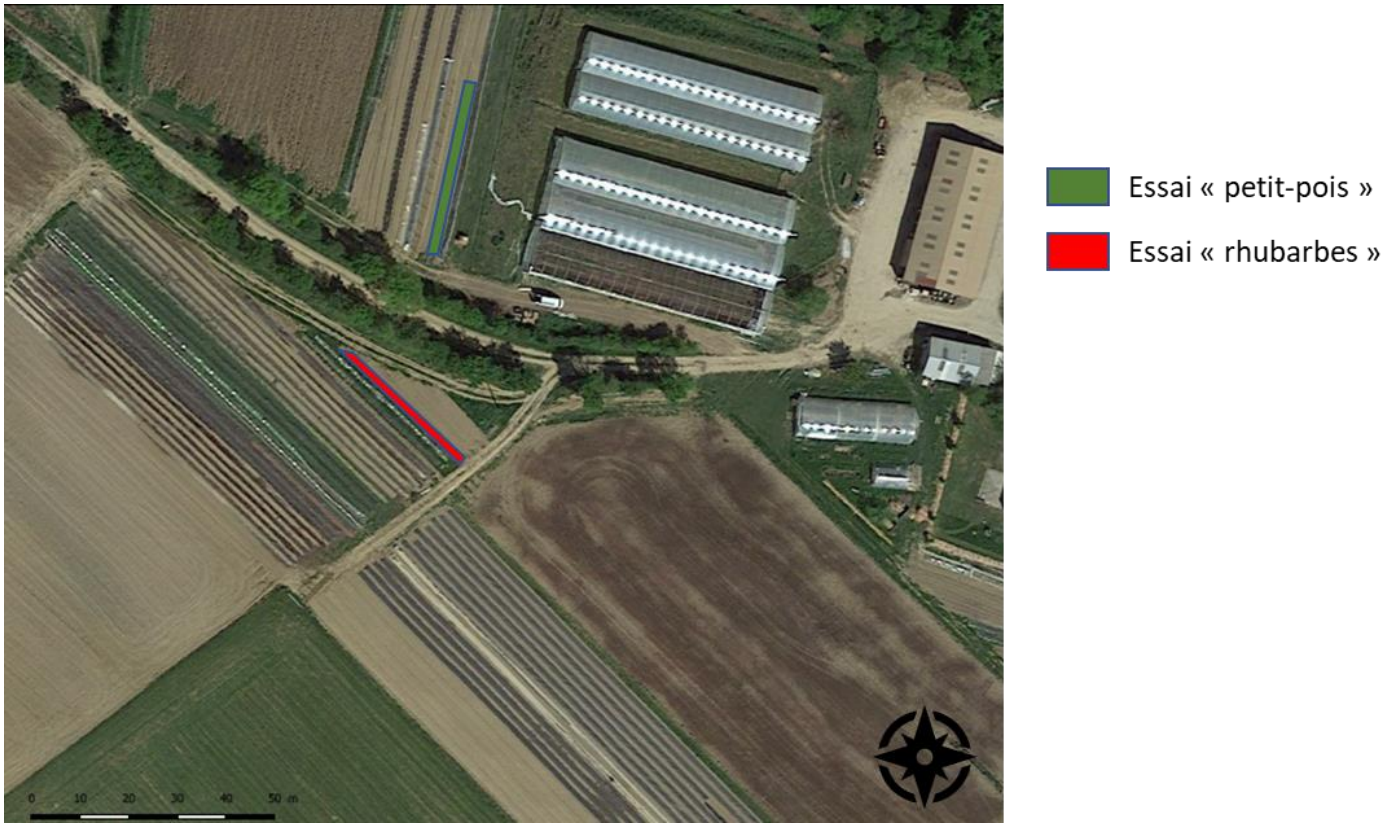


Figure 14 Répartition géographique des essais Placohb du Lycée Nature

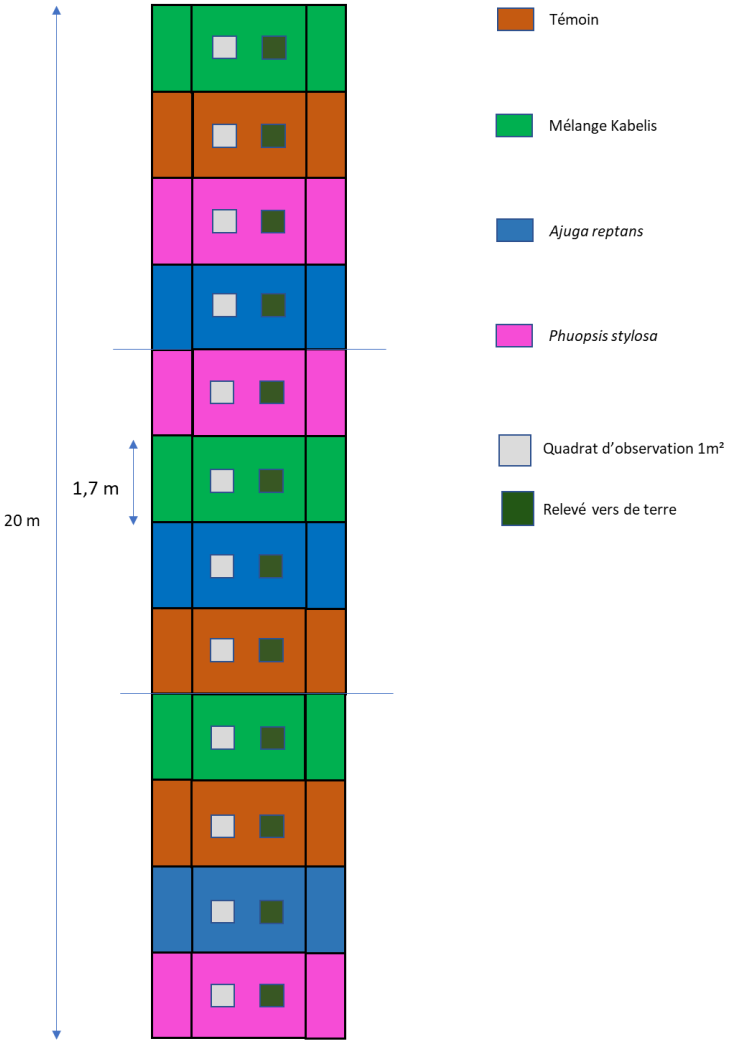


Figure 15 Plan expérimental de l'essai en culture de petit-pois

sitone du pois (*Sitona lineatus*). Le thrips du pois (*Kakothrips robustus*) et la bruche du pois (*Bruchus pisorum*) peuvent causer des dégâts au niveau des fleurs et des gousses (INRA, 2014).

2.2. Le plan expérimental

Les plantes couvre-sol sont plantés dans les inter-rangs de petits pois, soit trois rangs de plantes couvre-sol pour deux rangs de petits pois.

L'essai est situé au nord de maraîchage du Lycée Nature (Figure 14). La surface totale de l'essai est de 28 m². Sur la planche de cultures annuelles, 4 modalités sont testées. Ces 4 modalités sont répétées 3 fois chacune. La surface par modalité est donc de 7 m² soit 2,3 m² par répétition. Les répétitions sont disposées au hasard (Figure 15).

La modalité témoin est un sol désherbé à la main à raison d'un désherbage pendant la production et un désherbage à la suppression des petits pois.
Phuopsis stylosa et *Ajuga reptans* sont semées directement en pleine terre à une densité de 6 plants au mètre carré pour le *Phuopsis stylosa* et 9 plants au mètre carré pour l'*Ajuga reptans*. Le semis direct permet d'évaluer la qualité de germination et de développement afin de voir leur aptitude dans un contexte de production.
Le mélange gazonnant (fétuque, trèfle, pâturin) est semé à la volée à une densité de 5 grammes au mètre carré.
L'ensemble des plantes couvre-sol ont été semé le 16 avril 2018.

A la fin de la production en juillet, les petits pois sont arrachés et remplacés par des courges plantées début août.

3. Essai en culture pérenne : la rhubarbe

3.1. La culture de rhubarbes

La rhubarbe (*Rheum rhaponticum*), de la famille des Polygonacées est une plante vivace. Son pied après récolte renait chaque printemps. La rhubarbe aime les sols profonds, frais, acides et humifères. Bien que rustique, la rhubarbe doit faire face à quelques ravageurs. Les limaces peuvent abimer légèrement les jeunes pousses, qui repartiront une fois le développement avancé de la culture. Le puceron du haricot (*Aphis fabae*) peut être présent dans la rhubarbe, même s'il ne dispose pas de fabacées pour s'y développer. Ce puceron est soupçonné d'être un vecteur du virus de la mosaïque du navet. La noctuelle mineuse de la pomme de terre (*Hydraecia micacea*) et le charançon de la rhubarbe (*Lixus concavus*) attaquent les pétioles des rhubarbes pouvant causer des dommages plutôt mineurs (https://phytopath.ca/wp-content/uploads/2014/10/MRCLC/ch17-rhubarbe.pdf).

3.2. Le plan expérimental

L'essai se situe au centre du maraîchage du Lycée Nature (Figure 11).
Avant l'implantation de la rhubarbe, un labour a été effectué puis un travail superficiel au Cultirateau à raison de deux passages espacés de 2 semaines d'intervalle afin d'affiner le lit de semence ainsi que de réaliser un faux semis, permettant une première lutte intégrée contre les adventices.

La culture de rhubarbe, de variété 'Victoria', a été implantée à la mi-avril 2018 à raison de deux pieds tous les mètres sur une planche de 30 mètres.

Figure 16 Schéma expérimental de l'essai en culture de rhubarbes

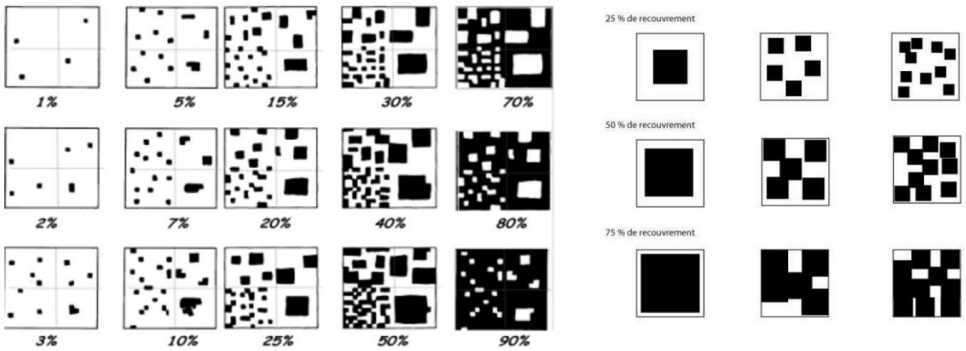


Figure 17 Echelle de notation visuelle des pourcentages de recouvrement

	Recouvrement du sol	Taux d'adventices	Rendement	Attraction de la biodiversité
Petit-pois	Chi²	Chi²	--	--
Rhubarbes	Chi²	Corrélation de Spearman	--	Kruskal-Wallis + Précision avec Steel-Dwass-Critchlow-Fligner

Tableau 2 Tests statistiques réalisés en fonction des relevés effectués

Les plantes couvre-sol sont implantés sur l'ensemble de la planche de rhubarbes.

La surface totale de l'essai est de 42 m². Nous testons 4 modalités soit une surface par modalité de 10,5 m². Les modalités sont répétées trois fois chacune. Soit une surface de 3,5 m² par modalité (Figure 16).

La modalité témoin est un sol désherbé à la main à raison de deux désherbages entre avril et juillet. Pour pouvoir comparer avec les techniques habituelles du maraîcher du Lycée Nature, une modalité paillée sur 10 cm de paille d'avoine et d'orge est testée. *Phuopsis stylosa* est plantée en mottes pour une densité de 6 plants au mètre carré. Le choix de l'implantation en motte est justifié par le contexte pluvieux du printemps qui ne permettait pas de travailler le sol correctement. Cela permet d'assurer des résultats cette année pour l'essai. Le mélange gazonnant trèfle blanc, fétuque rouge demi-traçante et pâturin est semé à la volée à raison de 5 grammes au m².

Ajuga reptans a été semée en godet pour une implantation en motte, cependant aucun semis n'ayant levé, nous avons fait le choix de supprimer cette modalité sur l'essai « rhubarbes »

Les semis de *Phuopsis stylosa* en godet et du mélange en pleine terre sont effectués le 3 mai 2018. La plantation de *Phuopsis stylosa* et le paillage de la modalité paillée sont réalisés le 13 juin 2018.

4. Les différents relevés et tests statistiques

Les dates des différents relevés sont indiquées en Annexe 2. Les tests statistiques (Tableau 2) sont réalisés sous XLStat 2018 et Anastat.fr.

4.1. Relevé des recouvrements du sol

Afin d'étudier un éventuel effet de limitation des adventices par les plantes couvre-sol, nous nous intéressons en premier lieu à la vitesse de recouvrement des plantes couvre-sol. Pour cette étude, nous relevons le pourcentage de recouvrement des plantes couvre-sol sur un quadrat d'1 m², dans toutes les répétitions, grâce à une échelle de notation visuelle de recouvrement (Figure 17).
Dans un deuxième temps, nous nous intéressons à la vitesse de développement des adventices. Sur ces mêmes quadrats d'1 m² nous relevons le pourcentage de recouvrement par espèces d'adventices, toujours en nous aidant de l'échelle de notation.
Les pourcentages de recouvrement sont relevés une fois par semaine sur les deux essais.

4.2. Etude des rendements des cultures

Afin d'évaluer le potentiel impact des couvre-sol sur les cultures, nous avons étudié leurs rendements en fonction des couvre-sol testés.
Le rendement de petit-pois est estimé à la fois à la masse de récolte mais aussi au nombre de grains par cosse. De ce fait, pour chaque modalité, nous avons pesé la récolte et compté le nombre de graines de petit-pois dans 20 cosses, pour chaque modalité.
Pour le rendement de la rhubarbe, pour chaque modalité, nous avons compté le nombre de ramification par pieds de rhubarbes. Puis nous avons mesuré, sur 5 pétioles par pied de rhubarbes, la longueur et la largeur du pétiole.

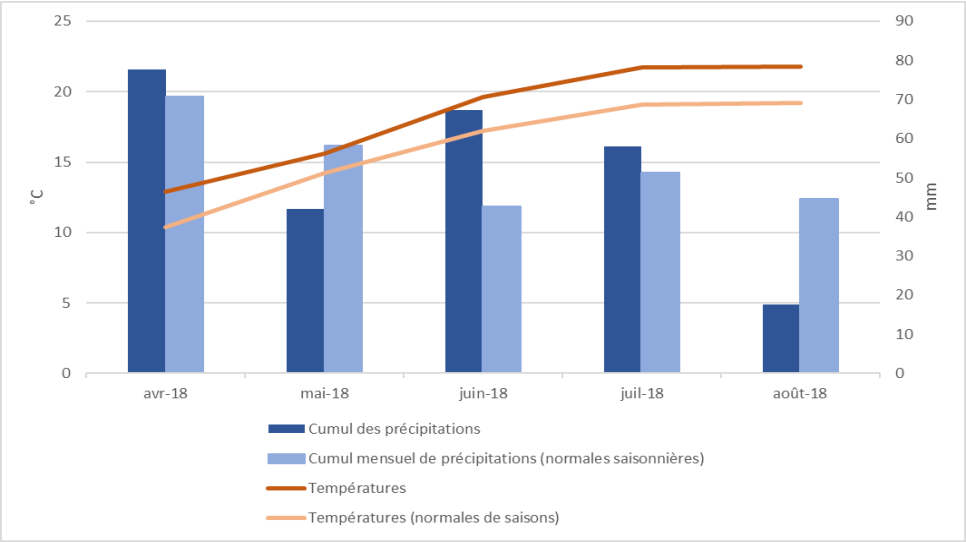


Figure 18 Climatologie de la Roche-sur-Yon durant la période d'essai

(Source : Infloclimat.fr)

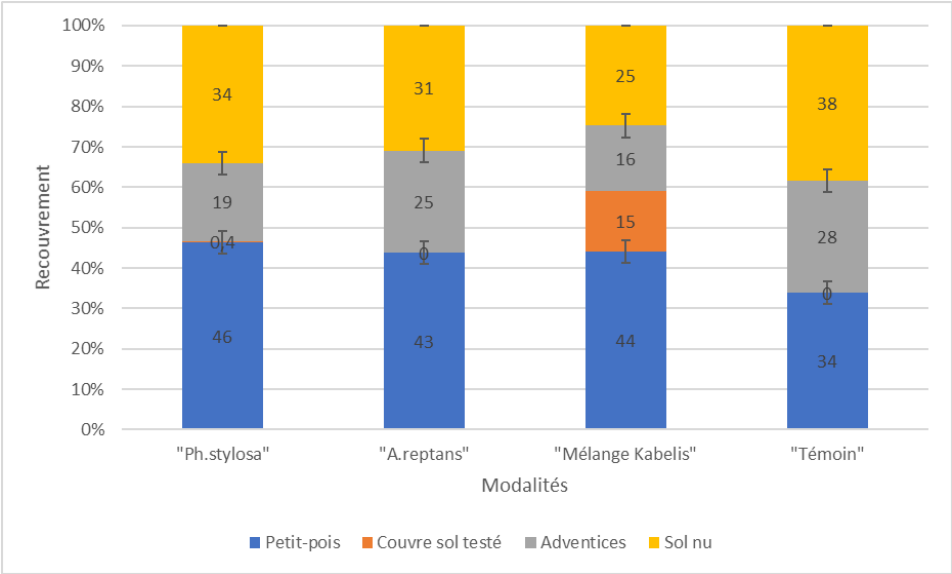


Figure 19 Comparaison des différents pourcentages de recouvrement entre les modalités testées

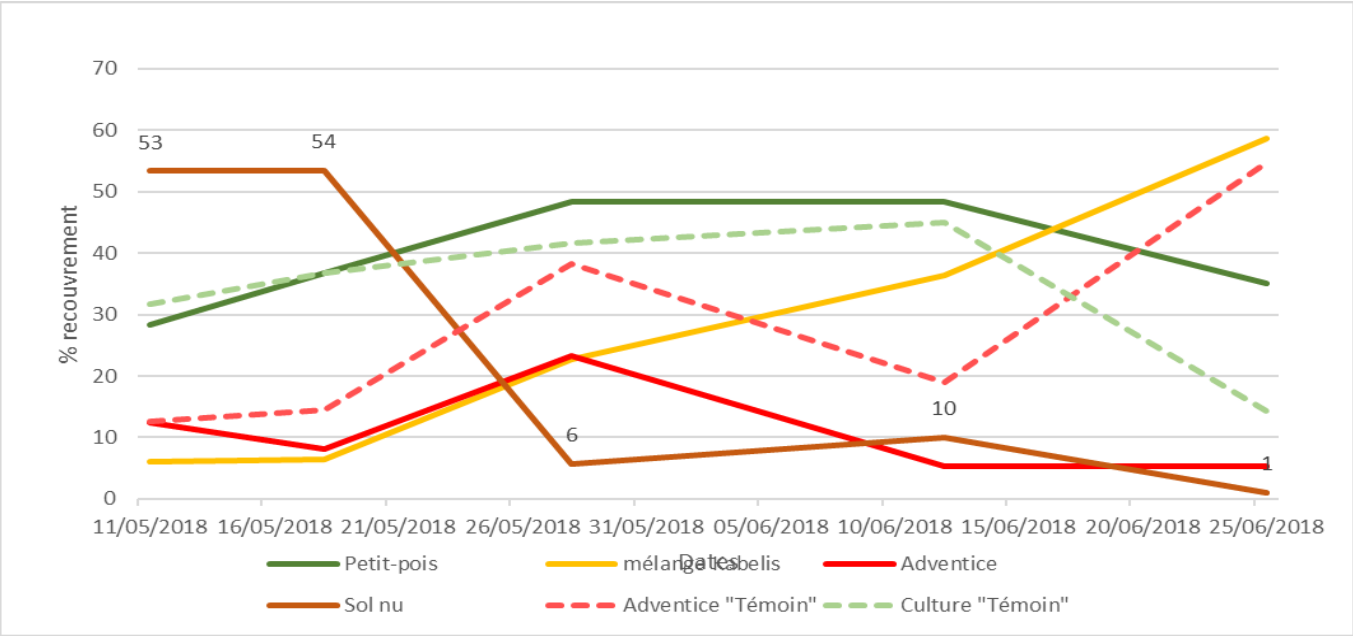


Figure 20 Evolution du recouvrement du sol dans la modalité du mélange dans la culture de petit-pois

4.3. Relevés de biodiversité

En ce qui concerne les services écosystémiques secondaires, la potentielle attractivité de la biodiversité par les différents couverts est étudiée par un comptage en observation directe. Un observateur se poste 5 minutes devant chaque quadrat. Durant ces 5 minutes, un comptage du nombre d'individus par ordre, famille, genre voire espèce (selon l'identification) est réalisé. Ce protocole nécessite une température supérieure à 12 °C, une couverture nuageuse inférieure à 80 %, une force du vent inférieure à 28 km/h, ainsi qu'une absence totale de pluie.

L'étude de l'impact du couvre-sol sur la population de vers de terre est effectué en suivant le protocole « vers de terre » de l'OAB (Observatoire Agricole de la Biodiversité). La population lombricienne est un indicateur de l'état de fertilité du sol. Ce relevé a été effectué une fois avant l'implantation sur l'ensemble des quadrats par une classe de terminale Scientifique. Il sera réitéré à la destruction du couvre-sol afin de pouvoir comparer les résultats.

Résultats

1. Conditions météorologiques

Sur la période de l'essai, la moyenne par mois des températures a toujours été au-dessus de normales de saisons (Figure 18). Notamment à partir de juin où l'écart avec les normales de saisons s'intensifie.
Les cultures ont dû faire face à un déficit en eau à partir du mois de mai bien que les précipitations de juin et juillet aient été supérieurs aux normales de saison. La période de production des petit-pois étant d'avril à juin, il n'a pas fallu irriguer cette culture. En revanche, le déficit en eau pour la rhubarbe a été comblé par une irrigation hebdomadaire durant la période sèche (à partir de fin juin).

2. Culture annuelle

2.1. Recouvrement du sol par les couvre-sol

Pour rappel, le semi des plantes couvre-sol dans la culture de petit-pois est effectué en semi direct.

La moyenne des différents pourcentages de recouvrement du sol en fonction des modalités évolue au cours du temps. La part de sol nu est élevé (54 %) au début de l'essai mais diminue très rapidement à partir 18 mai 2018 atteignant 6 % au 28 mai. Cette diminution est notamment due au développement du mélange Kabélis (fétuque rouge, pâturin annuel, trèfle blanc) et des adventices.

Le recouvrement du sol par le mélange Kabelis se développe de manière continue jusqu'à atteindre un recouvrement du sol de 59 % au 25 juin (Figure 20) et un recouvrement moyen de 15 % sur l'ensemble de l'essai (Figure 19). Au 12 juin la forte augmentation du recouvrement du mélange tend à diminuer le recouvrement de sol nu qui atteindra 1% de recouvrement au 25 juin.
A. reptans n'a pas recouvert le sol de toute la durée de l'essai (pourcentage de recouvrement = 0 %). Nous n'avons observé aucune levée au cours de l'essai.

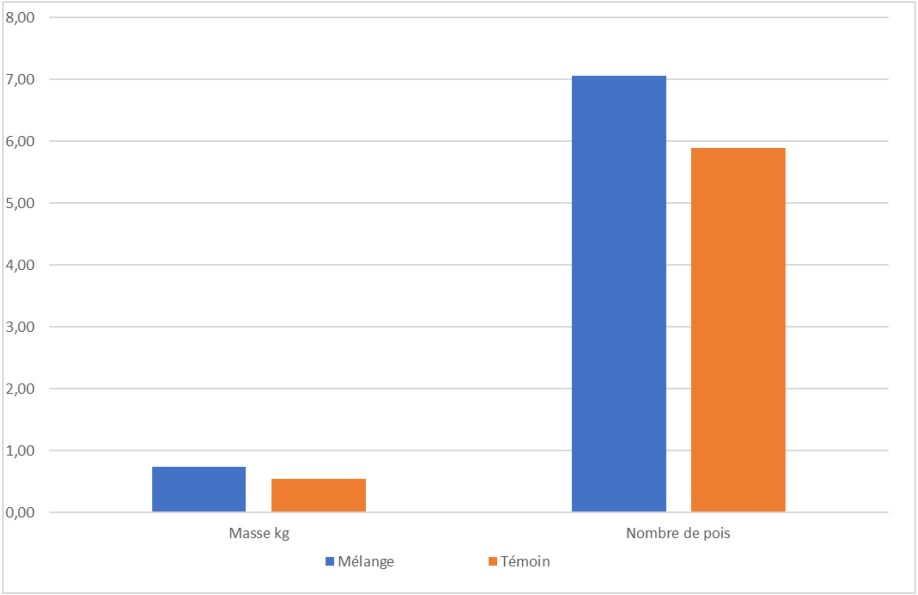


Figure 21 Comparaison des rendements de petit-pois entre le mélange et le témoin

P. stylosa atteint une moyenne de recouvrement du sol de 0,4 % malgré une levée de presque 40% des graines. Les plantes se sont mal développées au cours de la saison, entrainant donc une faible couverture du sol.

L'*Ajuga reptans* et le *Phuopsis stylosa* ne s'étant pas développés, nous ne le prendrons pas en compte dans l''étude sur l'essai « culture annuelle » et aucun autre résultat ne seront présentés dans ce rapport sur ces deux espèces en cultures de petits pois. Nous nous consacrerons exclusivement aux modalités « mélange Kabelis » et « témoin » de l'essai dans la culture de petit-pois.

Le recouvrement du sol par la culture de petit-pois est toujours supérieur dans la modalité du mélange que dans le témoin. De plus, il apparait que la diminution du recouvrement à la fin de la culture est plus progressive dans la modalité du mélange que dans le témoin. Le recouvrement de sol nu parait diminuer par le recouvrement du mélange ainsi que par le bon recouvrement de la culture mais cela n'est pas significatif ($Chi^2=2,3$; ddl=1 ; *p-value*> 5 %).

2.2. Taux d'adventices

Le recouvrement du sol par les adventices évolue de manière croissante jusqu'au 28 mai 2018 où il atteint 23 %.

La nette diminution des adventices à partir du 28 mai est due à un désherbage de l'ensemble de l'essai à cette même date. Dans un contexte de production, ce désherbage était nécessaire sur les modalités *Phuopsis stylosa*, *Ajuga reptans* et témoin où la pression des adventices était très importante et compromettait le rendement de la culture de petit-pois.

Sur les deux dernières dates, le taux de recouvrement du sol par les adventices diminue jusqu'à une stabilisation à 5 %, et en moyenne, toutes modalités confondues, nous observons 10 % de sol nu. Cependant, le recouvrement du sol par les adventices dans le mélange Kabelis restait inférieur au recouvrement du sol par les adventices dans le témoin sur toute la durée de l'essai. En effet, la proportion de sol recouvert par les adventices est en moyenne de 16% en présence du mélange Kabélis contre 28% dans la modalité témoin (sol nu), cependant cette différence n'est pas significative ($Chi^2 = 3$; ddl = 1 ; *p-value* = 0,07).

D'après nos résultats, il semblerait que le taux de recouvrement en végétation totale (adventice + mélange) dans cette modalité est égale au taux de recouvrement des adventices dans la modalité témoin. Nous pouvons émettre l'hypothèse d'une concurrence potentielle entre adventice et mélange et ainsi envisager une gestion des compétitions en ressources (espaces, minérale...) entre cultures et enherbement si celui-ci est contrôlé. Nos premiers résultats montrent que le développement de la culture annuelle n'est pas impacté par la présence du couvre sol (pas de différence significative entre témoin et mélange sur le taux de recouvrement du petit pois ($Chi^2=1,04$; ddl=1 ; *p-value* > 5 %). Cependant, cette hypothèse devrait être testée par des études complémentaires à ces essais préliminaires.

2.3. Impacts sur le rendement des petit-pois

Le rendements (masse et le nombre de grain par cosse) de petit-pois ne semble pas être impacté négativement par la présence du mélange (Figure 21) durant l'essai, au contraire, il semblerait que le mélange améliorerait le rendement notamment en termes de nombre de grain (un grain de petit-pois en plus dans la modalité « mélange Kabelis »). La masse récoltée dans la modalité du mélange Kabelis est plus élevée d'environ 0,3 kilogrammes.

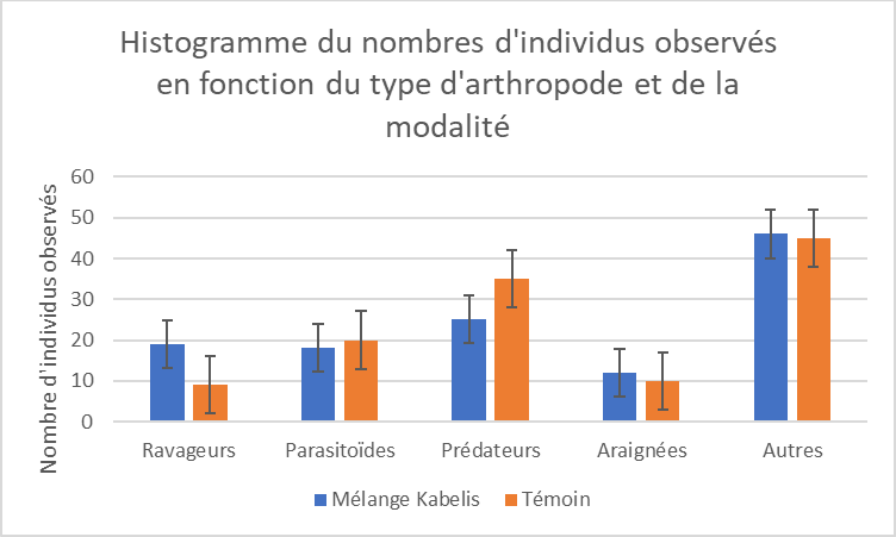


Figure 22 Comparaison de l'attraction de la biodiversité entre les modalités

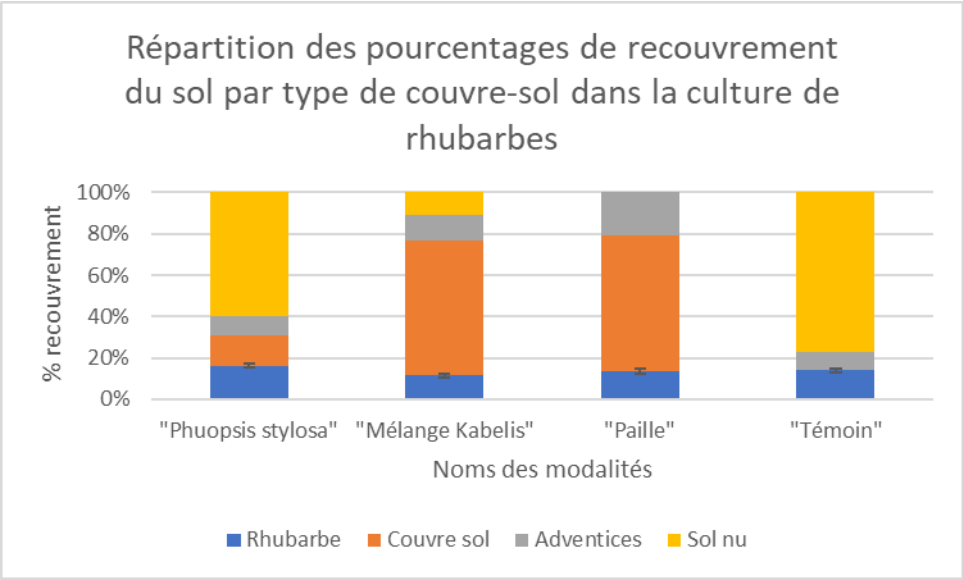


Figure 23 Comparaison des moyennes des pourcentages de recouvrement du sol entre les modalités dans la culture de rhubarbes

Nous n'avons pas pu tester statistiquement ces hypothèses aux vues d'un nombre trop faible de récolte relevé (seulement 2). Ces résultats nous apportent une indication quant à l'impact du mélange Kabelis sur le rendement des petit-pois.

2.4. Attraction de la biodiversité

Au cours de l'essai, nous avons pu observer 454 individus répartis en 9 ordres.

Les ravageurs se retrouvent à effectifs égaux dans les deux modalités (mélange Kabélis et témoin) (Figure 22). La pression des ravageurs, essentiellement des pucerons sur les petit-pois a été relativement faible tout au long de l'essai. La présence de parasitoïdes par l'intermédiaire notamment d'un micro-hyménoptère du genre *Aphidius* et de prédateurs comme *Psyllobora vigintiduopunctata* essentiellement semble avoir contenu la pression en ravageur. Des essais sur les relations entre bioagresseurs et auxiliaires pourraient être conduits dans les années à venir pour confirmer cette hypothèse.

Concernant les autres groupes étudiés, nous n'observons pas de différence d'attraction des arthropodes en fonction des deux modalités présentées ici.

3. Culture pérenne

Pour rappel, *Phuopsis stylosa* a été semée en godet afin de garantir un bon développement et faciliter son implantation dans la rhubarbe.
De plus, un désherbage a dû être effectué le 11 juillet 2018 durant l'essai en raison d'une forte pression des adventices compromettant le développement de la rhubarbe. Ce désherbage a permis de faciliter l'implantation des couvre-sol testés et assurer une pérennité de l'essai. Cependant, pour l'analyse des résultats et le traitement statistique, nous nous intéresserons seulement aux relevés effectués avant le désherbage du 11 juillet soit un aperçu du potentiel contrôle des adventices durant l'implantation des couvre-sol.

3.1. Recouvrement du sol par les couvre-sol

Dans cet essai, *Phuopsis stylosa* est bien présente et a réussi à s'implanter à hauteur de 15 % en moyenne dans sa modalité (Figure 23). Le développement de *Phuopsis stylosa* est très lent (Figure 24). A l'implantation, le 14 juin, il recouvre 3 % de la modalité. Il augmente jusqu'à 10 % au 19 juin. Ensuite, son recouvrement stagne jusqu'au 9 juillet où il atteint 13 %.

Le mélange Kabelis recouvre en moyenne 65 % de la modalité sur l'ensemble de l'essai (Figure 23). L'évolution du recouvrement du mélange Kabelis est croissant et continu jusqu'au 27 juin. Le mélange Kabelis démarre l'essai avec un taux de recouvrement de 43 % au 14 juin (deux mois après le semis) (Figure 24). Son développement atteint 74 % de recouvrement au 27 juin. Ensuite son recouvrement diminue atteignant 59 % au 9 juillet.
Le fort recouvrement du sol par le mélange Kabélis pourrait avoir un impact sur le rendement de la rhubarbe. En effet, le taux de recouvrement du sol par la rhubarbe est moins important dans la modalité du mélange Kabelis que dans le témoin, mais cette différence n'étant pas significative ($Chi^2 = 0,16$; ddl = 1 ; *p-value* = 0,68), on peut exclure cette hypothèse.

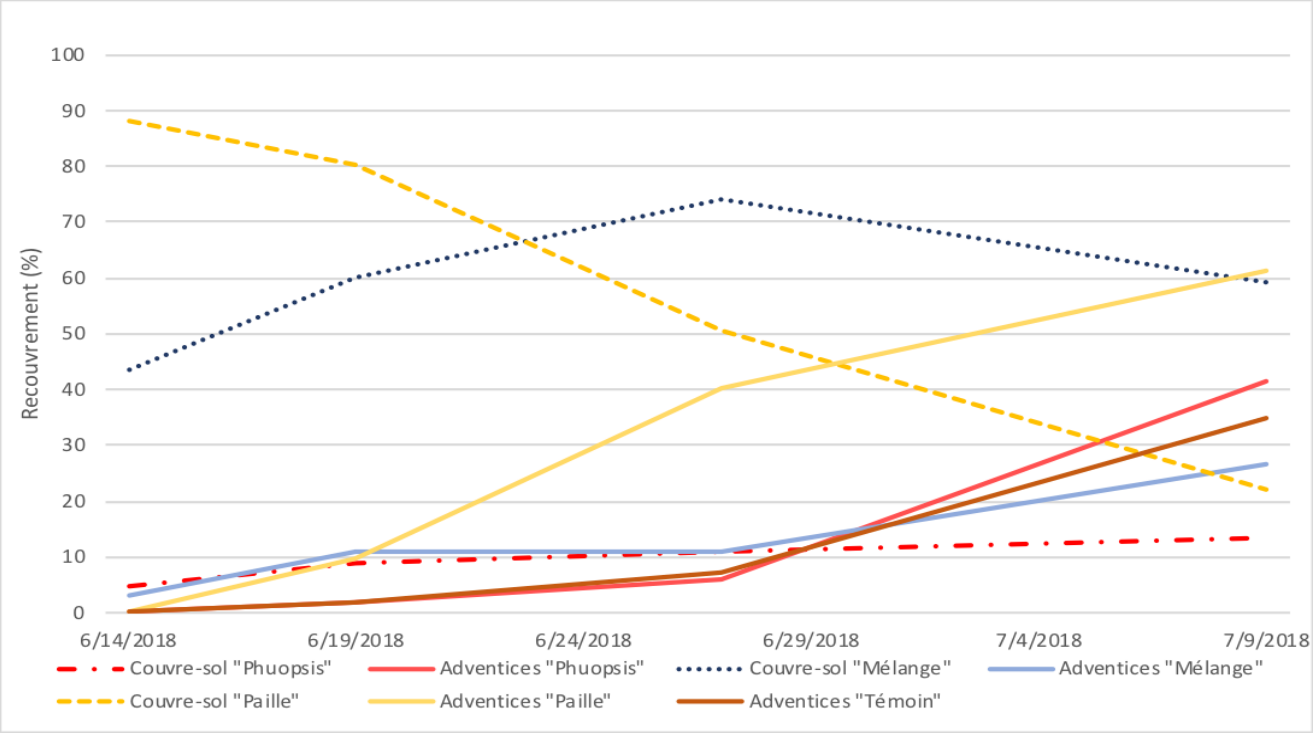


Figure 24 Comparaison des évolutions de recouvrement entre les modalités dans l'essai « rhubarbes »

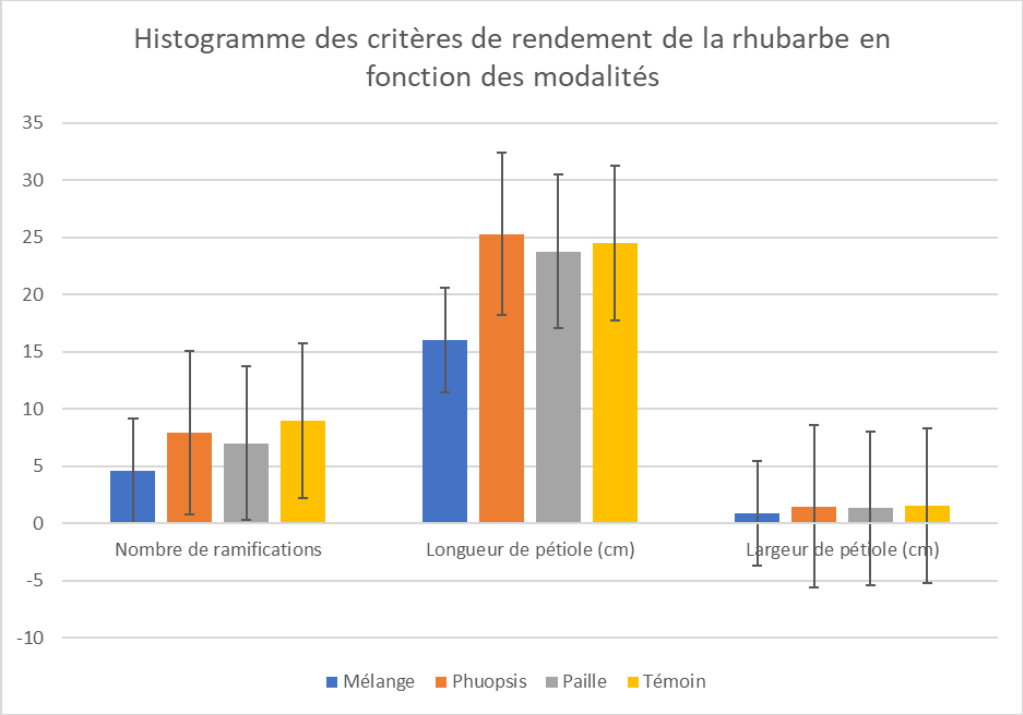


Figure 25 Comparaison des rendements de la rhubarbe entre les modalités

Par sa technique de mise en place, la modalité paille recouvre initialement 100% du sol. Le recouvrement de la paille diminue de manière rapide et constante (Figure 24). Le paillage recouvre 88 % au début de l'essai et ne cesse de diminuer jusqu'au désherbage du 11 juillet où son recouvrement est de 22%. Sur la durée de l'essai, en moyenne, la paille recouvre 65 % du sol de la modalité (Figure 23). Cette diminution du recouvrement du sol par la paille est liée à l'apparition d'adventices dans cette modalité.

3.2. Taux d'adventices

Le développement des adventices semble varier en fonction du comportement des couvre-sol (Figure 24).

Dans la modalité *P. stylosa*, l'évolution du recouvrement du sol par les adventices est globalement similaire au témoin (9%). Il semblerait que le recouvrement du sol par *P. stylosa* ne permet pas de limiter les adventices mais semble seulement combler le sol nu. Le développement de *P. stylosa* est faible du 14 au 27 juin, puis s'accélère à partir du 27 juin jusqu'à atteindre 42 % de recouvrement du sol. Au 9 juillet, le recouvrement du sol par les adventices est plus élevé dans la modalité *P. stylosa* d'environ 5 % que dans le témoin. Il semble exister une corrélation positive (Rhô = 0,51) entre le développement de *P.stylosa* et celui des adventices mais celle-ci n'est pas significative (*p-value* = 0,08). Cependant, *P. stylosa* pourrait potentiellement favoriser le développement des adventices durant sa phase d'implantation entre le 27 juin et le 9 juillet notamment.

Dans la modalité du mélange Kabelis, le développement des adventices est croissant. Il passe de 0 % à 10 % entre le 14 et le 19 juin puis il stagne (à 10 %) jusqu'au 9 juillet. Par la suite son développement s'intensifie jusqu'à atteindre 27 % au 9 juillet. Il semble y avoir une corrélation négative entre le développement du mélange Kabélis et celui des adventices. Le développement du mélange dépendrait donc du développement des adventices. Cette corrélation négative n'est pas significative (Rhô = -0,21 ; *p-value* = 0,5).

C'est dans la modalité paille que les adventices sont, en moyenne, les plus couvrantes (21 %). Le développement des adventices est rapide et conséquent (+59 % entre le 14 juin et le 9 juillet). Il semble que le paillage soit bénéfique au développement des adventices puisque leur développement est nettement plus important que les adventices de la modalité témoin. Il existe une corrélation négative significative entre le taux de recouvrement de paille et celui d'adventices (Rhô = -0,99, p-value < 10^{-5}). Les adventices, dans cette modalité, sont principalement des repousses d'orges et d'avoines provenant de la paille elle-même. Il se pose alors la question de la propreté de la paille appliquée dans la modalité, en termes d'adventices.

3.3. Impacts sur le rendement de la rhubarbe

Les relevés de rendements de la rhubarbe n'ont été effectués qu'à deux reprises. De ce fait, les résultats ne peuvent être interprétés statistiquement mais nous apportent tout de même une indication sur les potentiels impacts des couvre-sol sur le rendement.

Le mélange Kabelis tend à avoir un impact négatif sur le rendement de rhubarbe (Figure 25). Le nombre de ramifications, la longueur ainsi que la largeur des pétioles mesurés sont toujours inférieures à la modalité témoin. Le

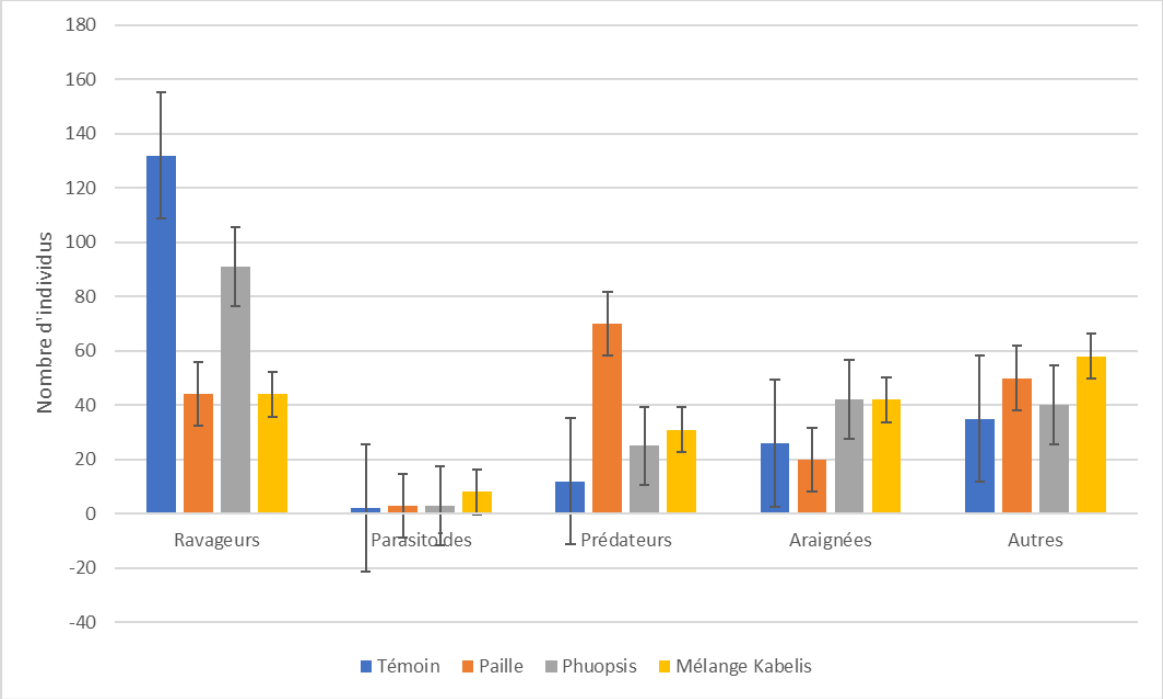


Figure 26 Attraction du nombre d'individus par modalités par type d'arthropodes

Ravageurs	Parasitoïdes	Prédateurs
• **Puceron de la vesce – *Megoura viciae*** • **Charançon de la rhubarbe – *Lixus concavus*** • **Altise – *Phyllotreta* sp** • **Piéride – *Pieris* sp**	• *Aphidius.* Sp • *Aphidoletes.* Sp	• Syrphes (*Syrphidae*) • Coccinelle à 22 points – *Psyllobora vigintiduopunctata* • Carabes (*Carabidae*) • Chrysopes – *Chrysoperla.* Sp

Tableau 3 Présentation des types d'arthropodes observés

nombre moyen de ramifications par pieds de rhubarbes n'est que de 5 alors qu'en moyenne, dans le témoin, elle atteint plus de 8 ramifications.

Phuopsis stylosa semble ne pas impacter le rendement de la rhubarbe (Figure 25). Il n'y a pas de différence visuelle entre le nombre de ramification, la longueur et la largeur du pétiole par rapport aux rhubarbes du témoin.

Le rendement de la modalité paillée semble légèrement plus faible que dans la modalité témoin. La modalité atteint, en moyenne, 7 ramifications par pieds de rhubarbe contre 9 dans le témoin et la largeur est aussi plus faible (modalité paille =1,3 cm ; Témoin = 1,6 cm).

3.4. Attraction de la biodiversité

Au cours de l'essai nous avons observé 779 individus répartis en 9 ordres.

L'attractivité des arthropodes varie en fonction des modalités de couvre-sol testés (Figure 26).

Le nombre de ravageurs (Tableau 3) varie significativement entre les modalités (KW = 12 ; ddl = 3 ; *p-value* = 0.006). En complément, des comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner sont réalisées afin de déterminer les modalités qui diffèrent du témoin.

Les modalités de la paille et du mélange Kabelis attire significativement moins de ravageurs que les modalités du témoin et de *P.stylosa* (Wij = 3,704 ; *p-value* = 0,044).

Potentiellement dû au faible recouvrement de *Phuopsis* stylosa, la différence négative du nombre de ravageurs observés dans la modalité *P. stylosa* par rapport au témoin n'est pas significative (Wij = -3,704 ; *p-value* = 0,285).

Les parasitoïdes (Tableau 3) ne semblent pas être attirés en fonction des types de couvre-sol présents. Durant la période d'implantation des couvre-sol, le test de Kruskal-Wallis ne révèle pas de différences dans l'attraction de parasitoïdes entre les modalités de couvre-sol et le témoin (KW = 1 ; ddl = 3 ; *p-value* = 0,05). Une faible tendance se dégage dans la modalité du mélange Kabelis où le nombre de parasitoïdes observés est légèrement plus élevé.

Au test Kruskal-Wallis, les modalités de couvre-sol exerce une attraction plus ou moins forte sur les insectes prédateurs (KW = 12,5 ; ddl = 3 ; *p-value* = 0.006) (Tableau 3).

La modalité de paille est plus attractive que le témoin (Wij = 3,704 ; *p-value* = 0,044). Cette différence significative de population prédatrice n'est pas le cas avec les modalités du mélange Kabelis et de *Phuopsis stylosa* qui pourtant parait aussi plus élevée que le témoin. Le test de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner le démontre avec des *p-value* inférieures à 5 % pour les deux modalités.

La présence des araignées ne varie pas en fonction des modalités. Le test de Kruskal-Wallis ne révèle pas de différences dans l'attraction des araignées entre les modalités de couvre-sol et le témoin (KW = 5,8 ; ddl = 3 ; *p-value* = 0,122). Une faible tendance se dégage dans les modalités de paille et du mélange Kabelis qui semblent attirer légèrement plus d'individus que la modalité témoin.

Le reste des arthropodes comprend l'ensemble des arthropodes qui n'ont puent être déterminés lors des observations mais aussi ceux dont les services où la présence n'aurait pas eu d'impacts positifs ou négatifs pour la culture de rhubarbe comme des pollinisateurs par exemple.

Figure 27 Vigueur de *Phuopsis stylosa* après un semis en godet

Interprétation des résultats et discussion

1. Maitrise des adventices par les différents couvre-sol en maraîchage

1.1. Difficultés de levée d'*A. reptans*

Aucune graine d'*A. reptans* n'a réussi à lever en semis direct. Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

(i) Les conditions pédoclimatiques n'étaient pas adaptées à cette plante couvre-sol ;

(ii) La méthode de semis n'était pas la bonne ;

Afin de tester ces hypothèses, nous avons décidé de tester le semis en godet pour *A. reptans*. Nous avons constaté de régulières fontes de semis. *A. reptans* ne présente pas un fort pouvoir de germination. *A. reptans* nécessite une gestion rigoureuse de son irrigation afin d'avoir une humidité du sol constante.

Par son semis difficile et son faible taux de levée, nous ne conseillerions pas l'utilisation d'*A. reptans* comme couvre sol. Ainsi, *A. reptans* ne semble pas adapté pour la limitation des adventices en maraîchage.

1.2. Un recouvrement faible de *Phuopsis stylosa* pendant sa phase d'implantation

Le faible taux de levée de *P. stylsoa*, dans l'essai « culture annuelle », montre que nous ne maitrisons pas le semis direct de cette plante dans notre contexte pédoclimatique. En effet, *P. stylosa*, lors de son implantation, n'a peut-être pas été irriguée à hauteur de ses besoins. Cette plante aime les sols secs et frais, mais les conditions climatiques printanières ont conduit à un réchauffement rapide du sol. Dans un contexte de production, ce n'est pas les besoins de la plante couvre-sol qui sont pris en compte mais seulement ceux de la culture. L'irrigation importante des cultures en période de forte chaleur a probablement conduit au mauvais développement de *P. Stylsoa.*

En revanche, en passant par des semis en godet, le taux de levée et la vigueur des plants ont été améliorés. *P. stylosa* a pu profiter de la chaleur des serres pour son développement tout en gardant une fraicheur du terreau par maitrise de l'irrigation. Le semis en godet avant la plantation dans les rhubarbes permet aux plants de *P.stylosa* d'acquérir une certaine vigueur (Figure 27) pour pouvoir mieux résister dans son environnement (sécheresses, adventices, potentiels ravageurs…) et continuer son développement.

Bien que l'implantation de *P.stylosa* est été réussie après un semis en godet, son développement évolue trop lentement pour pouvoir concurrencer les adventices. Son potentiel pouvoir allélopathique n'a pas été détecter dans nos résultats. Les phénomènes allélopathiques pourraient s'intensifier au fur et à mesure que la plante se développe. Le développement de la biomasse (Figure 5) par le recouvrement de *P.stylosa* cumulé à l'allélopathie pourront concurrencer plus efficacement les adventices dans la culture sans compromettre le développement de la culture.

De plus, le semis en godet demande un temps de main d'œuvre non négligeable. Dans un contexte de production, les maraîchers ne consacreront sans doute pas autant de temps à cette plante couvre-sol, qui n'a pas prouver son efficacité pour lutter contre les adventices.

Figure 28 Faible développement d'une rhubarbe dans le mélange Kabelis

(Source : Thomas Beucher)

1.3. Limitation des adventices par le mélange Kabelis à confirmer

L'implantation du mélange Kabelis répond aux attentes dans la couverture du sol. Dans les deux types d'essai, sa levée et son implantation sont rapides permettant de recouvrir rapidement le sol (Figure 20 ; Figure 24). Le semis direct à la volée convient parfaitement et lui confère une autonomie quant à son implantation réduisant ainsi le temps de main d'œuvre à lui consacrer. De plus, il s'est adapté à son environnement pour répondre à ses besoins en eau.

Le mélange Kabelis pourrait être une première solution potentielle de couvre-sol pour limiter les adventices. Bien qu'il ait été le plus efficace, les relevés de terrain semblent montrer tout de même une spécialisation des adventices dans cette modalité. En effet, les adventices les plus retrouvées dans cette modalité étaient principalement du Panic pied de coq (*Echinochloa crus-galli*) *ainsi* que de la renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare*). Deux adventices retrouvées à une proportion moindre dans les autres modalités. La lutte contre ces adventices est difficile mais nécessaire quand leur présence est importante. Le Panic pied de coq est une poacée très envahissante du fait de sa multiplication, qui possède de grosses racines rendant plus compliqué son arrachage. La renouée des oiseaux est une adventice de la famille des Polygonacées. Sa morphologie tapissante et son développement par rhizomes font d'elle une adventice compliquée à arracher entièrement.

Le renouvellement de l'essai permettra d'approfondir cette potentielle spécialisation d'adventices mais aussi de voir le comportement du mélange quant à ces deux adventices.

Cependant, les résultats montrent deux tendances différentes sur l'impact du mélange Kabelis sur les rendements des cultures. Le mélange Kabelis, dans la culture de petit-pois pourrait légèrement améliorer le rendement. De plus, visuellement, les petit-pois de la modalité du mélange Kabelis ont eu une durée de production rallongée par rapport aux autres modalités. Nous émettons deux hypothèses : (i) il n'y a pas eu de concurrence entre le mélange et les petit-pois grâce au trèfle, autonome en azote ; (ii) le petit-pois a pu bénéficier de l'humidité gardée par le mélange pendant les semaines sèches de juin.
Sur l'essai dans les rhubarbes, le mélange Kabelis impacterait le développement des rhubarbes. Pendant les chaleurs estivales, malgré l'irrigation hebdomadaire, le mélange Kabelis est resté vert alors que la rhubarbe flétrissait (Figure 28). Certains pieds de rhubarbes sont même morts. Il se peut que le mélange soit plus compétitif pour l'eau que la rhubarbe. Le couvert n'a pas semblé maintenir l'humidité comme sur l'essai petit-pois peut-être à cause de la sécheresse continue de l'été. Aussi, cela peut être aussi dû à la présence de Panic pied de coq qui part son système racinaire développé, est très compétitif pour l'eau.

1.4. Faire attention à la qualité du paillage

L'utilisation de paille comme moyen de couvrir le sol est classiquement utilisé en production horticole, maraîchère et arboricole. En excluant les éventuels problème de « faim » d'azote que la paille peut poser en fonction de sa gestion, ce moyen est connu pour permettre une bonne gestion des adventices (Gontier and Gaviglio, 2013). Or, nos résultats montrent que la paille n'a pas été efficace comme moyen de lutte contre les adventices. Cependant, les relevés de terrain des adventices nous permettent de constater que les adventices présentes étaient quasiment que des

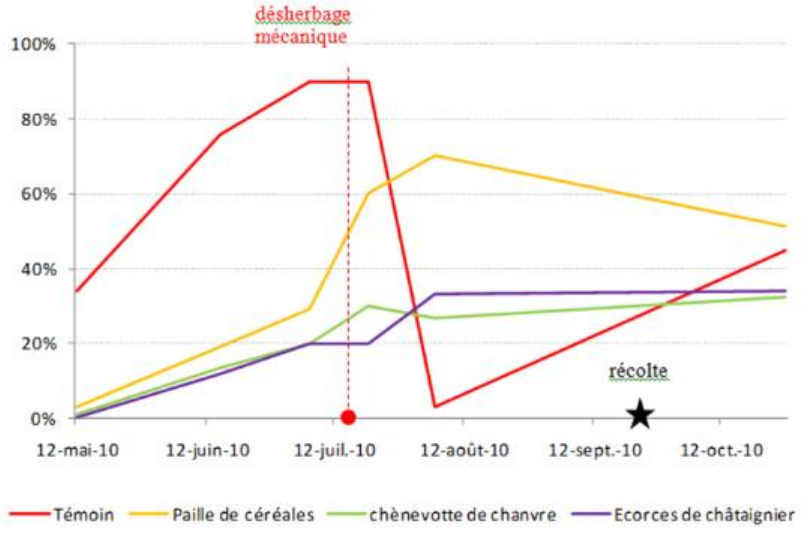


Figure 29 Evolution du taux de recouvrement par les adventices sous un rang de vigne par modalité d'entretien du sol (Source : Gontier & Gaviglio ; 2013)

repousses d'orges et d'avoines, les constituants de la paille. Hormis ces repousses, le recouvrement d'adventices est resté faible. Dans des essais de paillage en viticulture, le paillage est plus efficace dans la limitation des adventices sous les rangs de vignes par rapport à un sol nu (Figure 29). Le développement des adventices est ralenti et tend même à diminuer
en conditions sèches (Gontier and Gaviglio, 2013).
Il apparait donc que la réflexion le choix et la gestion du paillage est importante. L'exploitant doit veiller à la qualité de la paille qui peut être altérée par des résidus de graines d'adventices ou de graines non récoltées de la culture elle-même. Ainsi, ces dernières peuvent être stockées dans la banque de graines du sol et leurs repousses seront des adventices qui viendront s'additionner à stock d'adventices dans le sol déjà présent.
Bien que d'autres paillages soient plus efficaces que la paille de céréale, elle reste la moins chère. Afin d'optimiser le contrôle des adventices, il est recommandé de pailler avec une paille dont les menues pailles aient été récoltés.

2. Effets des couvre-sol sur l'attraction de la biodiversité

L'essai dans la rhubarbe confirme de l'importance de la diversification des milieux dans la lutte contre les ravageurs (Plantegenest et al., 2007). La modalité témoin est la plus impactée par les ravageurs et les modalités couvertes sont plus attractives pour les arthropodes participant à la régulation. La diversification est un levier majeur dans la lutte contre les ravageurs en agriculture biologique. Par rapport à des systèmes de cultures conventionnels, (i) l'agriculture biologique favorise le potentiel biologique global de lutte antiparasitaire, (ii) l'agriculture biologique a des niveaux plus élevés d'infestations de ravageurs mais (iii) que cet effet dépend fortement du type de ravageurs. L'agriculture biologique en améliorant sa lutte antiparasitaire , offre un moyen de réduire l'utilisation de pesticides synthétiques pour la gestion des ravageurs sans augmenter leurs niveaux d'infestation (Muneret et al., 2018).

Les arthropodes régulateurs sont plus attirés dans les modalités les plus couvertes comme celles du mélange Kabelis et de la paille. Ceci montre l'importance de l'enherbement dans les cultures pour fournir un accès aux ressources nutritives et habitats pour ces régulateurs. Par exemple, les araignées sont plus attirées dans les espaces enherbés (Casdar SolAB, 2012) et des précédents essais menés au Lycée Nature ont démontré que l'utilisation de bandes enherbées en maraîchage permettaient d'augmenter le nombre d'individu à proximité des parcelles et de favoriser une lutte biologique contre la mouche de la carotte (com. Personnelle R. Chifflet). En suisse, des bandes enherbées ont été mises en place pour redécouper le parcellaire afin d'augmenter le nombre de carabes dans le paysage et favoriser une lutte naturelle contre les limaces (Fibl, 2004)). Des essais conduits sur le brocoli démontre que l'utilisation de trèfle blanc comme couvre-sol permet de ralentir la colonisation par les altises, et qu'en cas de colonisation ces ravageurs quittent deux fois plus rapidement la culture, en comparaison à un sol nu (Ellestom *et al.* 1988). Les résultats observés sur la population de ravageurs dans la rhubarbe (particulièrement de l'altise) semblent pouvoir potentiellement être interprétés de la sorte. Les plantes couvrent sol peuvent être ici comparé à des plantes compagnes. Les plantes compagnes peuvent avoir un effet physique sur certains bioagresseurs. Garcia et Altieri (1992) ont constaté que les altises qui s'empêtraient dans un couvre-sol de vesce semé sont alors plus susceptibles d'être attaquées par des ennemies naturels et quittent plus rapidement la zone hostile.

Pendant l'essai, les différents couvre-sol n'ont pas pu fleurir du fait de leur implantation tardive dans la saison. Or, les fleurs sont sources de nutrition pour certains auxiliaires. Les relevés au printemps prochain auront lieu durant les

Critères étudiés	**Couvre-sol**				
	Ajuga reptans Semi direct	*Phuopsis stylosa* Semi direct	*Phuopsis stylosa* Motte	Mélange Kabelis	Paille
Implantation					--
Limitation des adventices					
Concurrence avec la culture	--	--			
Attraction auxiliaires	--	--			

Tableau 4 Synthèse des critères étudiés par types de couvre-sol

floraisons du trèfle (connu pour son aspect très mellifère) et de *Phuopsis* stylosa. De plus, *Phuopsis stylosa* possède bien une odeur particulière qui, si son développement croît, pourrait provoquer un potentiel aspect répulsif.

Il serait intéressant dans la suite de l'essai, dans un souci de précision de revoir la méthode d'observations des arthropodes. En effet, l'observation direct ne permet pas une détermination précise sur l'ensembles des arthropodes, notamment les micro-hyménoptères et les polinisateurs. Une capture d'insectes par des filets fauchoir serait intéressant pour déterminer les insectes volants. Une observation par frappage permettrait une vision d'ensemble de l'attraction des arthropodes rampants à la fois dans les couvre-sol et sur la culture. Les liens d'une régulation naturelle seraient plus visibles et plus significatifs.

Conclusion

La diminution, voire la suppression de l'utilisation des produits herbicides est un enjeu majeur dans l'agriculture aujourd'hui. Cette transition passe par l'apparition de nouvelles méthodes de luttes innovantes contre les adventices, qu'expérimente l'agroécologie. Différentes études menées, comme ceux sur les couverts végétaux, montrent que l'enherbement diminue la pression des adventices. En maraîchage, on recense plusieurs zones de sols nus comme les entres–tunnels, les abords de cultures ou encore les inter-rangs. L'enherbement favorise le retour de la biodiversité par les différentes ressources qu'il propose (habitat, alimentation, corridors …). Cette biodiversité permet une régulation naturelle des populations de ravageurs par des auxiliaires. De plus, l'enherbement améliore la fertilité du sol en construisant une barrière physique contre le climat, et en favorisant les microorganismes du sol.

Au Lycée Nature, le Casdar Placohb (Plantes couvre-sol pour limiter les adventices) expérimente les plantes couvre-sol en inter-rangs. Trois plantes couvre-sol sont testées : l'*Ajuga reptans*, le *Phuopsis stylosa* et un mélange de fétuque rouge demi-traçante, trèfle blanc nain et pâturin annuel.
A.reptans n'a pas levé au cours des essais permettant de l'identifier comme plante non adaptée au contexte de lutte contre les adventices. *Phuopsis stylosa* se développe seulement après plantation en motte. Son développement est encore trop faible pour un contrôle des adventices mais la suite des relevés déterminera sa réelle capacité sur plusieurs années. Seul le mélange Kabelis apparait comme le seul couvre-sol prétendant à limiter les adventices. Cependant, son impact négatif sur le développement de la rhubarbe n'est pas négligeable. Avec le peu de résultats positifs qui ressortent des essais, seul le mélange pourrait potentiellement être conseiller aux maraîchers sur des cultures peu exigeantes en eau (Tableau 4).
Parmi les autres services écosystémiques, seul des résultats sur l'attraction de la biodiversité ont pu être observés. L'enherbement a bien favoriser l'apparition des régulateurs et freiner le développement des ravageurs de la rhubarbe.

L'année 2018-2019 sera la continuité des relevés sur l'essai rhubarbe. Ces relevés permettront de voir l'évolution sur une année des couvre-sol et affiner les résultats déjà obtenus. Une étude économique serait intéressante pour comparer les différents coûts investis en fonction des couvre-sol et autres méthodes de lutte contre les adventices.

La réflexion autour de plantes couvre-sol non productives (non récoltés) peut se poser dans un contexte maraîcher où il existe un grand nombre de familles de légumes. En effet, chaque légume à sa particularité (taille, système racinaire,

exigences nutritives …). La permaculture réfléchie à l'association de ces cultures entres elles de manière à optimiser la production sur, généralement, de petites surfaces ne laissant que peu de place aux adventices. Ces associations sont basées sur des aspects de complémentarités des espèces comme la morphologie, les dates de semis ou récolte, l'apport d'azote ou encore répulsion de certaines plantes contre des ravageurs … Bien que le paillage soit souvent utilisé, des associations de légumes ont été réfléchies. Par exemple l'association haricot, courge et maïs optimise parfaitement l'espace : le maïs grimpe et sert de tuteur aux haricots qui libère de l'azote. La courge recouvre les espaces laissés vides ne laissant ainsi pas de place pour le développement des adventices.

Bilan personnel

Cet apprentissage sur la plateforme d'innovation du Lycée Nature, commencé en Novembre 2017, est une très belle expérience professionnelle. Il a été la continuité de mon stage de fin d'année de DUT d'agronomie réalisé l'année dernière toujours au Lycée Nature. En effet, lors de cet ancien stage, le sujet des plantes couvre-sol pour limiter les adventices, porté par le Casdar Placohb, était ma problématique initiale sur laquelle j'avais commencé à réfléchir. Cependant, après des retards de conventions, le projet n'avait pas pu débuter à temps. Je m'étais donc dirigé vers une autre expérimentation, sur les bandes fleuries (Casdar Muscari).
Le fait de continuer au Lycée Nature en apprentissage m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de l'expérimentation. En effet, le suivi de Rémy Chifflet, mon maître d'apprentissage, m'a permis d'acquérir une certaine autonomie dans la gestion de ce projet tout en restant supervisé et ne pas perdre la problématique de vue.

J'ai pu appliquer et développer des compétences acquises durant ma formation comme la détermination d'adventices ou encore les statistiques utilisés dans le traitement des résultats (Annexe 3). Ce stage m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences. J'ai pu acquérir des connaissances essentielles à l'agroécologie comme l'entomologie par la détermination d'insectes (principalement ravageurs et auxiliaires) ou encore aménager des infrastructures agroécologiques nécessaire à la biodiversité et l'agriculture. Par le biais des expérimentations, j'ai pu développer ma rigueur scientifique, mes capacités d'organisation et de gestion de projet.

Cet apprentissage m'a permis de prendre confiance en moi et mes connaissances. L'apprentissage est une très bonne transition entre ma scolarité et le monde professionnel. Cela rend concret les différentes connaissances acquises dans mes différentes formations. J'ai également côtoyé un certain nombre de chercheurs par différents comités techniques et un séminaire permettant d'enrichir mon carnet d'adresse, intéressant dans mon futur professionnel.

Le personnel m'a très bien accueilli et conseiller durant mon passage au Lycée Nature permettant une bonne intégration dans l'établissement. Cette bonne intégration m'a permis d'être régulièrement solliciter par des enseignants pour participer à différentes activités pédagogiques en parallèle des expérimentations. J'ai pu suivre en intégralité les relevés de biodiversité d'une classe de 1ère GMNF (Gestion des milieux naturels et de la forêt) en aidant l'enseignante d'écologie dans ses travaux pratiques. J'ai effectué une intervention, auprès de la classe de première année de BTS GPN (Brevet de Technicien Supérieur en Gestion et Protection de la Nature), sur l'importance de la biodiversité dans les milieux agricoles en l'illustrant par mon expérimentation sur les plantes couvre-sol.
De plus, j'ai également pu participer au projet Casdar BOUQUET (Bouquet de services écosystémiques des espèces végétales implantées sur les parcours de volailles) sur lequel travail Tanguy Balanant, un stagiaire ingénieur d'Agrocampus Ouest d'Angers. Ce Casdar consiste à réfléchir l'aménagement agroécologique de parcours à volailles

pour en optimiser leurs services écosystémiques. Avec Tanguy nous avons pu nous entraider dans les relevés et les analyses de données.
J'ai également pu proposer mes services auprès de l'exploitation pour divers travaux agricoles (plantation, désherbage, récolte, vermifugeassions des agneaux, déplacement des troupeaux de brebis …) lorsque mon emploi du temps me le permettait. Afin de payer mon logement, j'ai dû effectuer des weekends de permanences sur l'exploitation pour la surveillances et l'alimentation des animaux. Ceci m'a permis de me familiariser avec d'autres animaux (porcs et moutons) que je n'avais pas côtoyer auparavant et garder un pied dans l'élevage qui me tient à cœur.

Pour conclure, ce stage m'a permis d'approfondir le domaine de l'expérimentation. Ce stage a augmenté ma confiance en moi, me confortant dans mon choix d'intégrer pour de bon le monde professionnel. Grâce aux activités diversifiées que j'ai réalisées, j'ai pu développer et acquérir de nouvelles compétences indispensables dans le domaine auquel je me destine. Je postule actuellement pour des postes de conseiller technique en productions végétales. Mes connaissances en agroécologies acquises au cours de ce stage me permettent de me démarquer dans ce métier. Le métier de conseiller me permettre de créer un lien entre l'expérimentation et la production. Il me permettra également de m'informer des pratiques des agriculteurs pour enrichir mon projet d'installation futur en exploitation polyculture élevage.

Bibliographie

Acta (2014). Mauvaises herbes des cultures.

Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes, (Elsevier), pp. 19–31.

Anglade, J., Billen, G., and Garnier, J. (2015). Relationships for estimating N2 fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. Ecosphere *6*, art37.

Brainard, D.C., Bellinder, R.R., and Miller, A.J. (2004). Cultivation and Interseeding for Weed Control in Transplanted Cabbage. Weed Technol. *18*, 704–710.

Casdar SolAB (2012). CR Casdar SolAB Bilan 2009 2011 GRAB INRA V3.pdf.

Cluzeau, D., Guernion, M., Chaussod, R., Martin-Laurent, F., Villenave, C., Cortet, J., Ruiz-Camacho, N., Pernin, C., Mateille, T., Philippot, L., et al. (2012). Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. Eur. J. Soil Biol. *49*, 63–72.

Colas, F., Cordeau, S., Jeuffroy, M.-H., Granger, S., Queyrel, W., Pointurier, O., Rodriguez, A., Colbach, N., and Villerd, J. (2017). Développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion intégrée des adventices: implication des futurs utilisateurs. In Séminaire de Restitution à Mi-Parcours Du Projet de Recherche ANR CoSAC, pp. 85–p.

Denis, A. (2009). HABITATS AND FOOD PREFERENCES CONCERNING SYRPHIDAE AND CHRYSOPIDAE AUXILIARIES. 12.

Duflot, R. (2013). Hétérogénéité fonctionnelle et biodiversité : quel est le rôle des interfaces ou lisières dans les paysages agricoles ? phdthesis. Université Rennes 1.

Ferre, A. (2016a). Les plantes de service, pivot de la production alternative. Phytoma 22–26.

Fibl (2004). Les surfaces écologiques peuvent réguler les ravageurs. Bioactualités 18–19.

FROCHOT, H., GAMA, A., NOUVEAU, M., WEHRLEN, G., and ARMAND, G. (2002). La Gestion de la végétation accompagnatrice: état et perspective.

Glachant, C., and Aubert, C. (2009). Caractéristiques biologiques des adventices - Les connaître pour mieux les gérer.

Gómez, J.A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghem, T., Lora, Á., and Giráldez, J.V. (2018). Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. Environ. Sci. Pollut. Res. *25*, 977–989.

Gontier, L., and Gaviglio, C. (2013). Mise en œuvre de paillages sous le rang comme solution de lutte contre les adventices en viticulture. 4.

Gontijo, L.M., Beers, E.H., and Snyder, W.E. (2013). Flowers promote aphid suppression in apple orchards. Biol. Control *66*, 8–15.

Haaland Christine, Naisbit Russell E., and Bersier Louis-Félix (2011). Sown wildflower strips for insect conservation: a review. Insect Conserv. Divers. *4*, 60–80.

Hemptine, J. (2013). Mélanges botanique Utiles aux systèmes de culture et auxiliaires pour une réduction d'intrants. Appel à projet d'innovation et partenariat 2013, Casdar MUSCARI.

INRA (2014). hypp - Les maladies et ravageurs.

Justes, E., Beaudoin, N., Bertuzzi, P., Charles, R., Constantin, J., Dürr, C., Hermon, C., Joannon, A., Le Bas, C., Mary, B., et al. (2012). Réduire les fuites de nitrates au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques. Synthèse du rapport d'étude (INRA (France)).

Khush, G.S. (2001). Green revolution: the way forward. *2*, 815–822.

Landry, D., Dousset, S., Fournier, J.-C., and Andreux, F. (2005). Leaching of glyphosate and AMPA under two soil management practices in Burgundy vineyards (Vosne-Romanée, 21-France). Environ. Pollut. *138*, 191–200.

Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., et al. (2008). Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies (Prodinra).

Lécole, P., and Thoyer, S. (2017). La PAC et l'environnement : freins et leviers pour la transition agroécologique. In Systèmes agroalimentaires en transition, (Versailles: Editions Quæ), pp. 51–70.

Leibee, G.L., and Capinera, J.L. (1995). Pesticide Resistance in Florida Insects Limits Management Options. Fla. Entomol. *78*, 386.

Lichtenberg, E.M., Kennedy, C.M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., Bosque-Pérez, N.A., Carvalheiro, L.G., Snyder, W.E., Williams, N.M., et al. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. Glob. Change Biol. *23*, 4946–4957.

Losey, J.E., and Vaughan, M. (2006). The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. BioScience *56*, 311–323.

Lu, Y.-C., Watkins, K.B., Teasdale, J.R., and Abdul-Baki, A.A. (2000). COVER CROPS IN SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION. Food Rev. Int. *16*, 121–157.

Mahboubi, A.A., Lal, R., and Faussey, N.R. (1993). Twenty-Eight Years of Tillage Effects on Two Soils in Ohio. Soil Sci. Soc. Am. J. *57*, 506.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, and Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie (2015). Plan Ecophyto II.

Muneret, L., Mitchell, M., Seufert, V., Aviron, S., Djoudi, E.A., Pétillon, J., Plantegenest, M., Thiéry, D., and Rusch, A. (2018). Evidence that organic farming promotes pest control. Nat. Sustain. *1*, 361–368.

Naeem, S. (2002). Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. Ecology *83*, 1537–1552.

Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. J. Agric. Sci. *144*, 31–43.

Oerke, E.-C., and Dehne, H.-W. (2004). Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. Crop Prot. *23*, 275–285.

Pagliai, M., Vignozzi, N., and Pellegrini, S. (2004). Soil structure and the effect of management practices. Soil Tillage Res. *79*, 131–143.

Parker, J.E., Snyder, W.E., Hamilton, G.C., and Rodriguez-Saona, C. (2013). Companion Planting and Insect Pest Control. Weed Pest Control - Conv. New Chall.

Pépinière Lepage Plantes Vivaces AJUGA reptans - Bugle rampante en vente - Pépinière Lepage.

Pépinière Lepage Plantes Vivaces PHUOPSIS stylosa - Lilas de terre - Crucianelle en vente - Pépinière Lepage.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., and Cliff, B. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. BioScience *47*, 747–757.

Plantegenest, M., May, C.L., and Fabre, F. (2007). Landscape epidemiology of plant diseases. J. R. Soc. Interface *4*, 963–972.

Pousset, J. (2011). Engrais verts et enherbement permanent en arboriculture. Alter Agri 16.

Projet SEBIOREF (2017). Connaître la biodiversité utile à l'agriculture pour raisonner ses pratiques - Fiche 3 : Araignées.

Sardana, V., Mahajan, G., Jabran, K., and Chauhan, B.S. (2017). Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. Crop Prot. *95*, 1–7.

Saunders D. A., Hobbs Richard J., and Margules Chris R. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. Conserv. Biol. *5*, 18–32.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. *108*, 20260–20264.

Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M.H., and Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. Proc R Soc B *282*, 20151369.

Tschuy, F., Gfeller, A., Azevedo, R., Khamissé, C., Henriet, L., and Wirth, J. (2014). Suppression des adventices par les couverts végétaux: différents facteurs analysés. Rech. Agron. Suisse 292.

VALENTIN, M.V.-M.E., and GRIGNON, I.D. (2017). LES PLANTES DE SERVICES, DE QUOI PARLE-T-ON? 21.

Vandenberghe, C., and Colinet, G. (2017). La gestion de la matière organique du sol, un enjeu important pour limiter la lixiviation du nitrate vers les eaux souterraines - ProQuest. Biotechnol. Agron. Société Environ. *21*, 201–208.

Védie, H., Clerc, F., Lhôte, J.-M., and Grébert, D. (2012). Cultiver sans labourer en maraîchage biologique de plein champ : quels résultats sur planches permanentes ? Alter Agri 15–18.

Vereecken, H. (2005). Mobility and leaching of glyphosate: a review. Pest Manag. Sci. *61*, 1139–1151.

Villenave, J., and Rat-Morris, E. (2007). Comment attirer et maintenir les Chrysopes dans les agroécosystèmes ? Étude de leur bio-écologie. Rev. Sci. Bourgogne Nat. 113–116.

Zahm, F. (2011). Grenelle Environnement, plan Ecophyto 2018 et indicateurs agro-environnementaux: Outils de pilotage versus instruments d'une transformation de l'action publique agro-environnementale. In 10èmes Journées Françaises de l'évaluation, pp. 13–p.

Table des illustrations

Figure 1 Le Lycée Nature, en territoire périurbain
Figure 2 Evolution de la quantité de pesticides vendu en France
Figure 3 Schéma explicatif de la nuisibilité des adventices
Figure 4 Chiffres d'affaires mondiaux des herbicides en milliards d'euros par années
Figure 5 Impact de différents couverts d'interculture sur le salissement
Figure 6 Effets, atouts et limites des différents types de cultures intermédiaires. (Justes et al, 2012)
Figure 7 Densité de vers de terre en fonction du mode de gestion du sol (enherbement ou travail mécanique)
Figure 8 Cumul du volume d'eau infiltré en fonction du temps du mode de gestion du sol
Figure 9 Effets des plantes de service dans la régulation des ravageurs
Figure 10 Nombre d'arthropodes, classés par date de prélèvement, dans les deux modalités d'entretien du sol
Figure 11 Répartition des essais en production en fonction des partenaires
Figure 12 Bugle rampante - Ajuga reptans
Figure 13 Crucianelle pourpre - Phuopsis stylosa
Figure 14 Répartition géographique des essais Placohb du Lycée Nature
Figure 15 Plan expérimental de l'essai en culture de petit-pois
Figure 16 Schéma expérimental de l'essai en culture de rhubarbes
Figure 17 Echelle de notation visuelle des pourcentages de recouvrement
Figure 18 Climatologie de la Roche-sur-Yon durant la période d'essai
Figure 19 Comparaison des différents pourcentages de recouvrement entre les modalités testées
Figure 20 Evolution du recouvrement du sol dans la modalité du mélange dans la culture de petit-pois
Figure 21 Comparaison des rendements de petit-pois entre le mélange et le témoin
Figure 22 Comparaison de l'attraction de la biodiversité entre les modalités
Figure 23 Comparaison des moyennes des pourcentages de recouvrement du sol entre les modalités dans la culture de rhubarbes
Figure 24 Comparaison des évolutions de recouvrement entre les modalités dans l'essai « rhubarbes »
Figure 25 Comparaison des rendements de la rhubarbe entre les modalités
Figure 26 Attraction du nombre d'individus par modalités par type d'arthropodes
Figure 27 Vigueur de Phuopsis stylosa après un semis en godet
Figure 28 Faible développement d'une rhubarbe dans le mélange Kabelis
Figure 29 Evolution du taux de recouvrement par les adventices sous un rang de vigne par modalité d'entretien du sol

Table des tableaux

Tableau 1 Sous question de la problématique
Tableau 2 Tests statistiques réalisés en fonction des relevés effectués
Tableau 3 Présentation des types d'arthropodes observés
Tableau 4 Synthèse des critères étudiés par types de couvre-sol

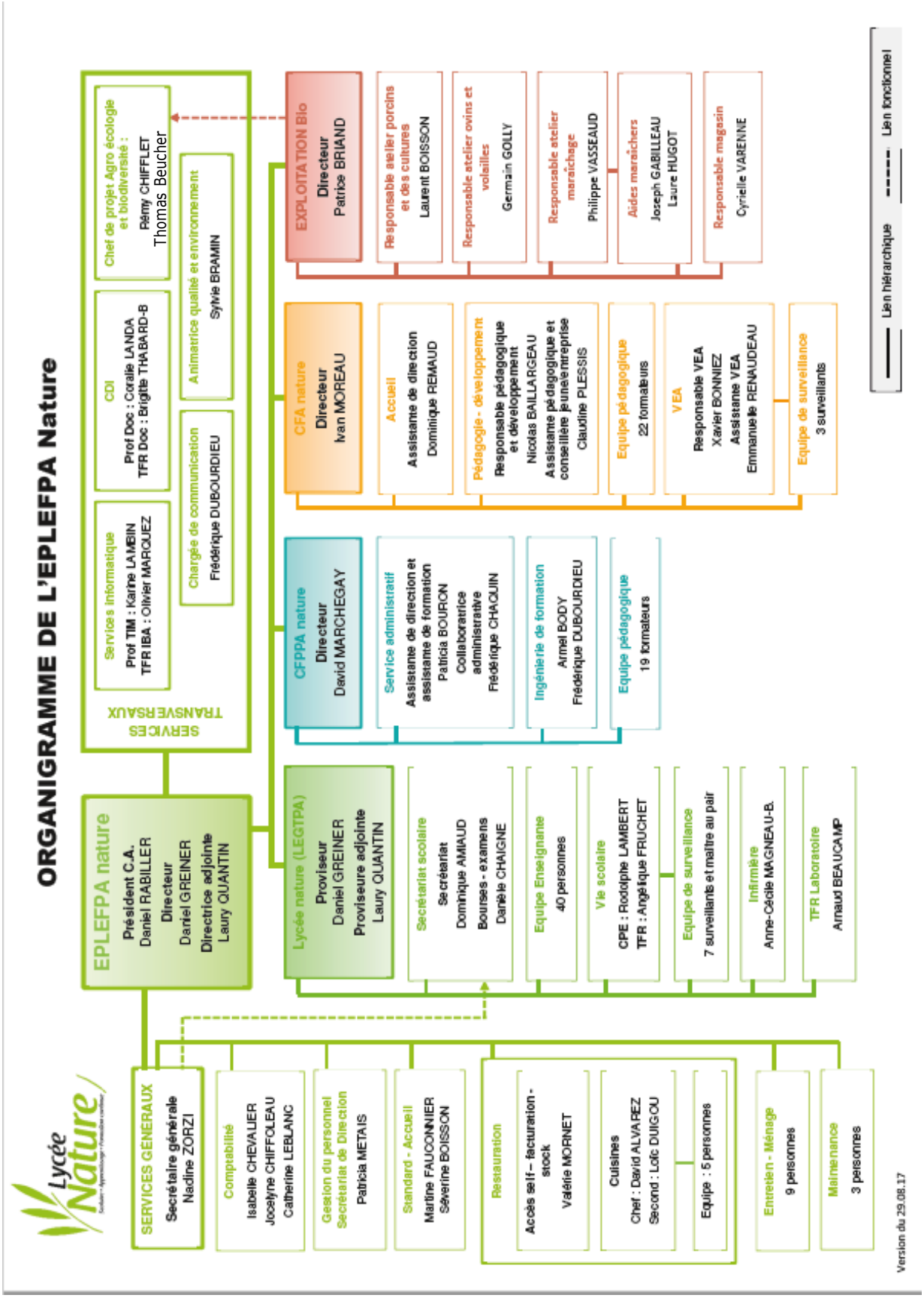
Table des Annexes

Annexe 1 Organigramme du Lycée Nature

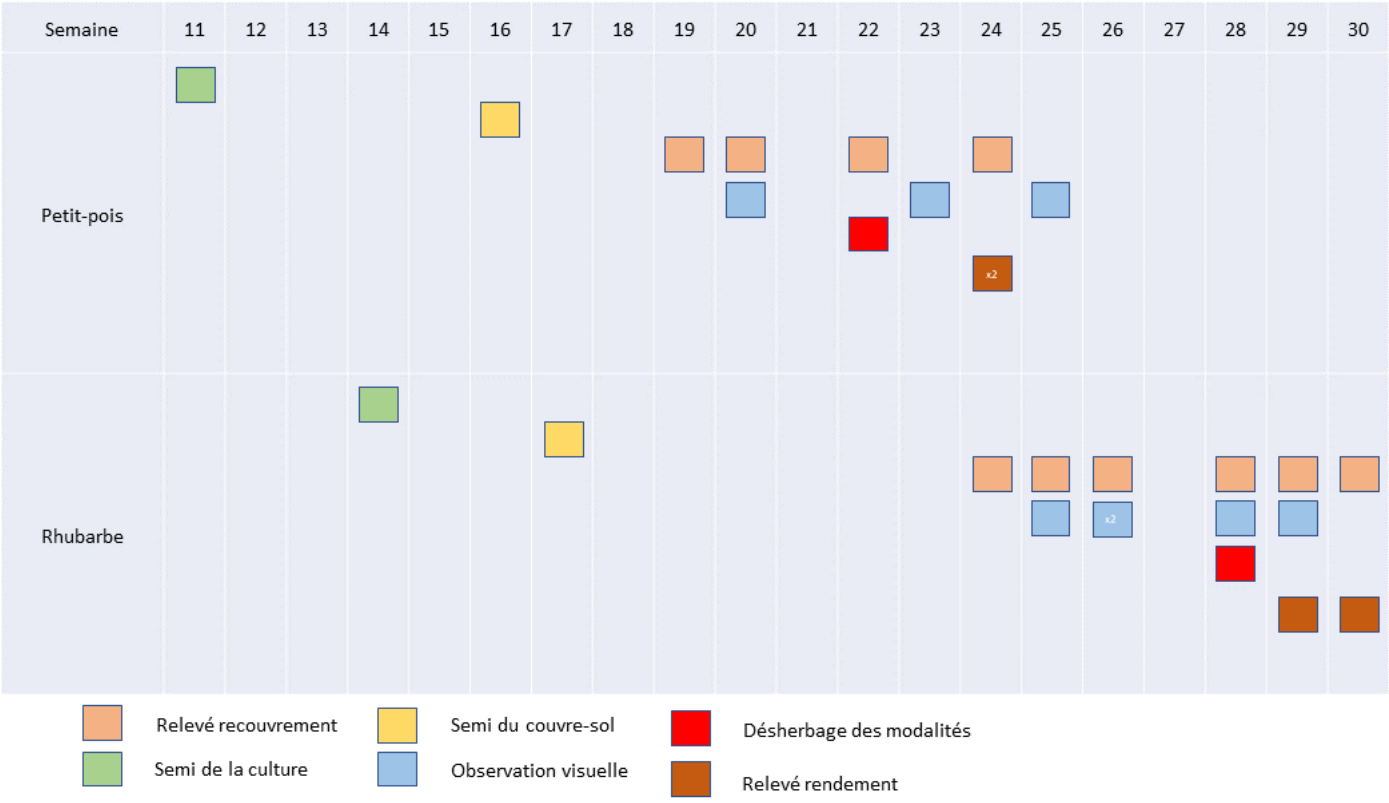
Annexe 2 Organisation des essais

Annexe 3 Liste des compétences acquises

Annexes



Annexe 1 Organigramme du Lycée Nature



Annexe 2 Organisation des essais

Compétence acquise ou mise en application	Actions
TRAVAILLER EN MODE PROJET	
Travailler en équipe	Travail en binôme
Comprendre la commande en la déclinant en sous questions	Rapport
Etablir une méthodologie d'action	Détermination des relevés et écriture des protocoles
Questionner, chercher, collecter	Travail bibliographique, conférences …
Synthétiser, analyser et présenter	Réalisation de posters, rapport
CONDUIRE UNE MISSION EN SITUATION REELLE	
Situer son rôle et sa mission au sein de l'entreprise	Présenté dans le rapport
Respecter les principes d'éthique, déontologie, durabilité	
Travailler au service d'un projet en équipe ou en autonomie	
Documenter, justifier le déploiement d'une solution technique	Création ou adaptation de nouveaux protocoles
S'INSERER DANS LE MONDE PROFESSIONNEL	
Valoriser son identité, ses compétences, son projet	Candidature à des offres d'emploi
Se mettre en recul, se remettre en question pour progresser	

Annexe 3 Liste des compétences acquises

RESUME

Dans un contexte de réduction des herbicides et de limitation des impacts du travail mécanique sur le sol, il est nécessaire de proposer aux agriculteurs des solutions alternatives.
Le CASDAR PLACOHB expérimente une solution : les plantes couvre-sol. Celles-ci permettraient de limiter le développement des adventices par leurs morphologies basses et couvrantes. De plus, elles pourraient améliorer le sol et attirer la biodiversité dans les cultures.
Afin d'étudier le potentiel pouvoir de limitation des adventices, deux essais ont été menés sur l'exploitation maraîchère du Lycée Nature. Un essai en culture de petit-pois et un en culture de rhubarbes. *Phuopsis stylosa*, *Ajuga reptans* et un mélange de fétuque rouge demi-traçante, pâturin annuel et trèfle blanc ont été testés dans ces cultures. Un ensemble de relevés ont été effectué afin d'étudier le développement des couvre-sol et des adventices, l'impact des différents couvre-sol sur la culture, et l'attraction de la biodiversité en fonction des couvre-sol.
Seul le mélange s'est suffisamment développé pour limiter suffisamment les adventices. Cependant, le mélange semble trop concurrent vis-à-vis de l'eau.
La continuité des relevés permettra un suivi du développement croissant des couvre-sol qui pourront peut-être limiter significativement les adventices.

Mots clés : PLACOHB, plantes couvre-sol, *Ajuga reptans*, *Phuopsis stylosa*, Mélange fétuque rouge demi traçante, pâturin annuel, trèfle blanc nain, limitation des adventices, agroécologie, biodiversité

ABSTRACT

In the context of reducing herbicides and limiting the impact of mechanical work on the soil, it is necessary to offer farmers alternative solutions.
CASDAR PLACOHB is experimenting with a solution: ground cover plants. These would limit the development of weeds by their low and covering morphologies. In addition, they could improve the soil and attract biodiversity in crops.
To study the potential limiting power of weeds, two trials were conducted on the vegetable farm at Lycée Nature. An experiment in pea culture and one in rhubarb culture. Phuopsis stylosa, Ajuga reptans and a mixture of semi-tracery red fescue, annual bluegrass and white clover were tested in these crops. A set of surveys were conducted to study the development of cover crops and weeds, the impact of different cover crops on the crop, and the attraction of biodiversity based on cover crops.
Only the mixture has grown sufficiently to limit enough weeds. However, the mixture seems too competitive with water.
The continuity of the surveys will allow a follow-up of the increasing development of the groundcover which may be able to significantly limit weeds.

Keywords: PLACOHB, ground cover plants, *Ajuga reptans*, *Phuopsis stylosa*, mixture of semi-tracery red fescue, annual bluegrass and white clover, weeds control, agroecology, biodiversity