

U. F. R.

Sciences de la Vie

et

de l'Environnement



# Analyse de différents modes d'insertion des légumineuses sur la gestion des adventices

**Hermabessiere Thibault**

Soutenance le 3 octobre 2014 à Rennes

Promotion : 2015- 2016

Structure d'accueil :

INRA de Thiverval-Grignon (UMR  
Agronomie)

Maître de stage :

Safia Médiène

Correspondant universitaire:

Anne Jaffrazic

Responsables de la formation :

D. Cluzeau, C Walter, V.Redon



## MEMOIRE DE STAGE

Pour l'obtention du diplôme de :

**Licence professionnelle : « PARTAGER »**

*Pratiques Agricoles, Aménagement Rural, Techniques Alternatives et Gestion Écologique des ressources*

<b>AUTEUR : Hermabessiere Thibault</b>	<i>ORGANISME SUPPORT : INRA de Thiverval-Grignon</i>
Responsables de Formation : - Université Rennes I : <b>CLUZEAU Daniel</b> - Agrocampus Ouest : <b>WALTER Christian</b> - Lycée Th Monod Le Rheu: <b>REDON Valerie</b>	Adresse de stage : 1 Avenue Lucien Bretignières, 78850 Thiverval-Grignon
Correspondant Universitaire : Anne Jaffrezic	<b>Maître de stage : Safia Médiène</b> N° de téléphone : 06 12 06 48 56 Courriel : Safia.Mediene@grignon.inra.fr
Titre de l'étude : Analyse de différents modes d'insertion des légumineuses pour gérer les adventices	
	Nombre de pages sans les annexes : 51  Nombre d'annexes : 15  Nombres de pages avec les annexes 66

## **Remerciement :**

Tout d'abord à remercier ma maître de stage et enseignante-chercheur, Safia Médiène pour m'avoir aussi bien accueilli dans l'UMR Agronomie, de la pédagogie qu'elle a pu faire preuve, de sa patience et le temps qu'elle a consacré malgré son emploi du temps chargé. Merci également de m'avoir transmis des connaissances en agronomie, en botanique (reconnaissance d'espèces) et en statistique.

Je tiens aussi adresser un grand merci à Maude Quinio en CDD sur le projet legitimes, car sans son aide je n'aurais pas pu faire des statistiques aussi poussées et également pour la rédaction de mon rapport.

Cela serait légitime de remercier aussi Mathieu Bazot et Arnaud Butier de l'équipe technique pour m'avoir appris à reconnaître les adventices, ainsi que Anaïs Rousseau pour les très bons moments partagés ensemble, notamment sur le terrain et pour l'humour qu'ils ont fait preuve.

Je remercie également Damien Beillouin et Arnaud Gauffreteau, d'avoir passé du temps à m'expliquer certains aspects des ANOVA.

Mille mercis à Michèle Fanucci de l'administratif pour sa formidable gentillesse et sa patience vis-à-vis de toutes mes sollicitations pour chacune de mes démarches.

## Liste des abréviations :

A : Abondance

AIC : indice d'Aikake

AFDM :

BL : Luzerne Biologique

BP : Pois Biologique

CL : Luzerne Conventionnelle

CAH : Classement Ascendant Hiérarchique

CP : Pois Conventionnel

DF : stade Début Floraison

F1 : première Fauche

F2 : deuxième Fauche

F3 : troisième Fauche

H : indice de Shannon

ha : hectares

IFTH : Indice de Fréquence de Traitement d'Herbicide

indiv : individu

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

ITK : Itinéraire Technique

J : indice d'équitabilité

LEGITIMES: LEGumes Insertion in Territories to Induce Main Ecosystem Service

MP : stade Maturité Physiologique

S : richesse spécifique

UMR: Unité Mixte de Recherche

## Table des matières

I)	Introduction.....	2
II)	Présentation de l'organisme d'accueil et du projet Légitimes.....	4
1)	Présentation de l'Unité Mixte de Recherche Agronomie (UMR).....	4
2)	Présentation du projet Légitimes.....	5
3)	Problématique du stage.....	6
a)	Etat de l'art.....	6
b)	Problématique.....	10
III)	Matériel et méthode.....	12
1)	Description du dispositif de suivi.....	12
a)	Réseaux de parcelles des deux observatoires.....	12
b)	Enquêtes sur les itinéraires techniques.....	14
2)	Observation de la flore adventice.....	15
3)	Traitement de données.....	16
a)	Choix de la liste d'espèces pour l'analyse.....	16
b)	Traitement statistique.....	17
IV)	Résultats.....	22
1)	Analyse à l'échelle des communautés des adventices.....	22
a)	Analyse des communautés en fonction des parcelles.....	22
b)	Analyse des communautés en fonction des facteurs étudiés.....	27
2)	Analyse à l'échelle des groupes fonctionnels.....	34
a)	Constitution des groupes fonctionnels.....	34
b)	Répartition des groupes fonctionnels en fonction des cultures.....	39
V)	Discussion.....	43
1)	La région de Bourgogne.....	43
a)	Abondance des adventices.....	43
b)	Les groupe fonctionnels.....	45
2)	L'association du lupin/ triticales en Pays-de-la-Loire.....	47
VI)	Conclusion.....	49
VII)	Annexe.....	51
VIII)	Bibliographie.....	67

\*

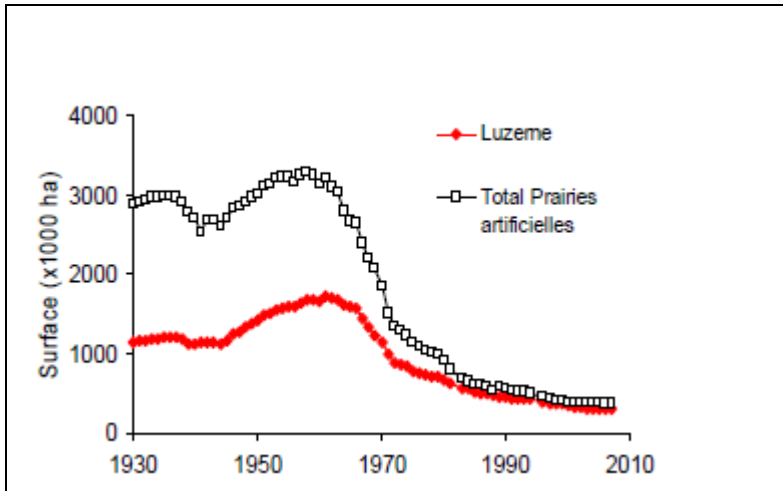


Figure 1: Evolution des surfaces de légumineuses fourragères au cours du temps. (Duc et al, 2010)

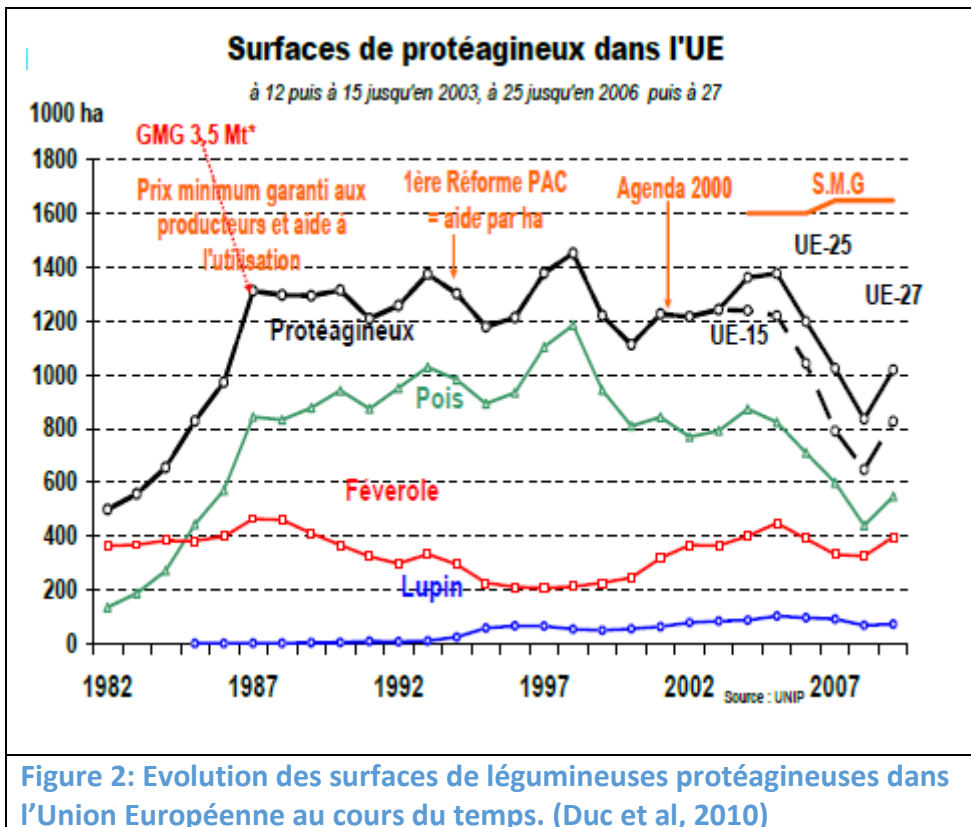


Figure 2: Evolution des surfaces de légumineuses protéagineuses dans l'Union Européenne au cours du temps. (Duc et al, 2010)

## 1) Introduction

De nos jours, de nombreux articles scientifiques étudient les services rendus par la nature pouvant être apportés par l'insertion des légumineuses dans les rotations de culture (**Thiébeau et al., 2010 et Meiss et al., 2010**). Cependant cet engouement n'a pas toujours été le même au cours du siècle dernier. L'évolution des légumineuses peut être divisée en deux, d'une part celle des légumineuses fourragères utilisées dans l'alimentation des ruminants et d'autre part celle des légumineuses protéagineuses qui permettent l'alimentation des omnivores tels que les espèces porcines ou les Hommes.

De 1945 à 1960, les légumineuses fourragères (la luzerne par exemple) sont fortement implantées en France soit 15 000 000 ha en 1960, pour l'alimentation des ruminants et en tant que fertilisants azotés des cultures (**Figure 1**). A partir des années 60, celles-ci vont subir un déclin de 5 000 000 ha en 10 ans dans l'assolement français dû à l'apparition des fertilisants minéraux azotés et à un manque du soutien de la PAC (Politique Agricole Commune). L'importation de soja en Europe bénéficiait d'un régime de protection aux frontières, cette importation n'étant pas taxée pour assurer l'alimentation du bétail européen. Ce passe-droit du soja aux frontières a fait diminuer à la fois la surface des légumineuses fourragères et des protéagineux (**Duc et al., 2010**). En 1973, l'embargo des Etats-Unis sur le soja a entraîné une prise de conscience européenne qui a encouragé la production des protéagineux permettant d'avoir une faible augmentation des surfaces cultivées (600 ha cultivés en plus pour l'Union Européenne) pour l'alimentation animale (**Figure 2**).

L'apparition des engrais synthétiques, des produits phytosanitaires et de la mécanisation ont permis d'intensifier les systèmes de culture, de contrôler les stressés biotiques ou abiotiques et de simplifier les rotations. Ces changements se sont faits au détriment de la diversité des assolements et donc des légumineuses qui ne sont à nos jours présentes que dans 3% des surfaces de grandes cultures (**Voisin et al., 2013**).

De plus, cette intensification de l'agriculture pose problème sur les coûts élevés des intrants, la gestion des ravageurs, des adventices, les problèmes liés aux émissions de gaz à effet de serre, des pollutions azotées et des pollutions phytosanitaires des cours d'eau et des nappes phréatiques (**IFFEN, 2006**).

Dans ce contexte, il semble intéressant d'étudier les services écosystémiques rendus par les légumineuses. Les services écosystémiques sont des bénéfices obtenus pour l'Homme

venant des écosystèmes (**Millenium Ecosystem Assessment, 2005**). Ces avantages sont classés en différents termes selon leurs fonctions. Quatre grandes classes ont été déterminées : les services d’approvisionnement (l’alimentation, l’eau, le bois, ressources biochimiques et génétiques), les services de support (épuration de l’eau, le cycle biogéochimique des nutriments), les services culturels et les services de régulation (régulation des bioagresseurs et des risque naturels).

Un des intérêts les plus importants des légumineuses est la fixation symbiotique de l’azote atmosphérique (**Munier-Jolain et Carroué, 2003**). Ce processus biologique permet la réduction des intrants tels que les fertilisants minéraux azotés et de réduire les gaz à effets de serre (**Voisin et al., 2013**). Elles peuvent aussi apporter des protéines végétales et des acides aminés indispensables pour l’alimentation humaine ou animale (**Mollier, 2014 in Malezieux et al. 2009**). La diversification des rotations à l’aide des légumineuses empêche la sélection continue des adventices (ou mauvaises herbes) adaptées à des systèmes des cultures simplifiés (**Liebman et Dyck, 1993; Bellinder et al., 2004; Nazarko et al., 2005; Smith et Gross, 2007**). Les systèmes de cultures simplifiés peuvent avoir une perte de rendement de l’ordre de 34% due aux adventices qui sont en compétition pour les ressources (eau, nutriment et lumière) avec la culture en place (**Oerke, 2006**). Cette insertion dans les systèmes de culture permet de casser le cycle des bio-agresseurs et aussi de favoriser le développement des auxiliaires de culture (**Voisin et al., 2013**).

Cependant, même si l’insertion des légumineuses au sein des systèmes de culture apporte un certain nombre d’avantages et de services écosystémiques, plusieurs facteurs freinent à la diversification des rotations. Par exemple cette insertion complexifie ces systèmes donc cela demande de repenser l’organisation des exploitations avec le soutien des références scientifiques et des conseillers agronomes pour tirer profit au maximum des ressources naturelles (**Peyraud et al., 2012**). Le risque environnemental le plus important en insérant des légumineuses est la lixiviation de l’azote : lors de fortes précipitations, l’azote apporté par les légumineuses et contenu dans le sol peut être emporté (lixivié) par la pluie vers les nappes phréatiques entraînant leur pollution en nitrates (**Cohan et al., 2015**). C’est pour cela que les agriculteurs doivent être conseillés pour choisir la date de retournement des légumineuses, pour le choix des cultures suivantes et la gestion des inter-cultures pour éviter ces problèmes. D’autres freins s’opposent à cette insertion comme la méconnaissance des agriculteurs des services écosystémiques que peuvent apporter les légumineuses hormis



la fixation symbiotique (**Meynard et al., 2013 et Zhang et al., 2007 in Voisin et al., 2013**). S'ajoutant à cette méconnaissance, une grande variabilité des rendements des légumineuses et une faible marge brute sont évoquées par les agriculteurs (**Schneider et al., 2010 in Voisin et al., 2013**). Le manque de moyens techniques ou économiques comme par exemple l'équipement non adapté aux changements de pratiques ou l'absence de main d'œuvre peuvent aussi être un frein (**Chambre d'agriculture centre Val de Loire**).

Les principaux leviers à actionner pour l'insertion des légumineuses sont les conseils agronomiques pour orienter les agriculteurs à réorganiser leurs systèmes, à comprendre l'intérêt des légumineuses et le développement de filières pour la valorisation économique des légumineuses (**Vanloqueren et Baret, 2009 ; Roep et Wiskerke 2012 ; Meynard et al., 2013 in Voisin et al., 2013**).

## II) Présentation de l'organisme d'accueil et du projet Légitimes

### 1) Présentation de l'Unité Mixte de Recherche Agronomie (UMR)

Mon stage a été effectué dans l'UMR d'Agronomie (Unité Mixte de Recherche) de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA), celui-ci est le deuxième institut mondial dans le domaine des sciences agronomiques sur 696 instituts (**Thomson-Reuters, Essential Sciences Indicators, 2014**). Il a permis de publier 4 069 publications scientifiques (**Web of science, 2013**), cet institut est composé de 186 unités de recherches et 49 unités expérimentales.

Ces principales missions sont de produire et de diffuser des connaissances scientifiques par le biais d'articles scientifiques, de conseils aux agriculteurs ou alors par la formation de futurs professionnels. Il permet de concevoir des innovations, des savoirs pour la société et de développer la culture scientifique et technique et l'INRA participe aux débats scientifiques et sociétaux. Il développe des stratégies agronomiques assurant l'alimentation mondiale, la valorisation des différents territoires tout en considérant l'épuisement des ressources naturelles, en prenant en compte le bouleversement climatique.

L'UMR d'Agronomie est une des nombreuses UMR qui constituent l'INRA. Cette UMR a pour objectif de produire des connaissances et des outils pour concevoir et évaluer des systèmes de culture durables comprenant le local comme le global. Les recherches sont subdivisées en trois thèmes (**UMR Agronomie, 2014**):

- L'analyse et la modélisation des régulations biologiques à l'échelle de la parcelle et du paysage (dans lequel s'inscrit mon stage),
- La conception et l'évaluation des systèmes de cultures adaptés à des contextes variés,
- L'évaluation, à l'échelle globale, des performances et des impacts des systèmes de culture actuels et futurs.

## 2) Présentation du projet Légitimes

Mon stage s'inscrit dans le projet LEGITIMES (LEGume Insertion in Territories to Induce Main Ecosystem Services) qui a débuté en fin d'année 2014 et s'achèvera en 2017. L'objectif est d'évaluer et de mettre en place l'insertion des légumineuses dans un large territoire au sein de différents systèmes agricoles pour permettre de développer une agriculture plus durable et pour une meilleure gestion des ressources naturelles. Ce projet a été mis en place avec les acteurs locaux concernés tel que les agriculteurs dans une démarche participative et trois coopératives représentant les trois territoires étudiés et répondant aux débouchés économiques.

Le projet se subdivise en 3 tâches :

- T1 : analyse des raisons du déclin des légumineuses et mise en évidence des leviers de déverrouillage du système socio-technique actuel au niveau des exploitations agricoles et des filières
- T2 : acquisition, quantification et synthèse des services écosystémiques rendus par les légumineuses au sein des territoires d'étude en vue de les utiliser lors de la construction des scénarios territoriaux (étude de 2 ans, répétée 2 fois : performance de la légumineuse l'année n et réponse de la céréale suivante l'année n+1), tâche dans laquelle je réalise mon stage
- T3 : construction des scénarios territoriaux comprenant des systèmes de culture avec légumineuses, organisation des filières et évaluation des performances

Le projet est mené dans 3 différents observatoires, dont le choix des légumineuses étudiées a été fait en fonction des débouchés économiques locaux et des acteurs locaux.

- Pays de la Loire : parcelles de lupin en agriculture conventionnelle (lupin d'hiver en pur et en association avec du triticale, lupin de printemps)
- Bourgogne : parcelles de pois de printemps et de luzerne en conventionnel et en biologique

- Midi-Pyrénées : parcelles de soja pur en conventionnel et de soja pur, lentille pure et lentille associée au blé en agriculture biologique

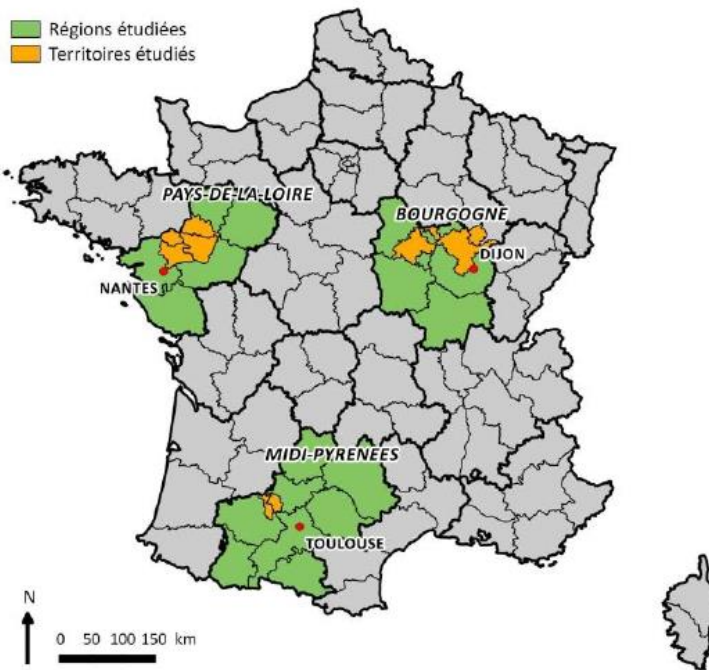


Figure 3: Carte de régions étudiées dans le cadre du projet LEGITIMES.

### 3) Problématique du stage

#### a) Etat de l'art

##### 1) *Compétitivité des légumineuses vis-à-vis des adventices*

Les légumineuses annuelles (tel que le pois) ou pluriannuelles (comme la luzerne) ont une grande variabilité des rendements (**Schneider et al., 2010 in Voisin et al., 2013**), qui est notamment causée par une faible compétitivité des légumineuses vis-à-vis des adventices en début de cycle lors de leur implantation. Les adventices sont des plantes indésirables là où elles se trouvent (**Afnor in Larousse agricole, 2002**). La compétitivité peut être définie par deux notions, soit une espèce est tolérante et persistante malgré une compétition pour les ressources limitées, soit celle-ci a la capacité d'éliminer sa concurrente. La compétitivité d'une culture est caractérisée par plusieurs facteurs : la hauteur de la plante, le développement du système racinaire (vitesse et architecture) et de la croissance des parties aériennes qui dépend de la vitesse du développement foliaire, du taux et sa vitesse de germination (**B. Frick, E. Johnson , 2012**)

Cette compétitivité peut être encouragée par des facteurs agronomiques tels que le choix variétal de la culture, par exemple le pois Nitouche (**Crozat et al., 2000 in G.Corre-Hellou et**

al., 2006) qui possède un développement rapide et volumineux (M. Valantin-Morison et al., 2008), ou l'application d'un désherbage mécanique ou chimique pour limiter le développement des adventices (M. Valantin-Morison et al., 2008)

## 2) Pression de sélection exercée par les légumineuses sur les adventices

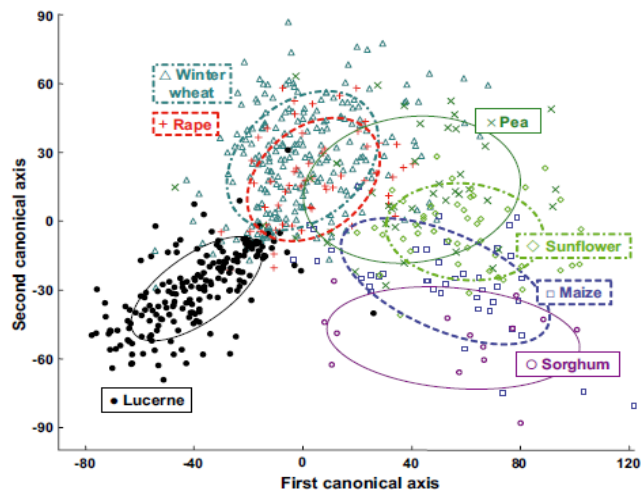


Figure 4 : Représentation graphique de la spécialisation des adventices en fonction de la luzerne comparé à différentes cultures (Helmut Meiss et al, 2009)

Ces facteurs appliqués sur la culture (la date de semis, les herbicides utilisés, le désherbage mécanique et la date de récolte) sélectionnent les adventices qui seront présentes sur la parcelle. D'après Fried et al. en 2008 (in Meiss et al., 2010), les facteurs anthropiques appliqués sur les cultures sont probablement plus importants pour expliquer la présence des adventices dans une parcelle que les facteurs environnementaux tels que le type de sol et le climat. Illustration avec l'étude de Meiss sur les différentes cultures :

**Le graphique 4** représente la différenciation de la composition en adventices dans des parcelles (points) selon différentes cultures (couleurs et cercles). Si les points sont proches alors les parcelles auront une population d'avertices similaires. Au contraire, si les points sont éloignés alors ces parcelles auront une population différente, cette étude (Helmut Meiss et al, 2010) porte sur plusieurs cultures. Le blé d'hiver et le colza semblent avoir une population d'avertices assez similaire, très différente de celle des cultures d'été (tournesol, maïs et sorgho). Les espèces retrouvées chez le pois sont intermédiaires, entre les cultures d'hiver et d'été, certainement lié au fait que le pois peut-être semé aux deux périodes. Enfin la luzerne est totalement isolée des autres cultures, due à sa pluri-annualité.

La date de semis va sélectionner la date de levée des adventices. Par exemple chez le pois de printemps, d'après Meiss (2010), la culture aura des espèces dominantes à germination

préférentiellement printannière telles que *Kicxia spuria*, *Polygonum aviculare*, et *Fallopia convolvulus* et si le développement du couvert n'est pas bien implanté en fin de printemps (avril-mai) des espèces estivales peuvent émerger, incluant *Amaranthus retroflexus*, *Setaria spp.*, *Solanum nigrum*, *Chenopodium album* et *Polygonum persicaria*.

Contrairement à une culture annuelle, les espèces fourragères pluriannuelles sont moins impactées par la présence des adventices à la date du semis. Ces cultures vont être en place sur plusieurs années permettant à d'autres pressions de sélection de s'exercer sur les adventices. Par exemple, la pérennité de la luzerne va favoriser les espèces adventices vivaces ou des espèces avec des cycles de vie court (**Andersson and Milberg, 1996; Teasdale et al., 2004; Albrecht, 2005; Hiltbrunner et al., 2008**).

La luzerne présente plusieurs avantages :

- La fermeture du milieu par une intense et forte canopée foliaire augmentant la compétition pour la lumière (**Helmut Meiss et al, 2010**), et qui permet l'interception des semences par le couvert (**Doisy et al. 2014**)
- La réduction du travail du sol pendant 2-6 ans durant l'exploitation de cette culture réduit la levée des adventices et diminue le taux de survie des graines par leur prédation (**Thiébeau et al, 2010**)
- La forte implantation du système racinaire (dense et profond) lui permettant d'être compétitive pour l'eau et les nutriments (**Meiss et al, 2010**)
- Le phénomène d'allélopathie, qui représente l'inhibition d'une plante par une autre par des composés chimiques relâchés dans l'environnement (**Malezieux et al, 2009**) a été observé chez la luzerne (**Khanh et al., 2005**)
- Et une perturbation aérienne par la fauche ou le pâturage :

La fauche consiste à couper le couvert et à récolter le fourrage (**cf. Annexe I**). Cette action permet de réduire temporairement la compétition pour la lumière, cependant la luzerne a une repousse rapide grâce à sa forte implantation souterraine (**Gosse et al., 1988; Meiss et al., 2008**).

Une étude réalisée sous serre sur l'analyse de la croissance post-fauche a montré des différences importantes entre des espèces adventices et des groupes fonctionnels d'espèces (**Thiébeau et al., 2010**). Un groupe fonctionnel est caractérisé par un ensemble d'adaptation morphologiques, écophysiologicals ou phénologiques des plantes en réponse aux facteurs biotiques et abiotiques du milieu (**Perronne, 2014**). Par exemple les espèces vivaces ont une

capacité de repousse plus importante que les espèces annuelles, de même que les graminées face à des espèces dicotylédones (Meiss et al., 2008). La fauche est un des facteurs qui va sélectionner un grand nombre d'adventices, par exemple les espèces ayant un port érigé telles que *Mercurialis annua*, *Chenopodium album*, *Fumaria officinalis*, *Sinapis arvensis* et *Cirsium arvensis* vont être détruites par cette action. Alors que d'autres espèces vont être favorisées par leur capacité à échapper à la fauche grâce à leur port en rosette (*Sonchus asper*, *Sonchus oleraceus*, *Crepis spp.*, *Picris spp.*, *Taraxacum officinalis* et *Capselle bursa-pastoris*) ou des plantes grimpantes telles que *Galium aparine* (Helmut Meiss et al, 2010).

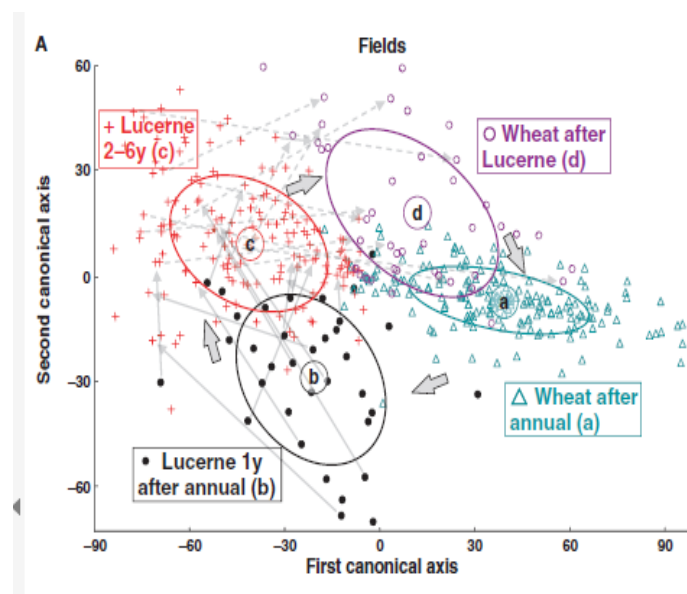


Figure 5 : Représentation graphique de la spécialisation des adventices en fonction de l'âge de la luzerne comparé au blé d'hiver et de printemps (Helmut Meiss et al, 2009)

Le graphique 5 est le même type de représentation que le graphique 4. Cette étude (Helmut Meiss et al, 2009) montre qu'au sein d'une rotation blé/luzerne, la population d'adventices change en fonction de la culture implantée. Au sein même de la luzerne, la population d'adventices change en fonction de son âge c'est-à-dire, une luzerne d'un an aura une population différente qu'une luzerne âgée de 2 à 6 ans. Un blé après une luzerne aura une population d'adventices différente (et moins spécialisée, non montré dans le graphique) de celle d'un blé après une culture annuelle d'où l'intérêt de diversifier la rotation en insérant des cultures pluriannuelles.

### 3) Intérêt des associations légumineuses/graminées pour lutter contre les adventices

Pour contrer les variabilités de rendement rencontrées chez les légumineuses annuelles, l'association avec des graminées peut stabiliser voire même augmenter les rendements de légumineuses (**Bedoussac et al., 2015**). Une association consiste à cultiver au moins deux espèces simultanément sur une même parcelle, elles peuvent être semées ou récoltées à différentes dates, elles doivent croître ensemble pendant une partie de leur développement (**Willey et al., 1979**). D'après **Liebman et Dyck en 1993**, les différents systèmes racinaires de deux espèces associées se complètent pour permettre d'optimiser le prélèvement des ressources du sol et limiter le développement des plantes indésirables. De même, les adventices subissent une plus forte compétition pour la lumière, grâce à la complémentarité des systèmes foliaires des cultures en association. Cette forme de culture permet d'avoir une réduction des parasites et des maladies grâce à l'effet de dilution (c'est-à-dire moins de concentration d'une même espèce sur une même surface au sein de la culture). Les associations entre légumineuses et graminées permettent également aux graminées d'avoir :

- un meilleur taux protéique contenu dans leurs grains (**Bedoussac et al., 2015**)
- une meilleure résistance à la verse.
- Le phénomène de facilitation s'exerce aussi au sein de la culture, c'est un processus par lequel deux espèces différentes interagissent de manière à ce qu'une des plantes ait un effet positif sur l'autre et s'il y a un effet positif dans les deux sens alors c'est équivalent au mutualisme (**Malezieux et al, 2009**). Dans ce cas l'espèce fixatrice d'azote va permettre à la graminée une meilleure absorption de cet élément ce qui la rendra plus compétitive face aux adventices

#### b) Problématique

Mon stage s'inscrit dans la deuxième tâche du projet Légitimes et a pour objectif d'étudier l'effet de différents modes d'insertion des légumineuses sur les adventices en Bourgogne et en Pays de la Loire sur deux années consécutives.

On cherche à répondre à la question suivante :

- **Est ce que la conduite (conventionnelle ou biologique) ou le mode d'insertion (pur ou associé) des légumineuses modifient l'abondance et la diversité des adventices ?**

D'après les connaissances actuelles, on émet l'hypothèse que le lupin en association sera plus compétitif que le lupin pur. Les résultats de l'an dernier confirment cette hypothèse, avec une réduction de 60% des adventices (soit 21 plantes/m<sup>2</sup> en association contre 52 plantes/m<sup>2</sup> en pure).

Concernant la luzerne, les résultats ont montré que la fauche réduisait de manière importante les adventices qu'elle soit en biologique ou en conventionnelle.

La luzerne biologique semble être plus efficace que la luzerne conventionnelle, ce constat résulte de passage d'outil agricole plus fréquent car il y environ 2 fois plus d'aération du sol, 3 fois plus de désherbage mécanique avant le reprise de la luzerne (début de printemps), 2 fois plus de préparation du lit de semence et la même fréquence de retournement du sol qu'en conventionnel lors du semis (**Cf. annexe II et III**). Ces facteurs peuvent influencer la repousse en sortie hiver de la luzerne. Par exemple l'aération du sol peut permettre à la luzerne de croître plus rapidement, le désherbage mécanique entraîne aussi un amoindrissement de la compétition et une suppression des adventices plus précocement contrairement aux herbicides utilisés plus tardivement.

Pour finir, le pois conventionnel était plus compétitif face aux adventices qu'un pois biologique, ce fait est certainement lié à l'utilisation d'herbicides.

L'objectif de mon stage est de réaliser une deuxième campagne de mesure dans ces différentes cultures pour confirmer ou infirmer ces premiers résultats et de mieux comprendre les raisons de ces réponses.

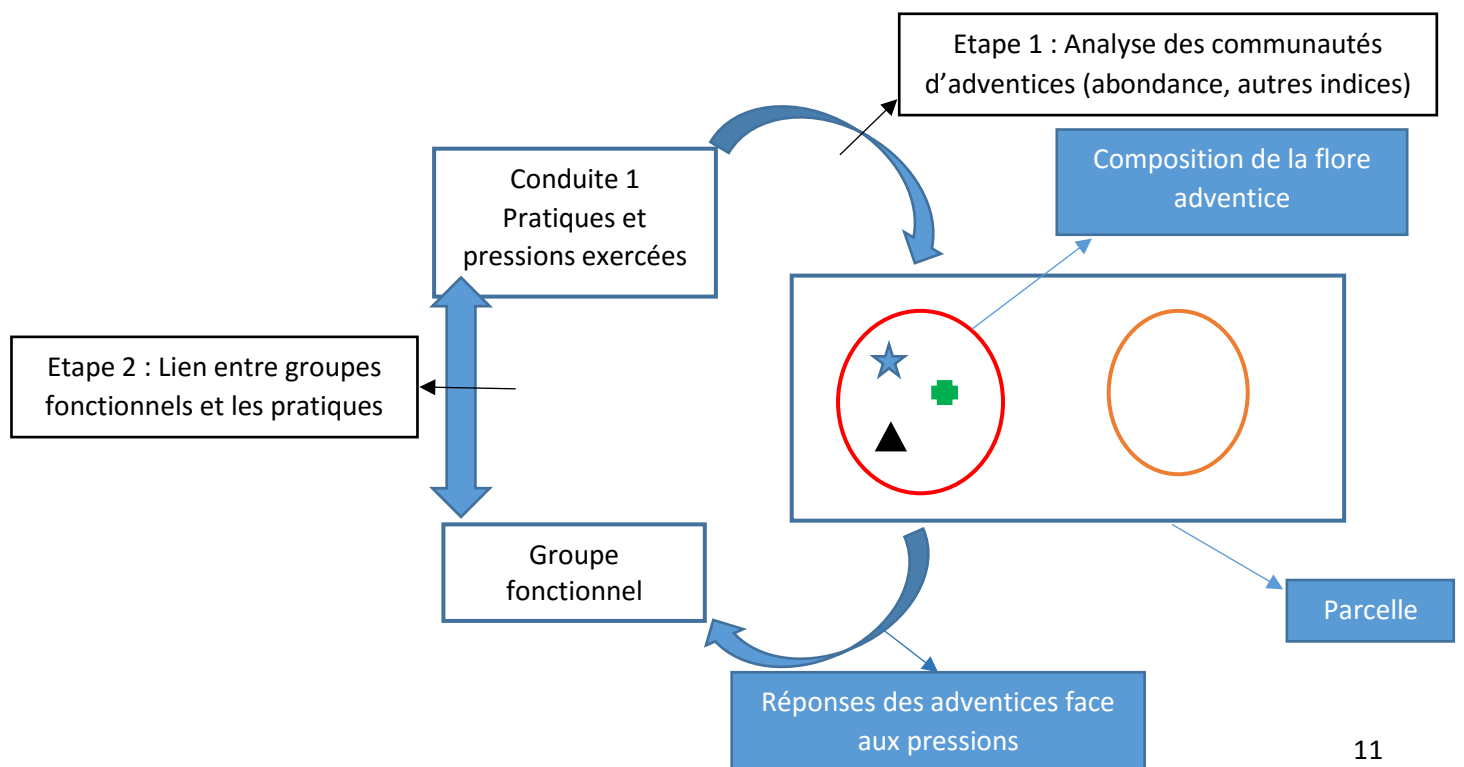


Figure 6: Schéma de compréhension du traitement statistique.



Pour répondre à ces objectifs, une première étape consistera à analyser à l'échelle de communautés différentes indices de diversité, l'abondance, l'indice de Shannon, la richesse spécifique et l'équitabilité, en fonction des cultures et des traitements (conduite et mode d'insertion) sur les deux années consécutives (l'année 2014-2015 et l'année 2015-2016).

Dans la deuxième étape, nous constituerons des groupes fonctionnels d'adventices à partir des espèces adventices observées et nous étudierons leur répartition dans les différentes situations en mettant en relation les groupes fonctionnels avec les pratiques des parcelles.

### III) Matériel et méthode

#### 1) Description du dispositif de suivi

##### a) Réseaux de parcelles des deux observatoires

Mon stage porte sur deux observatoires, celui de Bourgogne et du Pays-de-la-Loire. Le réseau d'agriculteurs a été au préalable livré par les coopératives d'agriculteurs régionales (Dijon Céréales pour la Bourgogne et TERRENA pour les Pays-de-la-Loire), nous permettant ainsi de les contacter.

L'observatoire de Bourgogne est composé de 17 parcelles et celui du Pays de la Loire en compte 4 parcelles, ces parcelles sont conduites par des agriculteurs qui sont libres de pratiquer les itinéraires techniques de leurs choix. Cette année le pois en agriculture biologique n'a pas été réitéré en Bourgogne car nous n'avons pas trouvé de parcelles, à cause de rendements trop faibles dus à des maladies ou des champignons et des conditions climatiques défavorables. Les cultures suivant les parcelles de l'année dernière ont également été observées mais je ne les ai pas étudiées dans le cadre de mon stage.

Les mesures réalisées sont : observation de la flore, mesures des composantes du rendement et prélèvement de sol, trois zones ont été délimitées au sein de chaque parcelle, ces zones sont composées de deux placettes (de 0,5 m<sup>2</sup>) où les prélèvements et les observations sont effectués, soit six répétitions par parcelle (**Figure 7**).

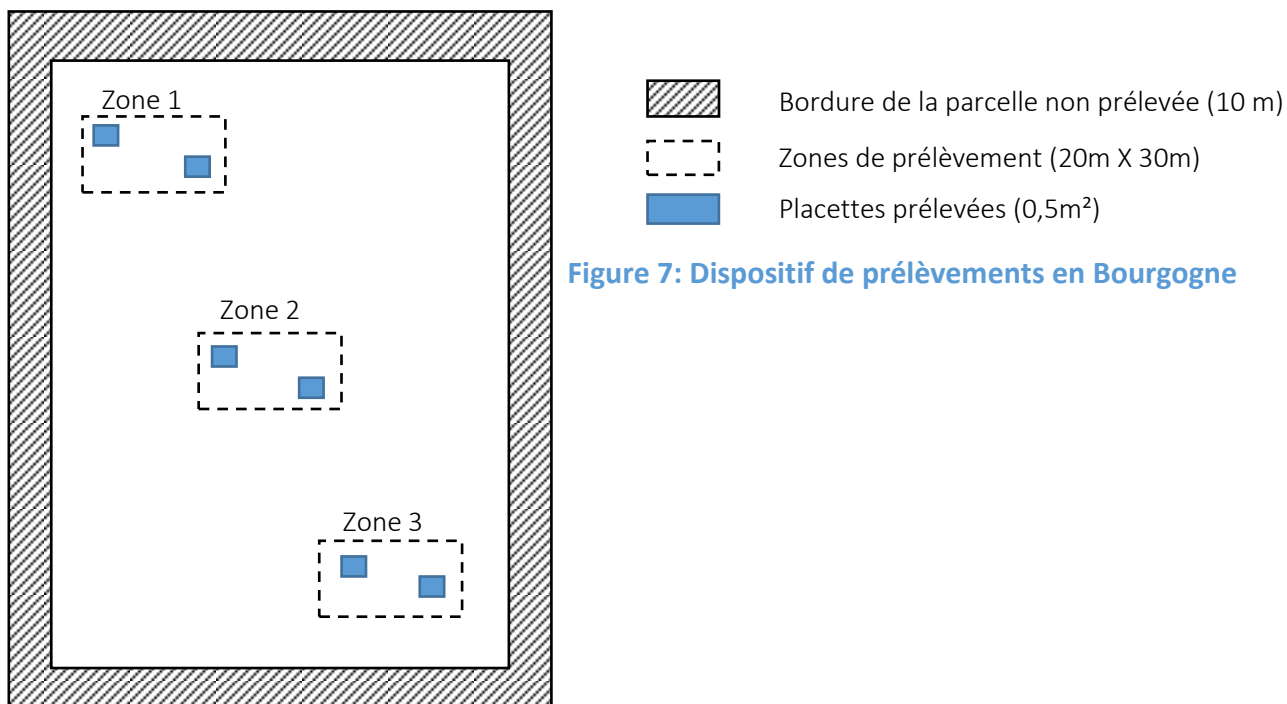







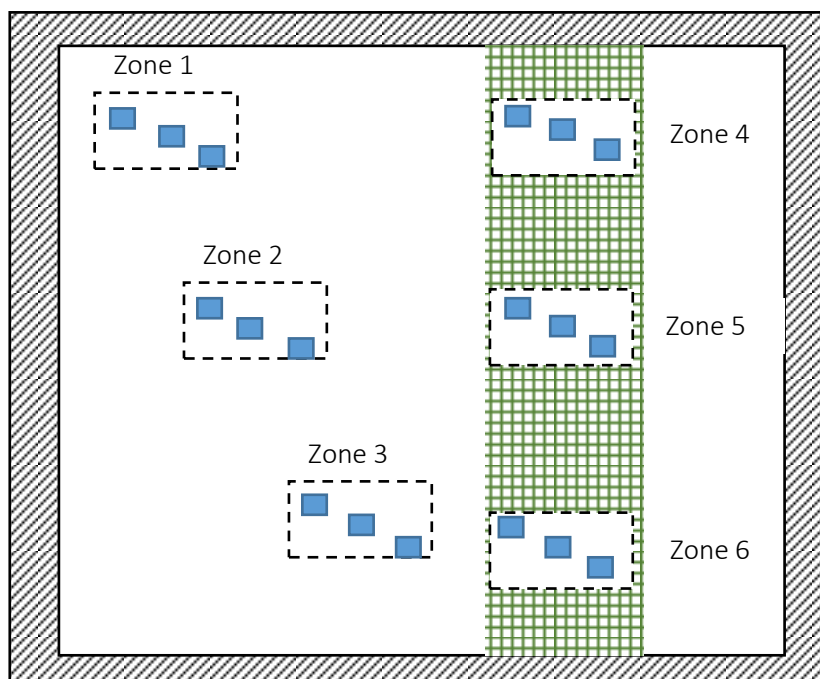
Figure 7: Dispositif de prélèvements en Bourgogne

Nous effectuons des mesures à chaque stades phénologiques pour le pois et à chaque pour la luzerne. Les placettes sont alors réparties dans d'autres emplacements de la même zone que celle du précédent prélèvement. Le fonctionnement des codes de parcelles ont été mis en **Annexe IV et V**.

Dans les Pays-de-la-Loire se trouvent quatre parcelles en conventionnel (qui ont été annotées de P206 à P209) pour l'année n+1. Pour l'année n, il y avait 5 parcelles numérotées de P101 à P105. Toutes ces parcelles ont été semées en lupin d'hiver en association avec du triticale sauf une bande qui a été semée en lupin pur, il y a donc deux modalités au sein d'une parcelle (**Cf. Figure 8**). Chacune de ces modalités présente trois zones, celles-ci font environ 20 x 30 m, soit un total de six zones par parcelle. Au sein de ces zones, trois placettes d'observation sont mises en place pour faire les relevés. Les placettes représentent environ 3 rangs de la culture x 1 m, celles-ci sont donc de taille variable en fonction de l'inter-rang réalisé par l'agriculteur. Comme en Bourgogne, de nouvelles placettes sont délimitées dans les mêmes zones pour chaque stade de relevé, à proximité des placettes précédentes. (**Cf. tableau 1**)

-  Bordure de la parcelle non prélevée (10 m)
-  Lupin en association avec du triticale
-  Lupin pur
-  Zones de prélèvements (20m X 30m)
-  Placettes prélevées (1m X 3 rangs)

**Figure 8 : Dispositif de prélèvement en Pays de la Loire**



**Tableau 1: Récapitulatif du réseau d'observation pour l'année 2016.**

Région	Culture	Conduite	Parcelles	Nombre de placettes/parcelles
Bourgogne	Pois	Conventionnelle	6	6
	Luzerne	Conventionnelle	5	6
		Biologique	6	6
Pays de la Loire	Lupin pur	Conventionnelle	5	9
	Lupin/triticale			9

#### b) Enquêtes sur les itinéraires techniques

Les parcelles étudiées sont uniquement des parcelles agricoles avec des itinéraires techniques (ITK) propres à chaque agriculteur, certains d'entre eux ont plusieurs parcelles mises à disposition pour le projet. Il est donc nécessaire de répertorier les ITK complets pour avoir des facteurs explicatifs sur l'abondance ou/et l'absence d'adventices d'où la nécessité de réaliser des enquêtes sur leurs pratiques au sein des parcelles des observatoires. Ces enquêtes portent aussi sur l'impression/retour des agriculteurs vis-à-vis des légumineuses et leurs objectifs visés avec l'implantation des légumineuses.

Les questionnaires ont été réalisés soit par téléphone, par mail ou directement sur le terrain en fonction de la disponibilité des agriculteurs, j'ai participé à l'enquête en Bourgogne et une autre équipe en charge de la région l'a effectuée en Pays-de-la-Loire.

Pour chaque parcelle, l'itinéraire technique est renseigné pour l'année en cours de la légumineuse (une année pour le pois et plusieurs années pour la luzerne) ainsi que sur la culture précédente et sur la succession cultural.

Les ITK complets pourront nous permettre de comprendre la présence des adventices au sein des parcelles, ces facteurs sont :

- la date et le type d'implantation de la culture,
- le type de travail du sol,
- les herbicides utilisés,
- l'âge de la culture et les différentes dates de fauche (luzerne),
- les quantités d'azote apportées,
- le précédent cultural.

## 2) Observation de la flore adventice

Les dates de notation d'adventices sur les parcelles ont été choisies en fonction des stades phénologiques ou des fauches selon la culture. Les stades sont **(Cf. Annexe VI)**:

- Le début de floraison (DF) et la maturité physiologique (MP) pour le pois et le lupin
- La notation adventices est réalisée avant chaque fauche pour la luzerne, elles sont au compte de trois (F1, F2, F3).

Deux critères de notation ont été choisis pour évaluer les adventices présentes sur une placette :

- **Une note d'abondance** allant de 1 à 5 attribuée à chaque espèce d'adventices rencontrée sur une placette. Cette note est issue de l'échelle de Barralis qui correspond à des intervalles du nombre d'individus trouvés pour une espèce présente sur un m<sup>2</sup>. Cette échelle a été adaptée à nos placettes de 0,5 m<sup>2</sup> (**Tableau 2**). Une autre adaptation a dû être faite pour les placettes en Pays de la Loire (taille de 0,5 m<sup>2</sup>, 1 m<sup>2</sup> et 1,5 m<sup>2</sup>) car celles-ci étant de taille variable selon l'inter-rang réalisé par l'agriculteur. Cette échelle de Barralis permet d'avoir un gain de temps lors de la récolte des données et selon les techniciens qui l'utilisent il y a peu de variabilité d'abondance, cependant elle est moins représentative que l'abondance réelle dans les placettes.

- Puis une notation sur **le stade de développement de chaque adventice**:

Le stade plantule (P) est caractérisé par une plantule ayant 2 à 4 feuilles, ensuite il y a le stade végétatif (V), le stade floraison (F) et pour finir le stade grenaison (G). Ces stades permettent de caractériser la population d'une espèce d'adventice et permet d'émettre des hypothèses sur l'augmentation du stock semencier via le stade grenaison. Une espèce est caractérisée par un stade lorsque cette espèce à plus de 50% de ses individus dans ce stade.

La détermination ainsi que les informations sur la biologie des espèces et les codes BAYER sont tirés de différentes flores : le guide Jean Mamarot et al., 2014, Streeter et al., 2011 et les sites Internet HYPPA INRA (« HYPPA Accueil » 2015) et EPPO (« EPPO - EPPT - Search EPPT » 2015)

**Tableau 2: Choix de correspondance entre l'échelle de Barralis, la taille des placettes et le nombre d'individus au m<sup>2</sup>.**

	Echelle de Barralis	Adaptation de l'échelle de Barralis pour 0,5 m <sup>2</sup>	Choix d'analyse
Note	Intervalle d'abondance	Intervalle d'abondance	Nombre de plantes/m <sup>2</sup>
0	0	0	0
1	Moins de 1 plante / m <sup>2</sup>	pas d'équivalence	0,5
2	1 à 3 plantes / m <sup>2</sup>	1	2
3	3 à 20 plantes / m <sup>2</sup>	2 à 10	12
4	20 à 50 plantes / m <sup>2</sup>	11 à 25	35
5	Plus de 50 plantes m <sup>2</sup>	plus de 25	50

### 3) Traitement de données

#### a) Choix de la liste d'espèces pour l'analyse

Tous les calculs et le traitement de données ont été effectués sur Excel 2010 ou alors sur R studio.

Dans un premier temps, les notes des abondances par placette attribuées à chaque espèce ont été transformées en abondance au m<sup>2</sup>. Le milieu des intervalles de la classe de Barralis a été utilisé pour cette transformation, exceptée pour la dernière note (note de 5) qui ne possède qu'un minimum dans ce cas de figure, le minimum de l'intervalle a donc été choisi (**Tableau 2**).

On dispose alors d'une base de données correspondant aux relevés effectués sur le terrain (abondance et stade) et contenant un grand nombre d'adventices en fonction des cultures et de l'année étudiée. Certaines espèces ont été éliminées de la base de données en raison de leur faible représentativité.

- 2 critères ont été pris en compte pour ces listes :

$$\text{La fréquence d'occurrence} = \frac{\text{nombre de fois où l'on observe l'individu sur tous les relevés}}{\text{nombre de fois où l'on observe tous les individus sur tous les relevés}} * 100$$

$$\text{L'abondance} = \frac{\text{nombre d'individus totale de l'espèce considéré}}{\text{nombre total d'individus relevés pour toutes les espèces}} * 100$$

Toutes les espèces qui ont une fréquence d'occurrence < 0,4% ou une abondance < 0,2% sont écartées. Les détails des espèces retenus ont été mis en **Annexe VII**.

#### b) Traitement statistique

- **Calcul des indices de diversités :**

A partir de ces nouvelles listes d'espèces, les données de chaque culture sont traitées séparément. Quatre indices de diversité sont calculés à partir des relevés, à l'échelle de la placette :

- L'abondance A : nombre d'individus présents au m<sup>2</sup>
- La richesse spécifique S : nombre d'espèces différentes rencontrées
- L'indice de Shannon H : indicateur de la diversité floristique de la parcelle observée

$$H = - \sum_{i=1}^S pi * \log(pi)$$

H = indice de biodiversité de Shannon
i = une espèce du milieu d'étude
p(i) = ni/N
ni = nombre d'individu de l'espèce
N = nombre d'individus de toute les espèces

- L'indice d'équitabilité J : obtenu par l'indice de Shannon, permettant d'observer la répartition des différentes espèces d'adventices, soit une espèce ou un groupe d'espèces dominantes ou une répartition homogène de toutes les espèces (équirépartition)

$$J = \frac{H}{Hmax} = \frac{- \sum_{i=1}^S pi * \log(pi)}{\log(S)}$$

(Source des indices : Kéfi, 09/2012.)

- **Modèles statistiques :**

Ensuite, il faut déterminer quels modèles statistiques est le mieux adapté pour traiter chaque indice sur le logiciel R.

Le modèle de chaque culture sera choisi selon le résultat des AIC (indice d'Aikake) pour les 4 indices, à l'échelle de la parcelle. Ces modèles permettent de tester les différents facteurs, quels facteurs sont significatifs. Les facteurs sont l'effet conduit (Conventionnelle vs Biologique), l'effet année (2014-2015 vs 2015-2016), l'effet stade (la date de prélèvement),

l'effet du mode d'insertion (en association ou en pure) pour le lupin uniquement. Le modèle qui aura l'AIC le plus faible sera retenu pour l'analyse des données. La fonction utilisée est un modèle linéaire généralisé (glm) qui suit une loi de Poisson (loi utilisée pour les dénombrements).

Pour l'observatoire de Bourgogne, 4 modèles ont été testés pour le pois et 6 modèles ont été testés pour la luzerne :

- Le pois 2015:

(Sélection de l'année 2015 pour étudier l'effet stade et l'effet conduite car en 2016 il n'y a que du conventionnel donc pas de comparaison possible sur l'effet de la conduite)

**Modèle 1 : glm(A~ stade+conduite+stade:conduite)**

**Modèle 2: glm(A~ stade+conduite)**

- Le pois 2015-2016:

(Sélection de la conduite conventionnel pour étudier l'effet stade et année car en 2016 il n'y a que des conventionnels donc pas de comparaison possible sur l'effet année pour la conduite biologique)

**Modèle 3 : glm(A~ stade+annee+stade:annee)**

**Modèle 4 : glm(A~ stade+annee)**

- La luzerne :

**Modèle 1 : glm (A~stade+conduite+annee+stade:conduite + stade:annee +conduite:annee)**

**Modèle2 :glm(A~stade+conduite+annee+stade:conduite+stade:annee)**

**Modèle3 :glm(A~stade+conduite+annee+ stade:annee)**

**Modèle 4 : glm (A~stade+conduite+annee+stade:conduite + stade:annee + conduite:annee + annee:conduite:stade)**

**Modèle5 :glm(A~stade+conduite+annee+stade:conduite+stade:annee+annee:conduite:stade)**

**Modèle6 :glm(A~stade+conduite+annee+ stade:annee+annee:conduite:stade)**

Pour l'observatoire des Pays-de-la-Loire :

- Le lupin :

**Modèle1 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+stade:mode\_insertion+stade:annee+mode\_insertion:annee)**

**Modèle2 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+stade:mode\_insertion+mode\_insertion:annee)**

**Modèle3 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+mode\_insertion:annee)**

**Modèle4 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+stade:mode\_insertion+stade:annee+mode\_insertion:annee+ annee:mode\_insertion:stade)**

Modèle5 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+stade:mode\_insertion+mode\_insertion:annee+annee:mode\_insertion:stade)

Modèle6 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+mode\_insertion:annee+annee:mode\_insertion:stade)

Par la suite, l'ANOVA sera effectuée sur le modèle avec le plus faible AIC pour définir quels facteurs sont significatifs. La significativité des facteurs sera traduite par la *p-value* représentée par un nombre de « \* » représenté ci-dessous :

\*\*\* :  $0 < p\text{-value} < 0,001$  (très significatif)  
 \*\* :  $0,001 \leq p\text{-value} < 0,01$   
 \* :  $0,01 \leq p\text{-value} < 0,05$   
 . :  $0,05 \leq p\text{-value} < 1$   
 ns : non significatif ( $p\text{-value} \geq 1$ )

Des boxplots seront représentés pour chaque variable (A, S, H ou J) en fonction de la significativité des ANOVA, les moustaches s'étendent par défaut jusqu'à la valeur distante d'au maximum 1,5 fois la distance interquartile. Le trait le plus bas de la boîte correspond au premier quartile du jeu de données soit 1/4 de l'échantillon de la population, la médiane sera représentée par un trait épais (soit 1/2 de l'échantillon), le trait le plus haut de la boîte correspond au troisième quartile c'est-à-dire 3/4 de l'échantillon et la moyenne sera représenté en un point rouge.

**Tableau 3: Tableau récapitulatif des traits biologiques choisis pour les groupes fonctionnels pour la luzerne et le pois**

Variabiles	Cotylédons	Morphologie aérienne	Date et durée de germination	Date et durée de floraison	Désherbage chimique	Désherbage mécanique	Cycle de vie
Modalités	Mono/Dicotylédone	Dressée, rosette, rampante, grimpante	Tout l'année, l'automne, le printemps (durée de 1 à 4 saisons)	Toute l'année, mars, avril, mai, juin et juillet (durée de 1 à 12 mois)	Résistant aux antigraminées, Résistant aux anticotylédones, Sensible aux antigraminées ou aux anticotylédones	Résistant par le biais de structure (stolon, rhizome...), sensible aux désherbages.	Géophyte, Thérophyte, Hémicryptophyte, thérophyte
Réponses aux pressions de sélection	réponses aux herbicides de manière différente, réponses à la fauche différente	Port grimpante adapte au pois, rosette adapté à la fauche	Répondent à la date de semis (pois) et à l'ouverture du milieu (fauches)	Cycle de l'adventice arrive à terme	Réponses aux herbicides	Réponses de manières différentes selon l'utilisation de tel ou tel outil mécanique	Thérophyte = espèces annuelles spécialisés pour le pois et hémicryptophyte-thérophyte = espèces pluriannuelles (luzerne)

**Référence bibliographique** : issu de l'état de l'art

Cotylédons : **BASF, 2015**

Date et durée de germination et floraison: **Meiss et al.,(2010)**

Désherbage chimique et mécanique : **M. Valantin-Morison et al.,2008**

Morphologie aérienne : **Helmut Meiss et al, 2010**

Cycle de vie : **Hiltbrunner et al., 2008**



- **Groupe fonctionnel :**

Pour constituer des groupes fonctionnels, il faut identifier et sélectionner des traits biologiques qui répondent aux facteurs agronomiques exercés par l'agriculteur. Les variables retenues sont présentées dans le **tableau 3**:

Une base de données a été constituée via une recherche bibliographique en regroupant tous les traits fonctionnels cités ci-dessus pour chaque espèce présente les cultures données (luzerne et pois). Les adventices du lupin n'ont pas été étudiées par manque de données des itinéraires techniques. L'analyse a été effectuée sur les données 2015.

La base de données est ensuite traitée par la fonction: AFDM (Analyse Factorielle de Données Mixtes) sur R. L'AFDM permet de regrouper/dissocier les espèces en fonction de leur ressemblance/dissembance pour les traits fonctionnels. Plus les espèces sont proches graphiquement, et plus elles se ressemblent pour un trait spécifique donné. Pour utiliser une AFDM la base de données ne doit pas comporter de données manquantes (NA). Certaines espèces ayant peu de référence bibliographique tel que le colza (repousse), le mouron bleu, l'orge, le melilot officinal et le trèfle violet ont été supprimées pour pouvoir continuer les traitements statistiques ainsi que deux variables qui avaient peu de référence dû à la complexité des recherches (désherbage mécanique et chimique).

Pour constituer les groupes fonctionnels, une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) est utilisée afin de regrouper les espèces adventices possédant des traits communs.

Les abondances des groupes fonctionnels dans les parcelles, sont calculées à partir des abondances moyennes des espèces constituant ces groupes.

Les pratiques des agriculteurs ont une influence sur la présence/absence des espèces dans une parcelle agricole (**Fried et al. 2008 in Meiss et al., 2010**). Pour prendre en compte cet effet, nous avons réalisé des groupes d'itinéraire technique en fonction de l'intensité d'utilisation d'herbicide/pesticides. Pour le pois, les itinéraires techniques sont séparés en trois groupes : le pois biologique, le pois conventionnel avec une faible Indicateur de Fréquence de Traitement d'Herbicide (IFTH) et le pois conventionnel avec un fort IFTH. Le pois conventionnel a été séparé en fonction des doses utilisées soit pour le pois à bas IFTH < 1 et le pois à haut IFTH > 1 (**Cf. Annexe VIII**). La luzerne est caractérisée par la conduite biologique et conventionnelle car il y n'y a pas de distinction significative d'utilisation d'herbicides.

Tableau 4: Représentation synthétique de la base de données utilisée pour effectuer les groupes fonctionnels

	Cycle	Cotyledone	MorphoAe	DebGermina	DureGermin	DebFloraIso	DureFloraIso	TypeRepro
TAROF	pluriannuell	dicot	rosette	annee		4 avril	7	drageon
ALOMY	annuelle	monocot	herbacee	automne		3 avril	3	graine
MYOAR	annuelle	dicot	dressee	automne		2 avril	7	graine
STEME	intermediair	dicot	rampante	annee		4 annee	12	graine.enrac

Une base de données des traits fonctionnels a été effectuée pour la culture du pois et celle de la luzerne (15 traits et 57 espèces).

Le tableau 4 représente sommairement la base de données effectuée pour établir les groupes fonctionnels. Les traits sélectionnés étaient nombreux: hauteur maximal, résistance aux herbicides, nitrophilie, morphologie racinaire, type de sol, structure du sol, condition hydrologique, cycle, cotylédone, morphologie aérienne, début de la germination, durée de la germination, début de la floraison, sa durée et le type de reproduction. Cependant certaines variables ne permettaient pas de départager les espèces. Par exemple, toutes les espèces partageaient les mêmes modalités pour la variable nitrophilie et la morphologie racinaire (réponse aux désherbages mécaniques). La hauteur maximale (production d’ombrage par la culture), la résistance aux herbicides (résistance de certaines espèces aux produits actifs) et la préférence des espèces aux conditions hydrologiques avaient beaucoup de données manquantes. Le type et la structure de sol apportaient peu d’information car toutes les parcelles se situent dans une zone argilo-calcaire. Le cycle de vie des adventices a été aussi supprimé car les informations étaient redondantes avec la variable type de reproduction.

La base de données s’est donc résumée à sept variables différentes sur quinze initialement qui répondaient aux différentes pressions exercées dans les cultures (Cf. tableau 3).

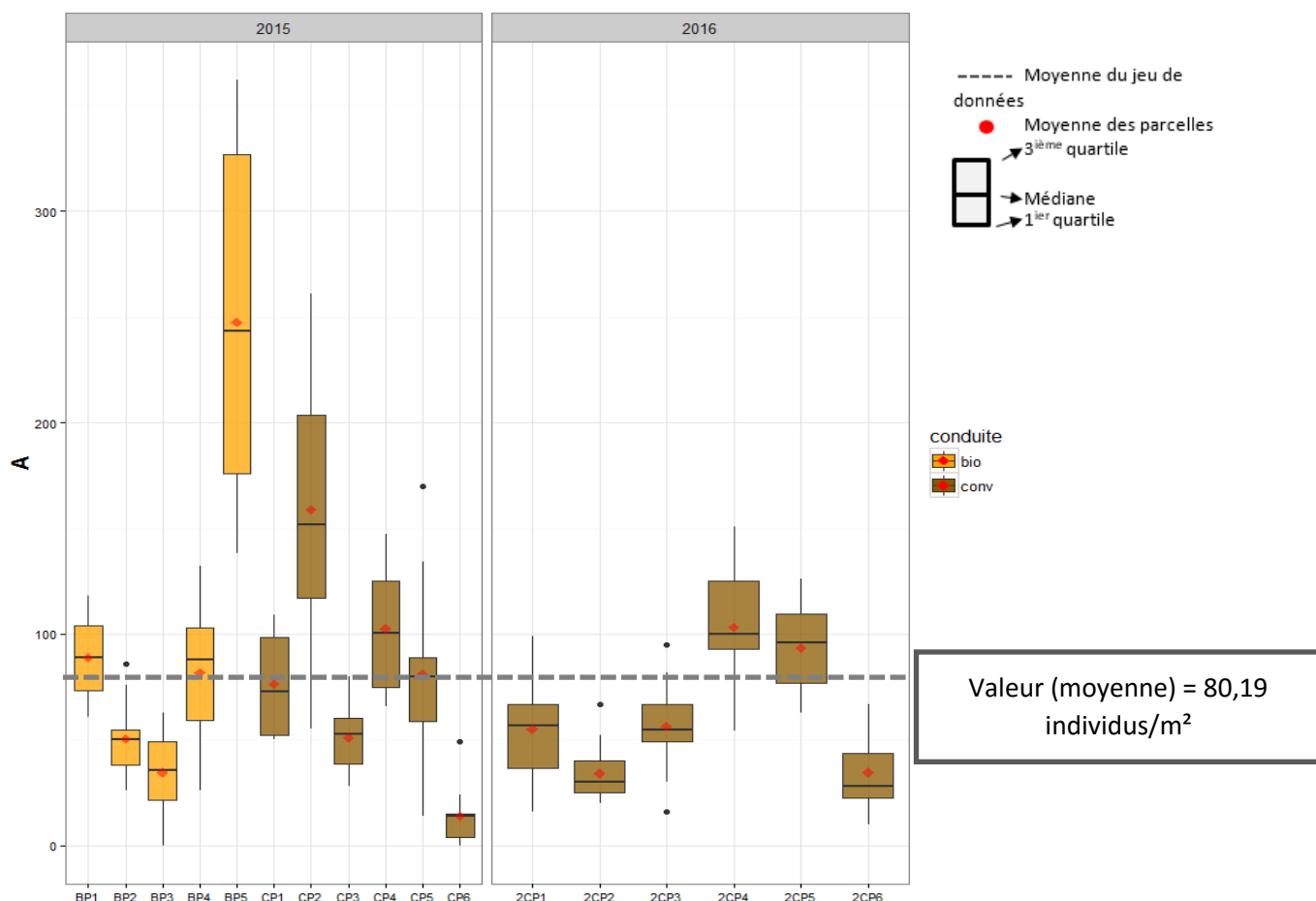
## IV) Résultats

### 1) Analyse à l'échelle des communautés des adventices

#### a) Analyse des communautés en fonction des parcelles

##### 1) Dans la culture du pois

**Figure 9: Représentation graphique de l'abondance en adventices des différentes parcelles en fonction de la conduite du pois et de l'année (deux dates d'observation prises en compte).**



La figure 9 représente l'abondance moyenne de chaque parcelle pour l'année 2014-2015 et l'année 2015-2016. En 2014-2015, cette année-là est constituée de pois biologique (BP1 à BP6) représenté en orange et de pois conventionnel en marron (CP1 à CP6), en 2015-2016, il y a que 6 parcelles de pois conventionnel (2CP1 à 2CP6).

On observe deux valeurs extrêmes : la parcelle BP5 (247 individus/m<sup>2</sup>) et la parcelle CP2 (158 individus/m<sup>2</sup>). L'abondance moyenne des autres parcelles est comprise entre 14 et 103 individus/m<sup>2</sup>. On obtient ainsi une abondance moyenne sur les deux années de 80,19 individus/m<sup>2</sup> sans les valeurs extrêmes.

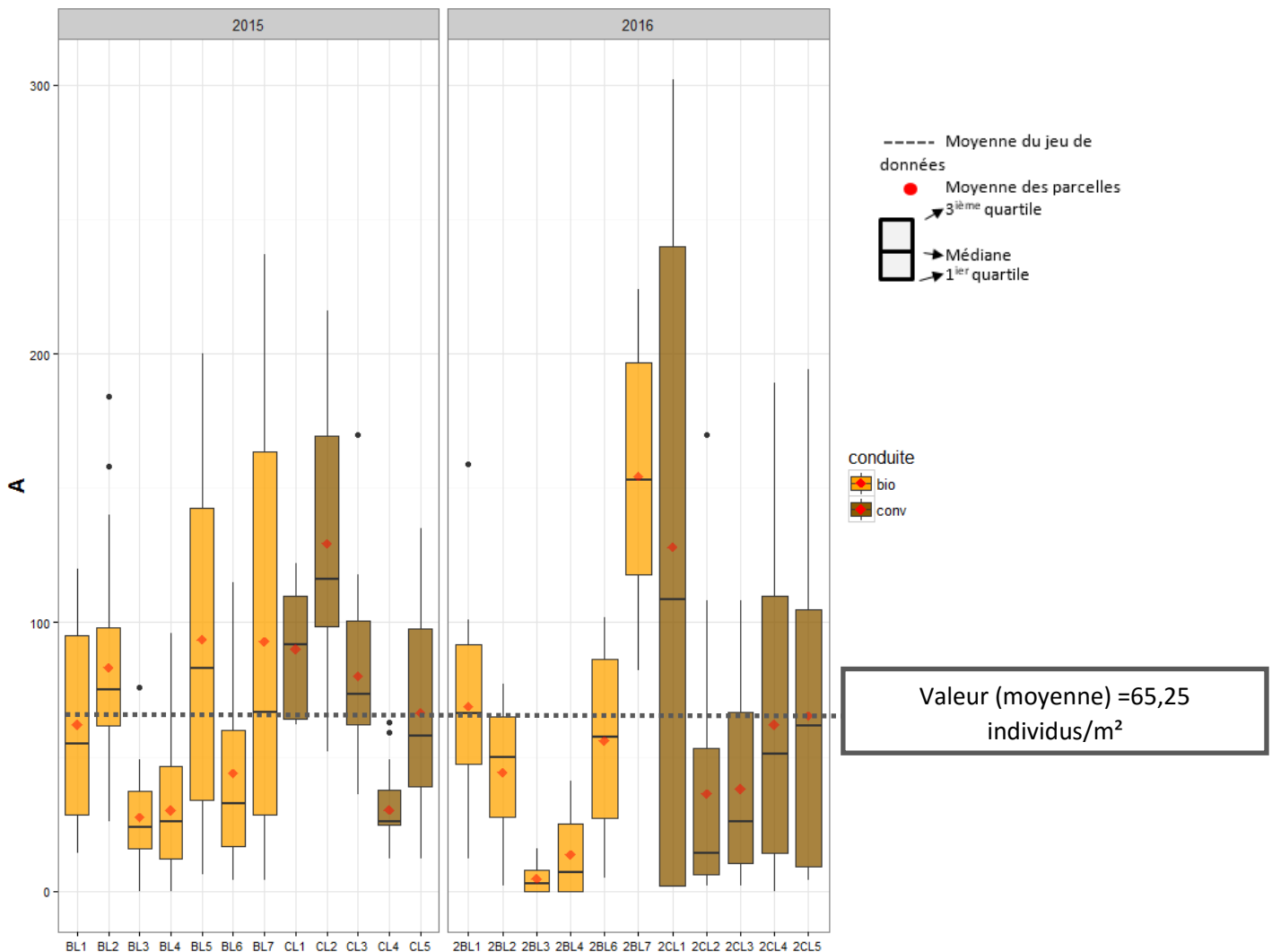
L'influence de la conduite sera étudiée pour l'année 2014-2015 (pois biologique vs pois conventionnel). Les parcelles qu'elles soient en conventionnelle ou en biologique, celles-ci ont des abondances comprises entre 14 individus/m<sup>2</sup> et 102 individus/m<sup>2</sup>. La moyenne des abondances en conduite biologique est de 100 individus/m<sup>2</sup> et conventionnelle, elle est de 81 individus/m<sup>2</sup>, la conduite conventionnelle est plus efficace face aux adventices de 20 individus/m<sup>2</sup>. Cependant, en conventionnel il y a une plus grande variabilité allant de 14 individus/m<sup>2</sup> à 100 contrairement en biologique où l'abondance moyenne varie peu c'est-à-dire 35 à 89 individus/m<sup>2</sup>. La figure nous montre que quelque soit la conduite adoptée en 2014-2015, il y a peu de différence entre les abondances moyennes.

L'influence de l'année sera prise en compte entre le conventionnel 2014-2015 et le conventionnel 2015-2016. En 2014-2015 chez le conventionnel deux parcelles sortent du lot c'est-à-dire CP2 qui a une forte abondance soit 159 et CP6 qui possède une très faible abondance soit 14. Les parcelles CP1, CP4 et CP5 possèdent des abondances situées entre 70 individu/m<sup>2</sup> et 100 individu/m<sup>2</sup>. La variabilité est plus faible l'année suivante, avec un min de 30 ind/m<sup>2</sup> et un max de 60 ind/m<sup>2</sup>.

Les résultats sur les autres indices de diversité sont présentés dans les **annexes IX et X**

## 2) Dans la culture de la luzerne

Figure 10: Représentation graphique de l'abondance en adventices des différentes parcelles en fonction de la conduite et de l'année chez la luzerne (3 fauches prises en compte quand disponibles)



La figure 10 représente l'abondance moyenne de la luzerne de chaque parcelle pour l'année 2014-2015 et l'année 2015-2016. En 2014-2015, cette année-là est constituée de la luzerne biologique représentée en orange (BL1 à BL7) et de la luzerne conventionnelle en marron (CL1 à CL5). En 2015-2016, il y a six parcelles de luzernes biologiques en orange (2BL1 à 2BL7, sans BL5) et cinq luzernes conventionnelles en marron (2CL1 à 2CL5).

Dans ce graphique, les trois parcelles CL2, 2BL7 et 2CL1 ont des abondances extrêmes avec une abondance moyenne respectivement de 129 individus/m<sup>2</sup>, 154 individus/m<sup>2</sup> et 128 individus/m<sup>2</sup>. L'abondance moyenne est de 65 individus/m<sup>2</sup>.

En 2014-2015, l'abondance moyenne de la luzerne biologique atteint 61,86 individus/m<sup>2</sup> contre 79,26 individus/m<sup>2</sup> en conventionnel. En 2015-2016, la luzerne biologique possède

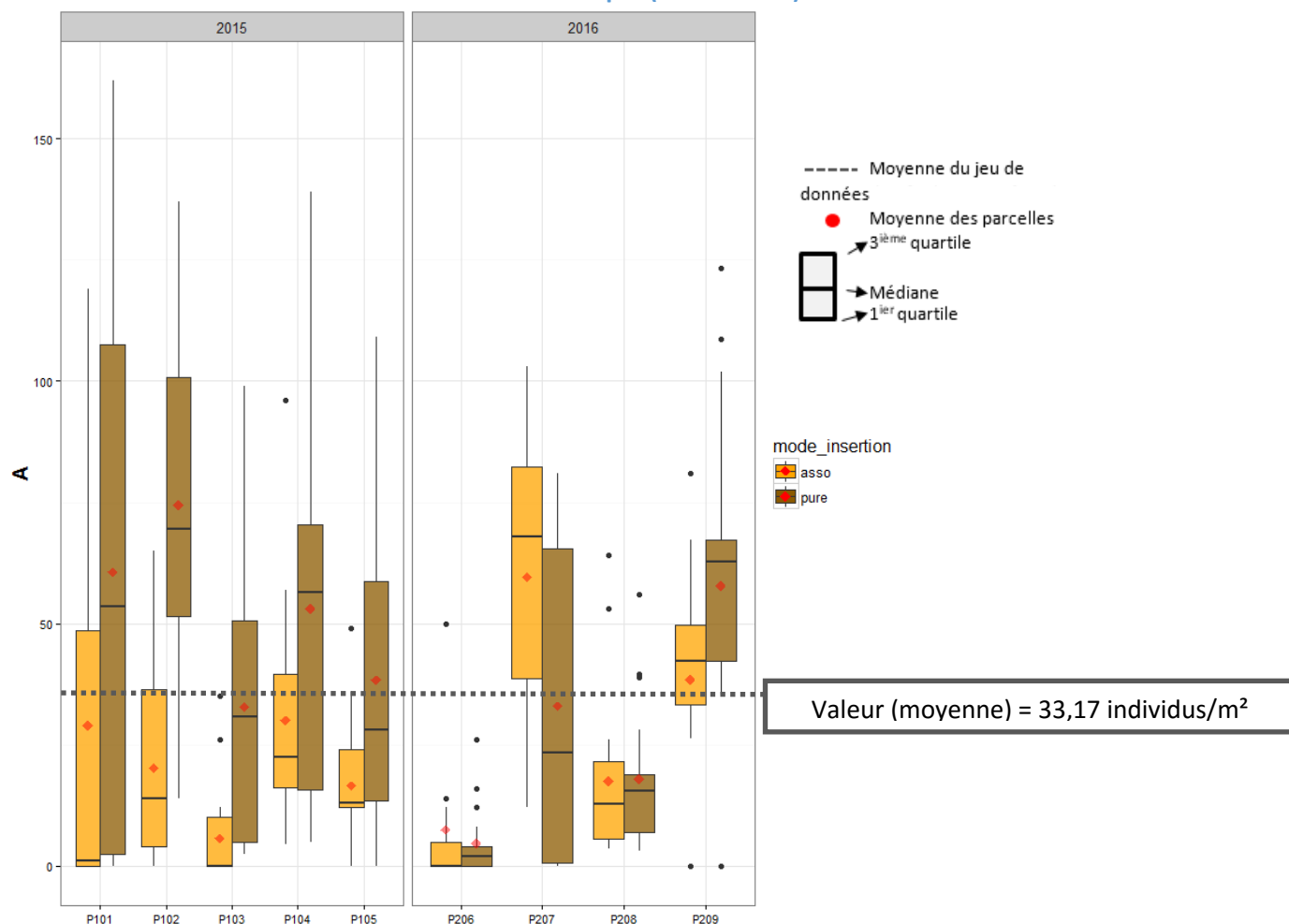
une abondance moyenne de 48,83 contre 65,91 individus/m<sup>2</sup> en conventionnel. Quelle que soit l'année, la luzerne biologique possède une abondance moyenne inférieure à celle en conventionnel avec un écart de 15 à 20 individus/m<sup>2</sup>.

Les parcelles étudiées en 2015-2016 ont des abondances allant de 4 individus/m<sup>2</sup> jusqu'à 70 individus/m<sup>2</sup> sauf pour 2BL7 et 2CL1 (valeurs extrêmes). L'abondance moyenne de l'année 2014-2015 correspond à 63 individus/m<sup>2</sup>, toutes conduites confondues. On constate que cette moyenne est plus faible en 2015-2016, avec une réduction de 20 indiv/m<sup>2</sup>.

Les résultats sur les autres indices de diversité sont présentés dans les **annexes XI et XII**.

### 3) Dans la culture de le lupin

Figure 11: Représentation graphique en abondance moyenne des différentes parcelles en fonction du mode d'insertion et de l'année chez Le lupin (deux stades)



La figure 11 représente l'abondance des adventices dans le lupin pur et le lupin en association avec du triticale en 2014-2015 et 2015-2016. Ce graphique représente la variabilité temporelle entre les deux stades pour l'année 2014-2015 et l'année 2015-2016 est de 4 mois entre le stade DF et MP.

Les parcelles de 2014-2015 sont nommées de P101 à P105 soit en association en orange ou en pure en marron sur la même parcelle et en 2015-2016 les parcelles sont codées de P206 jusqu'à P209, en association la couleur correspond au orange et en pure en marron.

On peut observer la variabilité annuelle et la variabilité entre le mode d'insertion (pur vs association).

Les parcelles en pur de l'année 2014-2015 ont des abondances allant de 30 individus/m<sup>2</sup> jusqu'à 72 individus/m<sup>2</sup> (moyenne de 52) contrairement aux parcelles en association qui possèdent des abondances allant de 5 individus/m<sup>2</sup> à 30 individus/m<sup>2</sup> (moyenne de 20).

Donc en 2014-2015, les cultures en association sont plus compétitrices que les cultures en pure.

En 2015-2016, les parcelles en pur ont des abondances allant de 5 individus/m<sup>2</sup> jusqu'à 58 individus/m<sup>2</sup> alors que en association l'abondance varie de 7 individus/m<sup>2</sup> jusqu'à 60 individus/m<sup>2</sup>. Donc en 2015-2016, il y a peu de différence dans les intervalles d'abondance, avec en moyenne en pur les parcelles ont une abondance de 28 individus/m<sup>2</sup> et en association les parcelles ont une abondance de 31. Donc en 2015-2016, il n'y a pas de différence entre les cultures en association ou en pure.

En 2015-2016, la variabilité semble plus faible qu'en 2014-2015. En abondance moyenne en 2014-2015, il y a 36 individus/m<sup>2</sup> contre 30 individus/m<sup>2</sup> en 2015-2016.

On voit donc qu'il semble y avoir un effet année avec une efficacité moins faible en 2015-2016 de l'association pour diminuer l'abondance des adventices.

Les résultats sur les autres indices de diversité sont présentés dans les **annexes XIII et XIV**.

#### b) Analyse des communautés en fonction des facteurs étudiés

##### 1) Dans la culture du pois

Les facteurs étudiés sont les effets de : conduite, stade et année (**Tableau 5 et Annexe XV**).

- **Modèle 2: glm(A~ stade+conduite)**
- **Modèle 4 : glm(A~ stade+annee)**

**Tableau 5: Comparaison des modèles par l'AIC du pois et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés**

	Pois biologique et conventionnel 2015	Pois conventionnel 2015-2016
Modèle 2	1023,2	NA
Modèle 4	NA	632,73

	Pois biologique et conventionnel 2015 (Mod2)	Pois conventionnel 2015-2016 (Mod4)
Année	NA	*** (2,07*10 <sup>-07</sup> )
Conduite	*** (8,04*10 <sup>-14</sup> )	NA
Stade	*** (8,43*10 <sup>-07</sup> )	*** (2,14*10 <sup>-11</sup> )

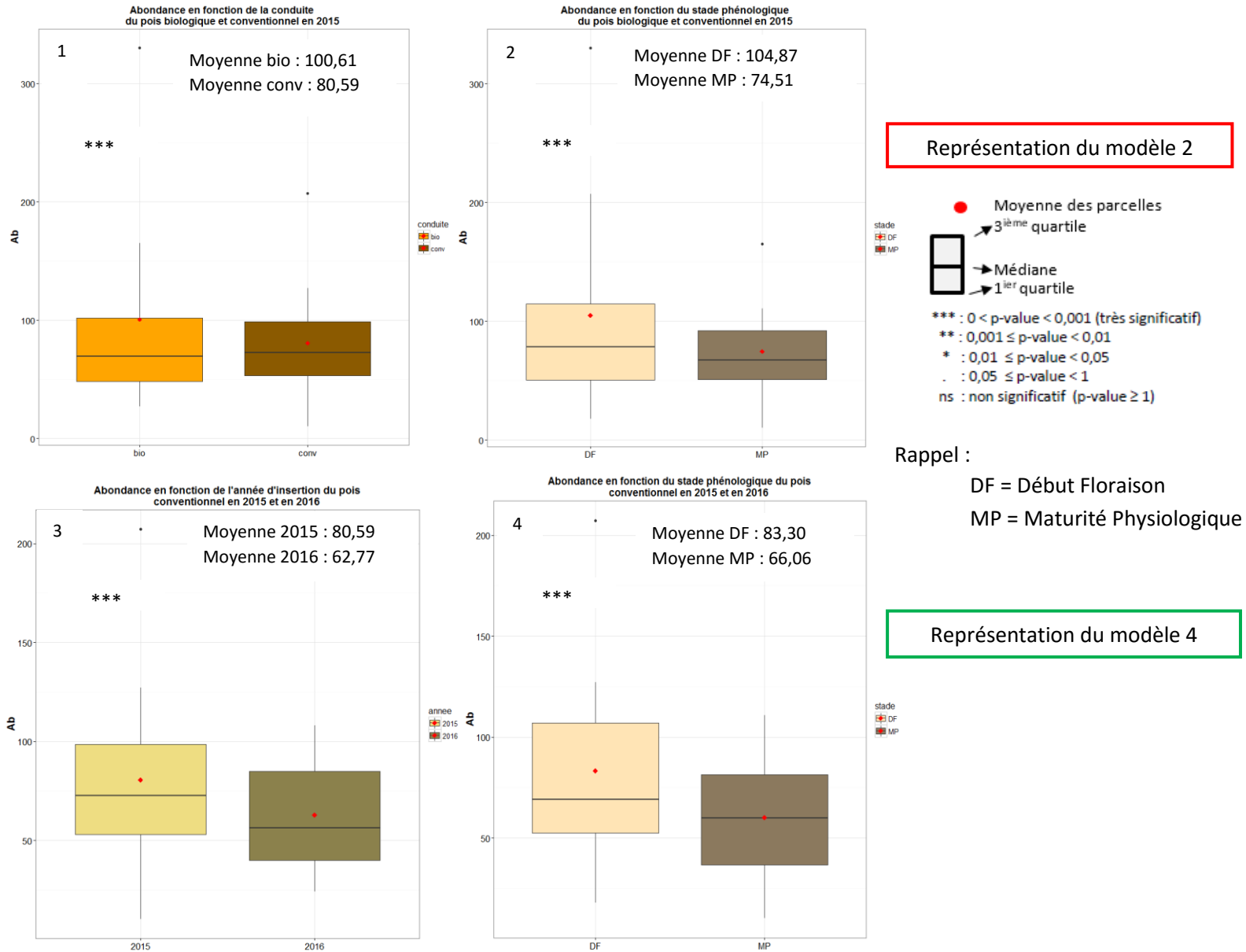
Pour l'analyse de l'effet de la conduite (bio vs conventionnel), uniquement le jeu de données de 2015 est utilisé. Le modèle 2 a l'AIC le plus faible, avec un effet de la conduite et du stade significatifs.



Pour l'analyse de l'effet de l'année, seules les données de pois conventionnel sont utilisées.

Le modèle 4 indique un effet significatif de l'année et du stade.

Figure 12: Représentation graphique en fonction des résultats significatifs des facteurs Cf annexe XVI



Les deux premières figures sont issues des modèles 2 et les deux dernières figures sont représentatives du modèle 4 (Figure 12) :

Dans la figure 1, on voit que la conduite biologique (en orange) a une moyenne d'abondance de 100 individus/m<sup>2</sup> contrairement à la conduite conventionnelle (en marron) qui a une abondance de 80 individus/m<sup>2</sup>. Il y a un écart de 20 individus/m<sup>2</sup> entre les deux conduites (avec une *p-values* de  $8,04 \cdot 10^{-14}$ ), cependant le premier quartile et le troisième quartile se chevauchent correspondant à la variabilité des résultats entre les différentes parcelles.

La variabilité entre les deux stades phénologiques est représentée dans la figure 2, DF obtient une moyenne de 104 individus/m<sup>2</sup> contre 74 individus/m<sup>2</sup> au stade MP. En 2015, l'abondance du pois est significativement différente entre les deux stades étudiés ( $p\text{-value} = 8,43 \cdot 10^{-7}$ ).

La figure 3 représente la différence entre les deux années chez le pois conventionnel. La moyenne de 2014-2015 est de 80 individus/m<sup>2</sup> contre 62 individus/m<sup>2</sup> en 2015-2016 ce qui représente un écart de presque 18 individus/m<sup>2</sup> qui est significatif avec une  $p\text{-value}$  de  $2,07 \cdot 10^{-7}$ . La médiane de 2014-2015 possèdent 70 individus/m<sup>2</sup> contre 55 individus/m<sup>2</sup> soit un écart de 15 individus/m<sup>2</sup> et le premier quartile et le troisième quartile sont espacés de la même façon dans les deux cas ce qui représente une variabilité interannuelle importante.

L'abondance dans le pois conventionnel est significativement différente entre les stades phénologiques sur les deux années ( $p\text{-value}$  de  $2,14 \cdot 10^{-11}$ ). Le stade DF possède une abondance moyenne de 83 individus/m<sup>2</sup> contre 66 individus/m<sup>2</sup> dans le stade MP, soit un écart de 17 individus/m<sup>2</sup> (Figure 4). Cet écart est aussi remarqué entre les deux stades phénologiques entre le biologique et le conventionnel en 2015 dans la figure 2 avec un écart de 20 individus/m<sup>2</sup>.

## 2) Dans la culture de la luzerne

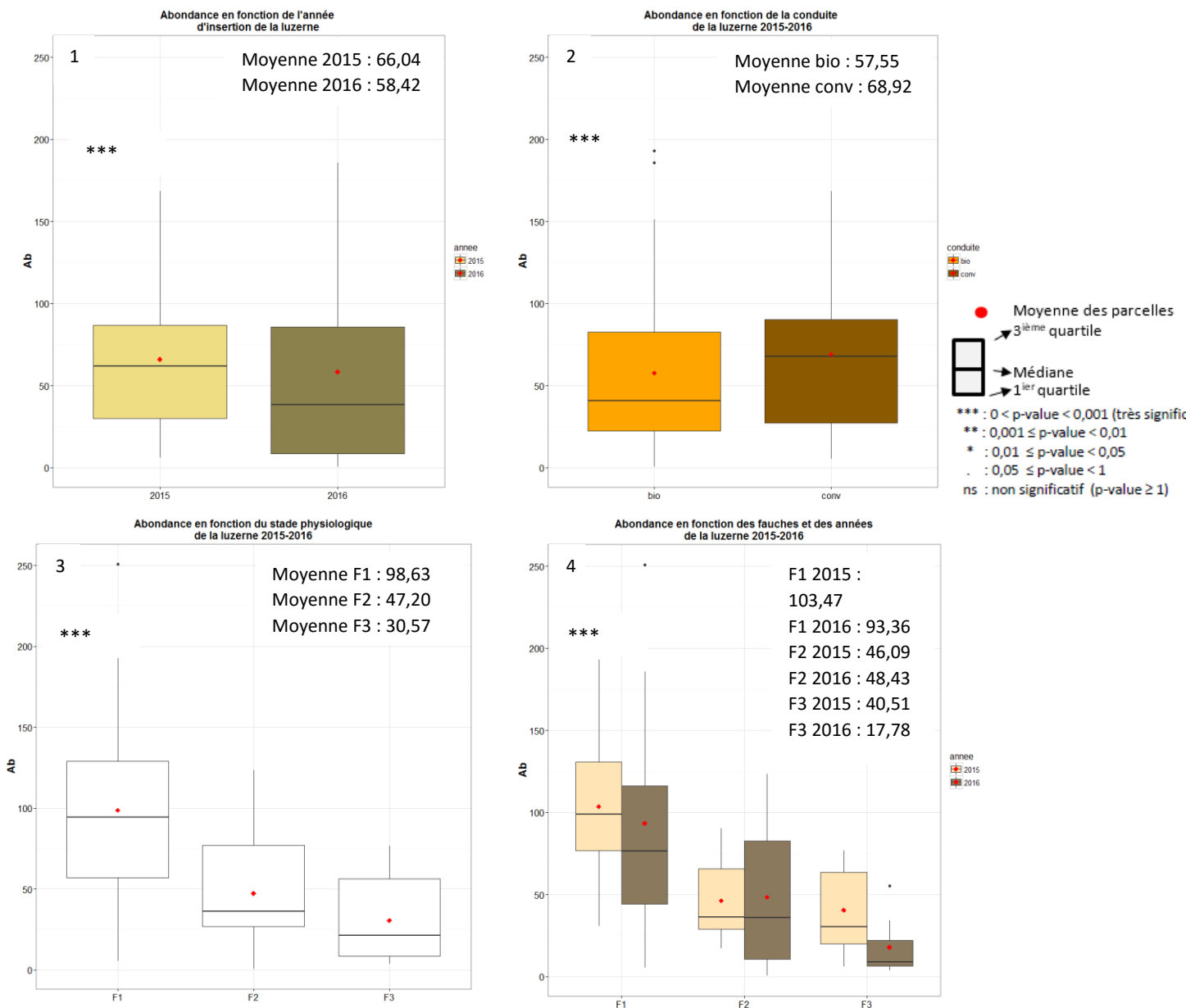
Le modèle retenu pour expliquer l'abondance dans la luzerne est (**Tableau 6, Annexe XVII**):

- **Modèle3 :glm(A~stade+conduite+annee+ stade:annee)**

**Tableau 6: Comparaison des modèles par l'AIC du pois et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés**

	Luzerne
Modèle 3	1927,6
	Luzerne Mod 3
Année	*** (2,00*10-06)
Conduite	*** (1,35*10-09)
Stade	*** (<2,2*10-16)
Année:Conduite	NA
Année:stade	*** (8,33*10-14)
Conduite:Stade	NA
Année:Conduite:S	NA

Figure 13: Représentation graphique en fonction des résultats significatifs des facteurs (Annexe XVIII).



Le graphique 1 représente la différence entre les deux années étudiées (2014-2015 vs 2015-2016), la boîte à moustache beige est l'année 2014-2015, cette année a une abondance de 66 indiv/m<sup>2</sup> contre 58 indiv/m<sup>2</sup> en 2015-2016 en beige foncé (avec une plus forte variabilité). Il y a un faible écart entre les deux années soit une différence de 8 individus/m<sup>2</sup>, cependant l'effet est significatif avec une *p-value* de  $2 \cdot 10^{-6}$ .

Dans la figure 2, on voit que la conduite biologique (en orange) a une moyenne de 57 individus/m<sup>2</sup> contre 69 individus présents/m<sup>2</sup> soit une différence de 12 individus/m<sup>2</sup> avec une *p-value* de  $1,35 \cdot 10^{-9}$ .

Le troisième graphique montre l'effet de la fauche sur l'abondance des adventices, la F1 correspond à la fauche 1, F2 équivaut à la fauche 2 et F3 est équivalent à la fauche 3. Dans la

première fauche, il y a 99 individus/m<sup>2</sup> quel que soit la conduite et l'année. Il y a une baisse de deux fois le nombre d'individus/m<sup>2</sup> à la F2, soit équivalent à 47 individus/m<sup>2</sup>. Entre la F2 et la F3, il y a une baisse de 17 individus/m<sup>2</sup> ce qui représente 30 individus/m<sup>2</sup> à la fauche 3. La *p-value* est de  $2,2 \cdot 10^{-16}$  ce qui représente le plus haut taux de significativité.

La dernière figure correspond à l'interaction entre l'effet fauche et l'effet année, les graphiques en beige correspondent à l'année 2014-2015 et les figures en marron équivalent à l'année 2015-2016. En F1, l'abondance en 2014-2015 est de 103 individus/m<sup>2</sup> contre 93 individus/m<sup>2</sup> en 2015-2016 soit une différence de 10 individus/m<sup>2</sup> entre les deux années. On constate une diminution entre les deux premières fauches comme dans la figure 3, cependant l'abondance de la fauche 2 en 2014-2015 est de 46 individus/m<sup>2</sup> contre 48 individus/m<sup>2</sup> en 2015-2016 soit un écart de 2 individus/m<sup>2</sup> ce qui est peu significatif entre les deux années. Entre la F3 et la F2 de l'année 2014-2015, il y a une réduction de 6 individus/m<sup>2</sup>, contre une baisse de 30 individus/m<sup>2</sup> en 2015-2016. Dans la fauche 3 on retrouve un écart significatif des abondances soit un écart de 23 individus pour l'année 2014-2015. Cette interaction possède une *p-value* de  $8,33 \cdot 10^{-14}$ . Comme chez le pois, il y a bien une variabilité entre les différentes dates de prélèvements, soit entre les 3 fauches au cours de l'année. Il y a deux mois en général entre les deux premières fauche voire un mois dans certains cas, et entre la deuxième fauche et la troisième fauches globalement il y a un ou deux mois d'écart entre les deux prélèvements quel que soit l'année de prélèvement.

### 3) Dans la culture de le lupin

On analyse le modèle 2 possédant la plus faible AIC entre les trois premiers modèles. L'abondance est la variable à expliquer selon les différents facteurs tels que l'effet du stade, l'effet du mode d'insertion (pure vs association) et l'effet année (**Annexe XIX**).

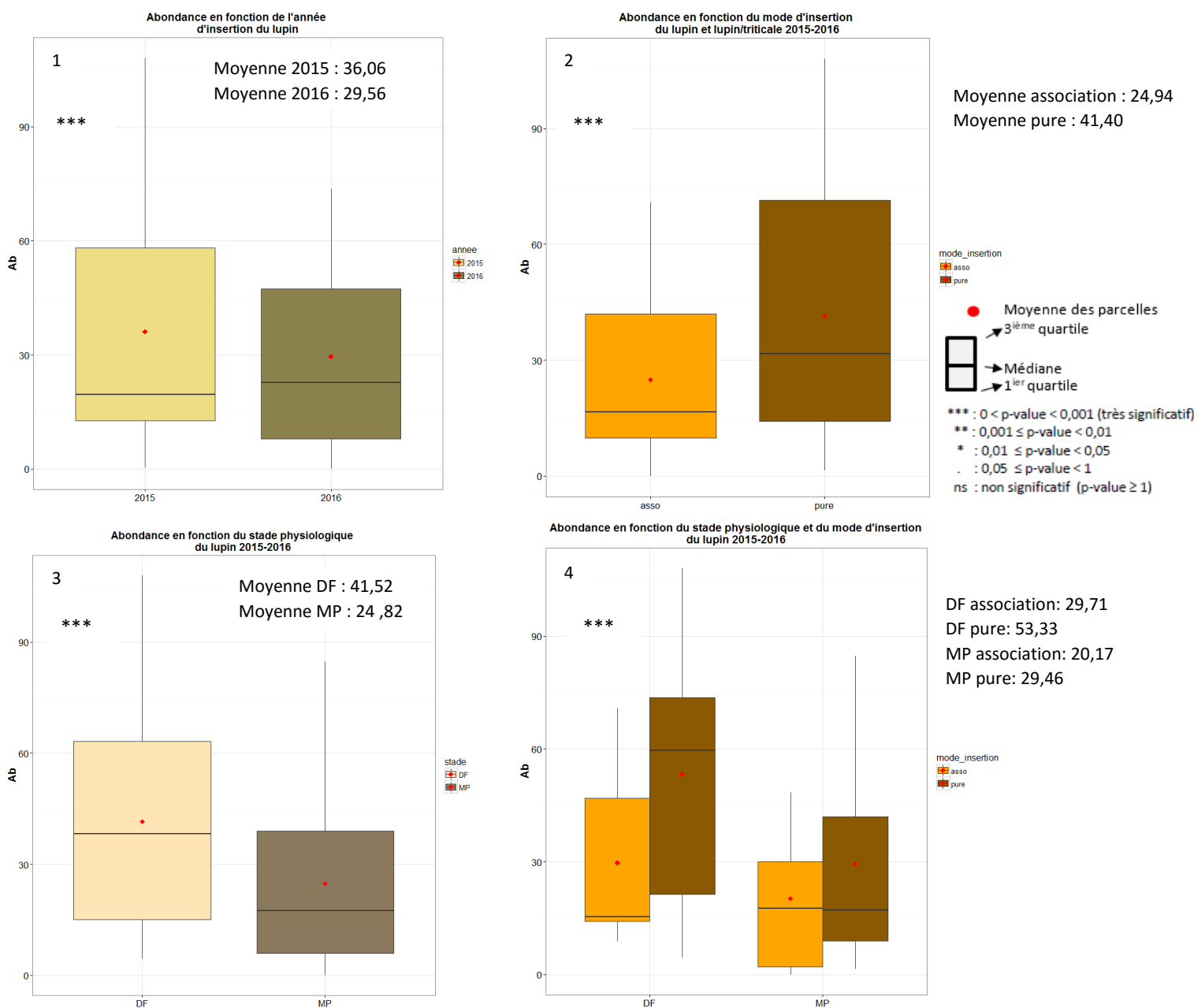
Le modèle retenu pour expliquer l'abondance chez le lupin est (**Tableau 7**):

- **Modèle2 :glm(A~stade+mode\_insertion+annee+stade:mode\_insertion+mode\_insertion:annee)**

**Tableau 7: Comparaison des modèles par l'AIC du lupin et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés**

	Lupin
Modèle 2	845,82
	<b>Lupin Mod 2</b>
Année	*** (0,74*10 <sup>-04</sup> )
Stade	*** (<2,2*10 <sup>-16</sup> )
Mode d'insertion	*** (<2,2*10 <sup>-16</sup> )
Année:stade	NA
Année:Mode d'ins	ns (0,10)
Stade:Mode d'inse	*** (<2,2*10 <sup>-16</sup> )
Année:Stade:Mod	NA

**Figure 14: Représentation graphique en fonction des résultats significatifs des facteurs (Annexe XX).**



Dans la figure 1, on voit que l'année 2014-2015 a une abondance de 6 individus/m<sup>2</sup> plus élevée que l'année 2015-2016 qui présente une abondance de 30 individus/m<sup>2</sup>. Sur les deux années on remarque que l'intervalle interquartile est identique, cette figure possède une *p-value* de  $0,74 \cdot 10^{-4}$ .

Le graphique 2 montre l'influence du mode d'insertion c'est-à-dire la différence d'abondance entre l'insertion en association contre le mode d'insertion en pur. Le mode d'insertion en association est en orange, il possède une abondance de 25 individus/m<sup>2</sup> soit 16 individus/m<sup>2</sup> en moins que le mode d'insertion en pur, soit 41 individus/m<sup>2</sup> (*p-value* de  $2,2 \cdot 10^{-16}$ ). L'intervalle interquartile est deux fois plus important en pur qu'en association, cela veut dire que la variabilité entre les parcelles en pur est importante.

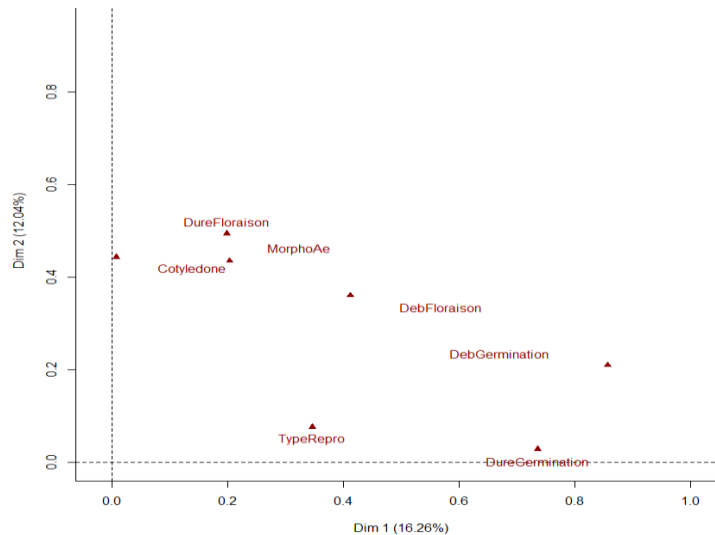
La figure 3 montre la différence entre les deux stades DF et MP, le stade DF est représenté en beige et le stade MP est en marron clair. La moyenne du stade DF a un nombre d'individus/m<sup>2</sup> de 41 alors qu'au stade MP on observe 16 individus/m<sup>2</sup> en moins soit une abondance pour le stade MP de 25 individus/m<sup>2</sup>. Le stade DF est significativement différent du stade MP d'après la *p-value* de  $2,2 \cdot 10^{-16}$ . L'intervalle interquartile du stade DF est plus important que le stade MP, ce qui veut dire qu'il y a une plus grande variabilité d'abondance entre les parcelles en stade DF.

Pour le dernier graphique, le mode d'insertion en association est représentée en orange quel que soit le stade phénologique, contrairement au mode d'insertion en pur qui est en marron comme dans la deuxième figure. Le stade DF en association a une abondance moyenne de 30 individus/m<sup>2</sup>, en pur au même stade l'abondance est supérieur de 23 individus ce qui fait un total de 53 individus/m<sup>2</sup> en pur. Au stade DF les deux boxplot possèdent tous deux un écart interquartile important. Ce graphique possède une *p-value* de  $2,2 \cdot 10^{-16}$  tout comme la figure 3 et 4. En association l'écart d'abondance entre les deux stades est de 9 individus/m<sup>2</sup> en moins dans le stade MP ce qui contrairement au mode d'insertion en pur qui a une différence de 23 individus/m<sup>2</sup> en moins pour le stade MP soit une abondance de 29 individus/m<sup>2</sup>. En ce qui concerne la différence de mode d'insertion au stade MP il y a 9 individus en plus dans le mode d'insertion en pure soit une abondance de 29 individus/m<sup>2</sup> contre 20 individus/m<sup>2</sup> en association.

## 2) Analyse à l'échelle des groupes fonctionnels

### a) Constitution des groupes fonctionnels

**Figure 15: Représentation des modalités utilisées pour effectuer l'AFDM (Analyse Factorielle de Données Mixtes)**



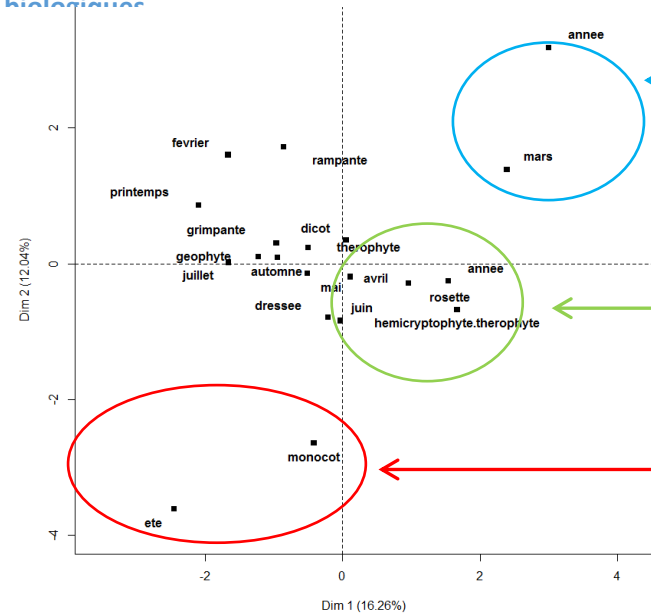
La figure 15 représente les différents variables sélectionnés issus de l'AFDM. Plus une variable s'écarte de l'ordonnée à l'origine, plus celle-ci est significativement représentative des espèces présentes. Le somme des deux pourcentages, soit 28% représente la variabilité des traits qui est expliqué par les deux premiers axes.

Par exemple le type de reproduction noté « TypeRepro » et la durée de germination notée « DureGermination » sont les modalités qui représente l'axe des abscisses car elles se situent au plus près de l'axe des abscisses, le type de cotylédon noté « Cotyledone » est aussi une modalité qui est représentative de l'axe des ordonnées car elle tend vers l'axe des ordonnées.

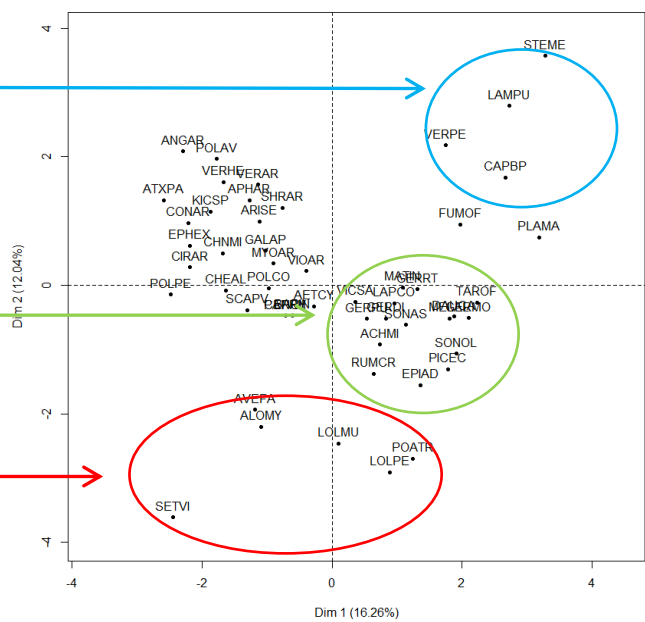
Les autres modalités c'est-à-dire le début de germination, le début de floraison et sa durée et la morphologie aérienne sont représentatives du jeu de données.

## Représentation graphique de l'AFDM (Analyse Factorielle de

**Figure 16 : Représentation des différents traits biologiques**



**Figure 17 : Représentation des différents individus**



La figure 16 représente l'AFDM sur les modalités des différents traits fonctionnels.

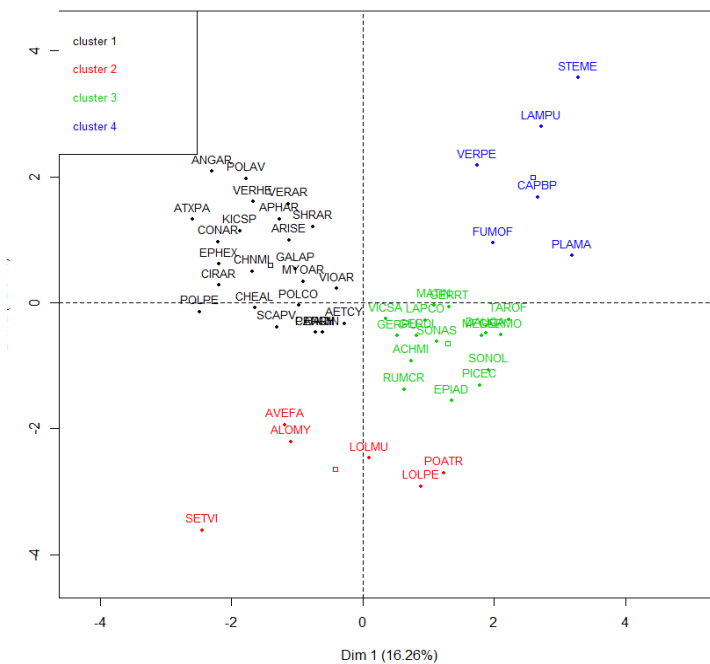
La figure 17 est la même représentation graphique que la figure 16 cependant au lieu de prendre les différentes modalités des variables, celle-ci représente la dispersion des espèces annotées avec le code Bayer.

Entre ces deux figures, il y a une concordance entre les différents traits biologiques et les espèces présentes dans la base de données. Par exemple, les deux traits biologiques entourés en bleu, c'est-à-dire une germination annuelle et une floraison printanière (mars), sont caractéristiques des espèces d'adventices suivantes également entourées en bleu : STEME (*stellaire*), LAMPU (*lamier pourpre*), VERPE (*véronique de perse*), CAPBP (*capselle bourse à pasteur*), FUMOF (*fumeterre officinal*) et PLAMA (*plantain majeur*).

Le cercle rouge sur la figure 16 désigne un groupe avec des traits fonctionnels bien distincts avec seulement deux traits (monocot et germination estivale). Cet encadré correspond à des espèces présentes dans la figure 17 tel que ALOMY (*vulpin*), AVEFA (*avoine folle*), LOLMU (*ray-grass d'Italie*), LOLPE (*ray-grass Anglais*), POATR (*pâturin commun*) et SETVI (*sétaire verte*).



Figure 18 : Représentation des groupes fonctionnels à partir de la CAH (Classement Ascendant Hiérarchique)



Après avoir effectué l'AFDM pour séparer les différents traits et espèces, on utilise une autre fonction CAH (Classement Ascendant Hiérarchique) pour constituer les groupes fonctionnels. On remarque que deux groupes s'isolent dans la **figure 18**, le groupe bleu et le groupe rouge. Ensuite les groupes vert et noir se scindent en deux parties avec l'ordonnée à l'origine.

Grâce à la CAH, on peut donc apercevoir quatre groupes qui se distinguent.

**Tableau 8 : Résultats des différents groupes fonctionnels, les espèces présentes (code Bayer et nom vernaculaire) et leurs caractéristiques globales (caractéristique en gras = la plus significative)**

Groupe fonctionnel							
1		2		3		4	
AETCY	Ethuse	ALOMY	Vulpin	DAUCA	Carotte	CAPBP	Capselle bourse à pasteur
ANGAR	Mouron des champs	AVEFA	Avoine folle	EPIAD	Epilobe à quatre angles	LAMPU	Lamier pourpre
APHAR	Alchémille des champs	LOLMU	Ray-grass d'Italie	GERDI	Géranium disséqué	PLAMA	Plantain majeur
ATXPA	Arroche étalée	LOLPE	Ray-grass Anglais	GERMO	Géranium à feuilles molles	STEME	Stellaire
BARIN	Barbarée intermédiaire	POATR	Pâturin commun	GERPU	Géranium à tiges grêles	VERPE	Véronique perse
CENCY	Bleuet	SETVI	Sétaire verte	GERRT	Géranium à feuilles rondes		
CHNMI	Linaira mineur			LAPCO	Lampagne commune		
CIRAR	Chardon des champs			MATIN	Matricaire inodore		
CONAR	Liseron			MELAL	Compagnon blanc		
EPHEX	Euphorbe			PICEC	Picris		
GALAP	Gaillet gratteron			RUMCR	Rumex crépu		
KICSP	Linaira bâtarde			SONAS	laiteron rude		
MYOAR	Myosotis des champs			SONOL	laiteron des maraichers		
PAPRH	Coquelicot			TAROF	Pissenlit		
POLAV	Renouée des oiseaux			VICSA	Vesce cultivée		
POLCO	Renouée liseron						
POLPE	Renouée persicaire						
SCAPV	Peigne de vénus						
SHRAR	Shéardie						
VERAR	Véronique des champs						
VERHE	Véronique à feuilles de lierre						
VIOAR	Pensée des champs						

**Groupe 1 : 22 espèces**

- Dicotylédone
- Rampante
- Germination automnale et printanière
- Durée moyenne de 2 saisons
- Floraison printanière et estivale
- Durée moyenne de 5 mois
- **Thérophyte**

**Groupe 2: 6 espèces**

- **Monocotylédone**
- Dressée
- Germination annuelle, **estivale** et automnale
- Durée moyenne de 3 saisons
- Floraison printanière
- Durée moyenne de 4 mois
- Hémicryptophyte/thérophyte, thérophyte

**Groupe 3 : 15 espèces**

- Dicotylédone
- Rosette
- **Germination tout l'année**
- **Durée moyenne de 4 saisons**
- Floraison printanière et estivale
- Durée moyenne de 5 mois
- Hémicryptophyte /thérophyte

**Groupe 4 : 6 espèces**

- Dicotylédone
- Morphologie mixte
- Germination tout l'année
- Durée moyenne de 4 saisons
- **Floraison début de printemps (mars) et toute l'année**
- **Durée moyenne de 9 mois**
- Hémicryptophyte/thérophyte

Le tableau 8 résume dans la première partie les espèces présentes dans les différents groupes alors que dans la deuxième partie du tableau correspondent aux traits fonctionnels représentatifs des groupes (les *p-values* sont dans l'**annexe XXI**).

Dans le groupe 1, on dénombre 22 espèces différentes contre 6 espèces dans le groupe 2, le groupe 3 présente 15 espèces différentes contre 6 espèces dans le groupe 4. Donc en théorie plus il y a d'espèces plus on a de chance d'avoir une forte abondance dans les figures

suivantes. Le groupe 1 est fortement représenté par la famille des thérophytes qui correspond aux plantes annuelles, cette modalité est représentée à 58% dans ce groupe (*p-values* de  $9,62 \cdot 10^{-3}$ ). Ce groupe est également caractérisé par d'autres modalités moins significatives telles que dicot, la morphologie rampante, la germination printanière voire estivale durant deux saisons et la floraison aussi printanière durant cinq mois. Dans le groupe 2, on retrouve essentiellement des graminées donc des monocotylédones possédant une représentation dans cette classe de 100% (*p-value* de  $4,9 \cdot 10^{-9}$ ), ce groupe a généralement un port dressé avec une germination estivale durant trois saisons et une floraison printanière pouvant durer environ quatre mois. Ce groupe appartient à la famille des hémicryptophytes (des plantes pouvant être bisannuelles permis par des bourgeons de survie situés sur le collet) et est caractérisé par la famille des hémicryptophyte/thérophyte qui est un entre deux de ces deux familles.

Le groupe 3 est caractérisé par sa date de germination annuelle représentant 64 % des individus sur l'ensemble du jeu de données (*p-values* de  $1,97 \cdot 10^{-7}$ ). La durée de germination est de quatre saisons (*p-values* de  $1,85 \cdot 10^{-5}$ ), ce groupe est aussi caractérisé par un port en rosette (*p-values* de  $1,03 \cdot 10^{-3}$ ). Ce sont aussi des dicotylédones représentant les hémicryptophytes. Pour finir le groupe 4 est un groupe mixte possédant des morphologies différentes. Par exemple ce groupe est constitué de deux espèces avec un port dressé, deux avec un port en rosette et deux avec un port rampant. Ce groupe est surtout caractérisé par un début de floraison au printemps (*p-values* de  $5,54 \cdot 10^{-5}$ ) et une durée de floraison qui se prolonge pendant neuf mois (*p-values* de  $1,25 \cdot 10^{-7}$ ).

Donc ces groupes fonctionnels sont bien distincts les uns par rapport aux autres, en terme de nombre d'espèces et de modalités de trait présents.

b) Répartition des groupes fonctionnels en fonction des cultures

1) Dans la culture du pois

Figure 19: Représentation graphique des différents groupes fonctionnels en fonction des stades physiologiques du pois 2015 conventionnel à fort Indicateur de Fréquence de Traitements

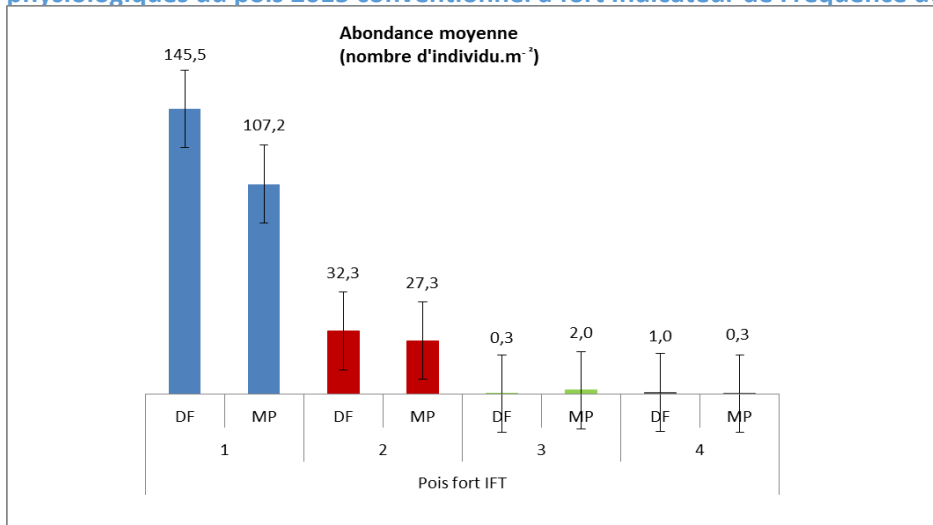


Figure 20: Représentation graphique des différents groupes fonctionnels en fonction des stades physiologiques du pois 2015 conventionnel à faible Indicateur de Fréquence de Traitements d'herbicides

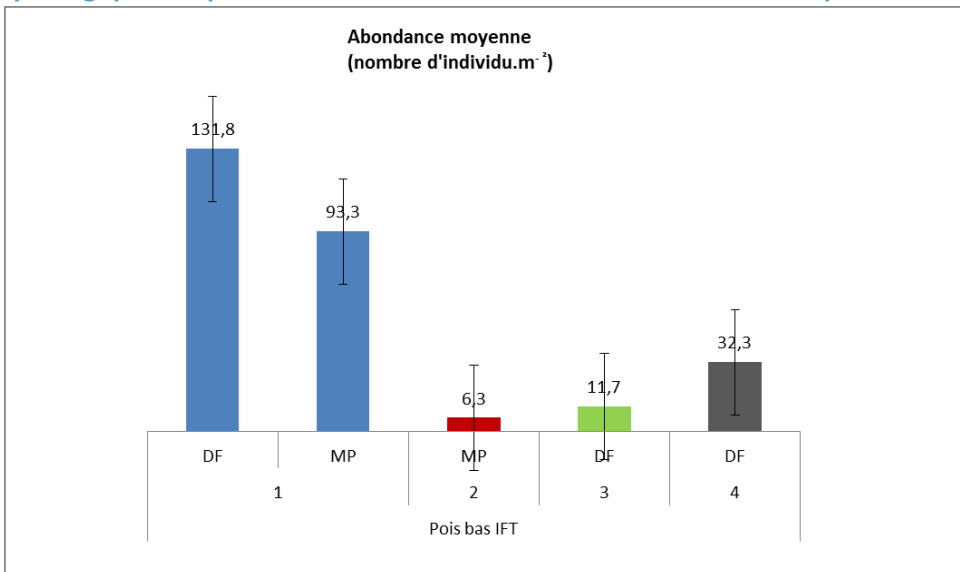
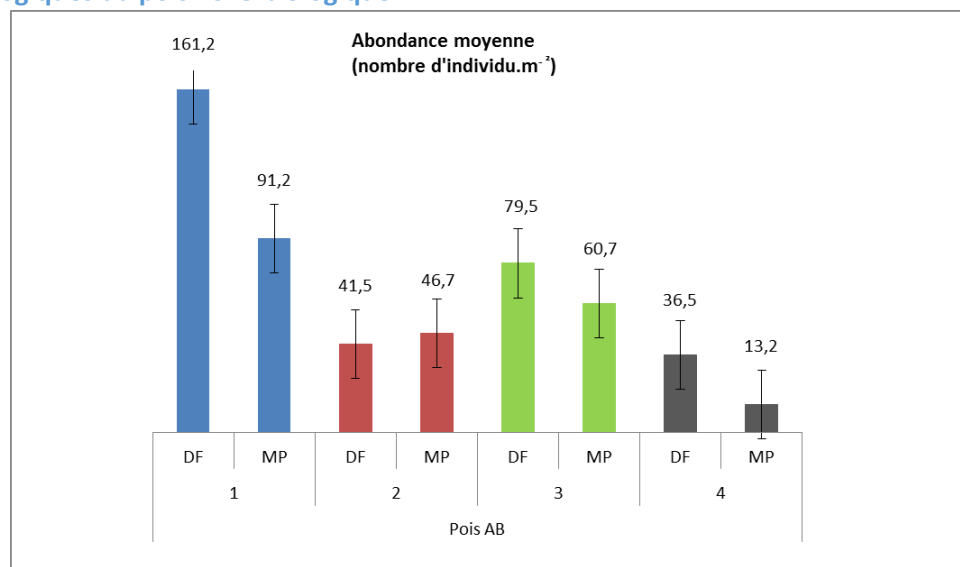


Figure 21: Représentation graphique des différents groupes fonctionnels en fonction des stades physiologiques du pois 2015 biologique



La figure 19 représente les groupes fonctionnels, en fonction des stades phénologiques du pois à fort IFT (> à 1) de 2014-2015 et nous permet d'observer la tendance au cours du cycle (augmentation, stagnation ou baisse de l'abondance). Les groupes fonctionnels possèdent le même code couleur que dans le tableau 11. Dans la figure 19, l'abondance des groupes 3 et 4 est nulle aux deux stades étudiés. On constate que le groupe fonctionnel 1 est le plus abondant dans le stade DF (soit 147 individus/m<sup>2</sup>) contre 32 individus/m<sup>2</sup> dans le groupe 2. Le groupe 1 subit une baisse d'individus/m<sup>2</sup> de l'ordre de 40 individus/m<sup>2</sup> entre le stade DF et MP, contrairement au groupe 2 qui stagne à environ 30 individus/m<sup>2</sup> dans les deux stades. La figure 20 est organisée de la même façon que la figure 19 et représente le pois à bas IFT en 2014-2015. On remarque que le groupe 1 a les mêmes tendances que dans la figure 19 c'est-à-dire qu'en DF il y a 132 individus/m<sup>2</sup> contre 93 individus/m<sup>2</sup> en MP soit une baisse de 30 individus/m<sup>2</sup>. Contrairement à la figure 19, le groupe 2 est absent au stade DF, par contre le groupe 3 possède 12 individus/m<sup>2</sup> en DF et le groupe 4 a 32 individus/m<sup>2</sup>. Au stade MP, on voit l'apparition du groupe 2, avec 6 individus/m<sup>2</sup> et il y a une disparition des groupes 3 et 4. La figure 21 représente la répartition des groupes fonctionnels dans le pois biologique. Pour le stade DF, tous les groupes fonctionnels sont présents avec des abondances moyennes différentes. Le groupe 1 possède la plus grande abondance c'est-à-dire 161 individus/m<sup>2</sup>, 41 individus/m<sup>2</sup> dans le groupe 2, le groupe 3 a une abondance de 80 individus/m<sup>2</sup> et le groupe 4 possède une abondance de 37 individus/m<sup>2</sup>. On observe une baisse de l'abondance au cours du cycle du pois dans les groupes 1, 3 et 4 (respectivement une baisse de 70, 20 et 23 individus/m<sup>2</sup>). Cette baisse n'est pas observée pour le groupe 2, ou l'abondance reste identique entre les deux stades étudiés.

2) Dans la culture de la luzerne

Figure 22: Représentation graphique des différents groupes fonctionnels en fonction des fauches de la luzerne conventionnelle

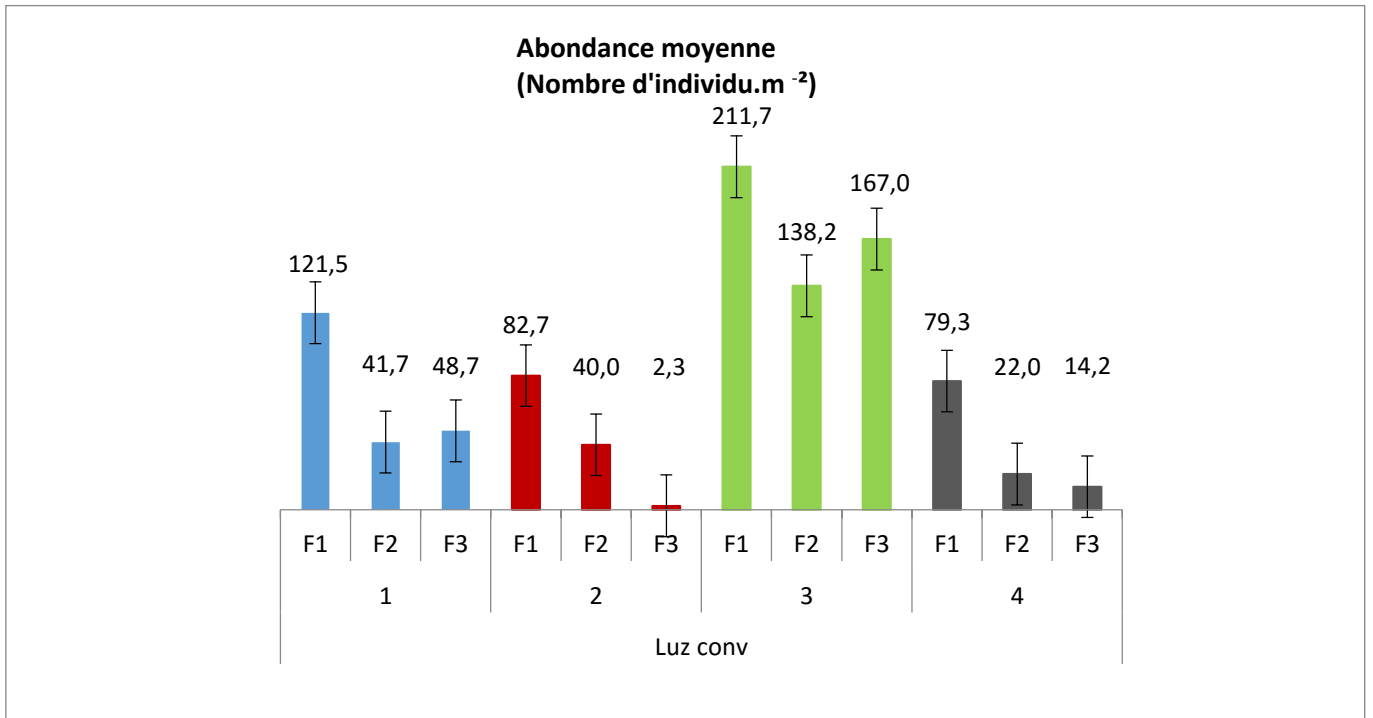
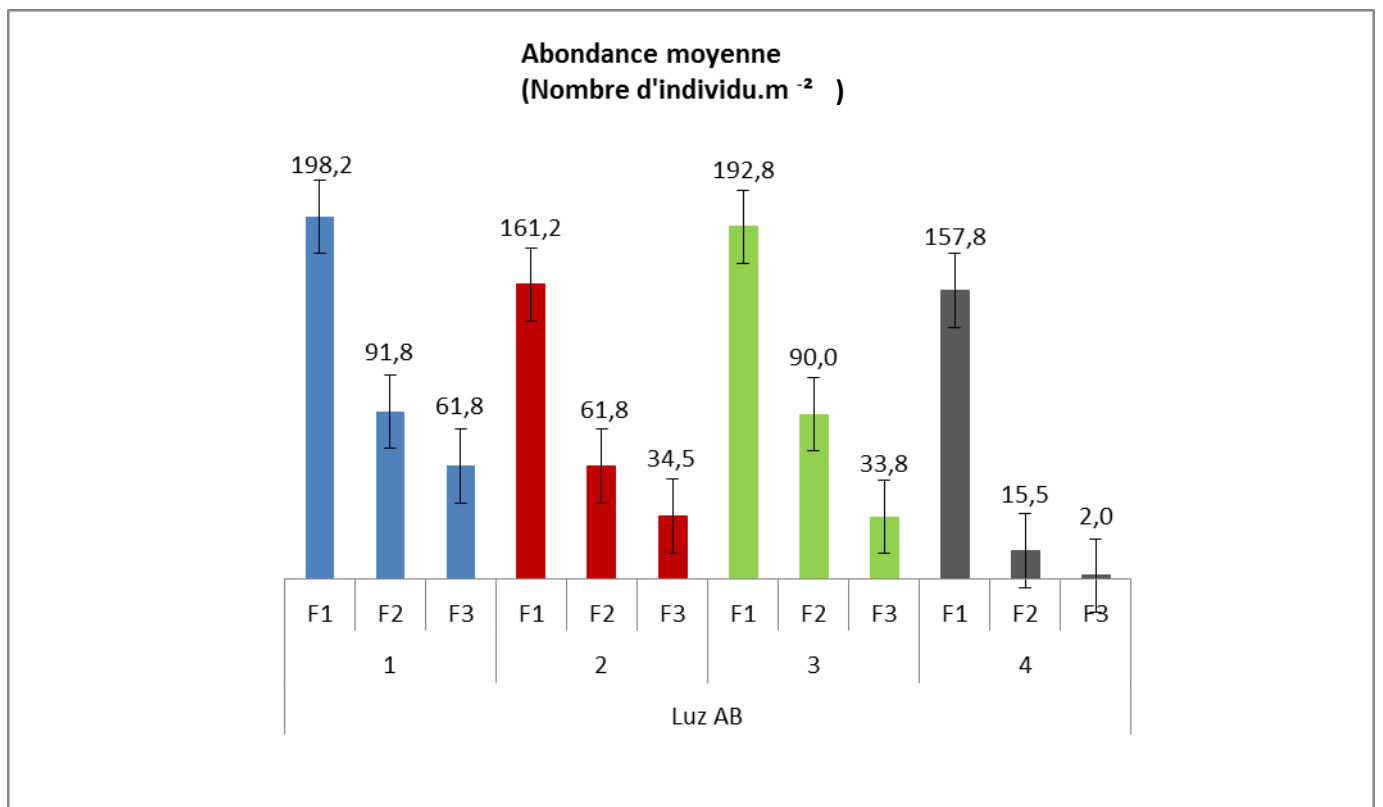


Figure 23: Représentation graphique des différents groupes fonctionnels en fonction des fauches de la luzerne conventionnelle



Les figures 22 et 23 représentent la répartition des groupes fonctionnels dans la luzerne biologique et conventionnelle en 2014-2015 en fonction des fauches c'est-à-dire F1 (Fauche 1), F2 (Fauche 2) et F3 (Fauche 3).

Chez la luzerne conventionnelle (figure 22), le groupe 1 possède 122 individus/m<sup>2</sup> contre 83 individus/m<sup>2</sup>, le groupe 3 a une abondance de 212 individus/m<sup>2</sup> et le groupe 4 a une abondance de 79 individus/m<sup>2</sup> en F1. En F1 l'abondance totale arrive à pratiquement 500 individus/m<sup>2</sup> tout groupe fonctionnel confondu. A la deuxième fauche, chaque groupe présente une baisse de leur abondance moyenne. Pour le groupe 1, il y a une baisse de l'ordre de 80 individus/m<sup>2</sup> soit une abondance de 42 individus/m<sup>2</sup> en F2, le groupe 2 subit une réduction de l'ordre de deux fois son abondance initiale c'est-à-dire 40 individus/m<sup>2</sup> en F2. Le groupe 3 a une baisse significative de 70 individus/m<sup>2</sup> soit une abondance de 138 individus/m<sup>2</sup> en F2 et le groupe 4 subit une perte du même ordre que le groupe 3 pour atteindre 22 individus/m<sup>2</sup> en F2. En F3, le groupe 1 subit une augmentation de l'ordre de 7 individus/m<sup>2</sup> ce qui peut représenter une stagnation comme le groupe 4 qui a une perte de 8 individus/m<sup>2</sup> soit une abondance de 14 individus/m<sup>2</sup>. Le groupe 2 a une perte de l'ordre de 37 individus soit une abondance de 2 individus/m<sup>2</sup>. Le groupe 3 subit une augmentation de 30 individus/m<sup>2</sup> entre la F2 et la F3.

Dans la luzerne biologique, on remarque que dans tous les groupes, toutes les tendances sont à la baisse de la F1 à la F3. En F1 les groupes 1 et 3 ont une abondance d'environ 195 individus/m<sup>2</sup>, contre une abondance de 160 individus/m<sup>2</sup> pour le groupe 2 et 4. Les groupes 1 et 3 subissent une baisse d'environ 100 individus/m<sup>2</sup> soit une abondance moyenne de 90 individus/m<sup>2</sup> de la F1 à la F2. Le groupe 2 a une perte d'individus/m<sup>2</sup> similaire que le groupe 1 et 3 soit une perte de 100 individus/m<sup>2</sup> contrairement au groupe 4 qui a une perte de 135 individus/m<sup>2</sup> entre la F1 et la F2. De la F2 à la F3, le groupe 1 diminue de 30 individus/m<sup>2</sup>, ce groupe arrive à 62 individus/m<sup>2</sup>, le groupe 2 subit la même diminution en terme de nombre d'individus/m<sup>2</sup> ce qui lui permet d'arriver à 35 individus/m<sup>2</sup>. Le groupe 3 arrive à 34 individus/m<sup>2</sup> en F3 soit une perte d'individus/m<sup>2</sup> de 54. Enfin dans le groupe 4 on remarque une stagnation voire une disparition car il présente en F3 2 individus/m<sup>2</sup> contre 15 individus/m<sup>2</sup> en F2.

## V) Discussion

### 1) La région de Bourgogne

#### a) Abondance des adventices

##### i. *Le pois*

D'après les résultats obtenus en 2014-2015, l'effet stade et l'effet conduite sont significatifs. Pour le pois conventionnel en 2014-2015 et 2015-2016, les effets stade et année ont été testés et sont également significatifs (absence de pois biologique en 2015-2016).

Dans nos résultats, la conduite biologique est moins efficace en termes de contrôle des adventices que la conduite conventionnelle. La conduite conventionnelle permet aux agriculteurs d'avoir d'autres moyens de gestions des adventices (herbicides) que le travail du sol et le désherbage mécanique, ce qui permet d'avoir plus de marges de manœuvre. Le désherbage chimique permet d'avoir une suppression plus précise des adventices car il cible quelques familles d'adventices. Par exemple, Stratos ultra est un produit contenant du cycloxydime qui cible les monocotylédones, ce produit agit par contact au niveau des feuilles et est utilisé après la levée des adventices (**BASF, 2015**).

Le stade de la culture affecte l'abondance des adventices, on avait remarqué dans les résultats que le stade DF était plus envahi par les adventices que dans le stade MP. Le résultat est similaire pour nos deux jeux de données, c'est-à-dire en 2014-2015 entre le pois biologique et conventionnel et en 2014-2015 et de 2015-2016 pour le pois conventionnel. On peut donc émettre l'hypothèse que plus la culture se développe, plus le système racinaire et le système foliaire sont développés et sont ainsi compétitifs pour l'eau, les nutriments et la lumière (**Goldberg et Miller, 1990 in M. Valantin-Morison et al., 2008**). L'effet année est aussi un des facteurs significatifs qui affecte l'abondance des adventices tel que une meilleure compétitivité chez le pois de 2015-2016, cet effet peut être expliqué par la variabilité climatologique interannuelle.

##### ii. *La luzerne*

D'après les résultats obtenus sur la luzerne, l'effet fauche est significatif c'est-à-dire une diminution de l'abondance des adventices est observée au fur et à mesure des fauches.



L'effet de la conduite l'est aussi dans la mesure où la conduite biologique était plus compétitive que celle en conventionnel. L'effet année l'est également, ainsi que l'interaction entre l'effet année et l'effet de la fauche.

En 2014-2015, la conduite biologique était plus efficace car celle-ci avait un travail du sol plus intensif qu'en conventionnel, alors que la conduite en conventionnelle avait peu de travail du sol et deux herbicides appliqués (antigraminées et antidicotylédones) cette année-là. Le fait que la conduite en biologique soit plus efficace que les conventionnels peut être dû aux différents objectifs des deux conduites lors de l'insertion d'une légumineuse. Les agriculteurs qui ont une conduite biologique doivent régulièrement insérer des légumineuses pour apporter de l'azote et casser le cycle des adventices et des maladies car ils ne peuvent pas apporter de l'azote minérale, ni de produit phytosanitaire (**Voisin et al., 2013**). Les agriculteurs en conduite biologique devant insérer plus souvent des légumineuses, cela leur permettrait d'avoir une expérience accrue face aux agriculteurs conventionnels. L'effet de la fauche est aussi significatif, c'est-à-dire après une fauche l'abondance des adventices diminue car elles ont été fauchées et le milieu est ouvert et laisse place à la repousse de la luzerne qui est plus compétitrice pour prélever l'eau et les nutriments grâce à sa forte implantation racinaire (**Meiss et al, 2010**). L'effet de l'année peut être considéré comme la variation climatique interannuelle, c'est-à-dire variation des précipitations, de la durée d'ensoleillement et de la température moyenne. L'effet de la fauche sur l'abondance des adventices varie en fonction de l'année dû aux variations climatiques. L'interaction pourrait montrer un effet sur la croissance de la luzerne. Il faudrait étudier plus précisément cette variable pour le tester.

## b) Les groupe fonctionnels

### i. Le pois

L'objectif est d'établir un lien entre les groupes fonctionnels constitués d'espèces ayant des traits biologiques similaires et les pratiques agricoles effectuées sur les parcelles.

Chez le pois de printemps, on observe une différence d'abondance des groupes fonctionnels en fonction des groupes d'itinéraires techniques (ITK) cependant le groupe 1 possède l'abondance la plus forte dans chaque groupe d'ITK. On remarque que le groupe d'ITK à bas IFTH a moins d'abondance avec les groupes 1 et 2 face au groupe ITK à haut IFTH, et que les groupes 3 et 4 dans le groupe bas IFTH a une abondance supérieure en DF mais qu'au stade MP, il n'y avait plus d'adventices dans les deux ITK conventionnels. En pois biologique, quel que soit le groupe fonctionnel étudié, l'abondance des adventices est supérieure aux deux autres ITK conventionnels.

Dans cette partie nous verrons les différences des itinéraires techniques entre les trois groupes d'ITK pour expliquer la différence d'abondance des différents groupes fonctionnels. Nous décomposerons les itinéraires techniques au niveau du travail du sol en général et du désherbage chimique.

L'ITK à faible IFTH semble être le plus efficace entre les trois groupes d'ITK, on va donc s'intéresser à ces pratiques, ces fréquences de désherbage, d'aération du sol, de la préparation du lit de semence, l'enfouissement des graines d'adventices (labour) et la moyenne du nombre d'herbicides utilisés face aux deux autres ITK. Ce groupe d'ITK utilise en moyenne quatre herbicides différents, donc trois produits en moins que le groupe d'ITK à fort IFTH et en moyenne il utilise trois fois moins d'herbicides en termes de quantité. L'ITK à faible IFTH utilise des herbicides d'avril à mai contrairement au fort IFTH qui lui applique des herbicides de février à mai.

Cependant, en termes de travail du sol, (**Annexe XXII et XXIII**) le faible IFTH fait 2 fois plus d'aération du sol et de désherbage mécanique que le groupe à fort IFTH et 3 fois plus d'aération du sol et de désherbage que chez les biologiques. L'aération du sol pourrait permettre une meilleure implantation de la culture car ayant un sol plus meuble, la culture peut donc s'enraciner plus profondément. Le désherbage permettrait de détruire les adventices qui ont émergées. La préparation du lit de semence permettrait de niveler le sol et aussi de faciliter la captation de la chaleur pour la germination, ce travail est quatre fois plus important chez l'ITK à faible IFTH face au fort IFTH et trois fois plus important face à

l'agriculture biologique. L'enfouissement des semences d'adventices (labour) est deux fois plus important avec un faible IFTH face au fort IFTH, il est égal entre le biologique et l'ITK à faible IFTH.

Donc l'ITK à faible IFTH a un travail du sol nettement plus important que dans les autres ITK, cela se traduit par l'absence du groupe fonctionnel 2, cependant il possède une faible abondance dans les groupes 3 et 4 en DF mais qui disparaîtra avec l'application des herbicides par la suite. Malgré ce fort travail du sol, le groupe 1 a une forte abondance. Cela peut être expliqué par le fait que ce groupe fonctionnel est spécialisé pour la culture du pois car il possède des caractéristiques annuelles (thérophyte = cycle court et développement rapide), une germination printanière qui est adaptée au semis de printemps **Meiss (2010)**, une morphologie rampante qui peut donc disposer de stolon permettant une multiplication végétative. Dans le groupe à fort IFTH, on remarque que le groupe 2 (graminées) est présent tout au long du cycle du pois, l'hypothèse serait que les graminées soient résistantes à un type d'herbicide (Leopard 120) qui est un inhibiteur de l'enzyme ACCase. Il a été observé des résistances chez le ray-grass italien d'après **Longchamp et Gasquez 2015**. Chez les biologiques, tous les groupes sont présents avec des abondances variables, la présence de tous ces groupes peut être traduite par le fait qu'il y ait peu de travail du sol et l'absence d'utilisation d'herbicides.

## *ii. La luzerne*

L'objectif est identique : établir des liens entre les pratiques agricoles de la luzerne et les traits des groupes fonctionnels.

D'après les résultats on a une meilleure gestion des adventices dans la conduite conventionnelle qu'en biologique. Nous remarquons aussi que le groupe fonctionnel 3 a une abondance importante dans les trois fauches, et quelle que soit la conduite, les groupes fonctionnels diminuent en abondance au fur et à mesure des fauches.

L'itinéraire technique de la luzerne biologique est plus intense avec deux fois plus d'aération du sol et trois fois plus de désherbage mécanique (**Cf. annexe II et III**). L'aération du sol pourrait permettre un meilleur démarrage de la luzerne car cela faciliterait les repousses de luzerne. Le désherbage mécanique permet d'éliminer directement la compétition aux nutriments, à l'eau et à la lumière (**Groupe technique AB Franche Comté, 2012**). Malgré ces

travaux du sol, la luzerne biologique a plus d'adventices au sein de ses parcelles à toutes les fauches, car la luzerne conventionnelle possède des applications d'herbicides avant la première fauche qui sélectionne et élimine les adventices. On remarque aussi un effet significatif de la fauche (Figure 13), c'est-à-dire après une fauche l'abondance des adventices diminue car les adventices ont été coupées, le milieu est ouvert et laisse place à la repousse de la luzerne qui est plus compétitrice pour prélever l'eau et les nutriments grâce à sa forte implantation racinaire (Meiss et al, 2010).

Le groupe fonctionnel 3 dans le conventionnel est le seul des groupes à augmenter après une fauche donc on va étudier pourquoi ce groupe dans cette conduite augmente après une fauche. Le groupe 3 chez la luzerne conventionnelle pourrait être favorisé par l'effet des herbicides qui élimine la concurrence des autres groupes fonctionnels, en sachant que le groupe 3 peut germer toute l'année et sa floraison est printanière et estivale permettant de réensemencer le milieu. Le cumul de l'effet des herbicides et des fauches pourraient permettre à ce groupe d'être favorisé car ce groupe est constitué d'espèces pouvant être annuelles et pluriannuelles (hémicryptophyte/thérophyte) (Andersson and Milberg, 1996; Teasdale et al., 2004; Albrecht, 2005; Hiltbrunner et al., 2008), avec une morphologie en rosette celle-ci permet d'échapper à la fauche (Helmut Meiss et al, 2010). Donc ce groupe est adapté à la luzerne conventionnelle : même après avoir été supprimé par les herbicides, ce groupe peut réapparaître via la germination annuelle.

## 2) L'association du lupin/ triticales en Pays-de-la-Loire

Dans notre hypothèse de départ le mode d'insertion en association est plus compétitif que la culture en lupin pure.

Chez le lupin, les résultats précédents montraient qu'en 2014-2015 le mode d'insertion en association était plus compétitif qu'en pure, l'abondance moyenne des adventices en DF était plus importante qu'en MP. Cependant dans l'année 2015-2016, l'abondance moyenne en association n'était pas forcément moins abondante qu'en pur. En 2015-2016, il y avait moins d'adventices qu'en 2014-2015, bien qu'en association en 2015-2016 ce mode d'insertion était moins compétitif face à l'insertion en pur.

Dans cette partie, on va donc s'intéresser aux résultats significatifs des ANOVA pour essayer de répondre aux questions suivantes : pourquoi le stade DF est plus envahi par les

adventices que le stade MP ? Pourquoi le mode d'insertion en association est moins envahi par les adventices qu'en pur ? Pourquoi l'année 2014-2015 est moins compétitive que l'année 2015-2016 ?

Quelle que soit l'année, le stade DF a davantage d'adventices en termes d'abondance que le stade MP. On peut émettre l'hypothèse que plus la culture se développe, plus elle est compétitrice pour la lumière, l'eau et les nutriments du sol face aux adventices d'après **Goldberg et Miller, 1990 in M. Valantin-Morison et al., 2008**.

On remarque dans les résultats que le mode d'insertion en association était plus compétitif qu'en pur, cela peut être expliqué par la différence de morphologie aérienne et racinaire qui sont complémentaires et donc plus efficaces d'après **Liebman et Dyck en 1993**. D'après **INA P-G (Département AGER) en 2013** le triticales aurait un système racinaire d'une céréale, c'est-à-dire un système racinaire fasciculé. Ce type de système racinaire est défini par plusieurs racines de longueurs équivalentes, disposées en faisceau et portant de nombreuses radicelles (**Bruno SIMON, 2014**). Contrairement au triticales, le lupin possède un type de racine en pivot c'est-à-dire une racine principale et importante qui se développe et qui forme un pivot centrale sur lequel viennent se greffer de petites racines secondaires (**Bruno SIMON, 2014**). Le triticales possède une particularité et présente des racines latérales appelés protéoïdes. Cette structure est dédiée à la recherche efficace du phosphate (**Benjamin Peret, 2015**). Les deux systèmes racinaires sont donc complémentaires et permet ainsi de limiter les plantes indésirables (**Liebman et Dyck en 1993**).

Dans nos résultats, nous avons remarqué une différence entre les deux années, il y a en moyenne sans prendre en compte le mode d'insertion, moins d'adventices en 2015-2016 qu'en 2014-2015. On va donc s'intéresser aux conditions climatiques afin d'expliquer cette variabilité interannuelle.

Suite aux résultats entre les années, on a voulu construire un nouveau graphique sur l'année et le mode d'insertion. On voit dans **l'annexe XXIV** qu'en 2014-2015 l'abondance en association est de 20 individus/m<sup>2</sup> contre 51 individus/m<sup>2</sup> en pur cependant en 2015-2016 quel que soit le mode d'insertion l'abondance est de 30 individus/m<sup>2</sup>. Ce graphique (**Annexe XXIV**) nous montre donc que la culture en association de 2014-2015 est plus compétitrice que toutes les autres. D'après les fiches techniques du réseau **GAB/FRAB en 2013**, il s'avère que le lupin doit être semé au mois de mars dans un sol plutôt froid et humide. Cependant les conditions climatiques de 2015-2016 en mars étaient défavorables car les précipitations

du mois de mars étaient de 87,7 mm d'eau (**Annexe XXVI**), avec une température moyenne de 7,6°C (**Annexe XXV**). Ainsi, le sol devait être trop humide ce qui aurait pu favoriser la constitution d'une croûte de battance sur des sols argileux et donc empêché une bonne germination de la culture. Au contraire, l'année 2014-2015 a dû être plus favorable lors du semis car les précipitations étaient de l'ordre de 35,1 mm et la température de 8,7°C correspondant aux préconisations de semis avec un sol humide et froid. Dans l'ensemble, l'année 2014-2015 et l'année 2015-2016 étaient peu différentes en termes de précipitation car sur le mois d'avril jusqu'à mars, il y a eu 189,4 mm d'eau en 2014-2015 contre 219,6 en 2015-2016. Ce n'est donc pas le manque d'eau qui a pu jouer un rôle dans la différence d'abondance des adventices. Cependant d'après **l'INRA en 2001**, il faut 1600 degrés-jours pour que le lupin arrive à maturité physiologique, la température moyenne en 2014-2015 était supérieure à celle de 2015-2016 avec en moyenne un écart de 1°C mensuel de mars à juillet. De plus, en 2014-2015, le cumul de l'ensoleillement est de 1281,5 heures de mars à août contrairement à l'année suivante qui est de 1118,9 heures (**Annexe 28 et 29**). Pour conclure sur le cycle du lupin en association en 2015-2016, il y avait moins d'ensoleillement et des températures plus basses. On peut donc émettre l'hypothèse que le manque de lumière a pu affecter la croissance du lupin en association, moins compétitif, et a engendré un plus grand nombre d'adventices contrairement à l'année 2014-2015 du lupin en association.

D'autres éléments tels que l'itinéraire technique des agriculteurs, les facteurs de rendement (nombre de gousses/étage pour le lupin et le nombre d'épis pour le triticale) peuvent également expliquer ces différences d'abondances. Ces informations seront complétées à l'issue du projet Légitimes. L'effet parcelle ne pas être nié dans cette étude cependant nous ne disposons pas assez d'information et d'outil d'analyse pour étudier cet effet.

## VI) Conclusion

Nos résultats permettent de mettre en évidence les conditions favorables (mode d'insertion, la conduite et l'année) pour chaque légumineuse étudiée afin d'avoir une meilleure gestion des adventices en abondance.

L'hypothèse de base chez le pois était que la conduite en conventionnelle semblait être plus efficace face aux adventices que la conduite en biologique. Cette hypothèse a bien été

confirmée, la conduite conventionnelle semble mieux réussir (en bas IFTH la conduite est plus compétitive contre les adventices au stade MP) à contenir ce stress biotique (abondance des adventices) dans l'année 2014-2015. On a pu aussi constater que l'année 2015-2016 était plus favorable au pois conventionnel que l'année 2014-2015. Cependant l'impact de la variabilité climatique interannuelle chez le pois conventionnel peut être à pondérer car n'ayant pas les mêmes agriculteurs entre les deux années, cette différence peut être induite par la conduite qui est aussi un facteur significatif dans cette étude. Dans les deux années, on a pu voir que plus la culture se développe plus celle-ci est compétitive vis-à-vis de l'abondance des adventices. L'implantation du pois de printemps induit une spécialisation de la flore adventice qui possède des traits fonctionnels spécifiques à cette culture tels que : la germination printanière (date similaire du semis), l'annualité du cycle (thérophyte) et la structure du port aérien qui est rampante (possibilité d'une multiplication végétative).

L'hypothèse émise dans la problématique, est que la luzerne biologique soit plus compétitive que celle en conventionnelle, cette hypothèse a été confirmée pour les deux années. On montre également une meilleure efficacité de la fauche contre les adventices en luzerne biologique qu'en conventionnelle. On a ainsi remarqué que la luzerne en 2015-2016 était plus efficace contre les adventices que l'année 2014-2015, cette différence est induite par la variabilité climatique interannuelle, celle-ci semble être plus favorable en 2015-2016.

Dans la luzerne conventionnelle en 2014-2015, on a montré qu'un groupe fonctionnel était spécifique à celle-ci comportant des traits biologiques adaptés à cette culture. Le groupe fonctionnel numéro 3 possède une capacité à échapper à la fauche avec un port en rosette, une germination pouvant se produire toute l'année, une floraison printanière et estivale permettant d'avoir la possibilité d'augmenter le stock semencier des adventices et ces espèces avaient un cycle pluriannuel à annuel (hémicryptophyte/thérophyte).

L'hypothèse de base chez le lupin était que l'insertion en association était plus efficace face aux adventices que le mode d'insertion en pur. L'implantation d'une culture annuelle de légumineuse (ici le lupin) en association permet de réduire drastiquement l'infestation par les adventices, quelque soit le stade de développement de la culture en 2014-2015. Cependant en 2015-2016, l'infestation dans les deux modes d'insertion était similaire pouvant être induite par une mauvaise croissance des deux cultures associées due au climat.

Etant donné que l'année 2016 est la deuxième année de mise en place des expérimentations pour le projet, le suivi des légumineuses ne sera plus réitéré car la dernière année sera consacrée à l'étude des cultures suivantes des légumineuses (blé, avoine, colza). Les perspectives seront donc proposées pour l'analyse des données, il serait nécessaire de continuer les groupes fonctionnels sur l'année 2015-2016 et de faire des ANOVA sur ces groupes pour voir quels facteurs sont significatifs pour expliquer la spécialisation d'un certain groupe dans une culture donnée.



\*

## VII) Annexe

### Annexe I : Résumé du rythme de fauche idéale d'après Avarlis-cetiom, 2013

Cette pratique peut influencer la production et la teneur en protéine de la luzerne. D'après **Arvalis-Cetiom en 2013**, le rythme de fauche idéale est de 4 fauches par an. La première doit être effectuée au début du bourgeonnement en général entre le 10 et le 20 Mai, dépassé ce stade la luzerne a une bonne production mais une moins bonne qualité en teneur protéique. L'intervalle de jours entre deux coupes est de 35 à 45 jours, cependant il faut ajouter 1 à 2 semaines entre la première et deuxième fauche pour que la luzerne reconstitue ses réserves racinaires. La troisième fauche se fait au stade de floraison de la luzerne, la parcelle doit être à 10 % de floraison pour faucher car c'est la période optimale où les réserves racinaires sont reconstituées. Avant une fauche, il est important que la luzerne ait des réserves racinaires conséquentes pour avoir une repousse rapide post-fauche. La dernière coupe se fait un mois et demi avant les premières gelées ; celles-ci entraînent la mise au repos de la luzerne, c'est-à-dire une mise en réserve racinaire afin qu'elle puisse bien redémarrer au printemps suivant.

#### Annexe II: Tableau récapitulatif des fréquences de désherbage mécanique chez la luzerne biologique

parcelle bio	aération du sol	désherbage	préparation du lit	enfouissement des semences
BL1	2	2	1	0
BL2	1	0	1	1
BL3	3	3	0	0
BL4	3	3	0	0
BL5	2	1	1	1
BL6	3	2	1	1
BL7	1	1	2	2
moyenne	2,142857143	1,714285714	0,857142857	0,714285714

#### Annexe III: Tableau récapitulatif des fréquences de désherbage mécanique chez la luzerne conventionnelle

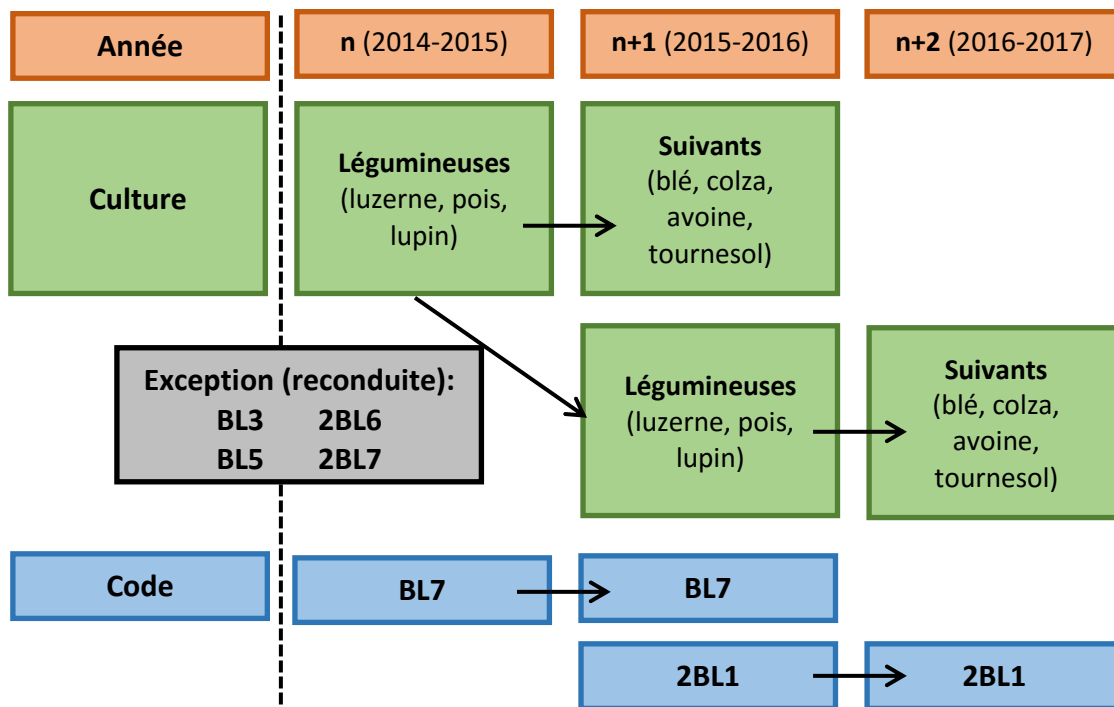
parcelle conv	aération du sol	désherbage	préparation du lit	enfouissement des semences
CL1	2	0	1	2
CL2	1	0	1	1
CL3	0	0	0	0
CL4	0	0	0	0
CL5	3	3	0	0
moyenne	1,2	0,6	0,4	0,6

#### Annexe IV : Fonctionnement du code des parcelles étudiées en Bourgogne

Le code des parcelles de l'année n+1 (l'année 2015-2016) est le suivant :

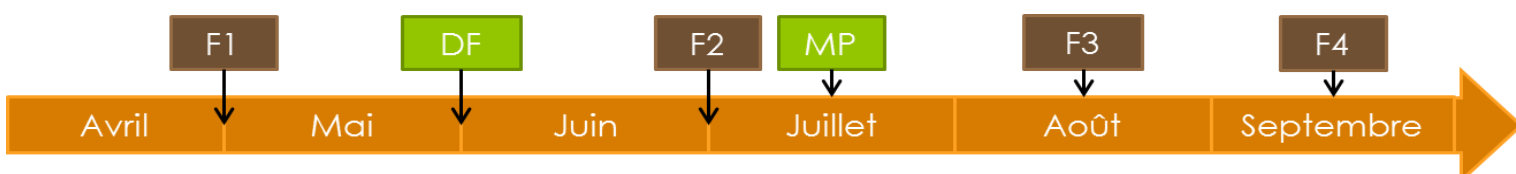
- 2CP pour le **Pois Conventionnel** (allant de 2CP1 à 2CP6) soit 6 parcelles
- 2CL pour la **Luzerne Conventionnelle** (allant de 2CL1 à 2CL5) soit 5 parcelles
- 2BL pour la **Luzerne Biologique** (allant de 2BL1 à 2BL7 sans 2BL5 car l'agriculteur en a fait une prairie destinée à être pâturée) soit 6 parcelles.

Le « 2 » signifie que ce sont de nouvelles parcelles sur la deuxième année du projet sauf pour deux parcelles.



#### Annexe V: Schéma récapitulatif du fonctionnement des observatoires en Bourgogne

#### Annexe VI: Représentation schématique des différentes dates de prélèvements au cours du projet



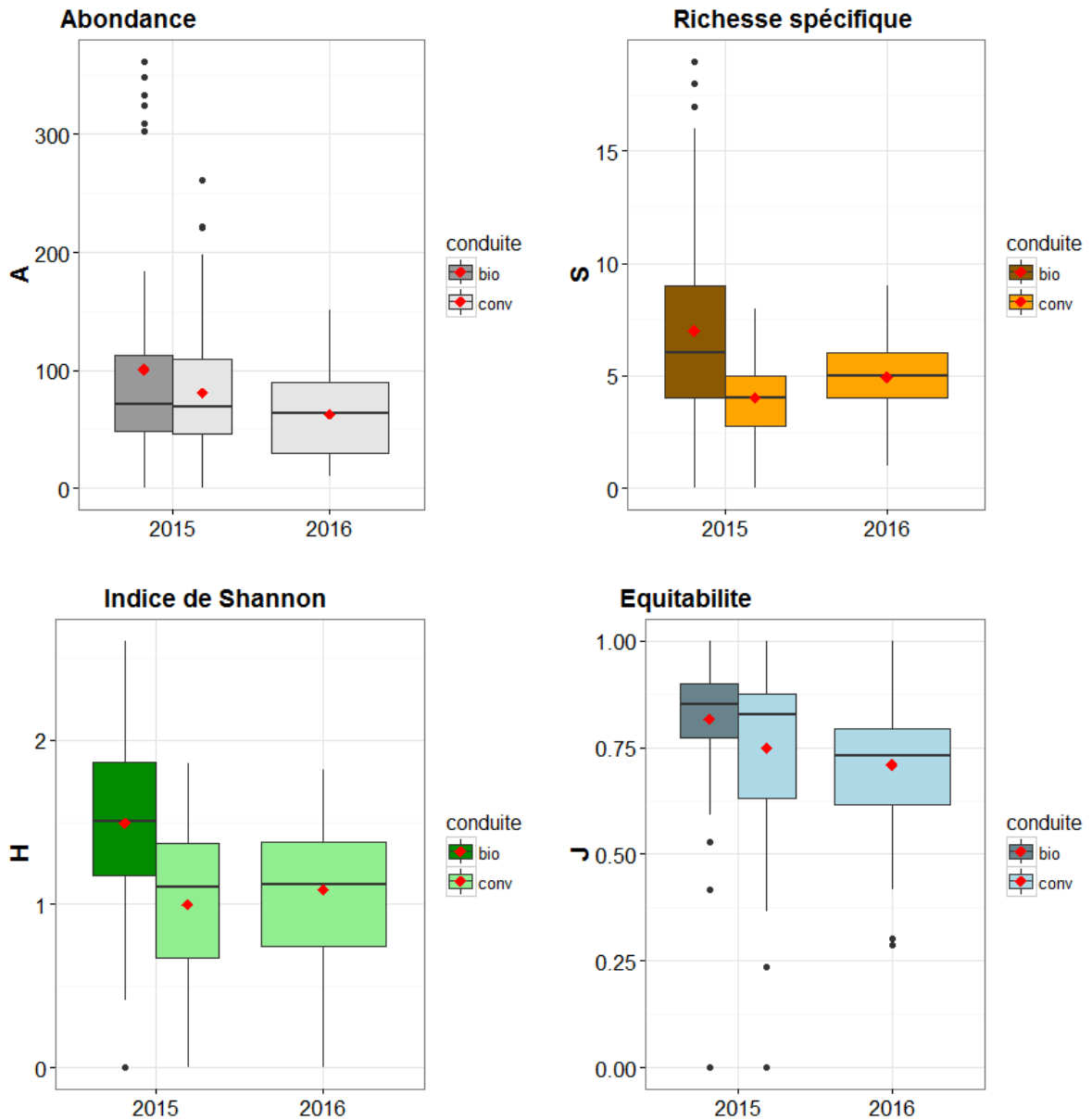
**Annexe VII: Tableau récapitulatif des espèces supprimées pour chaque culture et chaque année**

Année	2014-2015	2015-2016	2014-2015	2015-2016	2014-2015	2015-2016
Culture	Pois	Pois	Luzerne	Luzerne	Lupin	Lupin
Nombre d'espèces retenues/nombre d'espèces totales	39/51	36/45	44/60	44/60	41/60	51/69
Nombre d'espèces retirées	12	11	16	16	19	18
% en abondance des espèces enlevées	0,73%	0,62%	1,87%	1,13%	0,61%	0,46%
% de la fréquence d'occurrence des espèces enlevées	3,22%	3,79%	3,37%	3,76%	3,29%	3,89%

**Annexe VIII: Tableau récapitulatif des Indices de Fréquences de Traitement d'Herbicide (IFTH)**

Parcelle de pois	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Indice IFTH	0,8	0,79	1,75	2,45	1,97	0,58
Séparation des IFTH	<1 Bas IFTH	<1 Bas IFTH	>1 Haut IFTH	>1 Haut IFTH	>1 Haut IFTH	<1 Bas IFTH

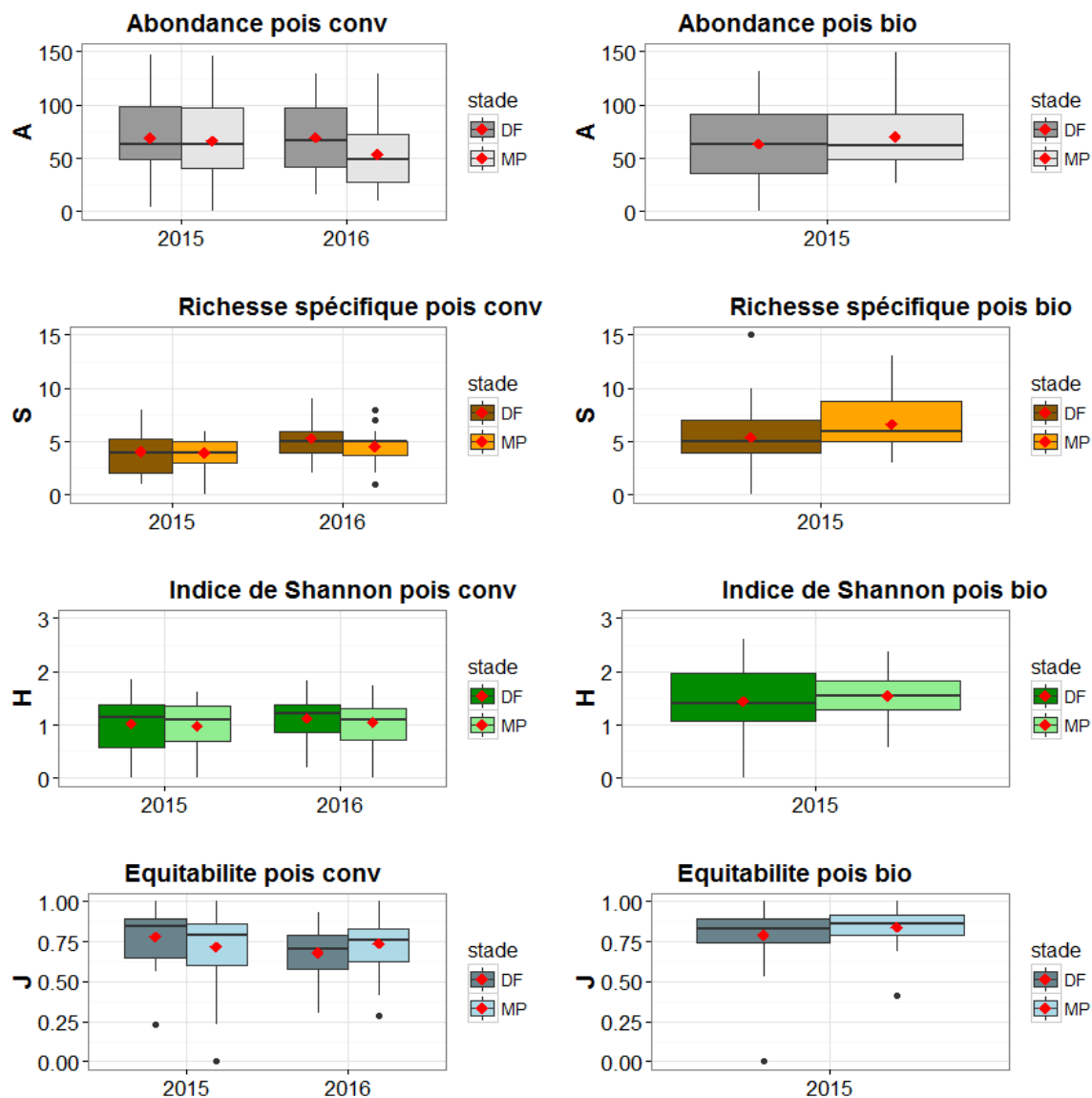
Annexe IX: Comparaison des différents indices de diversité en fonction de la conduite et l'année du pois



Annexe IX: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction la conduite et de l'année du pois

Indice \ Modalité	Pois 2015 bio	Pois 2015 conv	Pois 2016 conv
A (moyenne +/- écart type)	100,61 +/- 87,99	80,59 +/- 55,77	62,77 +/- 34,09
S (moyenne +/- écart type)	7,00 +/- 4,17	4,02 +/- 1,8	4,93 +/- 1,62
H (moyenne +/- écart type)	1,49 +/- 0,57	0,99 +/- 0,50	1,08 +/- 0,37
J (moyenne +/- écart type)	NA	NA	NA

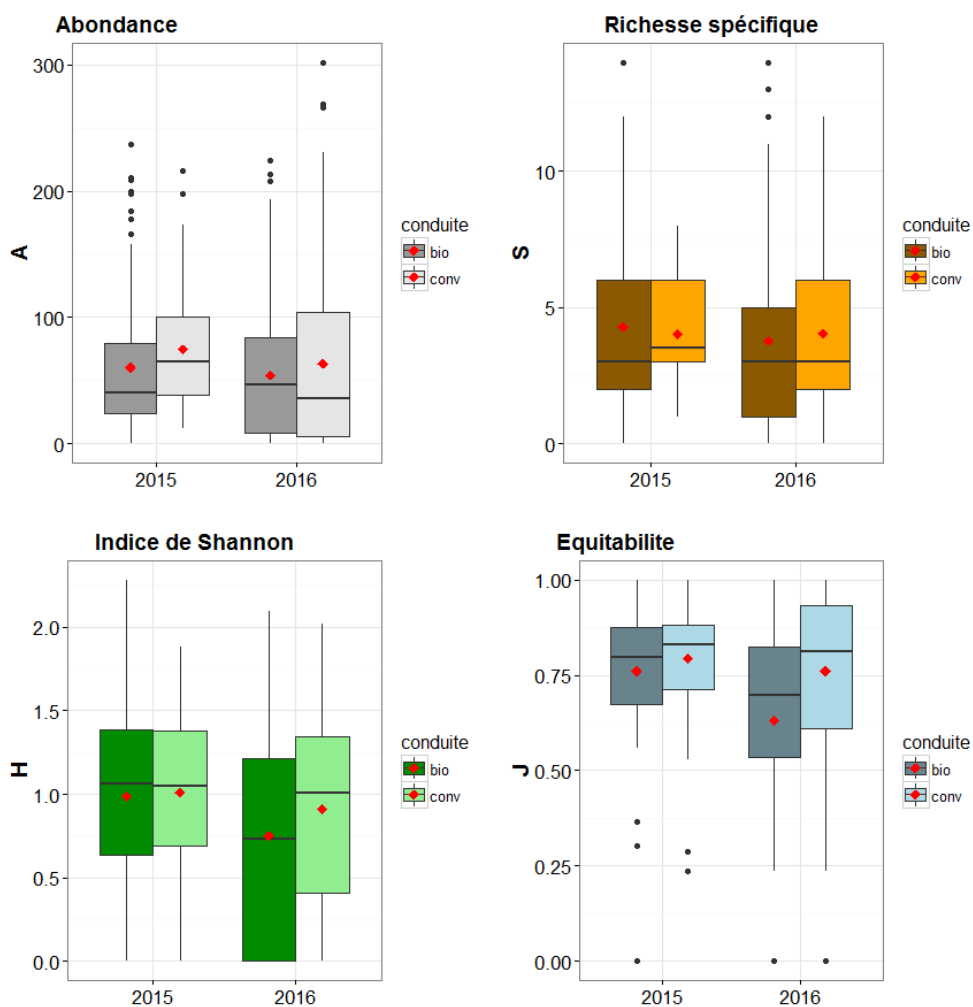
**Annexe X: Comparaison des différents indices de diversité en fonction du stade, de la conduite et l'année du pois**



**Annexe X: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction la conduite et de l'année du pois**

Indice	Modalité	Pois 2015 conv		Pois 2016 conv		Pois 2015 bio	
		DF	MP	DF	MP	DF	MP
A (moyenne +/- écart type)		94,91 +/--65,79	66,27 +/--39,48	71,69 +/--34,95	53,86 +/--31,17	116,83 +/--84,40	113,39 +/--48,50
S (moyenne +/- écart type)		4,08 +/--2,01	3,97 +/--1,59	5,33 +/--1,56	4,52 +/--1,69	7,36 +/--5,34	6,63 +/--2,57
H (moyenne +/- écart type)		1,01 +/--0,54	0,97 +/--0,46	1,12 +/--0,34	1,04 +/--0,40	1,44 +/--0,72	1,54 +/--0,39
J (moyenne +/- écart type)		NA	NA	0,68 +/--0,14	NA	NA	0,84 +/--0,11

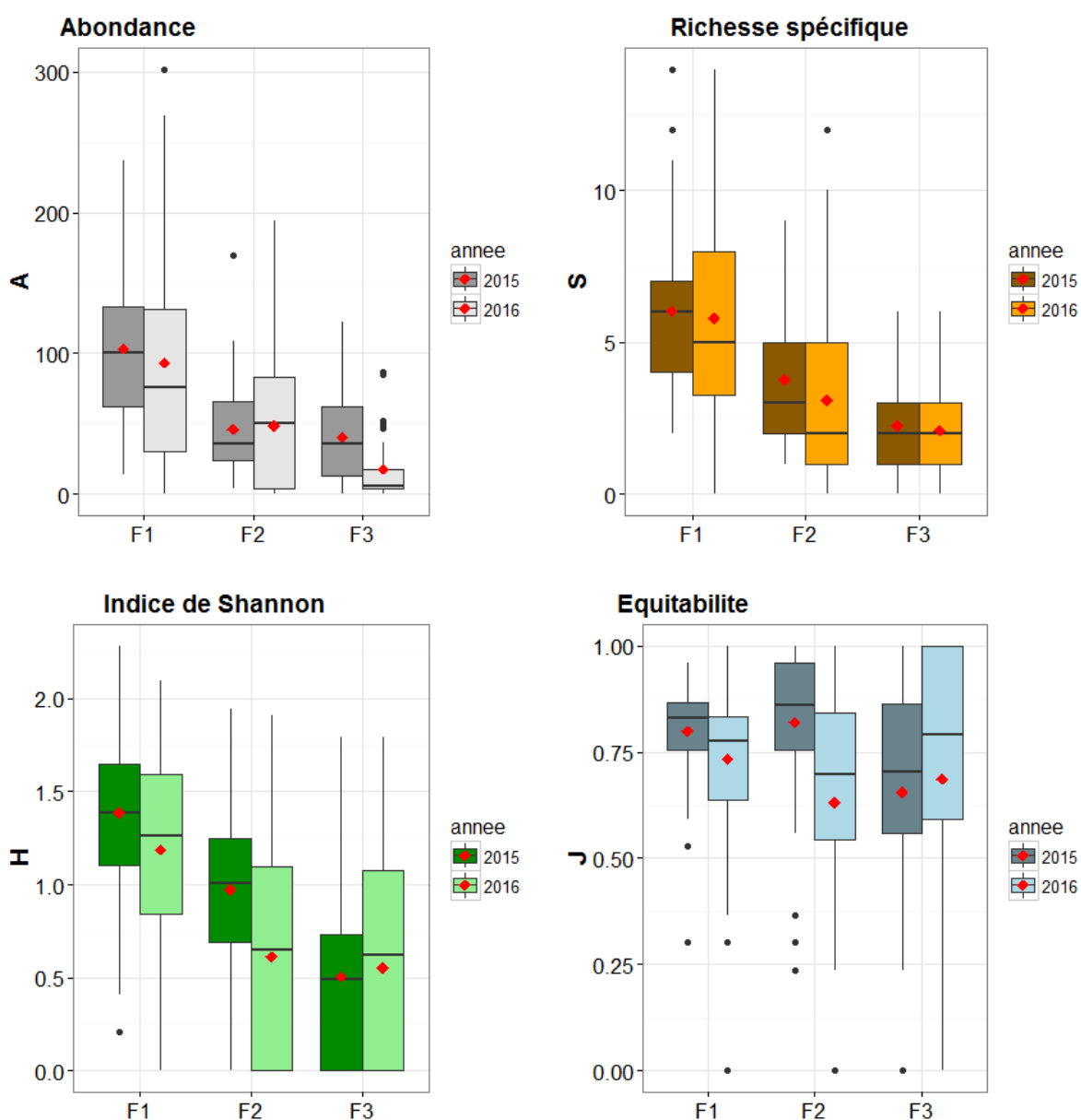
**Annexe XI: Comparaison des différents indices de diversité en fonction de la conduite et l'année de la luzerne**



**Annexe XI: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction la conduite et de l'année de la luzerne**

Indice \ Modalité	Luzerne 2015 bio	Luzerne 2015 conv	Luzerne 2016 bio	Luzerne 2016 conv
A (moyenne +/- écart type)	60,20 +/- 53,36	74,57 +/- 45,00	54,21 +/- 54,55	63,28 +/- 73,54
S (moyenne +/- écart type)	4,28 +/- 2,90	4,02 +/- 2,01	3,77 +/- 3,37	4,05 +/- 2,69
H (moyenne +/- écart type)	0,98 +/- 0,60	1,00 +/- 0,54	0,74 +/- 0,61	0,90 +/- 0,63
J (moyenne +/- écart type)	NA	NA	NA	NA

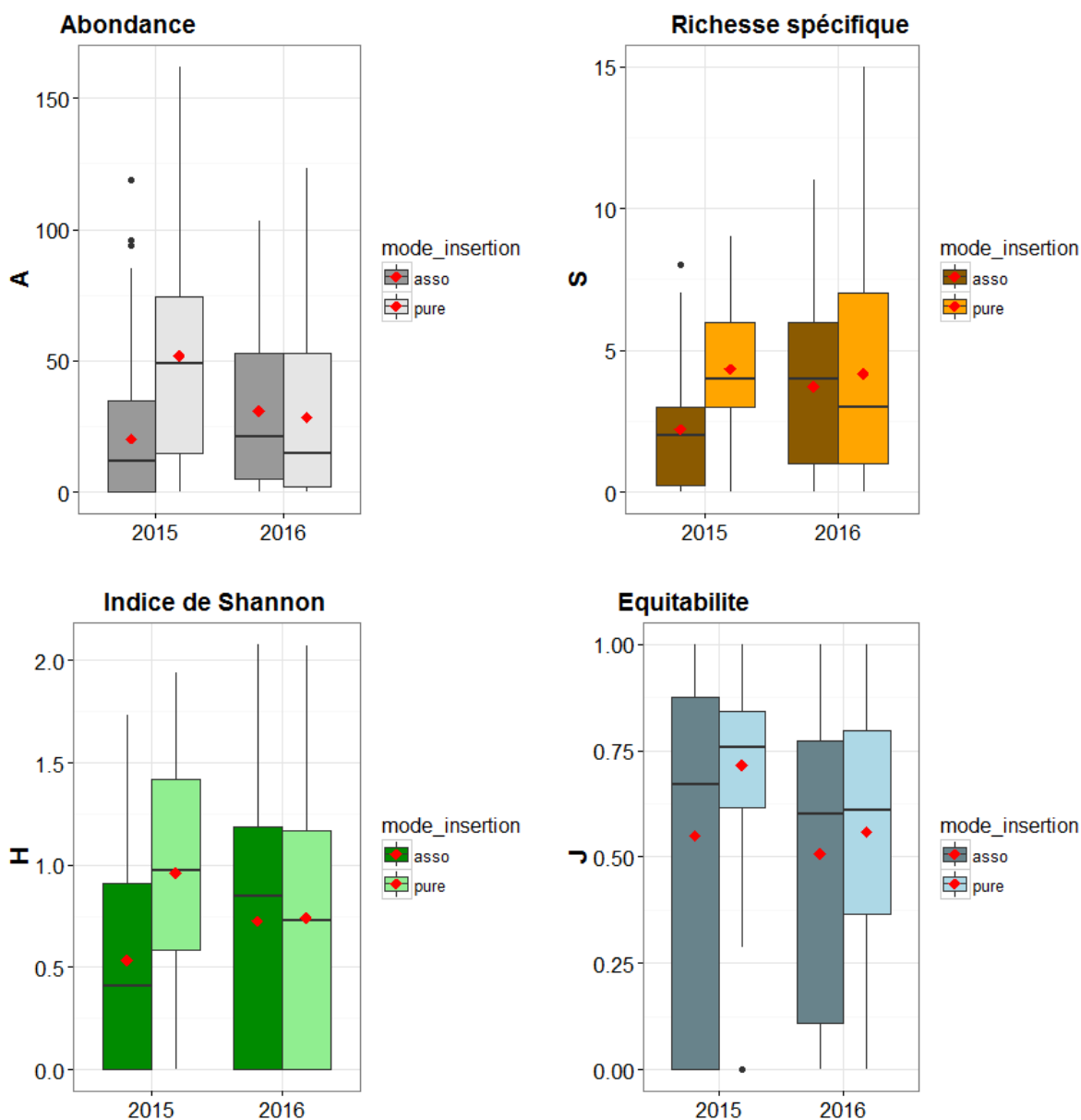
Annexe XII : Comparaison des différents indices de diversité en fonction des fauches et l'année de la luzerne



Annexe XII : Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction des fauches et de l'année de la luzerne

Indice \ Modalité	Luzerne 2015 F1	Luzerne 2015 F2	Luzerne 2015 F3	Luzerne 2016 F1	Luzerne 2016 F2	Luzerne 2016 F3
A (moyenne +/- écart type)	103,47 +/-54,82	46,09 +/-31,53	40,51 +/-29,75	93,36 +/-75,72	48,43 +/-47,95	17,78 +/-22,32
S (moyenne +/- écart type)	6,02 +/-2,47	3,75 +/-2,03	2,24 +/-1,43	5,78 +/-3,24	3,10 +/-2,64	2,09 +/-1,30
H (moyenne +/- écart type)	1,38 +/-0,40	0,97 +/-0,50	0,50 +/-0,48	1,18 +/-0,57	0,61 +/-0,57	0,55 +/-0,48
J (moyenne +/- écart type)	0,79 +/-0,10	NA	NA	NA	NA	NA

**Annexe XIII : Comparaison des différents indices de diversité en fonction du mode d'insertion et l'année du lupin**

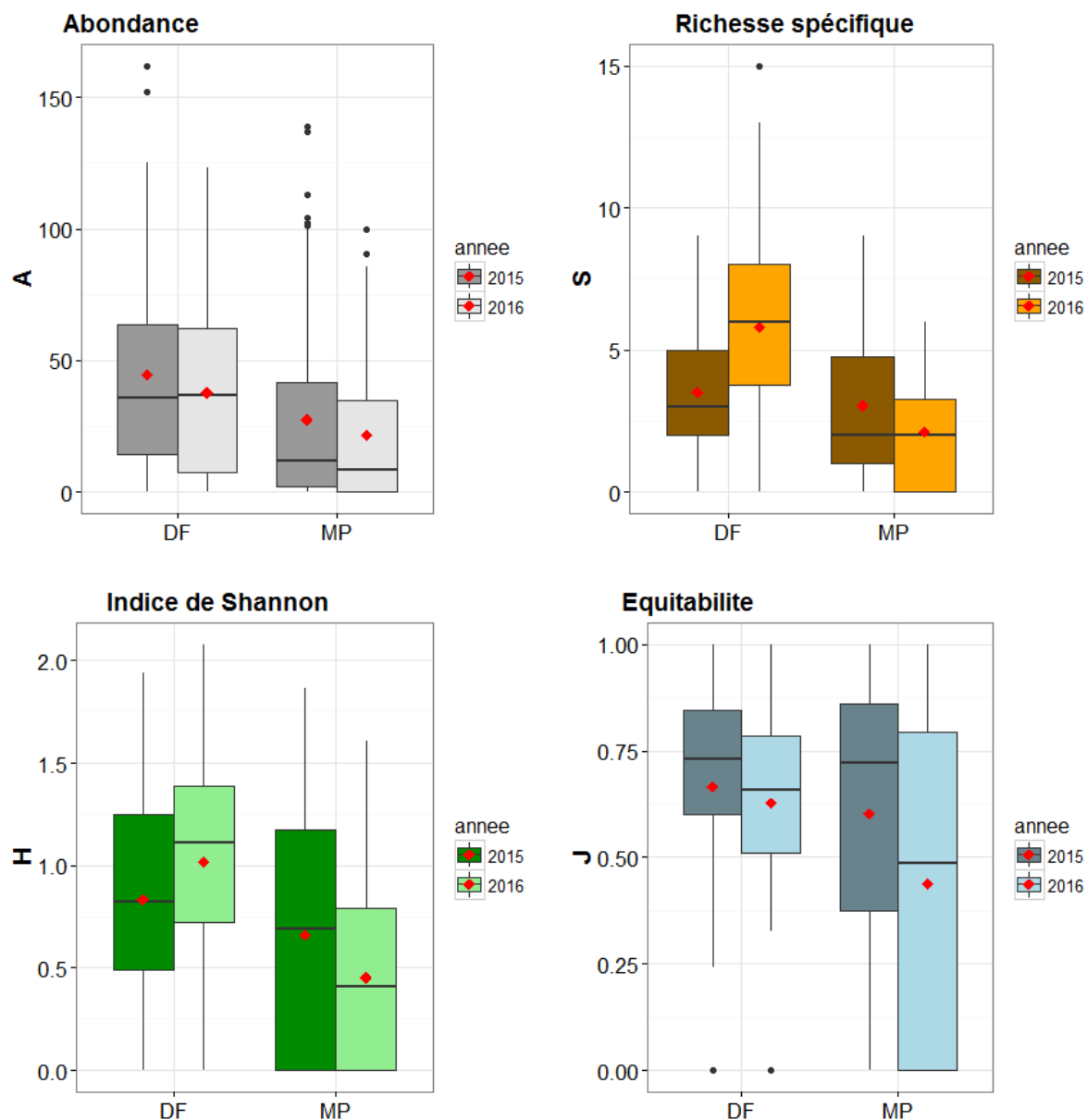


**Annexe XIII: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction du mode d'insertion et de l'année du lupin**

Indice \ Modalité	Lupin/Triticale 2015	Lupin 2015	Lupin/Triticale 2016	Lupin 2016
A (moyenne +/- écart type)	20,28 +/-24,34	51,83 +/-40,44	30,77 +/-29,41	28,55 +/-32,11
S (moyenne +/- écart type)	2,11 +/-2,04	4,33 +/-2,32	3,70 +/-2,91	4,18 +/-3,70
H (moyenne +/- écart type)	0,53 +/-0,54	0,96 +/-0,53	0,72 +/-0,59	0,74 +/-0,58
J (moyenne +/- écart type)	NA	NA	NA	NA



**Annexe XIV: Comparaison des différents indices de diversité en fonction du stade phénologique et l'année du lupin**



**Annexe XIV: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types des différents indices de diversité en fonction du stade physiologique et de l'année du lupin**

Indice \ Modalité	Lupin 2015 DF	Lupin 2015 MP	Lupin 2016 DF	Lupin 2016 MP
A (moyenne +/- écart type)	44,65 +/- 37,44	27,47 +/- 34,35	37,61 +/- 32,03	21,51 +/- 27,23
S (moyenne +/- écart type)	3,51 +/- 2,20	3,03 +/- 2,62	5,77 +/- 3,46	2,11 +/- 1,87
H (moyenne +/- écart type)	0,83 +/- 0,55	0,66 +/- 0,60	1,01 +/- 0,56	0,45 +/- 0,46
J (moyenne +/- écart type)	NA	NA	NA	NA

Annexe XV: Comparaison des modèles par l'AIC du pois et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés

	Pois 2015	Pois conventionnel
Modèle 1 (Mod1)	1025,1	NA
Modèle 2	1023,2	NA
Modèle 3	NA	634,73
Modèle 4	NA	632,73

	Pois 2015 (Mod1)	Pois 2015 (Mod2)	Pois conventionnel (Mod3)	Pois conventionnel (Mod4)
Année	NA	NA	*** (2,07*10-07)	*** (2,07*10-07)
Conduite	*** (8,04*10-14)	*** (8,04*10-14)	NA	NA
Stade	*** (8,43*10-07)	*** (8,43*10-07)	*** (2,14*10-11)	*** (2,14*10-11)
Année:stade	NA	NA	ns (0,45)	NA
Conduite:Stade	ns (0,68)	NA	NA	NA

Annexe XVI: Tableau récapitulatif des moyennes, des médianes et des écarts types de l'abondance en fonction des parcelles, de la conduite et de l'année du pois à l'échelle des placettes

Parcelle de pois	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	
Indice						
Abondance	88,91	50,5	34,5	81,66	247,5	
Médiane	89	50	35,5	88	243,5	
Ecart type	19,53	17,78	19,89	31,48	88,67	
Parcelle de pois	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Indice						
Abondance	76,33	158,91	51	102,41	80,83	14,08
Médiane	73	152	52,5	100,5	80	14
Ecart type	23,74	59,44	14,6	29,88	41,1	13,09
Parcelle de pois	2CP1	2CP2	2CP3	2CP4	2CP5	2CP6
Indice						
Abondance	55	34,08	56,41	103,25	93,41	34,5
Médiane	56,5	30	54,5	100	96	28
Ecart type	25,07	13,8	21,43	27,82	20,45	18,42

Annexe XVII : Comparaison des modèles par l'AIC de la luzerne et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés

	Luzerne					
Modèle 1	1930,7					
Modèle 2	1928,9					
Modèle 3	1927,6					
Modèle 4	1737,7					
Modèle 5	1737,7					
Modèle 6	1737,7					

	Luzerne Mod 1	Luzerne Mod 2	Luzerne Mod 3	Luzerne Mod 4	Luzerne Mod 5	Luzerne Mod 6
Année	*** (2,00*10-06)	*** (2,00*10-06)	*** (2,00*10-06)	*** (2,00*10-06)	*** (2,00*10-06)	*** (2,00*10-06)
Conduite	*** (1,35*10-09)	*** (1,35*10-09)	*** (1,35*10-09)	*** (1,35*10-09)	*** (1,35*10-09)	*** (1,35*10-09)
Stade	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)
Année:Conduite	ns (0,70)	NA	NA	ns (0,70)	NA	NA
Année:stade	*** (7,16*10-14)	*** (7,16*10-14)	*** (8,33*10-14)	*** (7,16*10-14)	*** (8,33*10-14)	*** (8,33*10-14)
Conduite:Stade	ns (0,29)	ns (0,29)	NA	ns (0,29)	ns (0,25)	NA
Année:Conduite:Stade	NA	NA	NA	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)

Annexe XVIII: Tableau récapitulatif des moyennes, des médianes et des écarts types de l'abondance en fonction des parcelles, de la conduite et de l'année de la luzerne à l'échelle des placettes

Parcelle de luzerne	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7
Indice							
Abondance	61,91	83,22	27,44	30,22	93,58	43,83	92,88
Médiane	55	75	24	26	83	32,5	66,5
Ecart type	37,72	41,77	17,4	26,64	68,85	35,83	77,76
Parcelle de luzerne	CL1	CL2	CL3	CL4	CL5		
Indice							
Abondance	90,16	129,41	80,11	30,27	66,38		
Médiane	92	116	73,5	26	58		
Ecart type	23,01	49,39	33,06	14,93	38,2		
Parcelle de luzerne	2BL1	2BL2	2BL3	2BL4	2BL6	2BL7	
Indice							
Abondance	68,88	44,25	4,66	13,58	55,94	154,5	
Médiane	66	50	3	7	57,5	153	
Ecart type	35,45	27,42	4,94	15,6	31,24	48,4	
Parcelle de luzerne	2CL1	2CL2	2CL3	2CL4	2CL5		
Indice							
Abondance	128	36,27	38,16	61,94	65,22		
Médiane	108,5	14	26	51	61,5		
Ecart type	130,3	45,41	35,6	57,75	55,78		

## Annexe XIX: Comparaison des modèles par l'AIC du lupin et significativité des facteurs en fonctions des modèles utilisés

	Lupin
Modèle 1	846,71
Modèle 2	845,82
Modèle 3	846,5
Modèle 4	844,33
Modèle 5	844,33
Modèle 6	844,33

	Lupin Mod 1	Lupin Mod 2	Lupin Mod 3	Lupin Mod 4	Lupin Mod 5	Lupin Mod 6
Année	*** (0,74*10-04)	*** (0,74*10-04)	*** (0,74*10-04)	*** (0,74*10-04)	*** (0,74*10-04)	*** (0,74*10-04)
Stade	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)
Mode d'insertion	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)
Année:stade	ns (0,53)	NA	NA	ns (0,53)	NA	NA
Année:Mode d'insertion	ns (0,10)	ns (0,10)	NA	ns (0,10)	ns (0,10)	NA
Stade:Mode d'insertion	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)	*** (<2,2*10-16)
Année:Stade:Mode d'insertion	NA	NA	NA	* (3,61*10-2)	. (6,41*10-2)	* (4,25*10-2)

## Annexe XX: Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types de l'abondance en fonction des parcelles, de la conduite et de l'année du lupin

Parcelle association		P101	P102	P103	P104	P105
Indice						
	Abondance	28,94	20,22	5,75	30,02	16,5
	Médiane	1	14	0	22,5	13
	Ecart type	38,87	20,2	10,16	22,05	13,22
Parcelle pure		P101	P102	P103	P104	P105
Indice						
	Abondance	60,61	74,44	32,77	53,02	38,33
	Médiane	53,5	69,5	30,75	56,5	28
	Ecart type	55,42	32,98	28,24	38,28	30,6
Parcelle association		P206	P207	P208	P209	
Indice						
	Abondance	7,44	59,63	17,55	38,45	
	Médiane	0	68	12,75	42,32	
	Ecart type	16,05	29,77	16,67	22,03	
Parcelle pure		P206	P207	P208	P209	
Indice						
	Abondance	4,66	32,94	18	57,8	
	Médiane	2	23,25	15,5	62,82	
	Ecart type	6,96	33,85	14,39	35,47	

**Annexe XXI : Résultats des différents groupes fonctionnels, les espèces présentes (code Bayer et nom vernaculaire) et leurs caractéristiques globales (caractéristique en gras = la plus significative)**

Groupe fonctionnel							
1		2		3		4	
AETCY	Ethuse	ALOMY	Vulpin	DAUCA	Carotte	CAPBP	Capselle bourse à pasteur
ANGAR	Mouron des champs	AVEFA	Avoine folle	EPIAD	Epilobe à quatre angles	LAMPU	Lamier pourpre
APHAR	Alchémille des champs	LOLMU	Ray-grass d'Italie	GERDI	Géranium disséqué	PLAMA	Plantain majeur
ATXPA	Arroche étalée	LOLPE	Ray-grass Anglais	GERMO	Géranium à feuilles molles	STEME	Stellaire
BARIN	Barbarée intermédiaire	POATR	Pâturin commun	GERPU	Géranium à tiges grêles	VERPE	Véronique perse
CENCY	Bleuet	SETVI	Sétaire verte	GERRT	Géranium à feuilles rondes		
CHNMI	Linaire mineur			LAPCO	Lampsane commune		
CIRAR	Chardon des champs			MATIN	Matricaire inodore		
CONAR	Liseron			MELAL	Compagnon blanc		
EPHEX	Euphorbe			PICEC	Picris		
GALAP	Gaillet gratteron			RUMCR	Rumex crépu		
KICSP	Linaire bâtarde			SONAS	laiteron rude		
MYOAR	Myosotis des champs			SONOL	laiteron des maraichers		
PAPRH	Coquelicot			TAROF	Pissenlit		
POLAV	Renouée des oiseaux			VICSA	Vesce cultivée		
POLCO	Renouée liseron						
POLPE	Renouée persicaire						
SCAPV	Peigne de vénus						
SHRAR	Shérardie						
VERAR	Véronique des champs						
VERHE	Véronique à feuilles de lierre						
VIOAR	Pensée des champs						

**Gp 1: nb indiv 22**

- 24 dicot (**52 %cla/mod, 1,85\*10-2**)
- 7 dressée, 3 grimpante, 9 rampante (**81% cla/mod, 1,008\*10-2**), 5 rosette
- Déb germ: 14 **automne** (87% cla/mod, 7,87\*10-5)
- 10 **printemps** (100% cla/mod, 1,23\*10-4)
- **Duré de germ moyenne = 2,25 saison** , 2.59\*10-08
- Déb flo: 7 avril, 1 février, 3 juillet, 4 juin, 10 mai
- Durée flo moy = 5,2
- 2 géophyte, 1 hémicryptophyte.thérophyte, 21 **thérophyte** (**58% cla/mod,**

**Gp 2: nb indiv 6**

- 6 monocot (**100% cla/mod, 4,9\*10-9**)
- 6 dressée (**31% cla/mod, 1,33\*10-3**)
- Déb germ: 2 **automne**, 1 été et 3 année
- Duré germ moy = 3,1
- Déb flo: 2 avril, 1 juin, 3 mai
- Durée de flo moyenne = 3,667, 2,004\*10-2
- 2 hémicryptophyte. thérophyte, 4 thérophyte

**Gp 3: nb indiv 15**

- 16 dicot
- 4 dressée, 1 grimpante et **11 rosette** (**61 % cla/mod, 1,03\*10-3**)
- Déb germ: 16 **année** ( **64% cla/mod, 1,97\*10-7**)
- **Duré de germination = 4**, 1.85\*10-05
- Déb flo: 5 avril, 1 juillet, 5 juin, 5 mai
- Durée flo moy = 5,06
- 8 **hémicryptophyte.thérophyte** (61%clas/mod, 9,95\*10-3), 7 thérophyte (19% cla/mod, 1,25\*10-2) et 1 géophyte

**Gp 4: nb indiv 5**

- 6 dicot
- 2 dressée, 2 rampante et 2 rosette
- Déb germ: 6 **année** (**24% cla/mod, 8,69\*10-3**)
- **Durée de germ = 4**, 2.03\*10-02
- Déb flo: 2 **année** (**100% cla/mod, 1,13\*10-2**), 4 mars (**100% cla/mod, 5,54\*10-5**)
- **Durée de floraison 9,66**, 1.25\*10-07
- 2 hémicryptophyte.thérophyte, 4 thérophyte

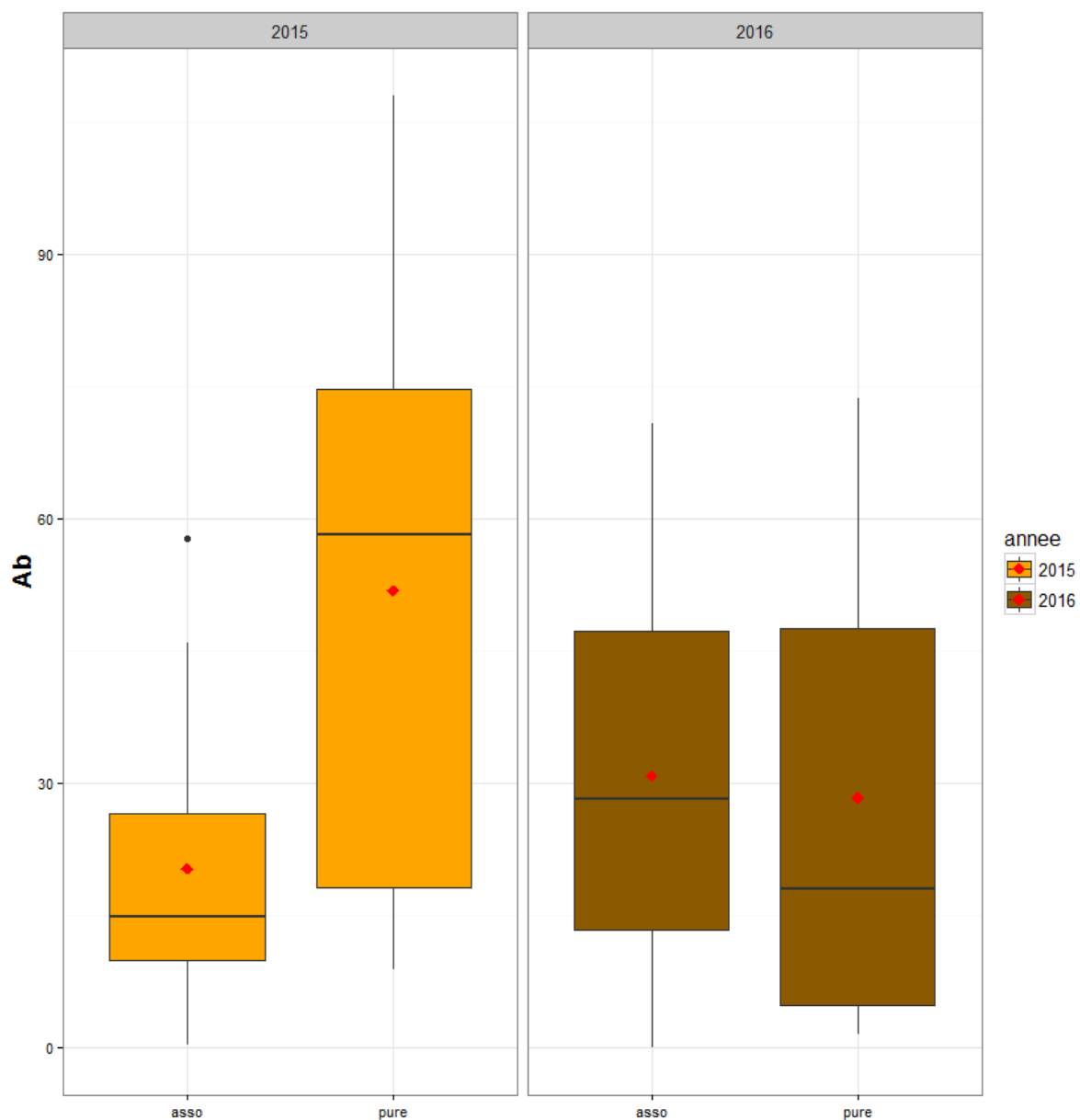
**Annexe XXII : Tableau récapitulatif des différentes plantes ciblées par les herbicides, les moyennes du nombre de produits appliqués et l'IFT moyen chez le pois**

Famille de plante ciblée et adjuvant	adjuvant	Période d'application	non	Bas IFTH	Nombre moyenne de produits appliqués	IFTH Moyen
	antigramminées et antidiotylédones		postsemis_prélevée			
	antidiotylédones		postlevée			
	antigramminées		postlevée			
	antigramminées et antidiotylédones		postlevée			
					4,666666667	0,723333333
Famille de plante ciblée et adjuvant	adjuvant	Période d'application	non	Haut IFTH	Nombre moyenne de produits appliqués	IFTH Moyen
	antigramminées et antidiotylédones		postsemis_prélevée			
	antidiotylédones		postlevée			
	antigramminées		postlevée			
	antigramminées et antidiotylédones		postlevée			
					7,333333333	2,056666667

**Annexe XXIII : Tableau récapitulatif du travail du sol chez le pois**

Parcelles	aération du sol	désherbage	préparation du lit	enfouissement des semences
CP1	1	1	2	1
CP2	2	2	3	1
CP6	2	2	0	0
Moyenne bas IFTH	1,666666667	1,666666667	1,666666667	0,666666667
CP3	1	1	0	0
CP4	1	2	1	0
CP5	1	0	0	1
Moyenne haut IFTH	1	1	0,333333333	0,333333333
BP1	0	1	1	0
BP2	0	1	1	0
BP3	0	1	1	0
BP4	2	0	0	2
BP5	2	1	0	1
Moyenne AB	0,666666667	0,666666667	0,5	0,5

Annexe XXIV : Représentation graphique en fonction de l'année et du mode d'insertion du lupin



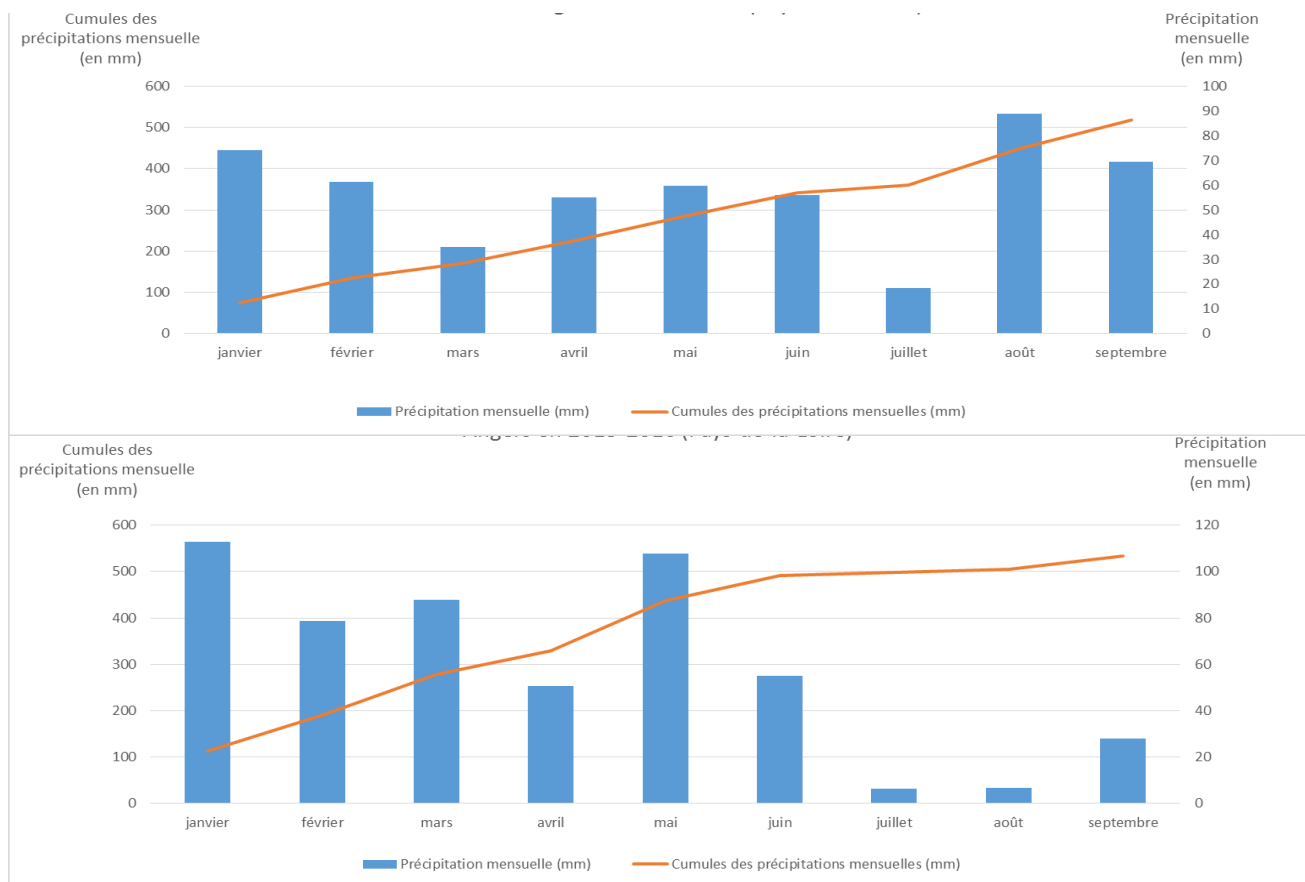
Annexe XXIV : Tableau récapitulatif des moyennes et des écarts types en fonction du mode d'insertion et de l'année du lupin (correspond à l'annexe 26)

Parcelle association		2014-2015	Parcelle association		2015-2016
Indice	Abondance	20,28	Indice	Abondance	30,77
	Ecart type	18,69		Ecart type	23,54
Parcelle pure		2014-2015	Parcelle pure		2015-2016
Indice	Abondance	51,83	Indice	Abondance	28,35
	Ecart type	34,67		Ecart type	28,27

## Annexe XXV: Représentation graphique de l'ensoleillement et de la température moyenne à Angers en 2014-2015 et en 2015-2016 (Pays-de-la-Loire) (source infoclimat)



## Annexe XXVI : Représentation graphique des précipitations mensuelles et des cumuls des précipitations mensuelles à Angers en 2014-2015 et en 2015-2016 (Pays-de-la-Loire) (source infoclimat)



## VIII) Bibliographie

- Afnor in Larousse agricole 2002, <http://www.larousse.fr/archives/agricole/page/11>
- Avarlis-cetiom, Fourrages et tourteaux : les meilleurs stratégies pour nourrir le troupeau, 2013, P 8.
- B. Frick, E. Johnson, La compétitivité des cultures : la première arme contre les mauvaises herbes, CABC, 2012  
([http://www.organicagcentre.ca/extension/ext\\_weed\\_competitive\\_f.asp](http://www.organicagcentre.ca/extension/ext_weed_competitive_f.asp))
- Benjamin Peret, *Starting grant*, projet ERC, CRNS ?, 2015
- Bruno SIMON, Mémoire N3, Les racines des plantes Anatomie et fonctionnement, 2014
- Duc.G et al, Historique des légumineuses dans les assolements et facteurs d'évolution, décembre 2010.
- Duc. G., Mignolet, C., Carrouée, B., Huyghe, C., Dijon Cedex, F., 2010. Importance économique passée et présente des légumineuses: Rôle historique dans les assolements et les facteurs d'évolution. *Innovations agronomiques* 11, 1–24.
- Infoclimat.fr, <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/angers-beaucouze/valeurs/07230.html>
- Jean MAMarot et al., Mauvaises herbes des cultures ACTA, 2014
- Les céréales, INA P-G – Département AGER, 2003
- LES FICHES TECHNIQUES AB, Luzerne, Groupe technique AB Franche Comté, 2012
- Lupin de printemps, Fabacées, Les fiches Techniques du réseau GAB/FRAB, 2013
- M. Valantin-Morison et al., Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? INRA, 2008
- Meiss, H., Le Lagadec, L., Munier-Jolain, N., Waldhardt, R., Petit, S., 2010a. Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*
- Meiss, H., MéDièNe, S., Waldhardt, R., Caneill, J., Bretagnolle, V., Reboud, X., Munier-Jolain, N., 2010. Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations. *Weed Research*.
- Meiss, H., Médiène, S., Waldhardt, R., Caneill, J., Munier-Jolain, N., 2010b. Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: implications for integrated weed management. *Agronomy for Sustainable Development* 30



- Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Ed.), 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press, Washington, DC
- SONIA KÉFI, Ecologie des communautés, écologie fondamentaux et principes ISEM, 09/2012
- Stratos Ultra – Herbicide anti-graminées, BASF, 2015
- Streeter et al., le guide DELACHAUX des fleurs de France et d'Europe, 2011
- Sylvain CHARRON, Anne GOBERT, Isabelle JANNOT, Laurette PARAVANO, Philippe RITTERSHAUS, *Enjeux et stratégies pour les productions végétales : perspectives au plan régional, INRA département AGER, 2001*
- Thiebeau, P., Badenhausser, I., Meiss, H., Bretagnolle, V., Carrère, P., Chagué, P., Decourtye, A., Maleplate, T., Médiène, S., Lecompte, P., others, 2010. Contribution des légumineuses à la biodiversité des paysages ruraux. *Innovations Agronomiques* 11, 187–204.
- Voisin, A.-S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M.-H., Magrini, M.-B., Meynard, J.M., Mougel, C., Pellerin, S., Pelzer, E., 2013. Les légumineuses dans l'Europe du XXI<sup>e</sup> siècle: Quelle place dans les systèmes agricoles et alimentaires actuels et futurs? Quels nouveaux défis pour la recherche? *Innovations Agronomiques* 30, 283–312.

## **Résumé :**

**Mots clefs :** Légumineuse, adventices, itinéraire technique, groupe fonctionnel, service écosystémique.

Mon stage de 6 mois, à l'UMR Agronomie de l'INRA de Thiverval-Grignon (78), s'inscrit dans le projet Légitimes. Il a pour but d'étudier les services écosystémiques rendus par l'insertion des légumineuses en fonction de l'espèce implantée (pois, luzerne, lupin), de la conduite (biologique vs conventionnelle) et du mode d'insertion (annuelle, pluriannuelle et en association). Ma problématique s'est focalisée sur la gestion des adventices dans ces différentes modalités. Une phrase sur la démarche en deux temps : analyse à l'échelle de la communauté puis de groupes fonctionnels. L'objectif est d'établir un lien entre les groupes fonctionnels constitués d'espèces ayant des traits biologiques similaires et les pratiques agricoles effectuées sur les parcelles.

Les résultats ont montré que le pois conventionnel (avec un bas ITFH) était plus compétitif que le pois biologique et les espèces d'adventices annuelles à germination printanière étaient plus abondantes. La fauche de la luzerne biologique était plus efficace qu'en conventionnel. Les traits fonctionnels des adventices dominants chez la luzerne conventionnelle étaient le port en rosette, qui permet d'échapper à la fauche, la pluriannualité des espèces et leur germination qui peut être à n'importe quel moment de l'année. Le lupin en association était plus efficace face aux adventices en fonction de l'année d'implantation et des conditions climatiques.

## **Abstract :**

**Keyword:** Legume, weeds, crop management, functional group, ecosystem service.

My six month study was made at Inra-Grignon, and is part of a broader project LEGITIMES assessing the ecosystem services of legumes. The specific problematic of my study is to analyse the impact of farming practices (organic vs conventional) and mode of insertion (annual, perennial and intercropping) on weed abundance. I worked on three crops : pea, alfalfa and lupin. First, an analysis of the weed community based on the functional group approach was made. Then, links between functional groups, abundance of weed species and farming practices were established.

The results showed that the conventional peas (with low ITFH) was more competitive than the organic peas and species of annual weeds in spring germination were more abundant. The mowing organic alfalfa was more effective than conventional. Functional traits of dominant weeds in conventional alfalfa were the rosette bearing, which provides an escape from the mowing, the multiannual species and their germination can be at any time of year. Lupin in association was more effective face the weeds depending on the year of implementation and climatic conditions.

