



**HAL**  
open science

# Étude de la mycorhization de variétés populations de blé en culture pure et en association avec une légumineuse

Valentin Vidal-Ribeil

## ► To cite this version:

Valentin Vidal-Ribeil. Étude de la mycorhization de variétés populations de blé en culture pure et en association avec une légumineuse. [Stage] France. Université d'Angers (UA), FRA. 2015. hal-02801184

**HAL Id: hal-02801184**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02801184>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

2014-2015

DUT Génie Biologique – Option agronomie



# Etude de la mycorhization de variétés populations de blé en culture pure et en association avec une légumineuse



**Vidal-Ribeil Valentin** |

**I.N.R.A. du Rheu unité  
SAD Paysage**

Maîtres de stage : Estelle SERPOLAY-BESSON |  
François FUCHS

Tuteur pédagogique : Dominique PERRISSIN-FABERT





## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

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

Fait au Rheu, le 30/06/2015



## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes présentes à la quarantaine des pommes de terre pour leur bonne humeur, leur ouverture d'esprit et tout ce qu'ils m'ont appris.

Je remercie particulièrement ma maitre de stage, Estelle Serpolay-Besson, qui m'a permis d'effectuer ce stage, qui m'a suivi et donné de nombreux conseils indispensables.

Merci à Véronique Chable, responsable de l'équipe BCRP (Biodiversité Cultivée et Recherche Participative) pour avoir partagé ses expériences concernant les divers projets qu'elle mène.

Merci à François Fuchs, animateur de l'association CBD, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage, pour l'organisation au sein de CBD et pour ses conseils.

Merci à mon tuteur, Dominique Perrissin-Fabert, pour son intérêt pour mon stage et ses conseils concernant la rédaction de mon rapport.

Merci à Simon Rousselot pour sa bonne humeur, pour son aide et pour ses propositions de sortie terrains lorsque le travail de laboratoire devenait fastidieux.

Merci aux agriculteurs qui m'ont accueillis sur leur ferme et qui ont portés de l'intérêt à mon travail : Bruno Joly, Pascal Biteau, Carole et Guy Turible, Cédric Baron, Claude Souriau et Marc Poussin.

Merci aux stagiaires présents pour la bonne ambiance, les repas partagés, l'aide qu'ils m'ont apporté et les réflexions sur de nombreux sujets : Pierre, Martin, Mathéou et Camille.



# Sommaire

## GLOSSAIRE

INTRODUCTION.....	1
PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET .....	2
1. L'INRA et l'ITAB.....	2
2. Le projet Blégu et l'association CBD .....	3
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
1. Les mycorhizes.....	4
1.1. Généralités sur les mycorhizes .....	4
1.2. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules .....	5
1.3. Rôle des mycorhizes pour la plante et intérêt agronomique .....	6
1.4. Pratiques culturales adaptées.....	9
2. Biodiversité cultivée.....	9
2.1. Définition .....	9
2.2. Sélection variétale.....	10
2.3. Avantages de la biodiversité cultivée pour l'AB .....	11
MATERIEL ET METHODES.....	13
1. Réseau expérimental et modalités.....	13
2. Protocoles expérimentaux.....	14
2.1. Protocole de prélèvement .....	14
2.2. Protocole de coloration .....	14
2.3. Protocole d'observation .....	15
3. Analyse des résultats.....	16
RESULTATS ET DISCUSSION .....	17
1. Résultats.....	17
1.1. Influence du lieu sur la mycorhization du blé.....	17
1.2. Influence de la légumineuse sur la mycorhization .....	18
1.3. Influence de la variété sur la mycorhization.....	19
1.4. Proportion des différents organes.....	19
2. Discussion générale.....	20
2.1. Pertinence des résultats .....	20
2.2. Pertinence de la méthode .....	20
2.3. Données .....	21
CONCLUSION.....	22
1. Résultats de l'étude .....	22
2. Bilan personnel .....	22
3. Autres travaux effectués .....	23
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
TABLE DES ILLUSTRATIONS	
TABLE DES TABLEAUX	
TABLE DES ANNEXES	
ANNEXES	





## **Glossaire**

**BCRP** : Biodiversité Cultivée et Recherche Participative

**CBD** : Cultivons la BioDiversité

**Endomycorhizes VA** : endomycorhizes à Vésicules et Arbuscules

**INRA** : Institut National de Recherche Agronomique

**ITAB** : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

**LER** : Land Equivalent Ratio

**SAD** : Sciences pour l'Action et le Développement



## Introduction

Le mode de production productiviste mis en place depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle est de plus en plus remis en question par une partie des agriculteurs, chercheurs et consommateurs. Beaucoup d'agriculteurs se tournent aujourd'hui vers une production à faibles intrants ou biologique dans le souci de préserver l'environnement, la qualité des produits et la santé des hommes. Ces systèmes ne s'appuient donc plus sur les divers intrants (engrais, pesticides) pour assurer les récoltes et une adaptation du système de production et des techniques est nécessaire afin de garder un fonctionnement durable, autonome et viable. Ainsi les agriculteurs essayent de favoriser la biodiversité cultivée pour maximiser les processus biologiques permettant d'avoir un effet tampon sur les variations de conditions et d'assurer une partie de la récolte (en cas de problème de maladie spécifique par exemple). Dans cette dynamique certains agriculteurs se tournent vers les variétés populations, aussi appelées variétés anciennes ou paysannes qui sont génétiquement plus diversifiées que les variétés commerciales.

Ces variétés ont plusieurs avantages, elles permettent aux agriculteurs de réaliser une autogestion de leurs fermes car les variétés population n'étant pas soumises aux réglementations sur les semences, il est possible de les multiplier et de les ressemer chaque année. Elles sont intéressantes pour leur diversité génétique qui permet aux agriculteurs, en plus de l'effet tampon, de sélectionner les critères qui les intéressent pour qu'elle s'adapte à leurs objectifs. Enfin ces variétés permettent d'obtenir des produits plus intéressants ayant une meilleure qualité nutritionnelle après transformation (des pains plus riches, avec plus de protéines et moins de gluten).

C'est dans ce contexte que le groupe CBD (cultivons la biodiversité) Poitou-Charentes à été créé, il regroupe des agriculteurs en production biologique pour la plupart, ou à faibles intrants. Cette association a choisi de mettre en place différents projets de recherches participatives, dont « Blégu Poitou » qui s'organise autour de la recherche et de la sélection de blés population en association avec des légumineuses, avec le partenariat de l'INRA et l'ITAB. Cette année les agriculteurs du groupe ont demandés aux chercheurs d'étudier les mécanismes présents au niveau des racines et plus particulièrement la symbiose mycorhizienne entre les racines du blé et les champignons. Le but de ce travail est d'observer la présence de mycorhizes et de voir quels facteurs la favoriseraient en fonction de l'association avec une légumineuse et des variétés. Après la présentation de la structure d'accueil et du projet, nous verrons les résultats des publications sur le sujet, puis les protocoles expérimentaux avant de voir les résultats de l'étude, leurs interprétations et leurs limites.



# Présentation de la structure d'accueil et du projet

## 1. L'INRA et l'ITAB

J'ai été accueilli dans une équipe de recherche INRA-ITAB, l'équipe BCRP (Biodiversité Cultivée et Recherche Participative) qui dépend de l'unité SAD Paysage (Sciences pour l'Action et le Développement) de l'INRA de Rennes.

L'INRA est un organisme de recherche publique placé sous la tutelle du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (MESR) et du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (MAAF). Sa mission est notamment de produire et diffuser des connaissances scientifiques, contribuer à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche, concevoir des innovations et participer au débat Science-Société. Les recherches sont axées sur l'alimentation, l'agriculture et l'environnement avec des priorités pour répondre aux enjeux majeurs : améliorer l'agriculture, atténuer le réchauffement climatique et s'y adapter, valoriser la biomasse et assurer des systèmes alimentaires afin de nourrir le monde sainement et durablement en 2050. L'institut compte près de 8 500 agents titulaires dans 17 centres de recherche régionaux et un centre siège, avec 13 départements scientifiques pour un budget prévisionnel d'environ 880 M€. Cela fait de l'INRA un acteur majeur de la recherche agronomique, l'institut est deuxième au rang mondial pour le nombre de citations en agriculture.

L'ITAB est un organisme dédié à la coordination nationale de la recherche et l'expérimentation en agriculture biologique géré par des professionnels. L'institut rassemble les experts de terrain, de la recherche et les professionnels afin de produire des références techniques sur le mode de production biologique, utiles aux agriculteurs en AB et conventionnels. Les missions principales sont l'animation et l'expertise, la co-construction de projets, la diffusion et la valorisation. L'ITAB est soutenu par les agriculteurs, les Ministères chargés de l'agriculture et de l'écologie, de FranceAgriMer et de l'Europe. Son programme d'activité est expertisé par le Conseil Scientifique de l'Agriculture Biologique (CSAB).

L'équipe BCRP étudie la biodiversité cultivée (comment elle est un atout pour les agriculteurs biologique et/ou à faible niveau d'intrants). Autant que possible, l'équipe travaille directement avec les acteurs de terrain (recherche participative) pour que les recherches correspondent aux questions de terrain et aux exigences des chercheurs. Ainsi les expérimentations sont souvent réalisées chez les agriculteurs, avec leur participation, pour répondre à des problématiques telles que l'autonomie semencière avec des variétés adaptées à leurs terroirs.



## 2. Le projet Blégu et l'association CBD

Blégu est un projet de recherche participative autour des variétés populations de blé et de légumineuses en co-sélection, mené en partenariat avec l'association Cultivons la Biodiversité en Poitou-Charentes (CBD), l'INRA et l'ITAB depuis 2010. Le collectif regroupe des agriculteurs de l'association CBD, l'animateur de l'association (François Fuchs) et un ingénieur de l'équipe « biodiversité cultivé et recherche participative » (BCRP) INRA/ITAB de Rennes (Estelle Serpolay). Cela permet de rassembler les compétences complémentaires de chacun à la ferme et en réseau.

CBD est une association regroupant environ 200 adhérents en Poitou-Charentes, elle représente un réseau régional d'agriculteurs aux modes de productions biologique ou à faible intrants et de jardiniers amateurs. L'objectif général est de favoriser l'autonomie des paysans à sélectionner et faire évoluer des variétés dans leurs systèmes de production, qui s'adaptent ainsi à leurs pratiques bio et durables ainsi qu'à leurs conditions pédoclimatiques et leurs.

Les actions du projet sont centrées sur la sélection paysanne de blé (et si possible des légumineuses associées) et sur les associations blé-légumineuses. Concrètement les agriculteurs réalisent des essais individuels pour répondre à leurs questions et adaptés à leur type d'exploitation. Les expérimentations varient chaque année et la somme des expérimentations permet de faire évoluer les connaissances générales concernant les populations de blé, la co-sélection et l'association blé-légumineuses.

La première année du projet en 2010 était axée sur l'évaluation de différentes variétés populations de blé grâce à une plateforme d'observation comparant des variétés populations, des variétés modernes, des landraces, des mégamix (populations issues de multiples croisements mises au point par l'INRA) et différents mélanges. Les variétés choisies devaient convenir aux objectifs des agriculteurs, à savoir des variétés productives, hautes (pour la paille), adaptées à une agriculture sans intrants et libres d'utilisation (non soumises à un Certificat d'Obtention Végétal). L'année d'après les agriculteurs ont sélectionné les variétés qui répondaient à leurs critères et les ont multiplié pour pouvoir les cultiver à plus grande échelle. La troisième année les essais concernaient plus l'association blé légumineuse, suivant les objectifs de chacun et il y a eu des semis de blé sous couvert de légumineuses et inversement, ou des associations avec une légumineuse à graines. En 2014, les agriculteurs ont voulu orienter les recherches vers la science du sol et spécifiquement sur la mycorhization du blé. Cette année 2015 va donc s'inscrire dans la continuité, avec la multiplication des semences, l'observation de l'effet de l'association sur le blé, l'étude des facteurs de mycorhization et son intérêt agronomique.





# Synthèse bibliographique

## 1. Les mycorhizes

### 1.1. Généralités sur les mycorhizes

Les champignons sont plus proches des animaux que des plantes au niveau de la parenté évolutive (Garbaye, 2013), ils sont hétérotrophes et doivent ainsi consommer des matériaux organiques déjà élaborés morts (saprophytes) ou vivants (parasites). Ils sont présents dans de nombreux milieux, notamment le sol dont ils représentent une importante partie de la biomasse et se développent plus facilement dans des conditions humides et non asphyxiantes car ils ont besoin d'oxygène.

Le terme mycorhize définit l'association symbiotique entre des champignons et des racines. L'origine du mot vient du grec *mukès* signifiant champignon et *rhiza* signifiant racine. Elles seraient apparues il y a 450 millions d'années au même moment que les premières plantes. Néanmoins ce n'est que dans la seconde moitié de XIX<sup>e</sup> siècle que leur existence a été reconnue et étudiée de par l'observation de tissus fongiques autour des racines de certains arbres. C'est Albert Bernhard Frank (1839-1900) qui synthétisa les observations sur le sujet et démontra le caractère obligatoire et bénéfique de la présence de champignons pour la plante (Garbaye, 2013). L'association mycorhizienne est très répandue puisqu'elle concerne plus de 80% des plantes terrestres (que ce soit angiospermes, gymnospermes, ptéridiophytes, lycopodes ou mousses) à l'état naturel (Hause & Fester, 2005). On distingue plusieurs types de symbioses mycorhiziennes, les deux plus importantes sont les ectomycorhizes et les endomycorhizes arbusculaires.

Les ectomycorhizes (du grec *ecto* signifiant à l'extérieur) peuvent être visibles à l'œil nu ou à la loupe, les filaments mycéliens du champignon (hyphes) forment un manchon continu recouvrant la surface de la racine, appelé manteau. Le champignon pénètre à l'intérieur de la racine, mais pas à l'intérieur des cellules, il reste entre les cellules du cortex. Néanmoins les ectomycorhizes ne concernent qu'environ 5% des espèces et plus particulièrement les plantes ligneuses formant du bois, comme les arbres et arbustes. On s'intéresse donc à celles-ci plus en foresterie qu'en agriculture ou horticulture, elles permettent de faciliter l'absorption d'eau et la nutrition de la plante hôte.

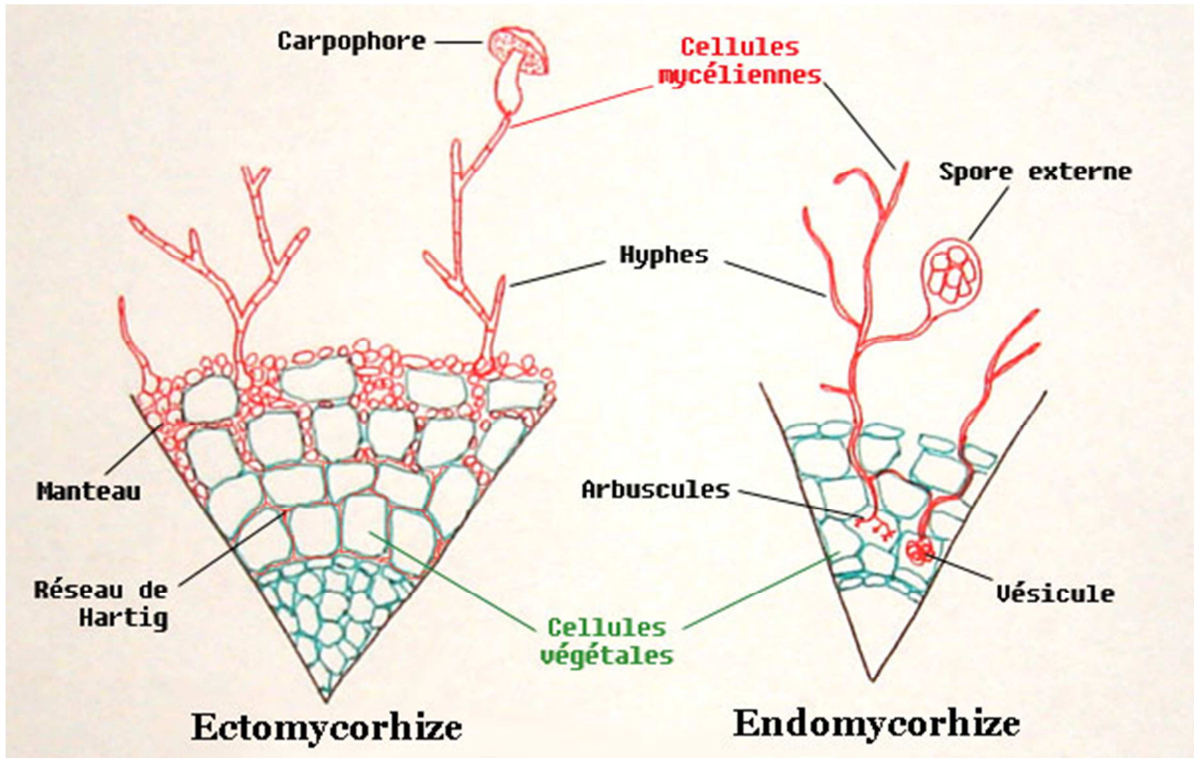


Figure 1 : Schéma du développement des ecto et endomycorhizes (Hervé Bondonga Mabomba, université Lubumbashi RDC)

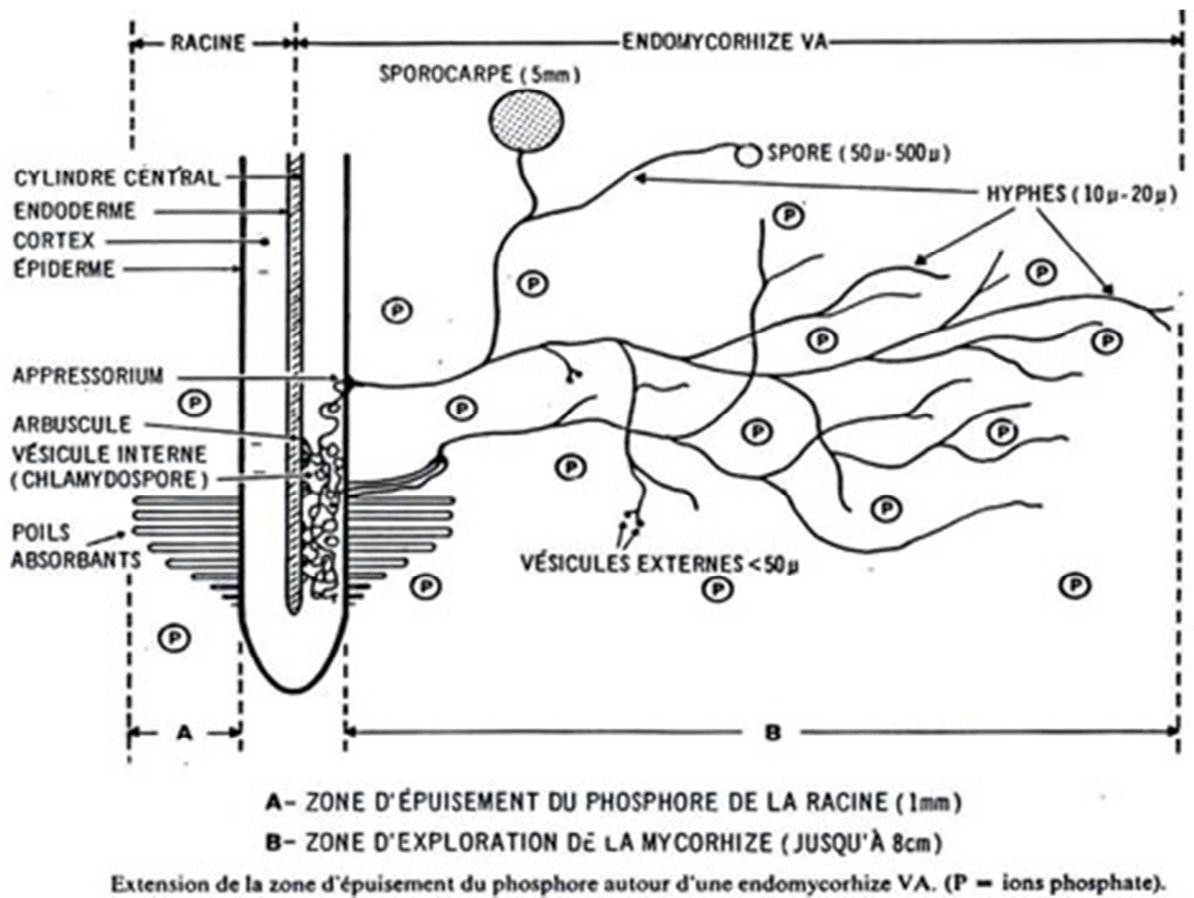
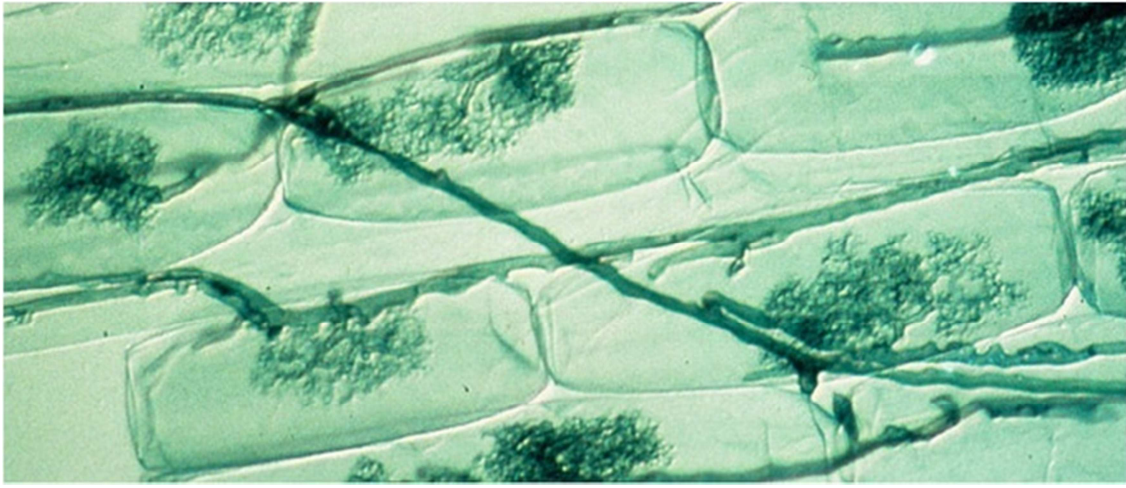


Figure 2 : Schéma comparatif de l'exploration mycorhizienne du sol (iftech)

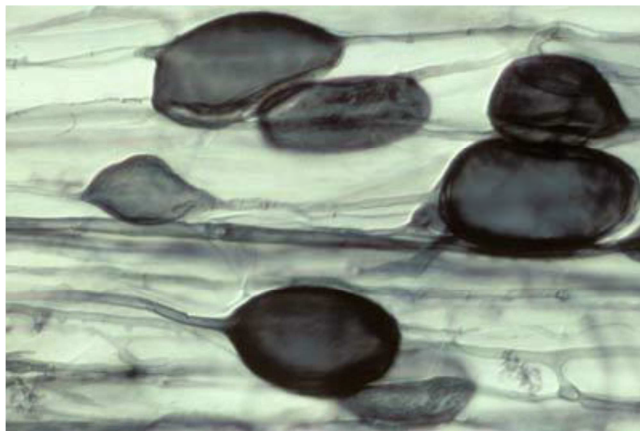
## 1.2. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules

Aussi appelées endomycorhizes arbusculaires, les endomycorhizes à vésicules et arbuscules (VA) constituent le type de symbiose le plus répandu et le plus ancien. 80% des plantes actuelles sont concernées par ce phénomène (Gavériaux, 2012), avec une grande diversité car on peut le retrouver chez la plupart des espèces végétales. Les champignons intervenants dans cette symbiose appartiennent tous au groupe des Gloméromycètes, qui est un des plus vieux car il existait déjà il y a plus d'un demi-milliard d'années et regroupe environ 250 espèces. Un caractère bien particulier les différencie des autres lignées (notamment Ascomycètes et Basidiomycètes) : le mycélium est siphonné (en forme de tuyau) ou cœnocytaire (plusieurs cellules fusionnées) et les hyphes ne sont pas divisés en cellules distinctes par des cloisons. Les Gloméromycètes se propagent de façon asexuée à l'aide de spores sphériques produites sur le mycélium externe. Ils sont très adaptés à la vie en symbiose car très dépendants des plantes pour leurs besoins nutritionnels, ainsi on ne les trouve jamais sous forme libre dans la nature (mis à part les organes de dispersion, les spores) et leur culture seule *in vitro* en laboratoire est impossible (Gobatet *al.*, 2003 ; Koide & Mosse, 2004). Enfin ils contribuent très peu à la décomposition de la matière organique (contrairement aux Ascomycètes et Basidiomycètes intervenant pour les autres types de mycorhizes) mais sont très efficaces pour absorber et transporter le phosphore, c'est pourquoi ils ont un rôle important pour l'assimilation de cet élément par les plantes. Différentes structures constituent les mycorhizes VA, on peut distinguer les spores, les hyphes, l'appressorium, les vésicules et les arbuscules (Figure 2).

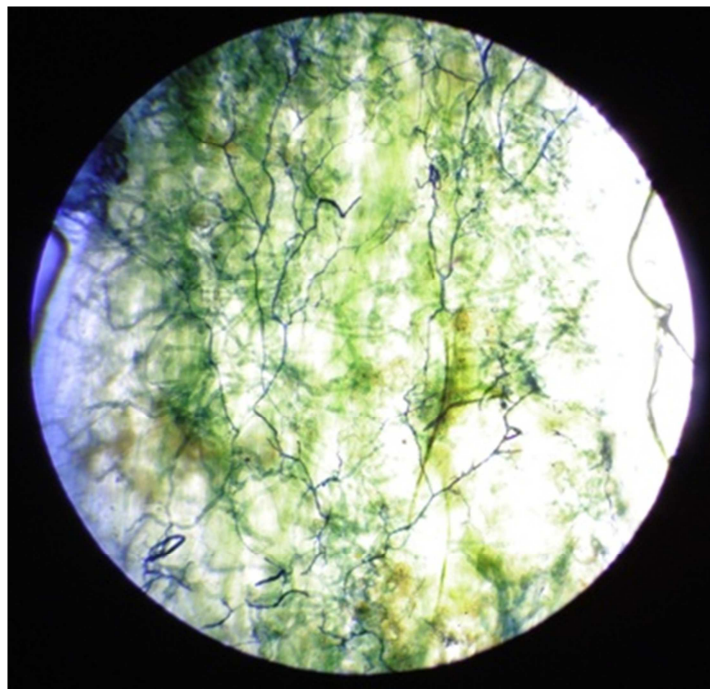
Les spores sont des structures unicellulaires de forme généralement ovoïde à paroi épaisse formées de différentes couches et textures. Elles sont reliées au réseau filamenteux par un hyphe et servent pour la germination et la prolifération. Les hyphes sont des filaments mycéliens intra ou extraracinaires, ils permettent d'explorer le sol et de coloniser les racines. Le mycélium pénètre dans les cellules du cortex grâce à l'haustorium (sorte de suçoir) et est en relation avec les hyphes externes à la racine, ce qui permet d'augmenter le volume d'exploration du sol (et bien d'autres avantages exposés plus bas). L'appressorium est une structure spécialisée, c'est un gonflement qui apparaît pour permettre aux hyphes de pénétrer dans la partie externe de la racine (entre les cellules de l'épiderme et du cortex) pour ensuite se développer et coloniser celle-ci. Les vésicules sont des organes de stockage des réserves inter ou intracellulaires, riches en lipides et calcium (Duhoux & Nicole, 2004) qui forment de grosses ampoules avec des parois épaisses et sont assimilées à des chlamydospores. Elles sont le fruit de la dilatation de l'extrémité d'un hyphe et sont présentes en général dans les couches superficielles de la racine (épiderme et exoderme). Enfin les arbuscules sont issus d'hyphes qui se ramifient un grand nombre de fois, formant une structure rappelant un arbuste ou un petit arbre (Dexheimer, 1997).



**Figure 3** : Endomycorhizes VA, avec des arbuscules se développant à l'intérieur des cellules et reliés par des hyphes (Larry Peterson, CNRS)



**Figure 4** : Vésicules de *Glomus* sp (Brundrett, 2008)



**Figure 5** : Racine de blé colonisée avec hyphes colorés en bleu (Photographie prise le 13 mai 2015)

Il s'agit de suçoirs ramifiés permettant d'augmenter la surface de contact entre la cellule et l'hyphe et jouant un rôle important dans le transfert du phosphore et du carbone entre les deux partenaires (Gobat *et al.*, 2003). En effet une zone de transfert apparaît entre l'hyphe et le cytoplasme de la cellule. Leur durée de vie est courte (de 2,5 à 15 jours) ; après la sénescence il ne reste que le tronc (Brundrett, 2008) mais la même cellule peut être à nouveau colonisée par un autre arbuscule (Duhoux & Nicole, 2004).

### 1.3. Rôle des mycorhizes pour la plante et intérêt agronomique

Les deux partenaires de la symbiose mycorhizienne tirent avantage de celle-ci car les échanges conduisent à des bénéfices réciproques pour chaque symbiote. Faisons tout d'abord un point sur ce que tire le champignon de cette symbiose. La plante procure au champignon plusieurs avantages. Les racines représentent une niche biologique et une protection physique contre les aléas du sol. Le champignon est hétérotrophe, il ne peut pas dégrader la cellulose ni la lignine, ni fabriquer des glucides à partir de l'eau et du dioxyde de carbone. La plante étant autotrophe, elle va lui fournir les composés carbonatés directement assimilables dont il a besoin. La photosynthèse va permettre la production de saccharose (sucre constitué de glucose et fructose) qui est acheminé vers les racines dans la sève élaborée en passant dans le phloème. Lorsque ce sucre arrive à proximité d'un arbuscule, il est séparé par une enzyme (sécrétée par la plante elle-même) en fructose et glucose qui peuvent ensuite être absorbés par le champignon (Garbaye, 2013). Ces sucres (et particulièrement le glucose) sont utilisés pour fournir de l'énergie aux cellules fongiques, comme squelettes carbonés, ou pour être stockés pour une utilisation ultérieure sous forme de glycogène dans les hyphes extracellulaires et de tri-acylglycérol dans les vésicules (Bago *et al.*, 2000). On estime que la part des sucres impliqués dans la symbiose représente 4 à 20 % du carbone issu de la photosynthèse (Harrison, 1997 ; Brito *et al.*, 2008).

Les plantes tirent aussi avantage de cette symbiose avec les champignons arbusculaires. Le rôle de la symbiose mycorhizienne pour la croissance et la nutrition des plantes a été largement démontré par de nombreux travaux et il existe plusieurs synthèses bibliographiques sur le sujet. Cela s'explique notamment par l'extension du volume d'exploration du sol et de la surface d'absorption des racines grâce aux hyphes fongiques. En effet, ce qui est absorbé par les hyphes extra-racinaires sera transporté pour la majorité vers les racines de la plante hôte (Neffar, 2011). Par ce mécanisme, la symbiose permet notamment aux plantes d'augmenter leur absorption d'eau et d'éléments nutritifs.



## Exploitation de l'eau du sol

Le mycélium des champignons peut extraire l'eau dans des interstices inaccessibles aux racines et acheminer l'eau sur de grandes distances grâce à la formation d'un réseau important. En effet les hyphes extra-racinaires sont dépourvus de cloisons transversales et ont très peu de cytoplasme, et ceci facilite le transport de l'eau vers les racines, tout en permettant une meilleure résistance des racines au dessèchement du sol car elles récupèrent plus rapidement leur turgescence après un apport d'eau (Gavériaux, 2012). Cependant les mécanismes sont complexes car il y a beaucoup de comportements métaboliques différents. Cela conduit à une augmentation de la transpiration, de la conduction racinaire et une meilleure résistance au stress hydrique car la turgescence des feuilles est maintenue par un ajustement des pressions osmotiques des vacuoles. (Gavériaux, 2012). L'augmentation de la conduction s'explique par le fait que les hyphes ont une surface hydrophile, ainsi l'eau peut remonter le long de ceux-ci par capillarité (Garbaye, 2013) et lorsque qu'un réseau dense d'hyphes est mis en place, la conductivité du sol tout autour est augmentée.

## Assimilation des éléments nutritifs

Les mycorhizes permettent de rendre accessible aux plantes les éléments peu disponibles et pourtant essentiels à leur physiologie, que sont le phosphore, le magnésium, le zinc et le cuivre (Harrison, 1997). Ces champignons sont capables de libérer des éléments difficilement absorbables fixés aux complexes absorbants, améliorant ainsi la nutrition de la plante (Nouaim et Chaussod, 1996 ; Brussaard et al., 2007). Les hyphes sont capables de fusionner avec d'autres hyphes (d'une souche compatible), de telle façon que le réseau mycélien peut relier différentes plantes entre elles et mettre en relation une communauté de plantes. Les éléments assimilés par une plante peuvent alors être acheminés vers une autre grâce aux hyphes et améliorer la nutrition de la communauté végétale (Garbaye, 2013). Ces transferts représentent environ 5 % des éléments assimilés (Giovannetti, 2008).

L'amélioration de la nutrition minérale concerne principalement le phosphore et de nombreux travaux ont démontré l'importance de la contribution des mycorhizes pour sa captation (Bolan, 1991 ; Jansa et al., 2003 ; Li et al., 1991 ; Nielsen et Jensen, 1983 ; Schachtman et al., 1998). Or c'est un élément indispensable mais souvent en faible quantité dans le sol et peu mobile, faisant de lui un facteur limitant (Brito et al., 2008 ; Betencourt, 2012). L'absorption du phosphore par les plantes mycorhizées peut être 3 à 5 fois supérieure qu'en cas d'absence de mycorhizes (Schachtman et al., 1998). Les champignons possèdent en effet des enzymes appelées phosphatases qui leur permettent d'assimiler le phosphore par les hyphes. Une partie est utilisée par le champignon, une partie est cédée à la plante grâce aux arbuscules et le reste est stocké dans les vacuoles des cellules fongiques sous





forme de polyphosphates (Gavériaux, 2012). Concernant l'azote, la symbiose mycorhizienne permet aussi une meilleure nutrition (Gobert et Plassard, 2008). Les mécanismes sont moins étudiés mais on sait que les hyphes assimilent l'azote sous forme de nitrites, nitrates et ammonium ; ces molécules étant ensuite transformées et stockées par le champignon dans le mycélium extra-cellulaire sous forme d'arginine. Cet acide aminé est ensuite transféré au mycélium intra-racinaire puis dégradé en ammonium et finalement transféré à la plante par le biais de l'arbuscule. Les autres éléments importants (soufre, cuivre, zinc, fer...) sont aussi assimilés plus facilement grâce à la symbiose mais essentiellement via l'augmentation du volume de sol exploré (Vanayak et Bagyaraj, 1990). La formation d'un réseau mycélien entre les plantes participe aussi à la nutrition azotée, par exemple dans le cas d'une association céréale-légumineuse, l'azote fixé par symbiose bactérienne chez la légumineuse sera transféré à la céréale via le réseau d'hyphes (Brito et al., 2008). De plus le champignon mycorhizien peut améliorer la fixation de l'azote chez la légumineuse (Van Der Heijden et al., 2006).

### **Intérêt agronomique**

Les mycorhizes ont par ailleurs plusieurs fonctions écosystémiques bénéfiques à la culture. En effet la présence d'une forte densité de mycélium conduit à une meilleure stabilité structurale du sol car les filaments favorisent la formation de mottes et augmentent leur stabilité. Cela s'explique car le réseau mycélien immobilise les particules et les hyphes sécrètent de la glomaline (glycoprotéine, contenant des sucres) qui contribue à faire adhérer les constituants du sol entre eux et en consolider la structure (Garbaye, 2013). Ainsi l'abondance de mycorhizes favorise indirectement l'alimentation en eau des plantes en améliorant la stabilité du sol et donc ses propriétés de rétention d'eau. Ceci induit aussi que l'érosion sera moins importante et l'apport de phosphore dans les cours d'eau (qui pose des problèmes d'algues vertes) sera réduit.

Les champignons mycorhiziens peuvent jouer un rôle protecteur face aux bio-agresseurs racinaires (Brito et al., 2008) car les changements architecturaux et biochimiques au niveau des racines peuvent repousser les attaques de pathogènes (Gosling et al., 2006 ; Lewandowski et al., 2013). La plante sera aussi plus tolérante à de nombreux stress car le champignon forme en quelque sorte une première barrière qui protège les racines. La plante pourra mieux résister aux conditions de sécheresse et être tolérantes aux variations de températures, pH, salinités (Ben Khaled et al., 2003) ou encore aux métaux toxiques (Brito et al., 2008). On a aussi montré que le taux de reproduction est plus élevé lorsqu'il y a présence de mycorhizes (Duhamel, 2013 ; Varga, 2013). Pour finir, d'un point de vue écologique, la symbiose a plusieurs avantages car en conséquence de ce qui est dit plus haut, on peut réduire les apports d'engrais (estimé à 30 %), de produits phytosanitaires et limiter l'érosion.



## 1.4. Pratiques culturales adaptées

La nature utilise plusieurs mécanismes plus ou moins connus pour produire une végétation abondante et les mycorhizes en font partie. L'agriculture conventionnelle néglige généralement ces mécanismes jugés trop complexes, peu efficaces ou difficilement maîtrisables et préfère utiliser des intrants pour assurer les rendements. L'agriculture biologique, au contraire, s'appuie sur ces mécanismes, en développant des conditions qui leur sont favorables, pour être viable agronomiquement et économiquement. Cependant il n'est pas nécessaire de comprendre en détails ces mécanismes pour en profiter, il s'agit surtout de s'appuyer sur les observations et les réflexions afin de les favoriser. Ainsi pour profiter au maximum des mycorhizes et pour favoriser leur développement, plusieurs principes sont à respecter.

La fertilisation est la pratique influant le plus et pouvant rendre impossible la mycorhization. En effet l'apport de fertilisants minéraux offre à la plante tout ce dont elle a besoin et le rôle de la symbiose est réduit voire supprimé (puisqu'inutile). Cependant la fumure organique n'est pas néfaste au développement des mycorhizes et peut même les stimuler (Gosling et al., 2006). Cela peut s'expliquer car une telle fumure nourrit le sol avec beaucoup de bactéries et non la plante. Ainsi il semble que seuls les systèmes à faibles intrants ou biologiques stimulent la symbiose (Wani et al., 1991). Néanmoins cela ne se traduit pas forcément par une augmentation du statut nutritionnel et du niveau de production des cultures (Eason et al., 1999 ; Ryan et al., 1994). Le travail du sol est un autre levier important. Le labour provoque un enfouissement des organes mycorhiziens et ralentit la colonisation et l'exploration du sol (Goss et de Varennes 2002; Kabir 2005). Le travail superficiel est moins néfaste et peut aussi créer un changement de structure bénéfique des champignons (Jansa et al. 2002, 2003). Les rotations peuvent favoriser ou non le développement mycorhizien en fonction du potentiel de mycorhization des cultures. Les cultures mycorhizant plus favorisent le développement des champignons pour la culture suivante et inversement (par exemple les Brassicaceae et Chenopodiaceae ne mycorhizent pas ou peu, tandis que les légumineuses ont un fort potentiel). Pour finir, et logiquement, les pesticides sont défavorables au développement des mycorhizes, et spécifiquement les fongicides.

## 2. Biodiversité cultivée

### 2.1. Définition

Le mot biodiversité renvoi étymologiquement à la « diversité du vivant ». On parle de tous les processus, modes de vie ou fonctions conduisant à maintenir un organisme ou un écosystème en vie. La biodiversité cultivée représente l'ensemble des plantes cultivées en interaction avec l'agrosystème.



On en distingue quatre types : la biodiversité intra-variétale, inter-variétale, inter-spécifique et dans le temps (rotation culturale).

On parle de biodiversité dans le temps pour la rotation culturale ; en effet, sur une même parcelle il est agronomiquement plus intéressant de faire se succéder des cultures différentes (avec des inter-cultures possibles). La biodiversité inter-spécifique représente la culture associée de deux espèces différentes mais complémentaires au même moment sur la même parcelle ; elle est beaucoup utilisée en agriculture biologique notamment avec des mélanges céréales-protéagineux.

La biodiversité inter-variétale est la diversité qui existe entre toutes les variétés cultivées d'une même espèce, celles-ci pouvant être cultivées dans différentes parcelles ou associées au sein de la même parcelle ; on parle alors de mélanges variétaux et lorsqu'ils sont ressemés successivement, on peut parler de mélanges ou populations dynamiques. Enfin, la biodiversité intra-variétale représente la diversité qui existe entre les différents individus d'une même variété. Ces individus peuvent être tous identiques génétiquement (dans la plupart des variétés commerciales comme les lignées pures ou les hybrides), ou comporter des différences génétiques, et donc phénotypiques (caractéristiques visibles) plus ou moins grandes entre eux (c'est le cas des populations notamment).

## **2.2. Sélection variétale**

La sélection est aussi vieille que l'agriculture, elle a commencé avec la sélection naturelle, c'est à dire qu'un tri se fait naturellement avec les plantes les plus aptes à survivre ou se reproduire. L'homme a alors commencé à faire de la sélection massale, en identifiant les plantes plus intéressantes pour utiliser leurs graines à la culture suivante. A partir de la fin du XIXème siècle, des semenciers ont commencé à mettre en place des mécanismes de sélection de plus en plus complexes pour réagir face aux besoins croissants en denrées alimentaires. Un catalogue officiel des plantes cultivées a été créé en France afin de référencer et garantir la qualité des semences (le blé fut inscrit en 1933). Puis l'industrialisation de l'agriculture a conduit à l'uniformisation des variétés, la standardisation des conduites culturales, des types variétaux et des modes de commercialisation (FAO, 1996 ; Bonneuil, 2006). Ainsi les agriculteurs se sont tournés vers les variétés inscrites les plus intéressantes et la majorité des surfaces est maintenant occupée par peu de variétés, de ce fait la diversité inter-variétale est assez réduite au niveau du territoire, plus qu'au début du XXème siècle lorsque les variétés changeaient beaucoup en fonction des régions.



Pour pouvoir être inscrite dans le catalogue européen et être commercialisées, les variétés doivent répondre à certains critères, notamment la DHS (Distinction, Homogénéité et Stabilité) et la VAT (Valeur Agronomique et Technologique). Pour être ainsi évaluée, les individus doivent être identiques, et une des formes variétales qui permet cela est la lignée pure (tous les individus sont obtenus à partir d'un seul, et tous identiques). Néanmoins ces variétés doivent convenir au plus grand nombre, ainsi elles sont sélectionnées pour des itinéraires utilisant beaucoup d'intrants et elles sont donc peu adaptées à l'agriculture biologique. Les semenciers commencent néanmoins à sélectionner des variétés résistantes pour l'agriculture biologique, mais la sélection se fait à partir de variétés commerciales demandant une certaine dose d'intrants, elles ne sont donc pas encore réellement adaptées pour l'instant. Avec le développement de l'agriculture biologique aujourd'hui, de plus en plus d'agriculteurs se rendent compte que les variétés commerciales sont moins adaptées, ils se tournent donc vers les variétés populations qui ont un plus grand potentiel d'adaptation et ils réalisent la sélection eux-mêmes.

### **2.3. Avantages de la biodiversité cultivée pour l'AB**

La biodiversité cultivée sous toutes ses formes apporte beaucoup d'avantages pour l'agriculture biologique. Les rotations sont importantes pour avoir un système viable, notamment en bio mais aussi en conventionnel, car cela fait partie des connaissances agronomiques de base. La plupart des agriculteurs respectent des rotations intéressantes, car faire varier les types de cultures (familles différentes, succession hiver/printemps) d'une année à l'autre permet de casser le cycle des adventices, de limiter les risques de ravageurs et de maladies et parfois d'apporter des éléments nutritifs aux cultures suivantes (avec une légumineuse, par exemple une luzerne). C'est d'autant plus intéressant en agriculture biologique (ou à faible intrants) où les cultures sont plus sensibles du fait de l'absence (ou d'une faible dose) de traitements.

Les associations aussi sont très utilisées en agriculture biologique, car elles permettent une meilleure couverture du sol et ainsi une plus faible pression des adventices et des pathogènes. De plus on réalise souvent des associations de types céréales-légumineuses (ou plus particulièrement protéagineux) permettant de varier la production et surtout d'apporter de l'azote à la céréale, grâce à la légumineuse qui le capte. Cette diversité inter-spécifique aide aussi à avoir une meilleure utilisation des ressources, que ce soit l'eau, la lumière, ou les nutriments et la résilience est supérieure aux cultures pures (Willey, 1990). Néanmoins certaines associations peuvent être moins intéressantes que 2 cultures pures (il faut faire attention aux densités, à la complémentarité...), il existe un outil appelé Land Equivalent Ratio (LER) qui permet de mesurer la productivité des associations afin de savoir si elles sont judicieuses. Ce LER est calculé en divisant le rendement de chaque culture associée par celui de la





culture en pure puis en faisant la somme. Si le LER est supérieur à 1, les rendements de l'association sont supérieurs à ceux de ces mêmes cultures en pure. Ainsi l'association est intéressante, comme c'est le cas en général pour les associations céréales – légumineuses.

Le mode de production biologique induit d'avoir des cultures et variétés adaptées au terroir, certains agriculteurs se tournent vers les variétés populations et les populations dynamiques car leur biodiversité permet cette adaptation bénéfique. Ainsi comme j'ai déjà pu le dire précédemment les variétés populations (ou paysannes, c'est-à-dire sélectionnées par les agriculteurs eux-mêmes) sont constituées d'individus génétiquement hétérogènes. L'avantage principal de cette diversité est que cela permet aux variétés de s'adapter aux conditions pédoclimatiques grâce à la sélection naturelle et paysanne (Wolfe, 1997). La sélection naturelle se fait lorsqu'on resème chaque année une partie de sa récolte, ainsi les individus plus productifs dans les conditions de l'agriculteur font plus de grains et se retrouveront en plus grande proportion dans la récolte suivante et ainsi de suite, les individus les mieux adaptés changeant d'une année sur l'autre selon les conditions climatiques qui peuvent différer. C'est comme ceci que les populations et populations dynamiques s'adaptent au terroir. Néanmoins certaines caractéristiques peuvent évoluer dans le mauvais sens (comme la qualité boulangère ou les résistances diverses), ceci peut dépendre de la composition de la population de départ et c'est pourquoi l'intervention de l'agriculteur est souvent nécessaire. On parle alors de sélection paysanne, qui est basée sur la sélection massale et a pour but de faire évoluer les variétés cultivées suivant les exigences de l'agriculteur (résistances, couverture du sol, protéines, hauteur de paille...). Dans un système biologique certaines variétés paysannes adaptées au terroir auront une meilleure résilience, des rendements supérieurs et plus stables que les variétés commerciales, ainsi qu'une meilleure concurrence aux adventices et une meilleure tolérance aux agents pathogènes (Douds & Milner, 1999 ; Gosling et al. , 2006).

De plus en plus d'agriculteurs essayent aujourd'hui de trouver des alternatives au système de production intensif, ils choisissent donc de s'organiser au sein de groupes de recherche participative et d'associations de promotion de la biodiversité cultivée (Desclaux & Hédont, 2006). Le seul moyen d'acquérir légalement des variétés populations est de faire partie d'un groupe de recherche.

Agriculteurs	Variété	Association	Conditions pédologiques
Marc POUSSIN (MP)	- Carré de Crête - Rojo de pamplona - Scaro-wiwa	Pur Pur Pur et association pois	Sol sablo-limoneux, hydromorphe l'hiver et séchant l'été
Bruno JOLY (BJ)	- Carré de Crête - Rouge de Bordeaux + Poulard - Mélange Estelle	Pur et association féverole	Sol argilo-limoneux, semi- profond (tuffeau), assez drainant, peu séchant
Claude SOURIAU (CS)	- Carré de Crête - Alauda <sup>1</sup> - Vilmorin 27 <sup>2</sup>	Pur et association féverole	Sol argilo-calcaire, semi profond (tuffeau), séchant
Cédric BARON (CB)	- Carré de Crête	Pur et association féverole	Sol argilo-calcaire, semi profond, assez drainant
Pascal BITEAU (PB)	- Carré de Crête - Mélange Estelle - Mélange Florent - Mégamix <sup>3</sup> - Renan  -Pyrénéno	Pur et association féverole  Pur	Sol argilo-calcaire très superficiel, séchant dès juin
Guy TURIBLE (GB)	- Carré de Crête	Pur	Sol argileux et argilo-sableux, acide, très séchant l'été et hydromorphe l'hiver

Légende : variété commerciale ; variété population ; modalités étudiés

Alauda<sup>1</sup> : variété commerciale sélectionnée pour l'agriculture bio

Vilmorin 27<sup>2</sup> : ancienne variété commerciale (créée dans les années 1920-1930)

Mégamix<sup>3</sup> : mélange de croisements de variétés commerciales mis au point par l'INRA

**Tableau 1** : Modalités prélevées chez chaque agriculteur



**Illustration 1** : Champ de blé variété Carré de Crête chez Cédric Baron (photo personnelle)

## Matériel et méthodes

### 1. Réseau expérimental et modalités

Le projet étant en recherche participative, l'objectif est de réaliser des expérimentations répondant aux questions des chercheurs et aux exigences des agriculteurs ; ainsi chaque membre du réseau réalise des essais sur sa ferme avec une base commune. Le projet Blégu étudie de manière globale la sélection de blés populations en association avec des légumineuses mais chaque agriculteur a un contexte particulier et des sous-objectifs différents notamment pour l'utilisation des légumineuses (grain pour les animaux, fourrage, bon précédent dans la rotation...). Ainsi pour les essais de cette année une grande liberté a été laissée aux agriculteurs, une seule directive a été donnée d'un commun accord : utiliser la variété Carré de Crête (variété population) sur chaque ferme en tant que témoin pour évaluer le potentiel des différentes terres. (L'annexe 1 montre la répartition des agriculteurs). De plus il a été demandé de semer cette variété en pur et en association avec une légumineuse pour analyser l'influence de celle-ci sur la mycorhization du blé.

En réalité les agriculteurs ont tous implanté le Carré de Crête en culture pure et mis à part Marc Poussin et Guy Turible, ils l'ont associé avec une féverole. En plus de cela les agriculteurs ont semé différentes variétés selon leurs envies/observations des années précédentes, que ce soient des variétés commerciales ou des populations, en pur ou associé. J'ai prélevé beaucoup d'échantillons sur le terrain mais la durée de mon stage ne m'a pas permis de tout analyser car le protocole est assez long à réaliser. Le tableau 1 présente les différentes modalités prélevées.

Concernant les modalités étudiées, j'ai pu réaliser les analyses pour le Carré de Crête pur et associé chez chaque agriculteur ; j'ai aussi étudié les autres variétés chez Bruno Joly en pur et en association avec une féverole, à savoir le mélange Estelle (mélange de populations) et le mélange Rouge de Bordeaux + Poulard. Les échantillons analysés au cours du stage permettent donc d'étudier si la mycorhization du blé est impactée par : le lieu, l'association avec une légumineuse ou la variété du blé.

Les conditions climatiques de l'année étaient particulièrement bonnes pour la culture du blé en Poitou Charente avec une pluviométrie plutôt faible et un temps globalement assez chaud et sec sur la campagne. Le tableau ci-contre présente aussi les différents types de terres des agriculteurs, qui varient beaucoup suivant la localisation des fermes.



**Illustration 2 :** Prélèvement d'un échantillon



**Illustration 3 :** Séchage des racines

## 2. Protocoles expérimentaux

### 2.1. Protocole de prélèvement

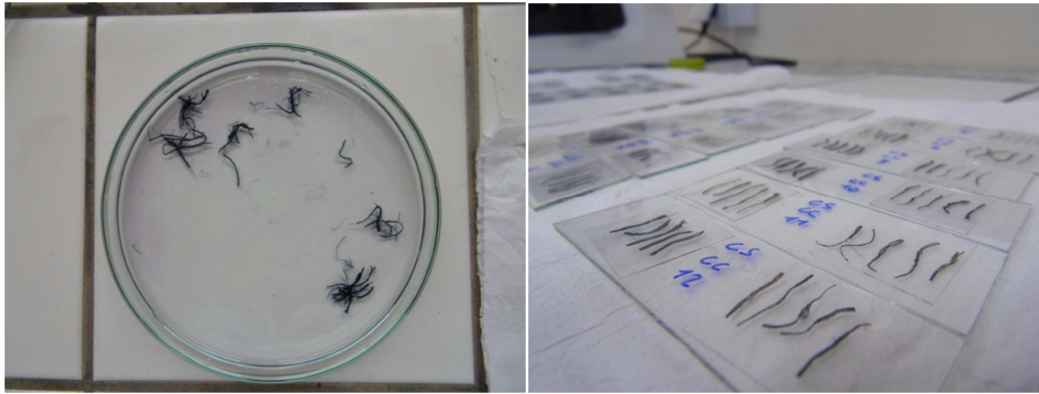
Les échantillons ont été prélevés mi-avril chez chaque agriculteur. La méthode est simple, on utilise une fourche à bêcher pour déterrer le bloc de terre contenant les racines d'un plant de blé, il faut aller assez profond pour avoir le plus de racines possible et les détériorer au minimum. On enlève ensuite la plupart de la terre autour des racines, on coupe les tiges du pied de blé puis on met cela dans des sacs référencés.

Pour que les échantillons soient représentatifs de la parcelle, nous avons prélevés 12 pieds par modalité, répartis sur la surface des bandes de façon aléatoire en évitant les bordures et les hétérogénéités (pentes, zone de meilleure ou moins bonne croissance...). Les sacs sont conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à l'arrivée au laboratoire. L'étape suivante consiste à rincer les racines à l'eau pour enlever toute la terre puis les faire sécher pour pouvoir les conserver longtemps.

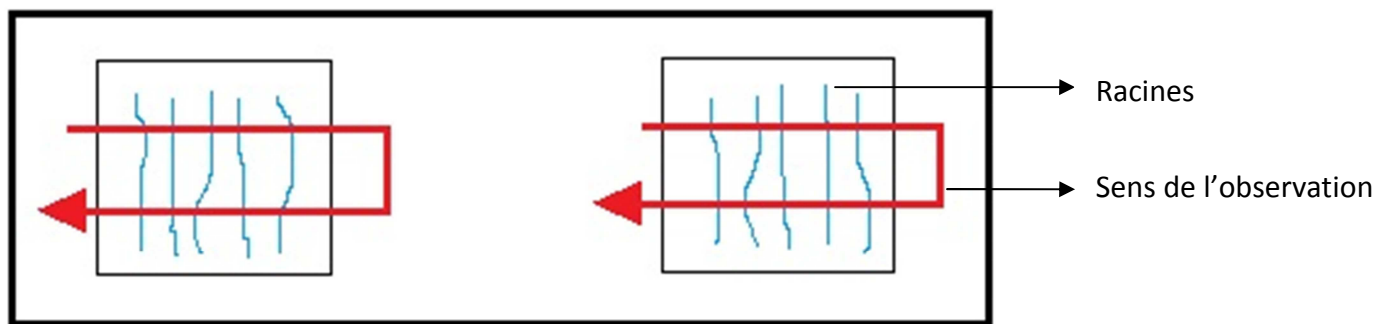
### 2.2. Protocole de coloration

Pour pouvoir observer les mycorhizes sur les racines de blé, il faut les colorer. Le principe de coloration consiste à décolorer les racines puis colorer les champignons à l'intérieur de celles-ci. Les racines ne doivent être ni trop grosses ni trop petites, cela nécessite un certain entraînement. Si les racines sont trop petites, elles seront trop fragiles et les champignons seront peu colorés, et dans le cas de racines trop grosses, il y aura trop de tissus superposés rendant l'observation compliquée. On veut observer 10 racines par plant, on en coupe donc environ 12 pour être colorées (car certaines peuvent se casser), qui seront placées dans des tubes référencés, un tube correspondant à un plant.

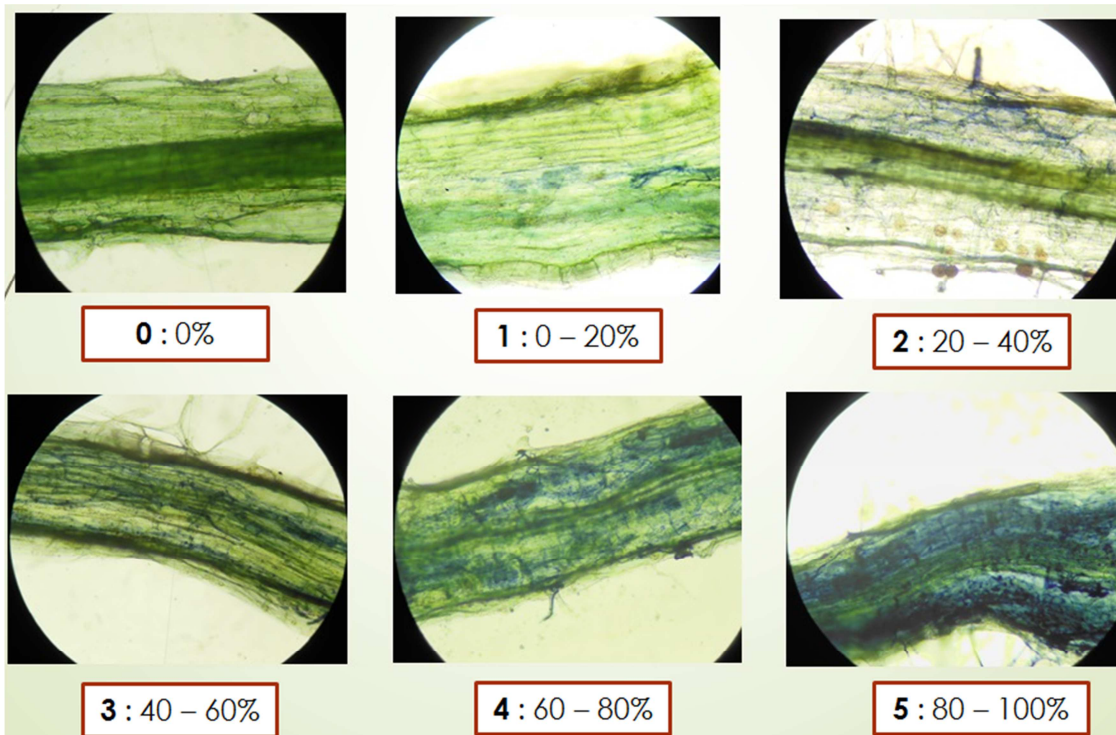
Un protocole de coloration a été mis en place par Phillips et Hayman (1970) et modifié par Vierheilig et al. (1998). Il consiste tout d'abord à décolorer les racines dans du KOH (hydroxyde de potassium) à 10% pendant 20 minutes à 90°C. Cela permet de vider les cellules racinaires par osmose afin de rendre les tissus clairs. Après cela les racines sont rincées dans une solution d'eau acidifiée à l'HCL puis sont colorées par une solution contenant du bleu de trypan à 0,05% pendant 3 minutes à 90°C. Ce protocole est adapté pour l'observation des endomycorhizes VA, mais des modifications sont souvent effectuées pour l'adapter aux différents types de racines. Des précédents étudiants de l'équipe BCRP ont travaillé sur son adaptation pour le blé tendre en 2014 (Meven CABON et Antonin LERET). Ils ont testé différents protocoles pour obtenir la meilleure coloration possible, j'ai pu moi-même faire quelques ajustements, le protocole retenu est donc le suivant :



**Illustration 4 :** Racine colorés, avant et après montage sur lame



**Figure 6 :** Méthode d'observation des racines au microscope, avec 10 racines par lame et 2 observations par racine



**Figure 7 :** Méthode d'estimation du pourcentage de colonisation des racines au microscope

- **Décoloration** : on met les racines dans des tubes à essais contenant une solution de KOH à 10%, on place les tubes à 90°C au bain marie pendant 30 minutes.
- **Rinçage** : on rince les racines dans 3 bains d'eau successifs
- **Coloration** : on place ensuite les racines décolorées dans une solution contenant 2,5% d'encre noir (super U) et du vinaigre d'alcool du commerce (vinaigre à 8%). Pour que la coloration soit efficace on place les tubes au moins 1 minutes au bain marie à 90°C. Enfin on transfère les racines dans une solution de vinaigre d'alcool à 8% pendant au moins 10 minutes pour fixer la coloration et conserver les racines. On peut ensuite monter les racines sur des lames puis les observer.

### 2.3. Protocole d'observation

Il existe plusieurs méthodes de quantification des mycorhizes, mais il faut adapter la notation en fonction des objectifs de l'étude, du coût de la méthode, de l'échantillonnage ainsi que du temps disponible. Notre étude cherche à déterminer la proportion de racines de blé colonisées, beaucoup d'échantillons ont été prélevés et on veut en analyser le plus possible sachant que le temps disponible pour cela est de 1 à 2 mois. Le choix se portera donc sur une méthode simple et rapide.

La méthode choisie est inspirée du protocole de l'INRA pour l'observation et la quantification des mycorhizes sur les racines de maïs. Cette méthode correspond à nos besoins car elle est précise et assez rapide. Elle consiste à monter sur les lames 10 racines assez fines par plant, prises aléatoirement sur le système racinaire. Il faut cependant faire attention à bien avoir le cortex de la racine (l'écorce) et pas seulement le cylindre central car c'est bien dans le cortex que les mycorhizes sont présentes. Le montage se fait avec 5 racines par lamelle et 2 lamelles par lame. On observe 2 fois chaque racine au microscope (grossissement x400 ou x100 suivant la taille des racines) comme le montre la figure ci-contre (figure 6)

La quantification des mycorhizes se fait sous 2 angles : on estime le pourcentage de colonisation de la racine par les mycorhizes de manière globale (tous organes confondus) par une note de 0 à 5 et on note la présence ou absence des trois organes importants, à savoir hyphes, vésicules et arbuscules (0 = absence, 1 = présence). L'estimation du pourcentage est visuelle et les notes correspondent à des fourchettes de pourcentages. La référence de ses notations est présentée ci-contre (figure 7).





### 3. Analyse des résultats

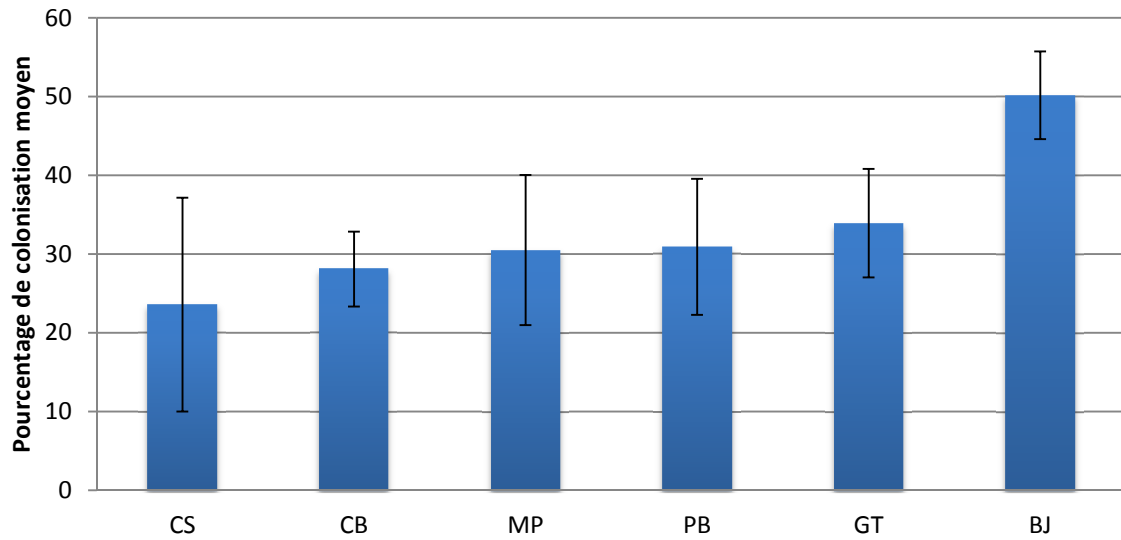
Ce rapport présentera essentiellement les résultats de colonisation estimés en pourcentages car c'est l'indicateur le plus fiable pour appréhender la présence de mycorhizes. Le dénombrement des organes n'est pas un axe abordé ici, d'autres travaux sont menés concernant cela (à l'ESA par exemple). On abordera aussi les rapports de présence entre les différents organes. Nous présenterons donc les moyennes de colonisation, accompagnées de leurs écarts-types.

Pour obtenir les moyennes de colonisation globale (en pourcentage), on commence par additionner les 20 notes sur 5 de chaque système racinaire pour obtenir une note sur 100 (donc un pourcentage de colonisation global par plant). On peut ensuite faire une moyenne des 12 plants pour obtenir la colonisation moyenne par modalité ainsi que l'écart-type correspondant.

Concernant la notation des organes, on a une note 1 pour présence ou 0 pour absence à chaque observation (20 observations par plant). Comme pour la colonisation globale, on additionne les 20 notes des observations d'un système racine et on rapporte cette note sur 20 à une note sur 100 en la multipliant par 5. Ainsi de la même manière, on obtient un pourcentage de présence de tel ou tel organe par plant, puis on calcule les moyennes et les écarts-types des 12 plants par modalité.

Les données sont obtenues sous le logiciel Excel, grâce notamment à l'utilisation de tableaux croisés dynamiques. Les graphiques présentés dans les résultats sont issus de ce travail.

## Mycorhization moyenne de la variété Carré de Crête en pur chez chaque agriculteur



**Graphique 1** : Pourcentage de colonisation moyen chez chaque agriculteur pour la variété Carré de Crête en culture pure

## Résultats et discussion

### 1. Résultats

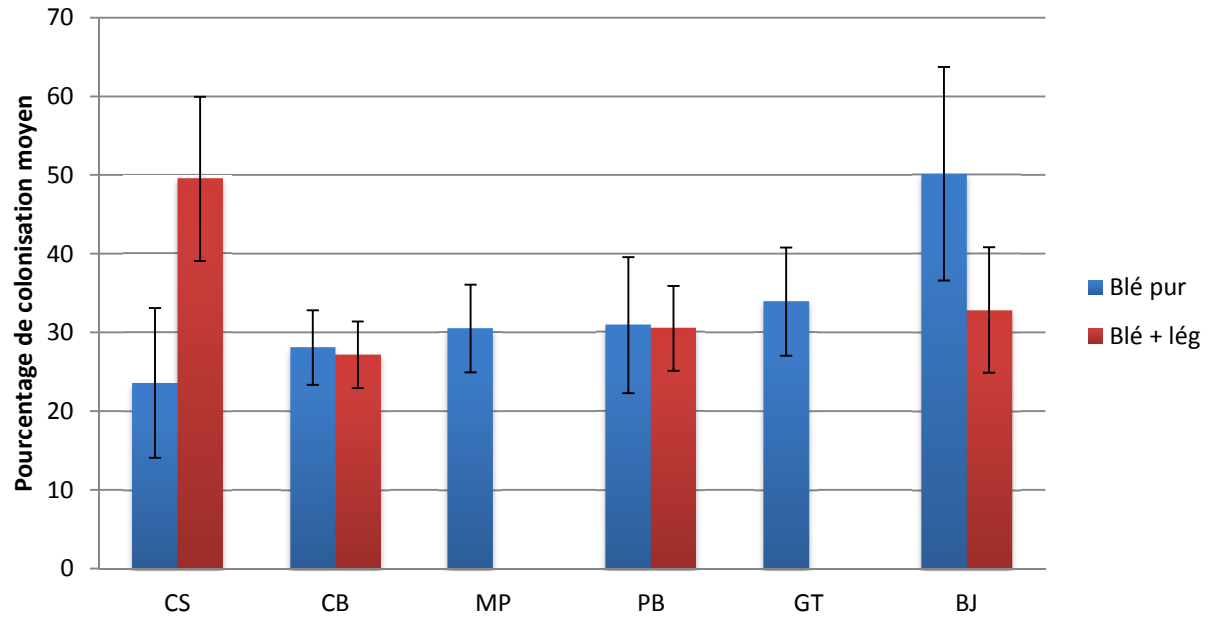
#### 1.1. Influence du lieu sur la mycorhization du blé

Le graphique 1 montre la mycorhization moyenne des blés en culture pure pour la même variété : le Carré de Crête. Ce témoin permet d'appréhender le potentiel de mycorhization des terres de chaque agriculteur. On peut voir que la colonisation se situe aux alentours de 30% pour la plupart. Chez Claude Souriau (CS) la colonisation est légèrement plus faible mais les écart-types montrent que cette valeur n'est pas significativement différente des valeurs plus élevées des autres agriculteurs autour de 30. Par contre, le Carré de Crête chez Bruno Joly (BJ) a une colonisation nettement supérieure aux autres puisqu'elle avoisine les 50%, c'est le seul qui se démarque.

Le facteur lieu est important à prendre en compte car il inclut lui-même plusieurs autres facteurs. Les agriculteurs sont assez proches pour que les conditions climatiques soit sensiblement les mêmes. Au niveau du sol en lui-même, s'il contient assez de phosphore disponible pour la plante, celle-ci aura moins besoin des champignons pour l'aider à assimiler l'élément. Je ne dispose pas des analyses de sol pour pouvoir étudier cela, cependant je sais que plusieurs terres sont de type argilo-calcaires (chez CS, CB et PB), or le calcaire (et donc un pH haut) limite l'accessibilité du phosphore pour la plante. On retrouve le même blocage chez GT qui dispose de terres acides argilo-sableuses. BJ et MP ont des terres argilo-limoneuses et sablo-limoneuses à pH moyen, l'accessibilité du phosphore sera donc plus importante, mais dépend toujours de son taux de présence dans le sol. Au vu des résultats on ne peut pas voir d'impact direct à ce niveau.

Concernant les itinéraires techniques, les agriculteurs ont réalisés un labour, sauf CS (labour l'année précédente seulement), ainsi qu'un ou plusieurs travaux superficiels. Ils ont comme précédent une céréale ou une association céréale-légumineuse, sauf GT qui a une prairie. Les résultats ne permettent pas de dire que les itinéraires techniques ont un impact significatif sur la mycorhization. L'intérêt de ce graphique est donc essentiellement d'avoir un étalonnage du potentiel de mycorhization à chaque lieu de prélèvement.

## Mycorhization moyenne de la variété Carré de Crète en pur et associé chez chaque agriculteur



**Graphique 2 :** Pourcentage de colonisation moyen chez chaque agriculteur avec la variété Carré de Crète en culture pure et associé à une légumineuse (féverole)

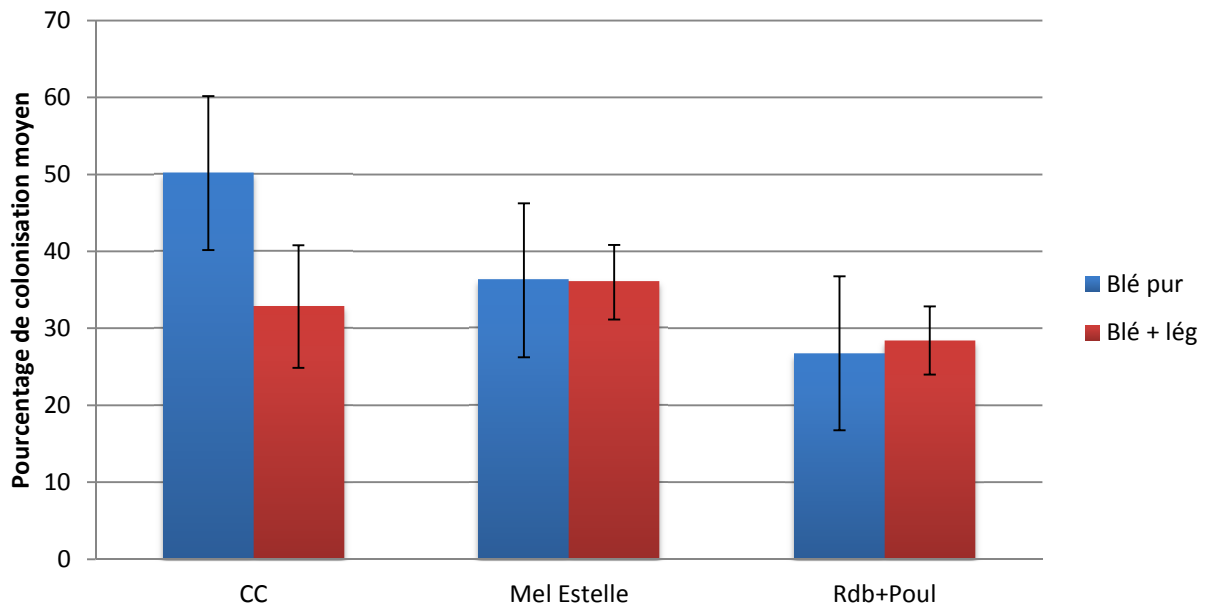
## 1.2. Influence de la légumineuse sur la mycorhization

Le graphique 2 nous montre la mycorhization moyenne des blés chez chaque agriculteur en culture pure et associé à une légumineuse pour la variété Carré de Crête. Par rapport au précédent graphique cela permet de voir quelle influence la légumineuse a sur la mycorhization. On peut voir que la présence de légumineuse influence peu la mycorhization chez CB et PB. Chez BJ la mycorhization du blé est plus faible en présence d'une légumineuse (50% de mycorhization sans légumineuse et 30% en association) tandis que chez CS elle est nettement augmentée en présence de la légumineuse (23% de mycorhization sans la légumineuse et 50% en association).

Tout d'abord il faut dire que ce ne sont pas les résultats auxquels nous nous attendions. En effet les synthèses bibliographiques parlent beaucoup du caractère bénéfique de l'association blé-légumineuse sur de nombreux points et notamment sur le transfert de nutriments, spécifiquement à l'aide de champignons mycorhiziens. Nous nous attendions donc de manière globale à une augmentation de la mycorhization du blé en présence d'une légumineuse. Or il n'en n'est rien puisque les résultats sont très variables avec des cas d'augmentation, de diminution, ou aucun effet sur la présence des champignons. On peut néanmoins émettre des hypothèses pour expliquer ces résultats. On peut penser que chez BJ le fort potentiel de mycorhization du blé est concurrencé par la légumineuse dans le cas de l'association. En effet les légumineuses tirent aussi profit de ces champignons et des études montrent que les symbioses mycorhiziennes sont plus présentes et bénéfiques pour les légumineuses que pour les céréales. Cette compétition pourrait expliquer la baisse de la colonisation du blé en association dans ce cas.

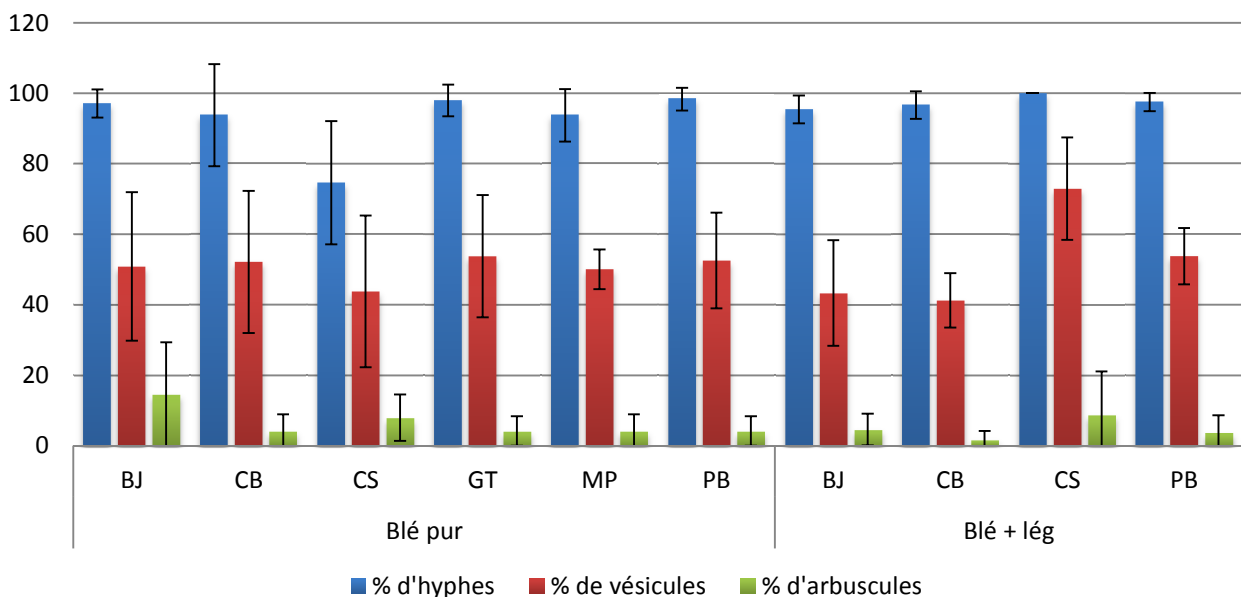
Les résultats sont contraires chez CS : le blé avait un potentiel de mycorhization assez faible sans légumineuse et la mycorhization augmente en présence de la légumineuse. On peut penser que dans ce cas la légumineuse serait un catalyseur qui permettrait un meilleur développement des champignons dans un contexte *a priori* peu favorable. Plusieurs facteurs entrent aussi en jeu, peut-être que les conditions chez CS sont meilleures pour la légumineuse qui stimule ensuite la mycorhization, ou peut être que la quantité de légumineuse a un fort impact (même si les proportions d'un agriculteur à l'autre étaient sensiblement les mêmes). Il faudrait faire un comptage du nombre de pieds de blé et de légumineuses par unité de surface pour étudier ce facteur. Une autre hypothèse serait de dire qu'il y a un seuil de mycorhization sur une parcelle et que si le blé est sous ce seuil, la légumineuse stimule la mycorhization, s'il est au-dessus la légumineuse le concurrence et si la colonisation est moyenne il n'y a pas d'effet visible. Ces résultats soulèvent donc de nombreuses questions et hypothèses, qu'il faudra valider ou rejeter suite à d'autres expérimentations et observations.

## Mycrorhization du blé en fonction de la variété et de l'association chez Bruno Joly



**Graphique 3 :** Pourcentage de colonisation du blé chez Bruno Joly avec différentes variétés (Carré de Crête, Mélange Estelle et Rouge de Bordeaux + Poulard) en pur et en association avec une légumineuse (féverole)

## Présence des différents organes des mycorhizes en fonction des agriculteurs et de l'association pour la variété Carré de Crête



**Graphique 4 :** Pourcentage de présence des différents organes chez chaque agriculteur, en culture pure et en association avec une légumineuse

### 1.3. Influence de la variété sur la mycorhization

Le graphique 3 montre le pourcentage de colonisation du blé chez BJ pour 3 variétés en culture pure et en association avec une légumineuse. Les variétés sont le Carré de Crête (variété population), le mélange Estelle (mélange dynamique d'une quinzaine de variétés populations) et le mélange Rouge de Bordeaux + Poulard (2 variétés populations). Ce graphique permet donc d'observer l'effet de la variété sur la mycorhization. On retrouve dans ce schéma la mycorhization du Carré de Crête présentée précédemment. On peut voir que pour les deux autres variétés la mycorhization est moyenne, avec un peu plus de 30% pour le mélange Estelle et un peu moins de 30% pour le RdB + Poulard, que ce soit en pur ou en association.

Ces résultats peuvent montrer la présence d'un effet variété, peut-être plus fort que l'effet légumineuse. Le Carré de Crête aurait alors un potentiel de mycorhization plus fort que le mélange Estelle, lui-même plus fort que le RdB + Poulard. Nous avons peu d'arguments pour étayer cette hypothèse car nous disposons de peu d'informations sur ces variétés qui sont issues de la sélection paysanne. D'autre part on peut voir que pour ces variétés il n'y a *a priori* pas de concurrence entre le blé et la légumineuse pour les mycorhizes (selon notre hypothèse précédente). Les analyses d'autres variétés chez PB et CS (pas encore réalisées) pourraient contribuer à étayer ces résultats.

### 1.4. Proportion des différents organes

Le graphique 4 montre le pourcentage de présence des différents organes (hyphes, vésicules, arbuscules) chez chaque agriculteur en pur et en association pour la variété Carré de Crête. On peut voir que la proportion est toujours la même, avec beaucoup d'hyphes, une quantité moyenne de vésicules et peu d'arbuscules. Le schéma étant le même partout, on peut retrouver les résultats précédent concernant l'influence de la légumineuse mais l'intérêt n'est pas là.

Les résultats sont bien représentatifs de ce que l'on observe au microscope, les hyphes sont présents la plupart du temps, la présence de vésicules varie en fonction des racines et les arbuscules sont plus rarement présents. Or ces organes sont de plus ou moins bon indicateurs du fonctionnement de la symbiose. En effet les hyphes attestent seulement de la présence de champignons, les vésicules montrent qu'il y a eu une activité (puisque des réserves ont été faites) et la présence d'arbuscules est l'indicateur le plus important car ils sont le lieu d'échange entre le champignon et la racine. Il faudrait donc revoir le système de notation pour qu'il soit plus performant concernant le fonctionnement de la symbiose.





## 2. Discussion générale

### 2.1. Pertinence des résultats

Plusieurs hypothèses ont été émises dans la partie 1.2 : la présence d'un seuil de mycorhization et la concurrence de mycorhization ou non entre blé et légumineuse. Pour répondre à cela il faudrait réaliser des essais standardisés et répétés avec les mêmes variétés et les mêmes conditions. Néanmoins cela représente beaucoup de temps et d'argent, c'est donc une démarche à inscrire sur le long terme.

Le taux de mycorhization moyen observé est acceptable car il est cohérent avec ceux trouvés dans la littérature, il est estimé en moyenne de 30 à 40% pour le blé (Garbaye, 2013). C'est peu par rapport à certaines espèces végétales. En effet le maïs peut mycorhizer jusqu'à 70% (McGonigle et al., 1990). Ce faible taux peut s'expliquer car le blé n'est pas très dépendant de la symbiose, en effet en absence de champignons sa croissance n'est pas affectée. On peut donc se demander pourquoi on s'intéresse aux mycorhizes dans ce projet ? Tout d'abord nous le faisons à la demande des agriculteurs de l'association qui veulent avoir une idée des mécanismes présents au niveau des racines des populations qu'ils sélectionnent. De plus pour savoir si l'étude est pertinente il faudrait approfondir les analyses en étudiant les variations qui s'opèrent sur le blé en fonction de la mycorhization, afin de voir si celle-ci est réellement intéressante (par exemple concernant la résistance aux maladies ou le rendement). C'est une limite de notre étude d'étudier uniquement la présence de mycorhizes, mais c'est une première étape et il faudrait aller plus loin pour analyser ce que la mycorhization peut apporter au blé.

On peut proposer d'autres analyses pour explorer ces axes de recherche. Par exemple après la quantification des mycorhizes il faudrait estimer la présence de maladies, calculer les rendements et les taux de protéines pour ensuite corrélérer cela avec la présence de mycorhizes. Malgré les limites des résultats, ils sont obtenus en conditions de production (contrairement à la plupart des études réalisées en laboratoire, qui sont coûteuses) ce qui est une plus-value de l'étude car ils découlent des conditions réelles de terrain et le blé est ensuite utilisé par les agriculteurs.

### 2.2. Pertinence de la méthode

L'échantillonnage serait plus rigoureux avec de nombreuses répétitions des essais mais le nombre d'échantillons permet d'être représentatif pour l'analyse des résultats. En effet le rapport de Meven (un stagiaire dans l'équipe BCRP l'année dernière) montre qu'au dessus de 6 plants prélevés les résultats sont significatifs, donc le prélèvement de 12 échantillons est *a priori* suffisant.



Concernant la méthode d'observation, estimer la colonisation à l'œil est pertinent pour connaître le taux de mycorhization moyen mais ce taux n'est pas assez précis. La notation de la présence ou absence de chaque organe est peut-être moins adéquat car les deux sont étroitement liés. En effet plus la racine est colonisée, plus il y aura de chance d'y voir des vésicules et des arbuscules. Ce sont ces organes les plus représentatifs de l'activité de la symbiose, donc si on veut analyser plus l'efficacité de la symbiose il faudrait quantifier les organes au lieu de noter seulement leur présence.

Globalement on peut dire que la méthode utilisée est adaptée pour quantifier la présence de mycorhizes, mais pour observer l'activité effective de la symbiose on peut proposer une autre méthode. Il faudrait en effet estimer un pourcentage de la même manière que la colonisation avec des notes de 0 à 5, mais pour les différents organes. On pourrait aussi compter les nombre d'arbuscules et de vésicules par racine mais ce serait plus fastidieux et peut être pas plus représentatif.

### 2.3. Données

L'étude réalisée met en place une méthodologie stricte, durant mon temps de stage il était difficile de réaliser plus d'analyses, avec plus de temps et de moyens j'aurais pu étudier différents axes et récolter plus de données. En effet certaines données manquent pour pouvoir analyser la symbiose mycorhizienne sous toutes ses formes et des améliorations sont possibles. En effet il faudrait disposer des analyses de sol pour corrélérer les résultats avec la présence de phosphore disponible dans le sol et du pH réel. Par ailleurs il faudrait évaluer les proportions entre le blé et la légumineuse (nombre de plants par unité de surface) pour estimer son impact. L'accès aux données peut être difficile car les agriculteurs sont censés récolter différentes d'informations (nombre de pieds germés, nombre d'épis par mètres linéaires...) mais ils ne le font pas toujours, faute de temps ou d'organisation au niveau de l'association. De plus certaines données ne sont accessibles qu'après le temps de stage, comme les rendements ou les informations sur l'épi à maturité.

La recherche participative présente aussi certaines limites car la mise en place d'essais standardisés avec des répétitions est compliquée, on en tire en général plus des tendances que des résultats significatifs. La collecte de données est plus longue et s'étale sur plusieurs années avant de pouvoir publier les résultats. La communication peut être problématique elle aussi, il faut que les agriculteurs comprennent bien les attentes des chercheurs et inversement pour que les protocoles soient similaires. Enfin il est préférable de faire une formation ou un point entre agriculteurs pour que les observations qu'ils réalisent soient homogènes, c'est un des objectifs d'une association comme CBD.



# Conclusion

## 1. Résultats de l'étude

La première chose à dire concernant les résultats est qu'ils sont inattendus, en effet d'après les publications sur le sujet nous pensions que la mycorhization du blé serait systématiquement plus importante en association avec une légumineuse, or il n'en est rien.

Par ailleurs l'étude nous montre plusieurs choses, tout d'abord que la mycorhization du blé avec la même variété peut varier beaucoup suivant le lieu, en effet le blé de Bruno Joly se démarque largement par rapport aux autres. On a vu que la présence d'une légumineuse peut avoir différents effets sur la mycorhization du blé en provoquant une augmentation, une diminution ou une stagnation de celle-ci. Enfin il a été montré qu'elle varie selon la variété et qu'il était possible que les variétés possèdent un potentiel de mycorhization. Ces résultats conduisent à d'autres hypothèses : la symbiose entre les champignons et le blé serait concurrencée par la légumineuse lorsque le blé pur est très colonisé et stimulé par la légumineuse lorsqu'il est peu colonisé.

Beaucoup d'échantillons ont été prélevés et leur analyse future permettra d'avancer sur le sujet et probablement de répondre aux questions qui ont été soulevées. De plus il faudrait par la suite récolter les informations concernant la récolte du blé et ses caractéristiques pour étudier l'effet agronomique de la mycorhization sur le blé, cela intéresse particulièrement les agriculteurs du groupe. La mycorhization est en plein essor aujourd'hui, certaines entreprises commercialisent déjà des souches de champignons à appliquer au champ pour en profiter, il reste à savoir si l'utilisation de cette symbiose est plus judicieuse avec des souches apportées ou des champignons déjà présents dans le sol.

## 2. Bilan personnel

Lors de ce stage j'ai eu l'occasion d'en apprendre beaucoup au niveau professionnel et personnel. En effet il m'a permis de découvrir le fonctionnement des organismes de recherche agricole et leur organisation. L'INRA est un institut important pour la recherche et j'ai pu découvrir comment se monte un projet, de sa mise en place à la rédaction du compte rendu, en passant par les opérations de mesures sur le terrain, leurs interprétations et la recherche de financement. Etre au sein de l'équipe BCRP m'a permis de voir le fonctionnement d'une équipe de recherche qui mène plusieurs projets de front sur des problématiques et sujets différents. L'organisation était bien réglée, chacun essayant d'aider les autres pour différents travaux, le tout dans une bonne ambiance.



Les analyses que j'ai réalisées m'ont apporté une meilleure aisance pour les manipulations au laboratoire et l'analyse des résultats m'a familiarisée avec l'utilisation d'Excel. La rédaction du rapport m'a appris à effectuer des recherches précises scientifiquement parlant et à synthétiser plusieurs travaux de recherche en approfondissant mes connaissances. Le contact avec l'équipe m'a permis d'en apprendre plus sur les grandes cultures en général et les différentes expérimentations réalisées. Enfin les travaux effectués m'ont appris beaucoup de choses concernant la biodiversité cultivée et la recherche participative. Tous ces points montrent que ce stage a été bénéfique pour moi et j'ai apprécié faire partie de cette équipe pendant trois mois.

### **3. Autres travaux effectués**

Les membres de l'équipe s'aident sur les différents projets pour se répartir le travail, ainsi j'ai pu les accompagner plusieurs fois sur le terrain. En effet j'ai participé au prélèvement de blé et d'adventices pour mesurer la biomasse, au désherbage des haricots et au semis des maïs population. J'ai aussi pu prendre part aux portes ouvertes de l'INRA où j'ai visité les laboratoires de l'unité concernant l'écotoxicologie en aquaculture et les dispositifs pour les analyses des effluents d'élevage. J'ai été en Poitou Charente faire une présentation de mes résultats devant les agriculteurs de l'association CBD lors d'une journée réunion, pendant laquelle j'ai pu également assister à la présentation d'une enseignante de l'ESA sur les associations blé-légumineuses. Enfin j'ai été à Bouchemaine pour assister à la journée porte ouverte chez Florent Mercier qui présentait sa collection de blés populations et ses techniques de culture.







## Références Bibliographiques

**Abbott L.K., & Robson A.D.** (1991) Field management of mycorrhizal fungi In. The rhizosphere and plant. D.L. Keister & P.B. Cregan Eds Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands p355-362

**Bedoussac L., Justes E. (2010)** The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant Soil* **330**, p 19-35.

**Ben Khaled L., Gómez A.M., Ouarraqi EM, Oihabi A.** (2003) Réponses physiologiques et biochimiques du trèfle (*Trifolium alexandrinum* L.) à la double association Mycorrhizes-Rhizobium sous une contrainte saline. *Agronomie* **23**: 571–580

**Bonneuil C., Demeulenaere E., Thomas F., Joly P.B., Allaire G., Goldringer I.** (2006) Innover autrement? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale. In: Gasselin P., Clément O. (Eds.), *Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ?* Paris: INRA., p. 29-51.

**Brito I., Goss M.J., Carvalho M., Tuinen D., Antunes P.M.** (2008) Agronomic Management of Indigenous Mycorrhizas. In PDA Varma, ed, *Mycorrhiza*. Springer Berlin Heidelberg, pp 375–402

**Brussaard L., de Ruiter P.C., Brown G.G.** (2007) Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **121**: 233–244

**Cox C.M., Garrett K.A., Bowden R.L., Fritz A.K., Dendy S.P., Heer W.F.** (2004) Cultivar Mixtures for the Simultaneous Management of Multiple Diseases: Tan Spot and Leaf Rust of Wheat. *Phytopathology* **94**: 961–969

**Desclaux D., Hedont M.** (2006) Proceedings of ECO-PB Workshop: “Participatory plant breeding: relevance for organic agriculture?” ITAB, 112 p

**Douds Jr. D.D., Millner P.D.** (1999) Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**: 77–93

**FAO** (1996) Rapport sur l'état des ressources phytogénétiques dans le monde. Leipzig, Allemagne

**Garbaye J.** (2013) La symbiose mycorrhizienne: une association entre les plantes et les champignons. Quae, Versailles

**Gianinazzi S., Gollotte A., Binet M-N., Tuinen D., Redecker D., Wipf D.** (2010) Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* **20**: 519–530

**Giovannetti M.** (2008) Structure, Extent and Functional Significance of Belowground Arbuscular Mycorrhizal Networks. In PDA Varma, ed, *Mycorrhiza*. Springer Berlin Heidelberg, pp 59–72



**Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W.** (2010) Les symbioses mutualistes du sol. *In* Presses polytechniques et universitaires romandes, ed, Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols. Lausanne, pp 671–709

**Gosling P., Hodge A., Goodlass G., Bending G.D.** (2006) Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **113**: 17–35

**Harrison M.J.** (1997) The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends in Plant Science* **2**: 54–60

**Hauggaard-Nielsen H., Ambus P., Jensen E.S.** (2001) Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Res.* **70** :101-109

**Karandashov V., Bucher M.** (2005) Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Plant Science* **10**: 22–29

**KELLEY W.D.** (1982) Effect of triadimefon on ectomycorrhizae of loblolly and slash pines in Alabama . - *Forest Science*, vol . 28, n° 2, p 232-236.

**Lewandowski T.J., Dunfield K.E., Antunes P.M.** (2013) Isolate Identity Determines Plant Tolerance to Pathogen Attack in Assembled Mycorrhizal Communities. *PLoS ONE* **8**: e61329

**Nouaim R., Chaussod R.** (1996) Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides. *In* CIHEAM, ed, La mycorhization des plantes forestières en milieu aride et semi-aride et la lutte contre la désertification dans le bassin méditerranéen, Cahiers Options Méditerranéennes n°20. Pp 9–26

**Phillips J.M., Hayman D.S.** (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* **55**: 158–161

**Rolland B., Oury F.-X., Loyce C.** (2006) Vers une évolution de la création variétale pour répondre aux besoins de l'agriculture durable ? L'exemple du blé tendre. *Dossier de l'environnement de l'INRA* **30**: 78–89

**Sawers R.J.H., Gutjahr C., Paszkowski U.** (2008) Cereal mycorrhiza: an ancient symbiosis in modern agriculture. *Trends in Plant Science* **13**: 93–97

**Smith F.A., Smith S.E.** (1997) Structural diversity in (vesicular)–arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist* **137**: 373–388

**Vierheilig H., Piché Y.** (2002) Signalling in Arbuscular Mycorrhiza: Facts and Hypotheses. *In* BS Buslig, JA Manthey, eds, *Flavonoids in Cell Function*. Springer US, pp 23–39

**Willey R.W.** (1990) Resource use in intercropping systems. *Agric. Water Manag.* **17**:215-231

**Wolfe M.S.** (1997) Variety mixtures: concept and value. *In*: Wolfe M.S. (Ed.) *Variety Mixtures in theory and practice*,. European Union Variety and Species Mixtures working group of COST Action



## Table des illustrations

<b>Illustration 1</b> : Champ de blé variété Carré de Crête chez Cédric Baron (photo personnelle)	13
<b>Illustration 2</b> : Prélèvement d'un échantillon	14
<b>Illustration 3</b> : Séchage des racines	14
<b>Illustration 4</b> : Racine colorés, avant et après montage sur lame	15

## Table des figures

<b>Figure 1</b> : Schéma du développement des ecto et endomycorhizes (Hervé Bondonga Mabomba, université Lubumbashi RDC)	5
<b>Figure 2</b> : Schéma comparatif de l'exploration mycorhizienne du sol (iftech)	5
<b>Figure 3</b> : Endomycorhizes VA, avec des arbuscules se développant à l'intérieur des cellules et reliés par des hyphes (Larry Peterson, CNRS)	6
<b>Figure 4</b> : Vésicules de Glomus sp (Brundrett, 2008)	6
<b>Figure 5</b> : Racine de blé colonisée avec hyphes colorés en bleu (Photographie prise le 13 mai 2015)	6
<b>Figure 6</b> : Méthode d'observation des racines au microscope, avec 10 racines par lame et 2 observations par racine	15
<b>Figure 7</b> : Méthode d'estimation du pourcentage de colonisation des racines au microscope	15

## Table des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Modalités prélevées chez chaque agriculteur	13
--	----

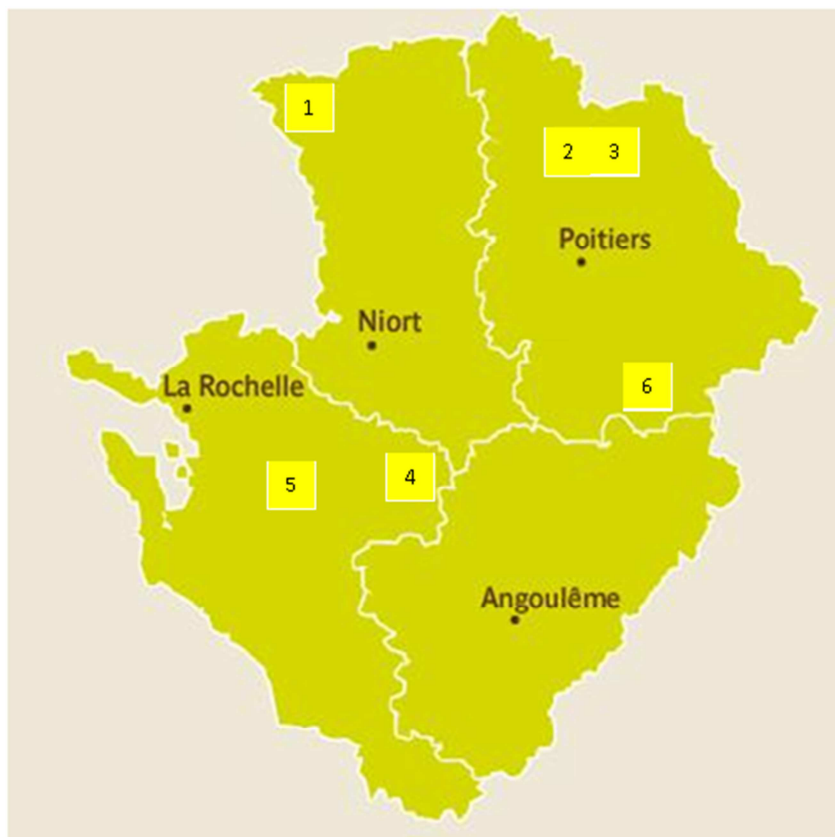
## Table des Annexes

<b>Annexe 1</b> : Carte de répartition des agriculteurs de CBD où les prélèvements ont été effectués	
--	--





## Annexes



1 : Ferme des Taillanderies	Marc POUSSIN	St Pierre des Echaubrognes, Deux-Sèvres (79)
2 : EARL La Robichonnière	Bruno JOLY	St Gervais les 3 clochers, Vienne (86)
3 : Ferme de la Croix Blanche	Claude SOURIAU	St Gervais les 3 clochers, Vienne (86)
4 : GAEC Trezard	Cédric BARON	Fontaine Chalendray, Charente- Maritime (17)
5 : Ferme des Benêts	Pascal BITEAU	Torxé, Charente-Maritime (17)
6 : Ferme de Garendeau	Guy TURIBLE	Pressac, Vienne (86)

**Annexe 1** : Carte de répartition des agriculteurs de CBD où les prélèvements ont été effectués



## RESUME

Le projet Blégu Poitou cherche chaque année à répondre à diverses questions en relation avec les variétés populations de blé et leurs associations avec des légumineuses dans un contexte de production biologique ou à faibles intrants. Les études s'effectuent dans le cadre d'une recherche participative entre l'INRA/ITAB et les agriculteurs de l'association CBD avec des essais menés à la ferme. Cette année le sujet d'étude est la mycorhization de ces blés en fonction de l'association et de la variété. La mycorhization désigne la relation symbiotique entre les racines d'une plante et des champignons, d'après les publications elle permettrait d'augmenter l'assimilation d'eau et d'éléments nutritifs pour la plante, il y aurait aussi des interactions pour ces nutriments entre les légumineuses et le blé en cas de culture associée. Durant l'étude, une mise en place de dispositifs expérimentaux pour observer et quantifier la présence de mycorhizes à partir d'échantillons prélevés au champ à été effectuée. On a pu voir que la colonisation mycorhizienne variait selon le lieu pour la même variété, on a vu que contrairement à ce que nous attendions la colonisation peut varier pour cette même variété en condition d'association par rapport en culture pure. En effet les résultats montrent dans certains cas aucun effet de l'association sur la présence de champignons, dans d'autres une augmentation ou une diminution. Enfin sur le même lieu on a pu voir que les variétés faisaient varier la colonisation. Cela conduit à des hypothèses sur la possibilité de concurrence pour les champignons entre blé et légumineuse dans certains cas et de stimulations dans d'autres. Beaucoup de facteurs entrent en jeu dans la recherche au champ, la continuation du projet serait de réaliser des essais plus contrôlés pour voir les influences réelles et de corrélérer ces résultats aux données agronomiques (rendements, taux de protéine...).

## ABSTRACT

The project Blégu Poitou works each year to answer to different questions about population variety of wheat and there association to a leguminous plant in a context of organic or low input production. The studies are made in participative research Between INRA/ITAB and the farmers from the association CBD with on-farm trials. This year the topic is the mycorrhization of the wheat depending to the association and the variety. The mycorrhization means the symbiotic relationship between plant roots and fungi, from the publications it would increase the uptake of water and nutrients to the plant, there would also be interactions for these nutrients between legumes and wheat in cases of associated culture. During the study, a development of experimental devices to observe and quantify the presence of mycorrhizae from samples taken at the field was completed. We saw that mycorrhizal colonization varied by place for the same variety; we saw that contrary to what we expected the colonization can vary for this variety in a condition of association compared to in pure culture. Indeed the results show in some cases no effect of the association on the presence of fungi, in others an increase or decrease. Finally in the same place we have seen that the varieties made varied the colonization. This leads to assumptions about the possibility of competition for fungi between wheat and legume in some cases and in other stimulations. Many factors come into play in the search field, the continuation of the project would be to carry out more controlled trials to see real influences and to correlate these results with agronomic data (yields, protein levels ...).