



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master en Agronomie

Domaine : Science de la nature et de la vie.

Spécialité : Réhabilitation et restauration des sols.

Thème

Association de culture Olivier/vesce/avoine : Performance et influence sur le pH et le carbone de la rhizosphère.

Soutenu, le 28/ 09/ 2016 par :

Kaci AHMED SAID.

Yacine LARDJANE.

Devant le jury composé de :

Président: Mr. MEROUKI K.

M.C.B UMMTO

Examinatrice: Mlle. OMOURI O.

M.A.A UMMTO

Examineur: Mr. ARKOUB M.

M.A.A UMMTO

Promotrice: Mme. MOUAS BOURBIA S.

M.C.B UMMTO

Invité: Mr. HALICHE A.

Subdivisionnaire des services agricoles des Ouadhias

Promotion 2015/2016

Remerciements

Nous tenons ici à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, car seuls nous n'aurions pu l'accomplir.

D'emblée, nous tenons à remercier vivement notre promotrice M^{me} MOUAS BOURBIA. S, pour son entière disponibilité, ses conseils judicieux et la pertinence de ses corrections, ce qui nous a permis de mener à bien ce travail. Nous la remercions également pour la qualité de ses enseignements tout le long de nos années d'études de la Licence jusqu'au Master II.

Nos plus sincères remerciements vont à Mr MEROUKI K. Maitre de conférences de classe B sciences biologiques et sciences agronomiques à l'UMMTO, qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nous adressons également notre profonde reconnaissance à Mlle OUMOURI O ; et Mr ARKOUB M. Maitres assistants chargés de cours à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'UMMTO pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions aussi M^r ALLILI N qui nous a aidés pour la confection du dispositif expérimental.

Notre reconnaissance la plus sincère va à M^r A. HALICHE, subdivisionnaire des services agricoles des Ouadhias, qui a beaucoup donné de son temps, pour nous aider à trouver une parcelle expérimentale.

Notre gratitude va à M^r LARIBI qui a mis à notre disposition son oliveraie et qui nous a permis de procéder à l'échantillonnage des sols.

Nous exprimons aussi nos remerciements à M^{me} YAHIAOUI TIBICHE. G et M^{lle} ISSAOUN.D pour leur aide précieuse qui nous a permis de réaliser les analyses du pH et du carbone.

Nos derniers remerciements et pas des moindres, s'adressent à nos amis et camarades qui nous ont prêtés main forte lors de l'échantillonnage.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

La mémoire de mon oncle ;

A mes chers parents, mon cher frère et toute ma famille ;

Mes amis ;

*Mes camarades du Master réhabilitation et restauration des
sols promotion 2015/2016.*

Kaci AHMED SAID

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes chers parents, mes chers frères et sœurs, toute ma famille ;

Mes amis ;

*Mes camarades du Master restauration et réhabilitation des sols
promotion 2015/1016.*

Yacine LARDJANE

Introduction générale.....-1-

Chapitre I : Synthèse bibliographique

A- Cultures associées

1- Définition des cultures associées.....	-4-
2- Intérêt des cultures associées.....	-4-
3- Principes généraux sur le fonctionnement des associations.....	-5-
4- Association légumineuse céréale.....	-5-
5- Cultures associées arbres/plantes ou agroforesterie.....	-6-
6- Avantages de l'agroforesterie.....	-7-
7- Association vesce/avoine.....	-8-
8- Généralités sur la vesce et l'avoine.....	-10-
9- Généralités sur l'olivier.....	-12-

B- Rhizosphère et pH des sols

1- Définition de la rhizosphère.....	-12-
2- La rhizodéposition et l'effet rhizosphérique.....	-13-
3- Principaux changements dans la rhizosphère.....	-14-
4- Rhizosphère des cultures associées légumineuse/céréale.....	-16-
5- pH du sol.....	-17-
6- Influence du pH sur la nutrition des plantes.....	-17-
7- Modification du pH dans la rhizosphère.....	-20-
8- Acidification de la rhizosphère des légumineuses.....	-21-

C- Le carbone dans les sols

1- Le cycle du carbone.....	-21-
2- La plante : un pourvoyeur de carbone dans la rhizosphère.....	-22-
3- Quantification de la rhizodéposition.....	-23-
4- Allocation du carbone dans la plante.....	-23-
5- Contribution du carbone nouvellement assimilé à la rhizodéposition.....	-24-

Chapitre II : Matériels et méthodes

1- Présentation de la zone d'étude.....	-26-
1-1- Géologie de la région d'étude.....	-26-
1-2- Le climat.....	-26-
1-2-1- Les précipitations.....	-26-

Sommaire

1-2-2- Les températures.....	-27-
1-2-3- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	-28-
2- Présentation de la parcelle expérimentale	
2-1- Localisation géographique.....	-28-
2-2- Choix de la parcelle.....	-29-
2-3- Description de la parcelle.....	-30-
2-4- Description du sol de la parcelle.....	-30-
3- Présentation du dispositif expérimental.....	-30-
3-1- Mise en place du dispositif sur le terrain.....	-31-
4- Le semis.....	-32-
4-1- Calcul des densités du semis.....	-34-
5- Echantillonnage des sols.....	-34-
5-1- Méthode de l'échantillonnage des sols.....	-35-
5-2- Préparation des échantillons.....	-36-
6- Echantillonnage du végétal.....	-37-
6-1- Préparation des échantillons végétaux.....	-37-
7- Analyse des sols	
7-1- Le pH.....	-38-
7-2- Détermination du carbone organique.....	-38-
8- Analyse statistique.....	-38-
Chapitre III : Résultats et discussion.	
I- Description du profil pédologique.....	-39-
a- Caractéristiques morphologiques des horizons.....	-40-
b- Propriétés physiques et chimiques du sol.....	-40-
c- Le sol de la station d'étude.....	-40-
II- pH du sol global vs pH du sol rhizosphérique.....	-41-
II-1- pH rhizosphérique de l'olivier en monoculture.....	-41-
II-2- pH rhizosphérique de l'association olivier/avoine.....	-42-
II-3- pH rhizosphérique de l'association olivier/vesce.....	-44-
II-4- pH rhizosphérique de l'association olivier/avoine/vesce.....	-46-

Sommaire

II-5- Discussion	
II-5-1- Impact du type de culture sur la variation du pH de la rhizosphère.....	-48-
III- Taux de carbone organique du sol global vs taux de carbone organique du sol rhizosphérique.....	-49-
III-1- Taux de carbone organique de l'olivier en monoculture.....	-49-
III-2- Taux de carbone organique de l'association olivier/avoine.....	-50-
III-3- Taux de carbone organique de l'association olivier/vesce.....	-51-
III-4- Taux de carbone organique de l'association olivier/vesce/avoine.....	-51-
III-5- Discussion	
III-5-1- Impact du type de culture sur la variation du taux de carbone de la rhizosphère.....	-52-
IV- Evaluation de la performance de l'association vesce/avoine.....	-53-
IV-1- Rendements des cultures.....	-55-
IV-2- Rendements de la vesce, de l'avoine et du mélange vesce/avoine hors couvert.....	-56-
IV-3- Rendements de la vesce, de l'avoine et du mélange vesce/avoine sous couvert.....	-57-
IV-4- Evaluation de la performance de l'association vesce/avoine par le LER.....	-59-
IV-5- Discussion.....	-59-
Conclusion générale.....	-61-
Références bibliographiques.....	-62-
Abréviations.....	-70-
Tableaux.....	-71-
Figures.....	-72-

Introduction générale

Dans l'agriculture conventionnelle, la monoculture, ou culture d'une seule espèce végétale est souvent pratiquée à cause de la facilité de plantation et de récolte. Mais les problèmes de mauvaises herbes et de ravageurs sont fréquents, ce qui implique l'utilisation de pesticides et d'herbicides à grande échelle. De nos jours, le défi de l'agriculture est de trouver les moyens de mettre en place des systèmes d'exploitation durable, sans épuiser les sols, ni altérer leur qualité physique, chimique et biologique avec l'utilisation massive d'intrants.

Les cultures associées qui consistent en la culture simultanée de deux espèces ou plus, sur la même surface, pendant une période significative de leur cycle de croissance (Willey, 1979), représentent une alternative sérieuse pour produire durablement en agriculture biologique. En effet les cultures associées présentent de nombreux avantages notamment : le gain de rendement global par rapport à des cultures «pures» (monospécifiques) (Jensen, 1996) et la contribution à la lutte chimique, car les associations dans certaines situations sont un moyen de réduire la pression des adventices, maladies et ravageurs (Trenbath 1993 ; Altieri 1999) souvent considérés comme des facteurs déterminants de la production agricole.

La pratique des associations de céréales et de légumineuses à récolter en graines ou en vert est courante en agriculture biologique. Cette association représente une piste sérieuse aussi bien chez les céréaliers, qui veulent réduire l'utilisation d'intrants, que chez les éleveurs, qui souhaitent diversifier et sécuriser les systèmes fourragers actuels. Il existe une complémentarité entre la légumineuse et la céréale pour l'utilisation des ressources le mélange avoine avec de la vesce, du lupin blanc et du radis fourrager par exemple permet d'assurer les fonctions de restructuration du sol, de contrôle des adventices et des bioagresseurs et d'amélioration de la fertilité par fixation d'azote. (Husson et al., 2012).

La mécanisation des grandes exploitations agricoles, combinée à une intensification de l'agriculture ont menées à une exclusion progressive de l'arbre des terres cultivées. La diminution des superficies boisées et arborées a entraîné divers problèmes environnementaux dont une baisse de la fertilité des sols et leur érosion (Anonyme 3). Les associations de culture prennent en compte le composant arbre et on peut ainsi réaliser des associations de culture plante/ arbre c'est l'agroforesterie.

L'olivier (*Olea europea L.*) occupe une place fondamentale dans l'alimentation humaine de par le produit qu'il fournit : l'huile d'olive. L'olivier est l'une des espèces fruitières qui connaît un regain d'intérêt en Algérie (Mouas Bourbia., 2014). Traditionnellement, l'olivier

est cultivé dans les zones marginales, sans irrigation, malgré que les pluies, souvent, ne satisfassent pas à la demande de l'évapotranspiration (Fernandez et Moreno, 1999). C'est le cas en Kabylie, l'olivier occupe souvent des sols à fortes contraintes (fortes pentes, déficience en nutriments). (MouasBourbia., 2014). La Kabylie à cause de son relief accidenté connaît peu de surfaces agricoles utilisables (SAU). Les sols se trouvent souvent appauvri en matière organique conséquence des fortes pentes qui favorisent l'érosion et la perte de nutriments. Il est donc nécessaire de valoriser les SAU d'une manière écologique afin de préserver les sols.

Notre étude a été conditionnée par ce contexte général. Elle a consisté en la mise en place de l'association olivier/vesce/avoine dans le but de valoriser une parcelle d'olivier d'environ 1 ha, en diversifiant les cultures. La Kabylie étant plus une région à vocation d'élevage le choix s'est porté sur des cultures fourragères en l'occurrence vesce/avoine.

Parmi les bénéfices de l'association de culture, une amélioration de la biodisponibilité de N et P dans la rhizosphère est souvent mise en évidence ainsi qu'une modification de pH. Le terme rhizosphère désigne la mince couche de sol qui entoure les racines absorbantes et dont la composition est profondément modifiée par l'activité et le métabolisme de la racine (Schröder et Hartmann, 2003). En effet, Gobran et Clegg, (1996) ; Hinsinger et al., (2001) affirment que les plantes ont une action directe sur les microorganismes et sur les propriétés du sol de par les substances diverses qu'elles apportent dans ce milieu, principalement au niveau de la rhizosphère. De nombreux travaux de recherche ont mis en évidence que la racine pouvait elle-même modifier profondément, outre son environnement microbiologique, les conditions physiques et chimiques du sol qui l'entoure.

Le pH influe sur la biodisponibilité de certains éléments nutritifs. Par exemple le phosphore dans des pH de sol acides se complexe avec le fer et devient insoluble, de même lorsque le pH des sols est basique il se complexe avec le calcaire et devient moins biodisponible pour les plantes.

Il est aussi admis que la rhizosphère des plantes s'enrichit en carbone organique comparativement au sol global. Le carbone est une source de nutrition pour les organismes hétérotrophes de la rhizosphère qui décomposent la matière organique du sol et minéralise le N et P pour les plantes.

L'objectif de l'étude est d'évaluer d'abord la variation du pH ainsi que celle du taux de carbone organique dans la rhizosphère des cultures seules et en association, et aussi la performance de l'association olivier/vesce/avoine. Pour ce faire nous avons testé trois hypothèses : premièrement, l'association olivier / vesce / avoine modifie le pH à proximité des racines. Deuxièmement, cette association modifie aussi le taux de carbone dans la rhizosphère. Troisièmement, l'association accroît les rendements et contrôle le développement des adventices.

Le chapitre I du travail est une synthèse bibliographique, qui englobe des connaissances sur le fonctionnement et les avantages des cultures associées. De plus ce chapitre aborde d'une manière générale, la rhizosphère et son fonctionnement ainsi que les variations du pH et du taux de carbone dans le sol à proximité des racines. Le chapitre II, matériels et méthodes présente des explications sur le dispositif expérimental utilisé et les méthodes d'échantillonnage des sols et des cultures. Le Chapitre III, résultats et discussion est consacré aux résultats obtenus et leur interprétation. Une conclusion générale synthétise le travail pour clore ce dernier avec une proposition de perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique.

A- Cultures associées

1- Définition des cultures associées

Il s'agit de la culture simultanée de deux espèces ou plus, sur la même surface, pendant une période significative de leur cycle de croissance (Willey., 1979). Les plantes peuvent être mélangées dans la parcelle (semis d'un mélange de graines ou semis en plusieurs fois – cas des méteils blé-féverole par exemple), ou cultivées en rangs ou bandes alternées (cas de légumineuses implantées sous des cultures fourragères espacées). L'association d'une céréale et d'une légumineuse (CL) est la plus courante. Les cultures peuvent être récoltées en grains secs, en foin, voire en ensilage par les éleveurs. D'autres associations existent telles que colza / trèfle, lentille (ou pois) / cameline. Le maraîchage, l'agroforesterie mais aussi les systèmes prairiaux fonctionnent sur la base d'association de cultures qui améliorent l'efficacité du système à différents niveaux (production de biomasse supérieure, fertilité du sol, lutte contre les ravageurs, etc.). Les mélanges d'espèces offrent donc de nombreuses possibilités selon les objectifs fixés, (Anonyme1).

2- Intérêt des cultures associées

Jensen, (1996) affirme que les deux raisons les plus souvent avancées pour l'adoption des associations d'espèces résident dans le gain de rendement global par rapport à des cultures «pures» (monospécifiques) et dans l'amélioration significative et quasi systématique de la teneur en protéines de la céréale – ceci quelle que soit sa proportion dans le mélange récolté. Les associations pourraient également être un moyen de réduire dans certaines situations la pression des adventices, maladies et ravageurs (Trenbath 1993 ; Altieri 1999) souvent considérés comme des facteurs déterminants de la production agricole faisant ainsi des associations une alternative à la lutte chimique. (Hauggaard-Nielsen et al. 2001 in Bedoussac 2009). Aussi les cultures associées présentent d'autres avantages tels que :

- la réduction de l'érosion des sols par une meilleure couverture et enracinement (Anil et al. 1998).
- une amélioration de la résistance à la verse (Anil et al., 1998).
- une réduction des risques de lixiviation de nitrates (Hauggaard-Nielsen et al. 2003).
- une meilleure stabilité interannuelle des rendements (Lithourgidis et al. 2006).

3- Principes généraux sur le fonctionnement des associations

Dans les mélanges plurispécifiques, les interactions entre espèces peuvent être représentées comme l'effet d'une espèce sur le milieu et la réponse d'une seconde espèce à ce changement (Vandermeer 1989 ; Goldberg 1990 in Bedoussac 2009). Bedoussac, (2009) stipule qu'il y a deux types de réponses : la compétition qui intervient quand une espèce modifie l'environnement de façon négative pour la seconde (ombrage, extraction d'une ressource qui devient limitante) et la facilitation lorsque ce changement est positif (allélopathie, effet barrière contre la diffusion de maladies...). A cela pourrait s'ajouter un troisième type de réponse, à savoir un effet neutre lorsque par exemple une espèce a accès à une ressource non disponible pour la seconde (utilisation de l'azote de l'air par la légumineuse, enracinement plus profond d'une espèce...). Il n'en reste pas moins que ces différentes interactions sont complexes car elles dépendent entre autres de la disponibilité en nutriments, du contexte pédo-climatique, des espèces et des cultivars associés mais aussi et surtout parce qu'elles se produisent en dynamique (Connolly et al. 1990 in Bedoussac 2009).

4- Association légumineuses-céréales

Dans les associations de cultures céréale-légumineuse, les espèces associées établissent des interactions négatives (compétition) ou positives (facilitation et complémentarité de niche) pour exploiter les ressources du milieu. Les légumineuses établissent des relations symbiotiques avec des microorganismes du sol de la famille des rhizobiums qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce aux nodosités des racines et ainsi d'apporter à la plante une grande partie de ses besoins en azote. Cette faculté, qui est propre aux légumineuses, leur confère lorsqu'elles sont associées à des espèces non fixatrices d'azote comme les céréales la possibilité de mettre en jeu un processus de complémentarité de niche pour l'azote du milieu, (Anonyme2).

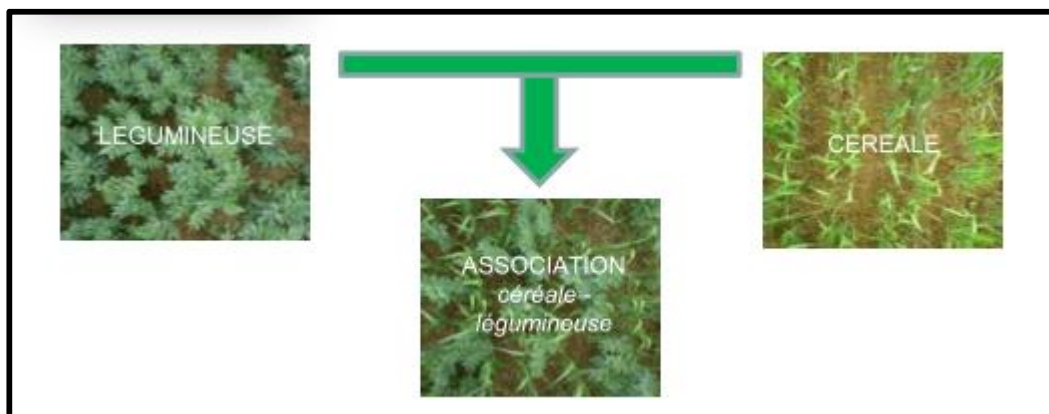


Figure 1: Culture associée (légumineuse - céréale) (Anonyme2).

5- Cultures associées arbres / plantes ou agroforesterie

L'évolution de l'agriculture a été caractérisée, par un gain spectaculaire de productivité. Toutefois, dans bien des cas, une exclusion progressive de l'arbre des terres cultivées s'en est suivie, notamment en raison de la mécanisation des grandes exploitations agricoles, combinée à une intensification de l'agriculture. La diminution des superficies boisées et arborées a entraîné divers problèmes environnementaux, dont une baisse de la fertilité des sols et leur érosion, un accroissement de la pollution diffuse, une réduction de la biodiversité et une perte de qualité des paysages ruraux. Dans ce contexte le rétablissement de l'arbre comme élément fondamental de l'agroécosystème agricole apparaît une solution judicieuse pour atténuer les impacts de l'agriculture intensive. Or, des expérimentations réalisées dans des régions tempérées du monde ont démontré que les systèmes de cultures intercalaires (SCI) constituent une avenue prometteuse pour réintroduire stratégiquement les fonctions écologiques de l'arbre en milieu agricole et tendre ainsi vers des systèmes de production agricoles durables, (Anonyme3).

- **Les systèmes Agroforestiers**

En agroforesterie, arbres et cultures ou arbres, cultures et élevages forment un système qui, par définition, possède des qualités que ne possède pas chacun de ses éléments pris séparément. L'association des arbres aux activités agricoles, judicieusement organisée dans l'espace et dans le temps, permet d'instaurer des relations de complémentarité. Un cycle se met en place entre les éléments du climat, de la biodiversité, du sol, de l'eau, les cultures, les animaux et les arbres, au bénéfice de la production et des paysages, (Anonyme 4).



Figure 2: Système associant des frênes d'Amérique et du blé à la station de recherche en agroforesterie de l'Université de Guelph, en Ontario. (Anonyme 3).

6- Avantages de l'Agroforesterie

• Amélioration de la croissance des arbres

L'amélioration de la croissance des arbres proviendrait notamment : 1) de la stimulation de la biomasse microbienne du sol et de la minéralisation de l'azote par la culture intercalaire ; et 2) de la récupération, par les racines des arbres, d'une proportion importante des résidus de fertilisants dévolus à la culture intercalaire, ce qui améliore leur nutrition minérale. (Anonyme3).

• L'arbre freine l'érosion des sols et la pollution diffuse

Dans les systèmes de cultures intercalaires, la présence des racines des arbres permet de limiter le ruissellement de surface et l'érosion des sols. Les racines profondes des arbres peuvent également récupérer une partie des éléments fertilisants échappant à la culture par lixiviation, ce qui permet, entre autres, d'atténuer la pollution des nappes par les nitrates. On a donné à ce phénomène le nom « d'hypothèse du filet de sécurité » (*safety net hypothesis*) (Allen *et al.* 2004).

• L'arbre séquestre le carbone atmosphérique

Les arbres stockent du carbone dans leur biomasse qui est en partie injecté dans le sol au pied des arbres par la décomposition annuelle des feuilles, branches et racines. (Anonyme 4)

• L'arbre améliore la fertilité des sols

Les arbres contribuent à augmenter les retours de matière organique au sol grâce aux résidus (litières) issus de leur biomasse aérienne et à la décomposition in situ de leurs racines (en particulier les racines fines) (Anonyme 3). Les humus provenant des litières d'arbres feuillus sont souvent d'excellente qualité et peuvent donc être gérés comme une véritable fertilisation, ce qui peut se traduire par une diminution des besoins en engrais inorganiques. L'apport au sol de matière organique provenant des arbres entraîne généralement une augmentation de la biomasse microbienne et des populations de vers de terre (Price *et al.*, 1999), contribuant ainsi à améliorer la fertilité des sols.

• L'arbre permet d'améliorer la biodiversité et la qualité des paysages

Des études réalisées dans l'est de l'Amérique du Nord ont montré que la diversité et l'abondance des populations de prédateurs des ravageurs des cultures étaient plus élevées dans les cultures associées que dans les monocultures agricoles, ce qui pourrait limiter le besoin de recourir à des pesticides (Stamps *et Linit*, 1998 ;Howell, 2001). Au Québec, une plus grande diversité des populations microbiennes, en particulier des mycorhizes arbusculaires, a été

observée dans le sol d'un agrosystème associant le peuplier hybride et le soja, comparativement aux monocultures de soja et de peupliers hybrides (Chiffлот *et al.*, 2009 ; Lacombe *et al.*, 2009).

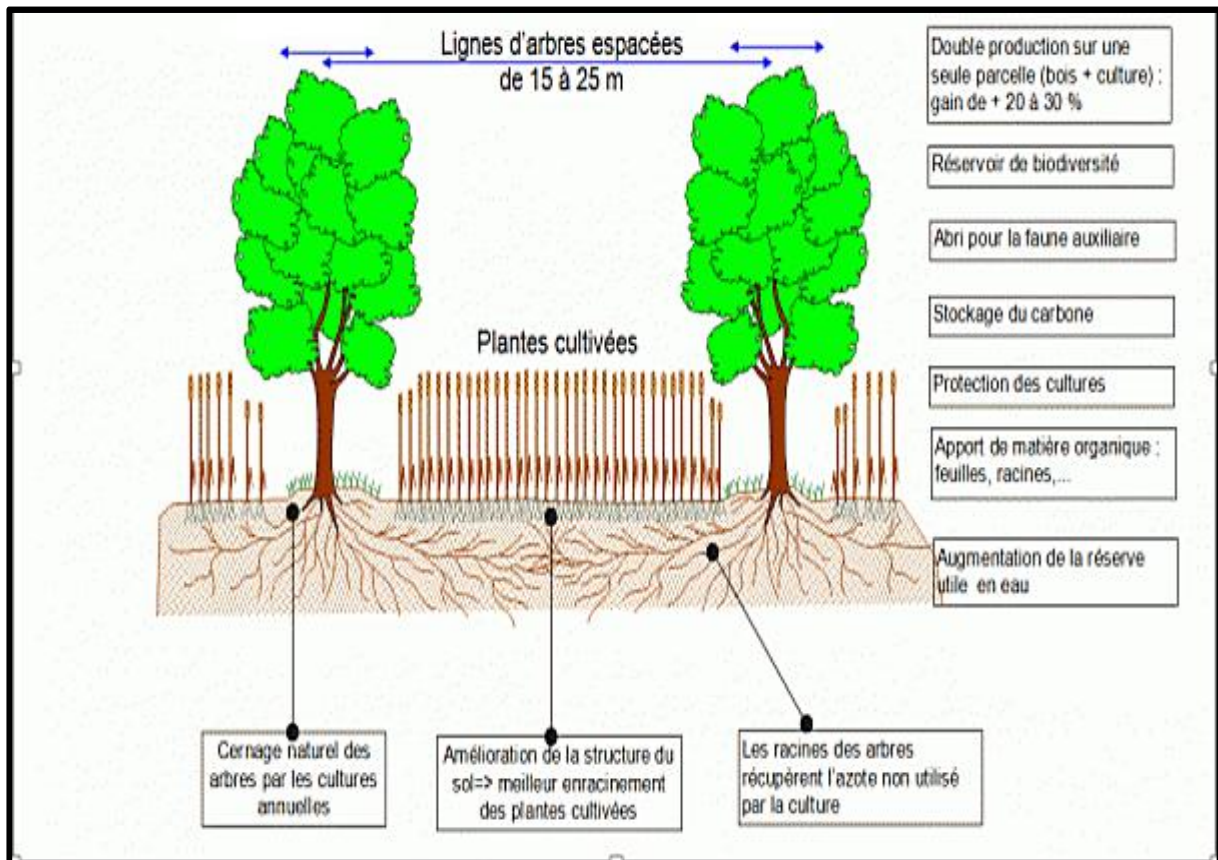


Figure 3: Avantages d'un système de cultures agroforestier. (Dupraz, INRA).

7- Association vesce / avoine

Le mélange avoine avec de la vesce, du lupin blanc et du radis fourrager par exemple permet d'assurer les fonctions de restructuration du sol, de contrôle des adventices et des bioagresseurs, et d'amélioration de la fertilité par fixation d'azote. (Husson *et al.*, 2012). De nombreuses études ont mis en évidence que les associations de cultures céréales -légumineuses seraient un moyen de mieux valoriser les ressources du milieu comparativement aux cultures « pures » ou mono spécifiques correspondantes (Willey 1979 ; Ofori et Stern 1987 ; Willey 1990 ; Hauggaard-Nielsen *et al.* 2003 in Bedoussac 2009). Cet avantage est particulièrement marqué dans le cas des systèmes à bas niveau d'azote (Bedoussac et Justes 2010). Bedoussac (2009) explique qu'il existe une complémentarité entre céréale et légumineuse pour l'utilisation de l'azote (mais aussi de la lumière) du fait que la céréale n'utilise que l'azote du sol alors que les protéagineux utilisent essentiellement l'azote de l'air (par la fixation symbiotique) lorsqu'ils sont associés (88% de l'azote prélevé). Cette complémentarité se traduit de façon quasi systématique par une amélioration significative de la teneur en protéines de la céréale (Bedoussac et Justes 2010),

une réduction du mitadinage (blé dur), et donc une amélioration de sa valeur commerciale (Bedoussac, 2009).



Figure 4: Mélange Vesce + Avoine. (Husson et al., 2012).

- **Avantages des légumineuses (Vesce) dans les cultures associées**

Leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote. Dans un contexte où le prix des engrais azotés est élevé, cette source d'azote supplémentaire permet de réaliser des économies de fertilisation et de compenser les coûts d'implantation du couvert. La culture de vesce contribue à l'amélioration du sol (structure et azote), et grâce à son développement végétatif important, elle étouffe les adventices. En culture d'hiver, le système racinaire développé de la vesce favorise une rétention des éléments fertilisants. (Anonyme 5).

- **Avantage des céréales (Avoine) dans les cultures associées**

Fertilité et caractéristiques du sol

L'avoine possède un système racinaire fasciculé relativement puissant qui lui permet de se développer sur sol modérément compacté et d'en améliorer la structure. Ce système racinaire, très dense sur les horizons de surface, s'enracine en général à plus de 80 cm et peut atteindre 190 cm. De plus, l'avoine produit une biomasse conséquente et procure ainsi une très bonne couverture du sol. Cette couverture se décompose lentement (rapport C/N élevé) et se maintient

en conséquence longtemps sur le sol. L'avoine bénéficie ainsi aux cultures qui lui succèdent, en particulier pour les légumineuses. (Husson et al., 2012).

Contrôle des adventices

D'après Husson et al., (2012) l'avoine est aussi une excellente plante nettoiyante, qui permet de contrôler un grand nombre d'adventices. Au-delà de l'effet d'ombrage procuré par la couverture, l'avoine a des facultés allélopathiques très marquées, que ce soit en végétation ou lors de sa décomposition. En conséquence, les cultures installées sur résidus d'avoine peuvent généralement être conduites sans utilisation d'herbicide.

8- Généralités sur la vesce et l'avoine

- **Vesce commune**

La vesce commune est une plante herbacée annuelle de la famille des Fabacées souvent cultivée comme plante fourragère.



Figure 5: Vesce commune (photoflora.free.fr).

Nom : Vesce commune.

Nom scientifique : *Vicia sativa*.

Famille : Fabacées.

Origine : Europe.

➤ **Exigences edapho-climatiques**

pH : optimal entre 6,0 et 8,0

Sol : Eviter les sols sableux et hydromorphes.

Le climat : des températures douces en hiver favorisent le développement de la légumineuse. Elle doit être cultivée de préférence en saison froide. Etant résistante au gel une fois installée (jusqu'à -5°C (4), mais elle est sensible au stade jeune)

Précipitation : Elle tolère des précipitations entre 350 et 1650 mm/an, mais se développe mieux avec plus de 750 mm/an. (Anonyme⁵).

- **Avoine**

L'avoine (*Avena sativa*) est une graminée (famille des Poaceae) annuelle. Elle est cultivée à la fois pour la consommation humaine (pour ses propriétés médicinales) et l'alimentation animale, principalement par les chevaux sous forme de grain. Elle trouve aussi sa place comme fourrage vert, ensilé ou foin, dans la ration des herbivores. (Husson et al., 2012).



Figure 6: Avoine (*Avena sativa*) (Husson et al., 2012).

Noms scientifiques : *Avena sativa*

Noms communs : Avoine cultivée, Avoine byzantine, Oats (A. Sativa)

Origine : *Avena sativa* est originaire de l'Afrique du nord et du Moyen-Orient.

➤ **Exigences edapho-climatiques**

pH : L'avoine se développe sur une gamme de pH assez large, sur sols acides (jusqu'à pH=4,5), neutres ou basiques (jusqu'à 8,4). Elle tolère bien l'aluminium.

Sol : Elle préfère les sols sableux légers ou limoneux mais peut aussi se développer sur sols très argileux, à condition qu'ils ne soient pas engorgés.

Climat : Plante de milieu tempéré, l'avoine est tolérante au froid, résistante au gel (-5°C) et peut être utilisée en altitude. A l'inverse, l'avoine ne doit pas être installée en climat chaud et humide favorisant les maladies. (Husson et al., 2012).

9- Généralités sur l'olivier

L'olivier est un arbre à feuillage persistant, à grande longévité, d'environ 150 ans. L'entrée en production se fait à partir de 4 à 5 ans, en bonne condition de développement, il peut atteindre 1,5 à 2m de diamètre (Loussert et Brousse, 1978). Dans les années quatre-vingt-dix, près de 98% des olivettes se rencontraient autour du Bassin Méditerranéen. Leur zone de culture s'étendait de la Mer Noire aux contreforts de l'Himalaya (Baldy, 1990 ; Civantos, 1998).

Les dernières statistiques connues font état d'environ 840 millions d'oliviers dans le pourtour de la Méditerranée et de 90 millions dans le reste du monde, ce chiffre est en progression constante. L'oléiculture en Algérie est principalement concentrée dans la région du Nord jusqu'à 800 à 1000 m d'altitude. Le verger oléicole national est implanté dans les grandes régions du pays avec des concentrations différentes, répartis en trois zones principales : la région du centre (Béjaïa, Tizi-Ouzou, Bouira et Boumerdes), Ain Mlila, suivie de la région de l'Ouest (Sidi-Bel-Abbes, Mascara, Relizane, Tlemcen, Mostaganem et Saïda). Les oliveraies de la wilaya de Tizi-Ouzou se localisent essentiellement sur les collines. Le matériel végétal de ces oliveraies est constitué en majorité par la variété Chemlal associée aux variétés Bazarda et Bouchouk formant ainsi un ensemble inter fertile. Les oliviers sont issus en grande partie du greffage d'oléastre, avec un âge souvent supérieur à 50 ans, (Mouas Bourbia, 2014).

B- Rhizosphère et pH des sols

1- Définition de la rhizosphère

Le terme rhizosphère désigne la mince couche de sol qui entoure les racines absorbantes et dont la composition est profondément modifiée par l'activité et le métabolisme de la racine (Schröder et Hartmann, 2003). Elle diffère de la masse du sol par son pH, son potentiel d'oxydoréduction, par l'abondance et la composition de la matière organique et enfin par sa forte activité biologique qui se traduit par une teneur élevée en CO₂ (Darrah, 1993). Ainsi, malgré le petit volume qu'occupe la rhizosphère dans le sol, elle joue un rôle central dans le maintien du système sol-plante (Gobran et al., 1998).

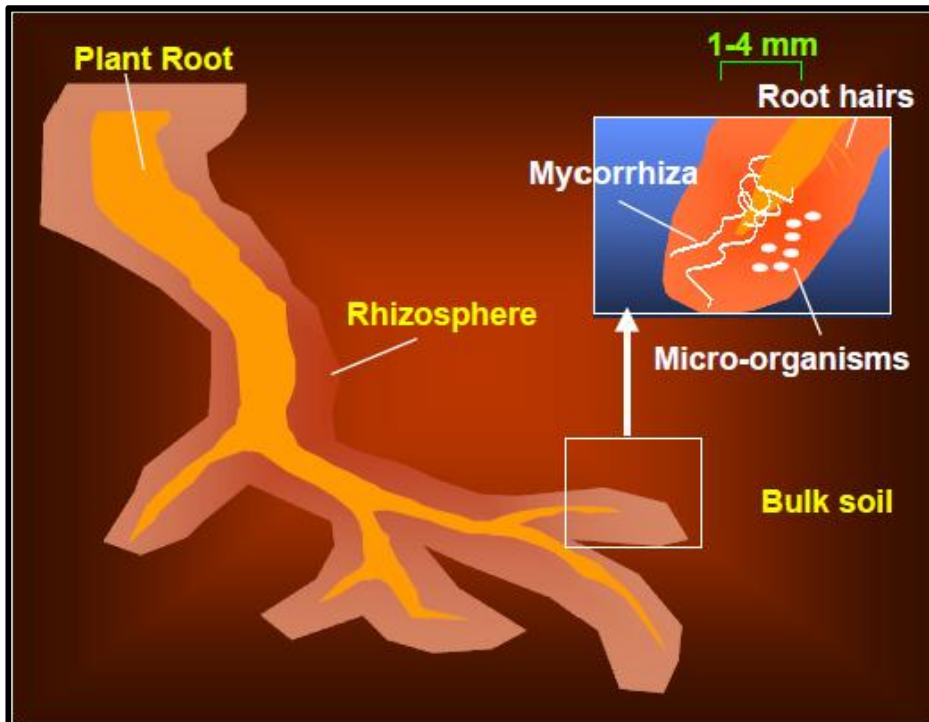


Figure 7: Principaux composants de la rhizosphère (d'après Wenzel et Fitz, 2005).

2- La rhizodéposition et l'effet rhizosphérique

Selon Hinsinger et al. (2005) l'effet rhizosphérique se définit comme étant toute modification des caractéristiques physiques, chimiques, biochimiques du sol provoquée par la racine. Ils expliquent ce phénomène par le fait de prélèvements racinaires d'eau et d'éléments minéraux, mais surtout par la libération des composés organiques (Marschner, 1995 ; Gregory, 2006 ; Jones et al., 2009 ; Nguyen, 2009). Ce processus est défini comme la rhizodéposition (Alexis 1988, Nguyen, 2009 in Bourbia, 2014). La rhizodéposition consiste en l'accumulation des substances organiques et minérales émises par la partie active des radicelles. Les rhizodépôts sont constitués majoritairement de composés carbonés mais également, en quantité moins importante, de composés azotés (Rovira, 1969). Hinsinger et al. (2005) attestent qu'en moyenne 20% du carbone assimilé par les végétaux supérieurs via la photosynthèse est émis par les racines vivantes dans le sol. Les rhizodépôts représentent une source d'énergie et d'éléments nutritifs qui stimule la croissance des communautés microbiennes hétérotrophes (Valé et al. 2005, Gregory, 2006, Nguyen, 2009 in Bourbia 2014). Grayston et al. (1996) décrivent la rhizodéposition comme la totalité du carbone entrant dans le sol via la racine. La rhizodéposition est composée de différents constituants qui se distinguent par leur composition et leur mode de libération.

3- Principaux changements dans la rhizosphère

Les plantes ont une action directe sur les microorganismes et sur les propriétés du sol de par les substances diverses qu'elles apportent dans ce milieu, principalement au niveau de la rhizosphère. De nombreux travaux de recherche ont mis en évidence que la racine pouvait elle-même modifier profondément, outre son environnement microbiologique, les conditions physiques et chimiques du sol qui l'entoure (Gobran et Clegg, 1996 ; Hinsinger et al, 2001).

La rhizosphère peut montrer des différences significatives comparativement au sol indemne d'activité racinaire ; flux d'eau vers les racines, accumulation ou épuisement des nutriments, libération des composés organiques, processus mécaniques que subissent les agrégats du sol et la considérable densité microbienne qui changent les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'environnement racinaire (Sorensen, 1997 ; Courchesne et al. 2001, Watteau et al., 2006).

- **Changement des propriétés biologiques**

Les rhizodépôts représentent une source d'énergie et d'éléments nutritifs qui stimulent la croissance des communautés microbiennes hétérotrophes (Stengel et Gelin 1998 ; Gregory 2006, Nguyen 2009). Celles-ci vont être sensiblement plus denses que celles du sol indemne d'activité racinaire (Darrah 1993 ; Arocena et Glowa, 2000 ; Nguyen et Henry 2002). Leur nombre diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la racine (Davet, 1996). La nature et la quantité des rhizodépôts interviennent dans la composition de la communauté microbienne. La diversité microbienne diminue lorsque l'on se rapproche de la racine (Gobat et al, 2010).

Les communautés microbiennes présentent une influence principale dans la régulation de la dynamique de la décomposition de la matière organique et de la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes (Grégory, 2006). La libération d'une part significative des photosynthétats de la plante (environ 20%), sous forme de rhizodépôts constitue une source majeure de composés organiques pour la microflore hétérotrophe tellurique. Ainsi, la densité et l'activité de la microflore sont significativement plus élevées dans la rhizosphère, en retour, certaines populations de la microflore favorisent la croissance de la plante (figure 8). (Lemanceau et al., 2012).

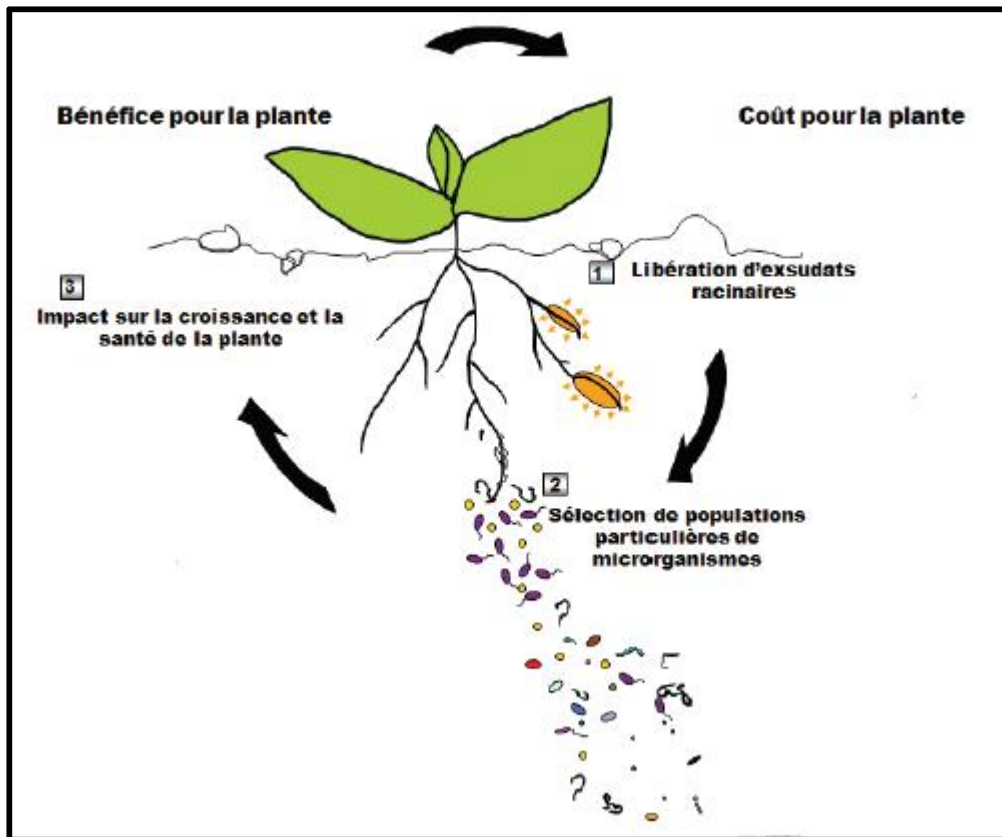


Figure 8: impact des exsudats racinaires sur la densité microbienne dans la rhizosphère. (Lemanceau et al., 2012).

- **Changement des propriétés chimiques**

La rhizosphère est le siège d'interactions physico-chimiques entre racine, solution et constituants minéraux du sol (Hinsinger, 2001). Le premier processus chimique qui a été décrit dans la rhizosphère est une conséquence directe de la principale fonction des plantes : l'absorption de l'eau et des nutriments par la racine, responsable de considérables changements dans la concentration des solutés (Hinsinger et al., 2006).

La rhizosphère et les processus qui s'y déroulent sont fortement influencés par les molécules et ions organiques ou inorganiques libérés par les racines. Ces molécules et ions peuvent directement mobiliser des éléments nutritifs, mais ils peuvent également modifier certaines conditions du milieu comme le pH qui est influencé par l'excrétion de substances racinaires (Alexis, 1988).

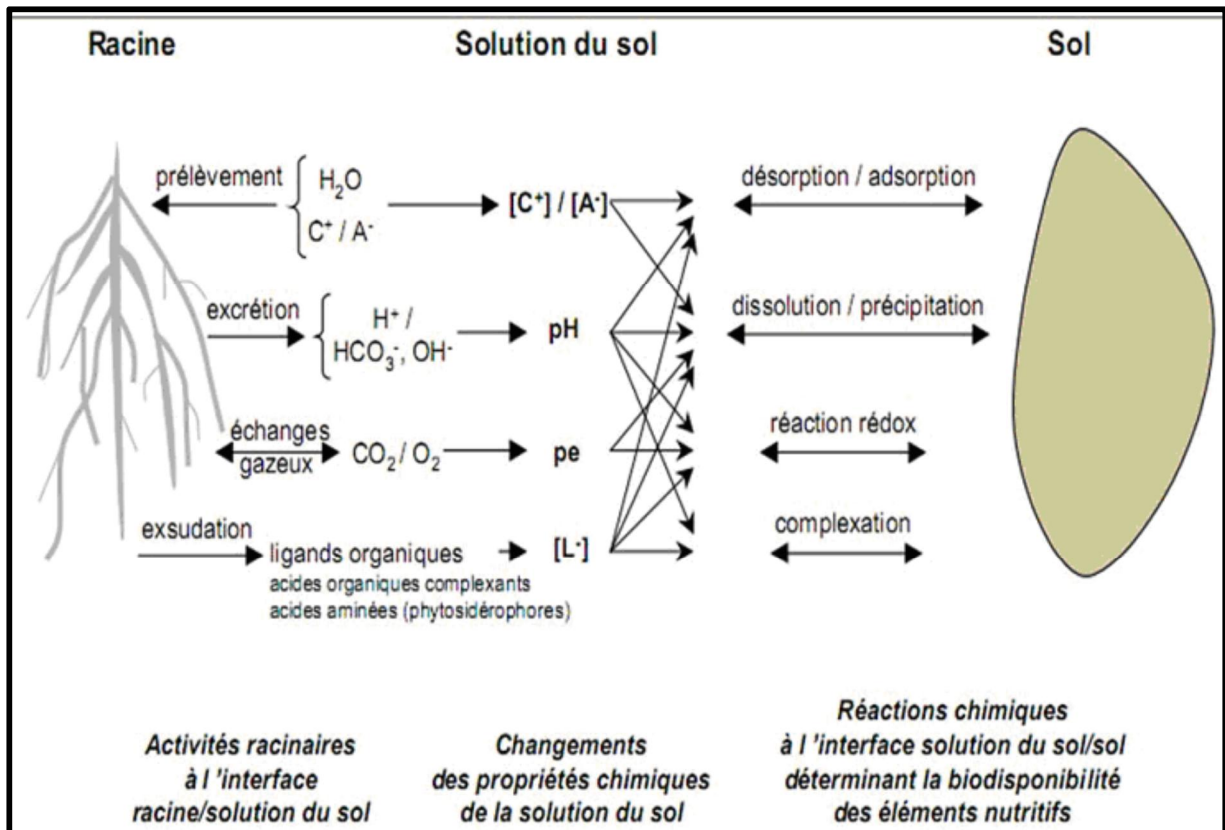


Figure 9: Représentation schématique des interactions physico-chimiques entre racine, solution et constituants minéraux du sol dont la rhizosphère est le siège (Hinsinger, 2001).

4- Rhizosphère des cultures associées légumineuse/céréale

La rhizosphère, est une zone de forte activité microbienne. Les champignons mycorhiziens y contribuent, mais également des bactéries libres possédant différents métabolismes : par exemple, des organismes hétérotrophes qui décomposent la matière organique du sol et minéralisent N et P pour les plantes, des fixateurs de N non symbiotiques, et des organismes qui utilisent N dans leurs chaînes respiratoires, nitrifiants et dénitrifiants. Tous ces organismes forment les communautés microbiennes rhizosphériques dont la composition varie selon les espèces végétales et leur phénologie, via la composition des rhizodépôts et le pH de la rhizosphère. Il était naturel de penser que lorsqu'une céréale et une légumineuse ont leurs racines entremêlées, les communautés microbiennes rhizosphériques de cette association peuvent être différentes de celles trouvées en cultures pures, avec des conséquences sur les transferts de nutriments entre les deux espèces végétales, (Anonyme2)

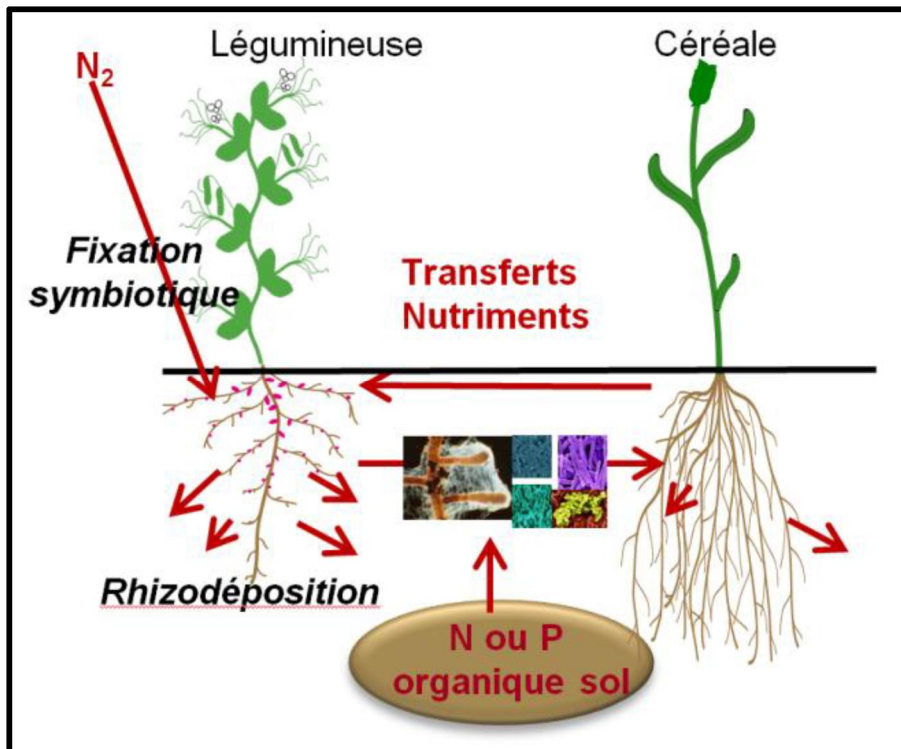


Figure 10: Interactions entre les rhizosphères des légumineuses et des céréales, (Anonyme 2)

5- pH du sol

Le pH (potentiel Hydrogène) est un coefficient qui caractérise l'acidité d'un sol (présence d'ions H^+) ou la basicité. Il définit la concentration d'ions H^+ dans la phase liquide du sol. Le pH (cologarithme de la concentration en ions H^+) varie de 0 à 14 et la neutralité est atteinte lorsque le pH est égal à 7. On peut classer les sols selon leur acidité de la manière suivante :

- $pH < 4,5$: sols très acides.
- $4,5 < pH < 6$: sols faiblement acides
- $6 < pH < 7$: sols équilibrés permettant une bonne alimentation minérale
- $pH > 7$: sols calcaires et /ou salés. (Anonyme 8)

6- Influence du pH sur la nutrition des plantes

• Acquisition d'un nutriment

L'acquisition d'un nutriment par les plantes correspond à l'ensemble des processus mis-en-place aboutissant à son prélèvement au niveau des racines, y compris ceux qui se produisent en amont du processus ultime d'absorption (Clarkson, 1985 ; Hinsinger, 1998).

- **Disponibilité**

La disponibilité d'un nutriment dans le sol correspond à la quantité présente dans la solution du sol immédiatement accessible à l'absorption par la plante, ainsi qu'à la fraction susceptible de passer facilement en solution. Cette dernière ne représente qu'une fraction de la quantité totale présente dans le sol (Harmsen, 2007). Les nutriments dans le sol se trouvent associés à des phases minérales ou à la matière organique du sol, respectivement sous forme inorganique et organique. La spéciation aqueuse des ions inorganiques est plus ou moins complexe suivant les nutriments et dépend des caractéristiques biogéochimiques du sol. Prenons l'exemple du phosphore inorganique, la spéciation en solution est essentiellement gouvernée par le pH ; ainsi dans la gamme de pH de la plupart des sols (pH = 3 à pH = 8.5) les ions dihydrogénophosphate H_2PO_4^- et hydrogénophosphate HPO_4^{2-} sont les 2 principales espèces chimiques, (Betencourt, 2012).

- **Biodisponibilité**

La biodisponibilité d'un nutriment correspond à la quantité effectivement prélevée par un organisme. Cette quantité par définition varie, selon le sol considéré, le temps d'exposition à ce sol ainsi que selon l'organisme considéré (Harmsen, 2007). Les organismes par leur activité influencent ainsi la disponibilité en nutriment dans leur environnement immédiat correspondant selon Harmsen (2007) à la zone bio-influencée. Dans le cas des plantes elle correspond à la zone entourant les racines affectée par l'activité des racines ou rhizosphère (Darrah, 1993 ; Hinsinger, 1998). Le sol non affecté par les racines sera par la suite désigné comme sol non rhizosphérique « sol global ». La biodisponibilité a longtemps été attribuée uniquement à l'absorption par la racine et à la capacité du sol à réalimenter la solution du sol par différents processus biogéochimiques. Il est actuellement admis qu'en plus de l'absorption, les plantes ont la capacité d'influencer la disponibilité d'un nutriment par la modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol environnant les racines (Hinsinger et al., 2005). La biodisponibilité d'un nutriment dépend des propriétés du sol déterminant la quantité du nutriment dans la solution du sol ainsi que de la capacité d'acquisition de ce nutriment par la plante. L'acquisition d'un nutriment est influencée à la fois par les caractéristiques des racines qui déterminent l'accès à la ressource et les modifications de sa disponibilité, soit respectivement l'exploration et l'exploitation de cette ressource (Darrah, 1993 ; Hinsinger, 2005 ; Rengel et Marschner, 2005). Le pH détermine également la concentration du sol en métaux lourds, l'activité des microorganismes et de la faune du sol ainsi que la forme d'humus (Castrignano et al, 2011). Le pH influence grandement la disponibilité des nutriments et la

présence des micro-organismes et des plantes dans le sol. Par exemple, les mycètes préfèrent les conditions acides tandis que la plupart des bactéries, spécialement celles fournissant des nutriments aux plantes, préfèrent les sols modérément acides ou légèrement alcalins. Dans les faits, en conditions d'acidité extrême, la fixation de l'azote et la minéralisation des résiduels végétaux sont réduits. Les plantes absorbent les nutriments dissous dans l'eau du sol et la solubilité des nutriments dépend largement de la valeur du pH. Par conséquent, la disponibilité des éléments est différente selon les niveaux de pH. Chaque plante a besoin d'une quantité différente d'éléments et c'est pourquoi chaque plante requiert une gamme particulière de pH afin d'optimiser sa croissance. Par exemple, le fer, le cuivre et le manganèse ne sont pas solubles en environnement alcalin. Ceci signifie que les plantes ayant besoin de ces éléments devraient, en théorie, se trouver dans un sol acide. D'un autre côté, l'azote, le phosphore, le potassium et le sulfure sont disponibles dans une gamme de pH presque neutre. En outre, des valeurs de pH anormales accroissent la concentration des éléments toxiques des plantes. Par exemple, en conditions acides, il peut se présenter un excès d'aluminium en telle quantité que la plante ne peut le tolérer. Les conditions trop acides ou alcalines peuvent également provoquer des effets négatifs dans la structure chimique ou physique de la plante, (Anonyme 6).

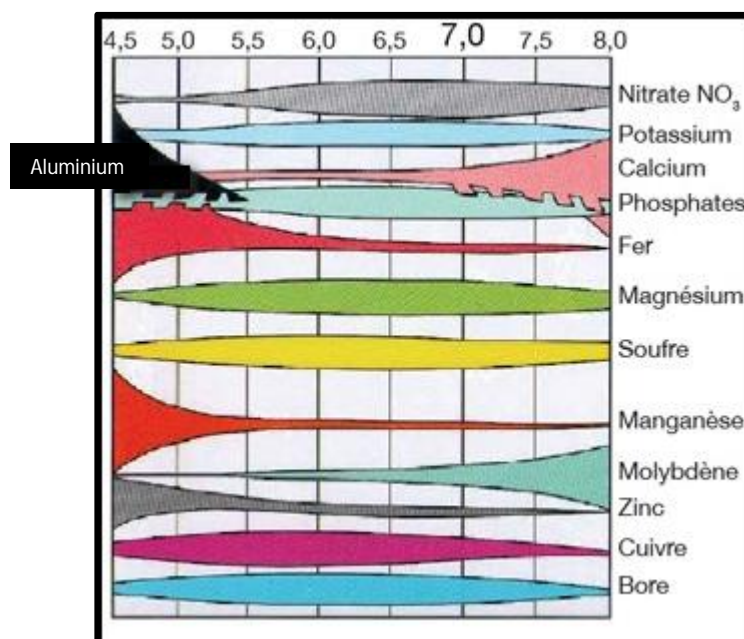


Figure 11 : Schéma d'assimilabilité des éléments nutritifs par les végétaux en fonction du pH du sol (Truog et Mérelle, 1998).

Lorsque le pH du sol est inférieur à 6, certains nutriments ne sont plus assimilés par la plante et il en est de même pour un pH supérieur à 7. La plupart des plantes ont donc une croissance optimale lorsque le pH du sol est compris entre 6 et 7 car la majorité des éléments nutritifs sont assimilables dans cette zone de pH. Dans un milieu acide, le phosphore, le potassium, le

calcium, le magnésium, le soufre et le molybdène sont moins facilement assimilables par la plante tandis que le fer, le manganèse, le bore, le cuivre et le zinc le sont moins dans un milieu basique, (Figure 11).

7- Modification du pH dans la rhizosphère

Les variations de pH dans la rhizosphère sont expliquées par trois processus physiologiques : (i) l'absorption des ions, (ii) l'exsudation d'anions organiques et (iii) la respiration racinaire. Il est admis que l'absorption d'ions, en fait l'excrétion de H^+ ou OH^- qui en résultent, est le principal processus qui régule le pH rhizosphérique. En effet, l'influence majeure de l'équilibre cation-anion sur l'exsudation de H^+/OH^- par les racines est largement admis. Afin de maintenir l'électroneutralité dans le milieu intracellulaire les racines compensent le prélèvement des cations et des anions par l'exsudation de l'excès de charges positives ou négatives sous la forme, respectivement de H^+ ou d' OH^- . Si plus de cations que d'anions sont prélevés, les racines vont ainsi compenser cet influx net de cations par un efflux net de H^+ hors des racines vers la rhizosphère. Dans le cas inverse, l'influx net d'anion sera compensé par un efflux net d' OH^- (ou HCO_3^-) de la racine vers la rhizosphère. La nutrition N est considérée comme le principal déterminant du bilan cations-anions. L'azote peut en effet être prélevé sous forme cationique (NH_4^+), anionique (NO_3^-) et non chargé (N_2 atmosphérique pour les légumineuses et autres plantes fixatrices). De nombreuses études en hydroponie ou dans le sol ont mis en évidence l'influence de l'apport de NH_4^+ et NO_3^- sur les modifications de pH dans la rhizosphère (Kirkby et Mengel, 1967 ; Riley et Barber 1971 ; Kirkby 1977 ; Gahoonia et al, 1992 ; Zhang et al, 2004). Barber et ses collaborateurs ont été les premiers au début des années 1970 à souligner le rôle des changements de pH dans la rhizosphère sur la disponibilité en nutriments, et cet aspect a depuis été largement documenté (Hinsinger et al, 2005). Les modifications de pH induites par les racines influencent les processus d'adsorption/désorption, de dissolution/précipitation ainsi que de minéralisation/organisation. L'exsudation de H^+/OH^- modifie ainsi les charges de surface des minéraux et les caractéristiques des matières organiques directement ou indirectement via l'activité des microorganismes mais aussi la dissolution de la plupart des minéraux du sol.

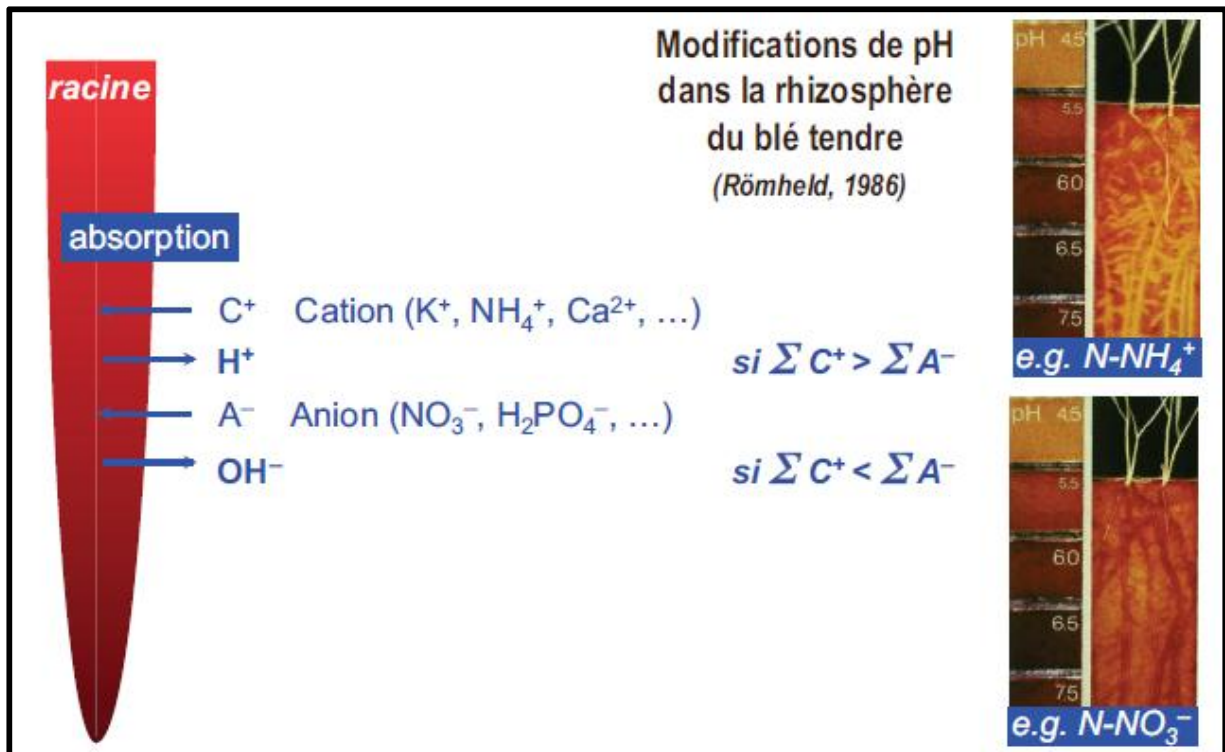


Figure 12: Principale origine des variations de pH dans la rhizosphère : équilibre des charges absorbées (Hinsinger et al, 2003).

8- Acidification de la rhizosphère des légumineuses

Les légumineuses se distinguent par leur capacité d'acidifier leur rhizosphère du fait de leur faible prélèvement d'anions (peu de NO_3^- qui est de loin l'anion le plus prélevé), lorsqu'elles fixent des quantités significatives de N_2 grâce à la symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote (Hinsinger et al, 2003). Tang et al. (1997) ont observé dans le cas de 12 espèces de légumineuses à graines que l'activité fixatrice était associée à l'exsudation de protons par les racines, ce qui peut s'expliquer par un prélèvement préférentiel de cations. Ces auteurs ont aussi pu mettre en évidence une variation du taux de fixation suivant les espèces. De plus la fixation de N_2 par les légumineuses n'est pas systématique et peut également être influencée par l'apport de NO_3^- inhibant l'activité fixatrice et pouvant amener à une diminution de l'efflux de protons (Leidi et Rodriguez-Navarro, 2000 ; Fan et al, 2002 ; Tang et al, 2004).

C- Le carbone dans les sols

1- Le cycle du carbone

Le cycle complexe du carbone (C) mène à un équilibre naturel entre les sources et les puits de C terrestre, autant sous forme minérale et organique que gazeuse. Les formes gazeuses se retrouvent dans l'atmosphère et dans la partie superficielle des sols et des océans et ont un rythme d'échange très rapide de moins de cinq ans (Alexandrov, 2008 in Gilbert Tremblay,

2014). Une partie du C atmosphérique est dissout sous forme de HCO_3^- dans les eaux de surface des océans, entraînant le C vers les eaux profondes. Dans les profondeurs, une partie du C est déposée sous forme de CaCO_3 , ce qui constitue un puits notable de cet élément. Le C atmosphérique peut également être absorbé par la biomasse terrestre et ainsi être séquestré dans les tissus des plantes. Celles-ci seront par la suite en partie consommées par des organismes hétérotrophes et le C sera ensuite rejeté sous forme gazeuse dans l'atmosphère ou minéralisé dans les sols. Les plantes sont indispensables dans la minéralisation du carbone organique (Corg) dans les sols et les taux de minéralisation sont variables en fonction de la plante et des conditions du milieu dans lequel elle se développe. (G. Tremblay, 2014).

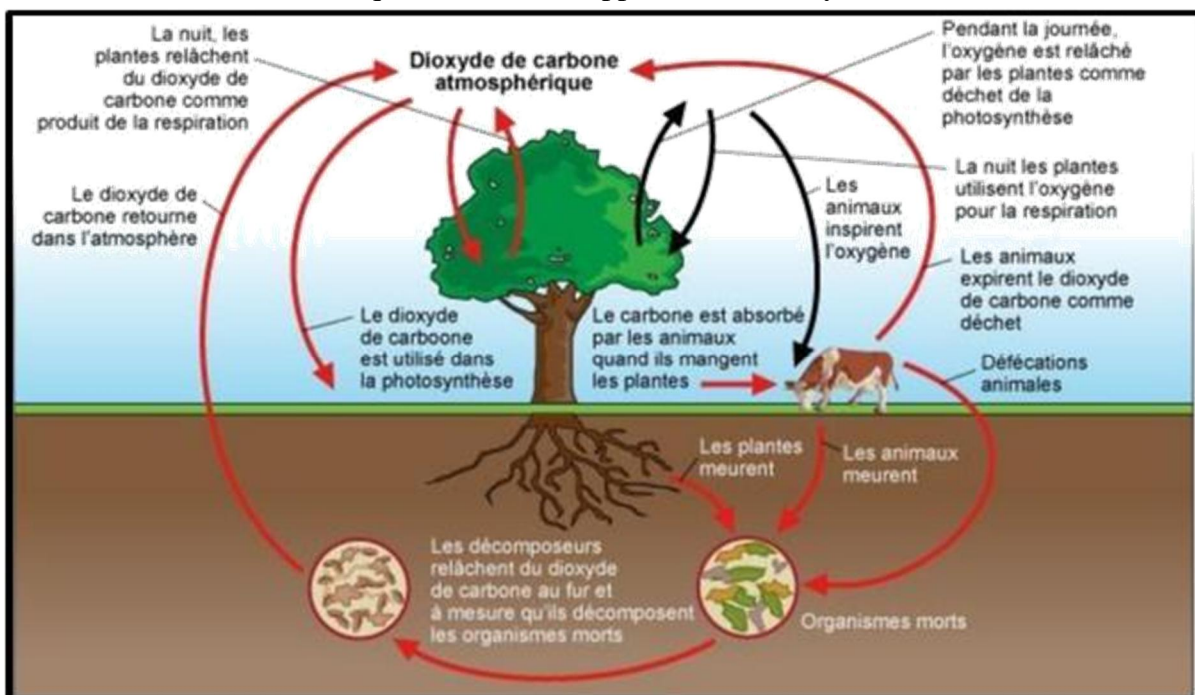


Figure 13 : Cycle du carbone, (Anonyme7).

2- La plante : un pourvoyeur de carbone dans la rhizosphère

Le carbone contenu dans la végétation représente presque autant que celui stocké dans l'atmosphère sous forme de CO_2 . La plante constitue un pourvoyeur de carbone pour le sol. On peut distinguer différentes voies d'entrée du carbone dans le sol depuis la plante :

- les parties aériennes de la plante tombent au sol et se décomposent, elles enrichissent la matière organique : la chute de litière (60 à 70% de la matière organique entrant dans le sol, Grayston et al., 1996);
- du carbone organique est libéré dans la rhizosphère par les racines vivantes de la plante : la rhizodéposition ;

- des fragments de racines entrent en sénescence et se décomposent dans le sol : le renouvellement racinaire.

La rhizodéposition et le renouvellement racinaire représentent de 30 à 40% de la matière organique entrant dans le sol (Grayston et al., 1996).

3- Quantification de la rhizodéposition

Kuzyakov et Domanski, (2000), estiment que chez les céréales, entre 20 et 30% de la fraction de carbone total assimilé sont transférés aux racines alors que chez les espèces prairiales elle atteint 30 à 40%. La répartition du carbone dans la plante et dans le sol est similaire entre les graminées annuelles et les graminées pérennes : la moitié de ce carbone sert à la croissance et à l'entretien de la plante, un quart est retrouvé dans la respiration rhizosphérique (microbienne et racinaire), le dernier quart étant incorporé dans la biomasse microbienne et dans la matière organique du sol. Dans le cas d'études menées sur des plantes cultivées in situ, le carbone libéré par les racines vivantes correspond à 5 à 10% du carbone net fixé par la plante (Bazot, 2005). Cependant, Jones et al, (2004) considèrent comme plus réaliste d'estimer la rhizodéposition comme étant comprise entre 2 et 4 % du carbone net fixé. Swinnen et al. (1995) montrent que la rhizodéposition carbonée correspond à un apport annuel de C organique compris entre 710 et 1020 kg C ha⁻¹ an⁻¹ sous une culture de blé.

4- Allocation du carbone dans la plante

Rémi L, (2012) affirme que la croissance et le développement de nouveaux organes d'une plante dépendent des nutriments, notamment le saccharose, apportés par la sève phloémienne via des transporteurs membranaires. La répartition des nutriments entre différents organes puits (racines, tiges, fleurs, fruits, jeunes feuilles) varie au cours du développement de la plante et en fonction des conditions de l'environnement. Au cours du développement, différents puits vont se mettre en place de façon séquentielle : la plante va d'abord privilégier les organes végétatifs (jeunes feuilles et racines) puis les organes reproducteurs (fleurs et graines). Bazot, (2005) stipule que l'environnement agit sur l'assimilation et la répartition du carbone dans la plante ce qui modifie le fonctionnement des organes sources et des organes puits. Les organes sources (parties aériennes) contribuent à l'allocation de carbone aux organes puits (racines). Ainsi toutes modifications du fonctionnement des organes sources (au niveau des parties aériennes) affectent les transferts de carbone vers les racines (aussi bien le carbone directement transféré vers le sol que le carbone stocké dans la plante) et vers le sol. Au-delà de la plante, la rhizosphère peut jouer un rôle majeur dans la régulation des relations sources-puits dans la

plante. Il explique aussi que la rhizosphère est un puits de C par le biais de la rhizodéposition. Les termes d'activité et de capacité puits ou source de carbone issu de la plante apparaissent donc applicables à la rhizosphère.

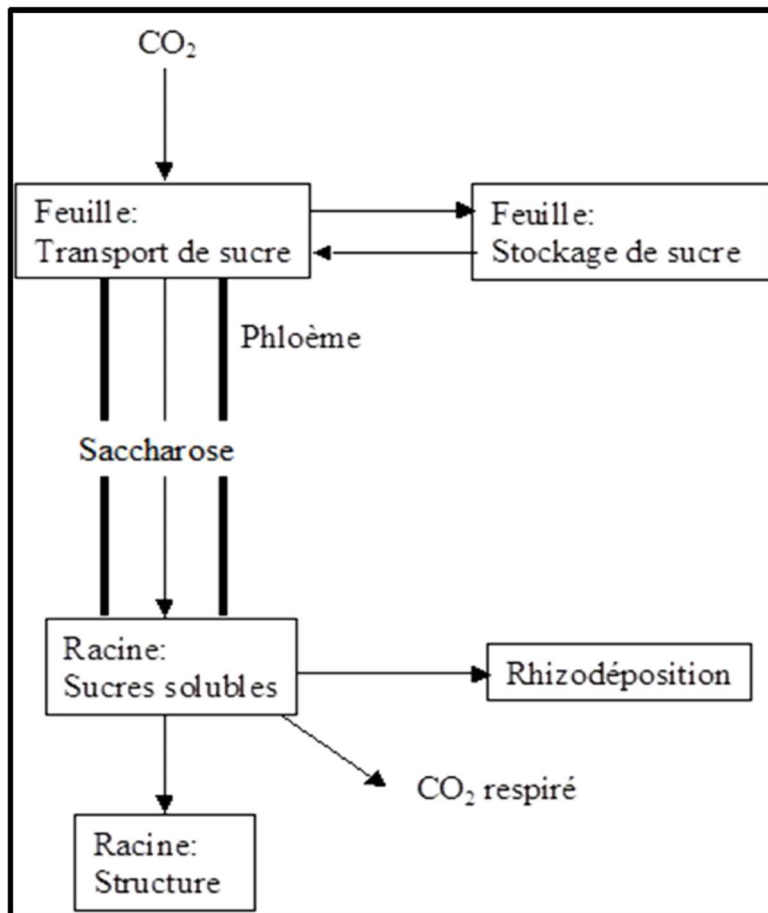


Figure 14 : Modèle simplifié présentant le carbone issu de la photosynthèse importé jusqu'aux racines puis transféré dans le sol (d'après Dilkes et al., 2004 in Bazot ., 2005).

5- Contribution du carbone nouvellement assimilé à la rhizodéposition

Le fonctionnement de la plante contribue à transférer une fraction importante du carbone assimilé directement vers les racines. En effet, d'une part le carbone nouvellement assimilé est majoritairement transporté sous forme soluble (saccharose), facilement allouée vers les racines et par conséquent rapidement exsudée (Mühling et al., 1993),. Aussi Farrar et al., (1995) affirment que les assimilés récents sont préférentiellement transférés vers les sites de division cellulaire et d'extension ayant une force de puits importante. Ces sites ne sont pas morphologiquement matures, la diffusion y est alors facilitée (Bret-Harte et Silk, 1994 in Bazot 2005). De plus, les micro-organismes de la rhizosphère exercent également une force de puits importante, attirant le carbone de la plante. Le carbone constitue une source d'énergie pour les micro-organismes. Sa disponibilité va stimuler leur croissance et leur activité. Les micro-

organismes en retour stimulent la rhizodéposition et dans ce cas, c'est le carbone le plus rapidement disponible qui est prioritairement transféré à la rhizosphère et par conséquent rapidement disponible pour les micro-organismes (Bazot., 2005). Cependant il est important de rappeler que le carbone ancien est incorporé dans les composés de structure insolubles ou stocké sous forme de macromolécules (fructane) pour lesquels il est difficile de traverser les membranes biologiques et par conséquent d'être rapidement transporté aux racines (Bazot., 2005).

Chapitre II : Matériels et méthodes

1- Présentation de la zone d'étude

La station d'étude est sise dans la wilaya de Tizi-Ouzou, elle fait partie du bassin versant du Haut Sebaou.

1-1- Géologie de la région d'étude

La lithologie de la région est dominée par des formations géologiques imperméables, où on relève une large répartition du socle cristallophyllien entouré d'un ensemble sédimentaire composé essentiellement d'argiles, de marnes, de calcaires et de flysch (Yakoub, 1996). Le socle est constitué de gneiss, micaschistes, calcaire cristallin et schistes datés du précambrien. On trouve également des roches intrusives dans la série métamorphique comme les pegmatites, granulites et roches granitoïdes (Raynold, 1976).

1-2- Le climat

La région d'étude est soumise à un climat de type méditerranéen qui se caractérise par un été sec et un hiver tempéré. Les précipitations présentent de fortes variations interannuelles. Pour mieux caractériser le climat régissant la parcelle expérimentale nous avons pris comme référence les données climatiques (Précipitations et Températures) sur une période de dix ans (2005 /2015), (O.N.M). Cependant pour visualiser d'une manière précise les données climatiques pendant la période de l'étude, nous nous sommes référés aux moyennes des précipitations et des températures mensuelles de la période comprise entre Juin 2015 à Mai 2016.

1-2-1 Les précipitations

La pluviométrie annuelle de Tizi-Ouzou diminue sensiblement du nord vers le sud ainsi que des sommets vers les plaines. Les précipitations les plus abondantes sont enregistrées au niveau des massifs les plus élevés (l'O.N.M de Tizi-Ouzou). Les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées pour la période (2005-2015) sont représentées dans le tableau.1 :

Tableau 1 : moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M.)).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	114.6	124.2	112.1	80.3	69.2	16.8	3.2	6.2	43.2	72.7	127	112.8	882.3

Les précipitations sont importantes dans la période de novembre à mars atteignant une valeur maximale de 124.2 mm au mois de février, quant à la valeur minimale elle est enregistrée à 3.2 mm au mois de juillet.

Les moyennes des précipitations mensuelles de la période comprise entre juin 2015 et mai 2016 de la région Tizi-Ouzou sont représentées dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période juin 2015 à mai 2016 de la région de Tizi-Ouzou (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M.)).

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Total
P (mm)	15,3	4,1	2,6	41,1	81,7	102,7	0	59,9	96,2	185,3	61,8	68,4	718,5

L'examen des (tableaux 1 et 2), indique que le mois de décembre a connu une absence totale de précipitations et le mois de janvier a connu des précipitations d'environ 50% plus faible que la moyenne des précipitations du mois de janvier durant 10 ans. De plus, les précipitations annuelles totales de l'année 2016 (P=718.5mm) sont bien inférieurs à celle de la moyenne de 10 ans (P=882.3mm). Un déficit de 163.8 mm enregistré pour l'année 2016.

1-2-2 Les températures

Les températures moyennes mensuelles des maximales, des minimales sont illustrées dans le tableau 3. Les mois les plus chauds sont juillet et août, respectivement, avec une température moyenne maximale de 36°C et 35°C. Le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale sur de 10 ans de 6.54°C.

Tableau 3 : répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou 2006 /2015 (O.N.M de Tizi-Ouzou).

	Mois	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
T°Moy/mois°C	Mini	6,54	6,45	8,70	11,37	14,29	17,78	21,38	21,63	18,88	15,70	11,86	7,67
T°Moy/mois°C	MAX	15,74	15,7	19,17	22,53	26,48	31,35	36,06	35,08	31,37	27,45	19,92	16,72
(Max+Min)/ 2°C		11,14	11,08	13,94	16,95	20,39	24,57	28,72	28,36	25,13	21,58	15,89	12,20

Les données des températures moyennes mensuelles pour la région de Tizi-Ouzou de juin 2015 à mai 2016 sont mentionnées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Moyenne des températures mensuelle durant la période de juin 2015/mai 2016 de la région de Tizi-Ouzou.

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
2 *TC°	49,4	59,4	57,6	48,8	40,4	29,8	24,4	25,6	25,2	25	32,2	38

La température moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de juillet (29.7°C) et la minimale est enregistrée au mois de décembre (12.2°C).

1-2-3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer la saison sèche, selon Bagnouls et Gausson (1953) un mois est sec quand le total des précipitations (en mm) est inférieur au double de la température en °C c'est-à-dire $P < 2T$.

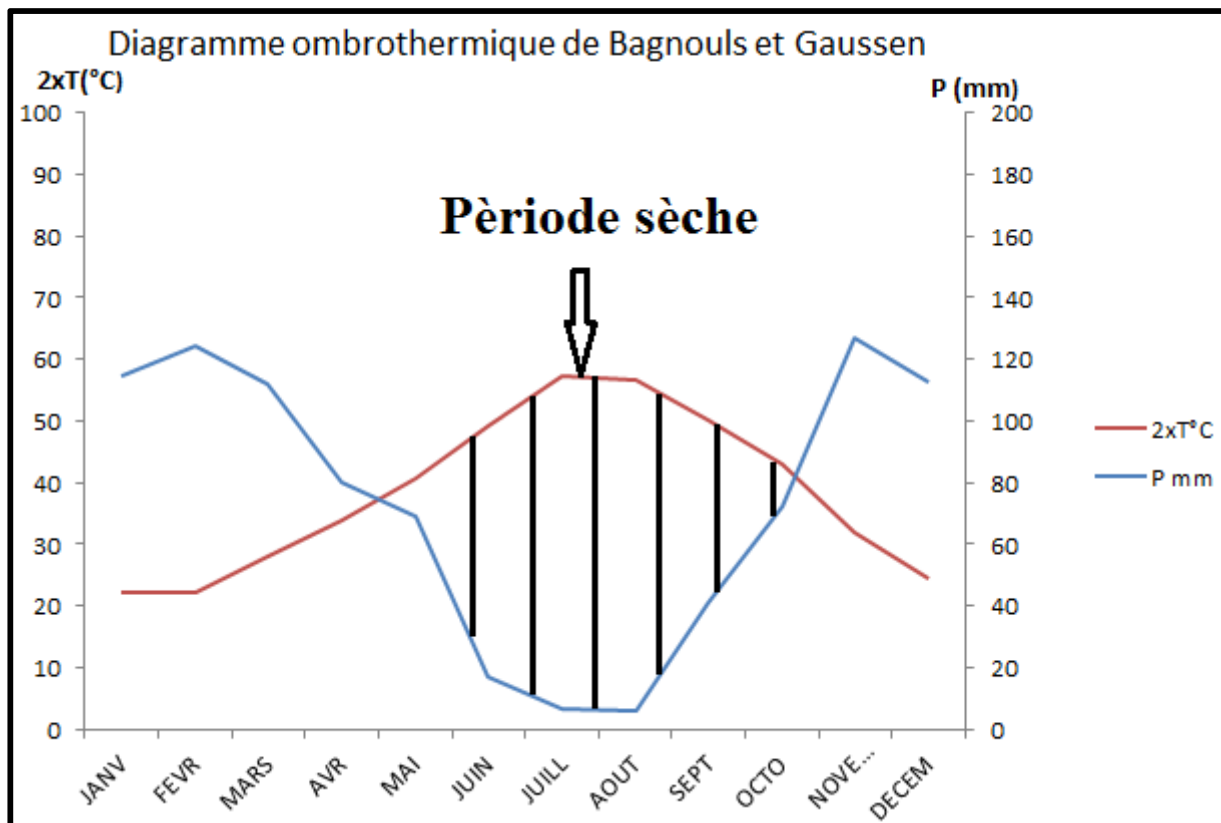


Figure 15 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015)

2- Présentation de la parcelle expérimentale

2-1- Localisation géographique

La parcelle expérimentale est sise à Tizi N'tlata une commune affiliée à la daïra de Ouadhias située à 35 Km au sud de Tizi-Ouzou.

2-2- Choix de la parcelle

Notre choix s'est porté sur cette parcelle, car la disposition des oliviers est ordonnée. Ils sont alignés avec une équidistance de 7 mètres entre chaque olivier. Cet agencement a relativement facilité la mise en place du protocole expérimental sur le terrain.

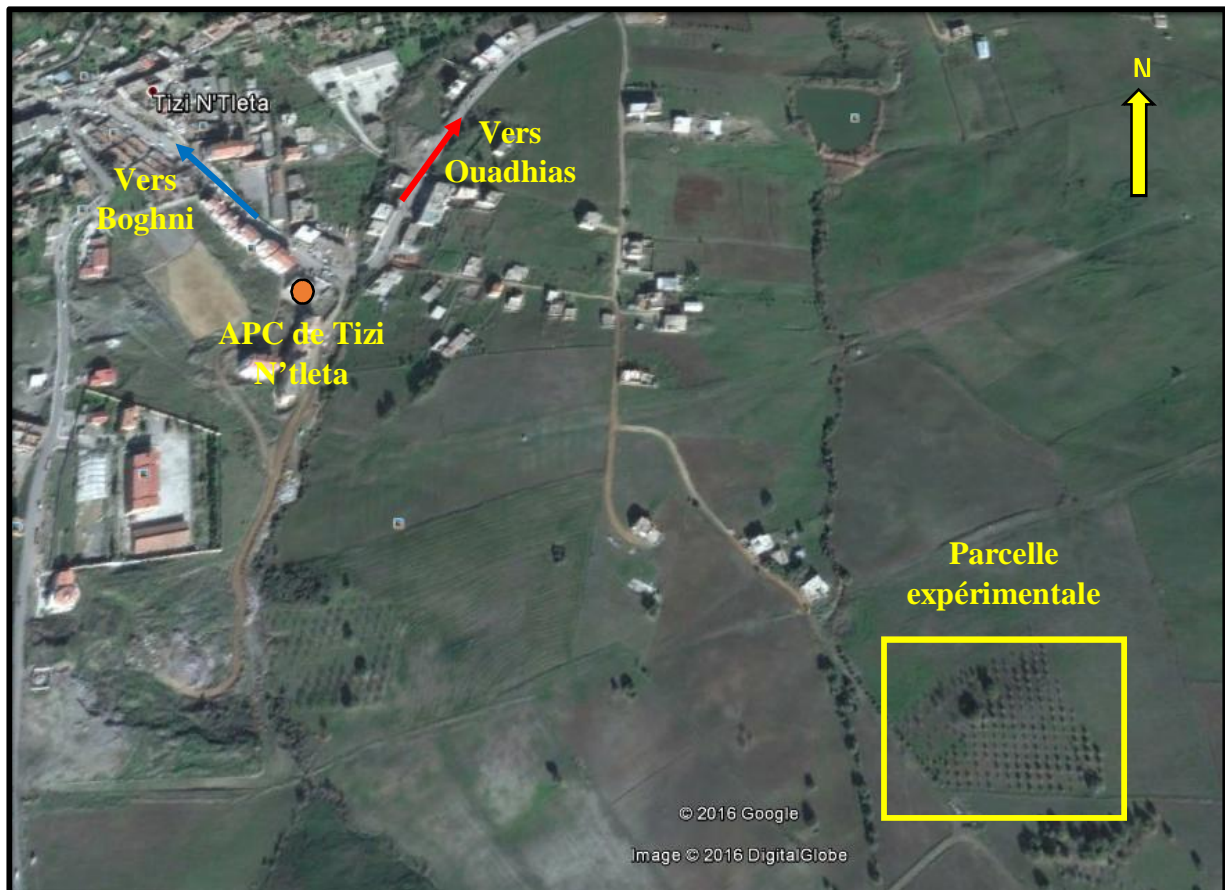


Figure 16 : Vue satellitaire de la situation géographique de la parcelle expérimentale (Source : Google Earth 2016).

2-3- Description de la parcelle

Le tableau 5 illustre les principales caractéristiques de la parcelle expérimentale :

Tableau 5 : Principales caractéristiques de la parcelle expérimentale.

Culture mise en place	Oliveraies (<i>Olea Europea</i>) Variété Chemlal
Superficie	Environ 1 Hectare
Nombre d'arbres	160 Oliviers
Age des arbres	13 ans
Couvert végétal (Avant le semis)	Adventices (spontanées).
Coordonnées géographiques	- 36°32'23,58" N - 4° 03' 56,46" E
Altitude	635 m

2-4- Description du sol de la parcelle

Un profil pédologique fut ouvert pour étudier les caractéristiques du sol de la parcelle. Dans un premier temps une appréciation sur terrain fut réalisée pour essayer de déterminer certaines caractéristiques : la texture, structure, densité, activité biologique. Dans un deuxième temps des échantillons de sol furent prélevés sur deux Horizons de [0 à 20 cm] et de [20 à 80 cm] pour réaliser des analyses chimiques plus précises :

- La granulométrie : la granulométrie est déterminée par la méthode internationale de la pipette de ROBINSON
- Dosage du calcaire total : le taux du calcaire total des échantillons a été déterminé par la méthode volumétrique.

3- Présentation du dispositif expérimental

Le principe de l'expérimentation est de réaliser une association de culture arbre/plante en associant l'avoine avec l'olivier, la vesce avec l'olivier, les deux plantes en même temps avoine/vesce avec l'olivier. Cependant il est impératif de laisser des oliviers sans association «en monoculture» qui serviront de témoins. L'expérimentation doit donc comporter quatre traitements avec quatre répétitions pour chaque traitement. Les différents traitements de l'expérimentation sont résumés dans le tableau 6

Tableau 6 : Traitements de l'expérimentation.

Traitements	Nombre de répétition
Avoine.	4
Vesce.	4
Mélange Avoine / Vesce.	4
Olivier en monoculture.	4

Le dispositif utilisé est le dispositif en blocs aléatoires complets qui a comme objectif de constituer des groupes d'unités expérimentales aussi homogènes que possible et une attribution complètement aléatoire des traitements à l'aide d'une table de nombre aléatoire.

L'expérimentation comprend donc quatre traitements, avec quatre répétitions chacun, ainsi on obtient seize blocs. La répartition des traitements est mentionnée dans le tableau 7.

Tableau 7 : la répartition des traitements dans la parcelle suivant le dispositif en bloc aléatoire complet élaboré par (communication orale, Allili, 2015).

A	C	B	D
C	A	A	A
D	D	D	B
B	B	C	C

3-1- Mise en place du dispositif sur le terrain

La projection du dispositif en bloc aléatoire complet sur terrain était relativement facilitée par l'alignement des arbres, néanmoins certains blocs ont dû être décalés pour satisfaire aux exigences du terrain, ce qui fait que la disposition des blocs sur le terrain est légèrement différente de celle de la répartition statistique.

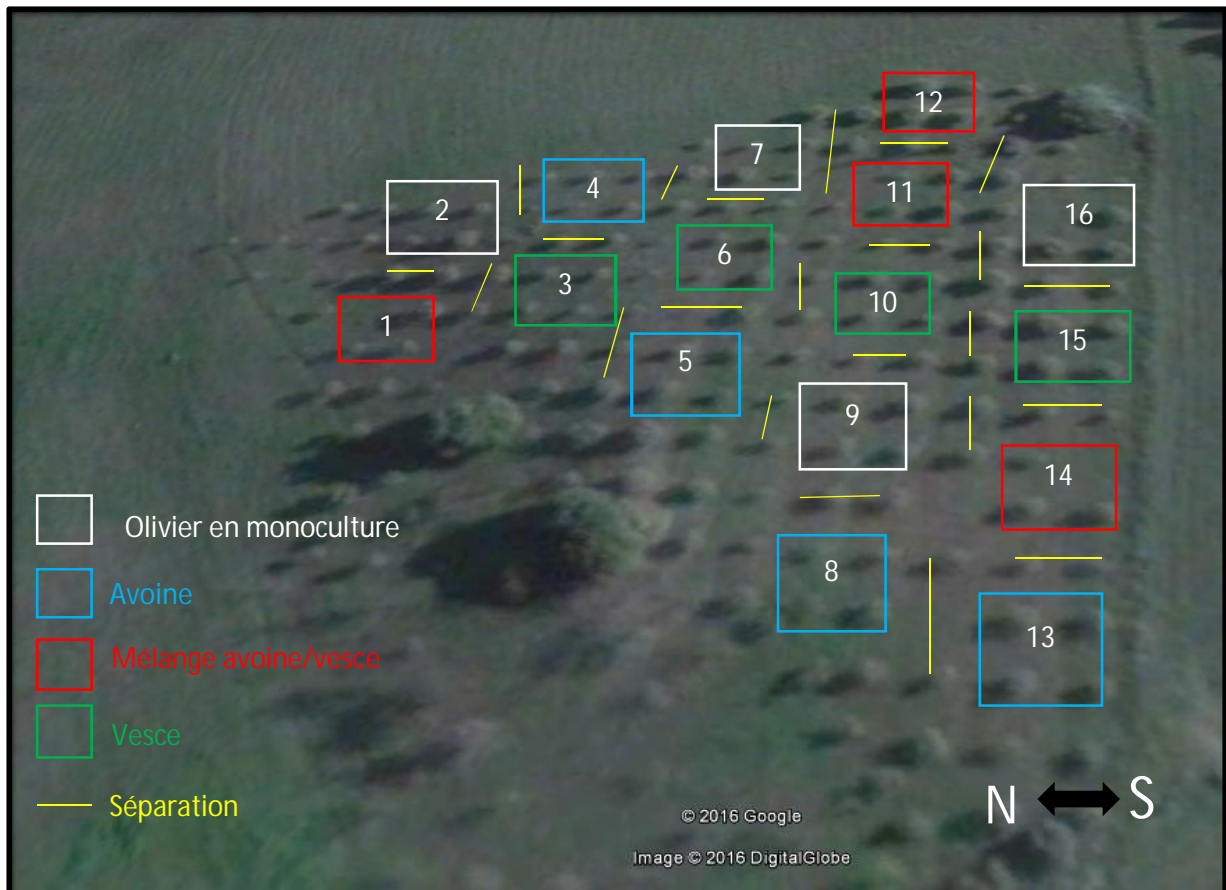


Figure 17 : Vue satellitaire de la répartition des blocs sur le terrain.

Sur le terrain chaque bloc devrait être composé de quatre arbres, mais certains blocs ne sont composés que de trois, conséquence des difficultés rencontrées sur le terrain. Ce manque est compensé par les quatre répétitions assignées à chaque bloc.

La distribution des traitements sur les blocs est résumée dans le tableau 8 :

Tableau 8 : répartition des traitements sur les blocs.

Blocs	Traitements
1 – 11 – 12 – 14.	Mélange avoine / vesce
2 – 7 – 9 – 16.	Olivier en monoculture
3 – 6 – 10 – 15.	Vesce
4 – 5 – 8 – 13.	Avoine

4- Le semis

Le semis a été effectué le 14 novembre 2015 manuellement à la volée après un travail minimal du sol, un léger griffage. La céréale (avoine) et la légumineuse (vesce) sont semées seules et en mélange suivant différentes densités de semis. Le semis fut réalisé à l'intérieur du carré délimité

par les quatre arbres de chaque blocs soit une surface de 49m^2 . Mais aussi il a couvert des zones externes au carré qui correspondent à l'entourage extérieur des arbres soumises à l'influence du couvert de l'olivier, ces zones se trouvent dans un rayon de 2.5 m de chaque côté de l'arbre extérieur au carré initial. Par conséquent la surface à semer est de 144m^2 ($12\text{m} \times 12\text{m}$).

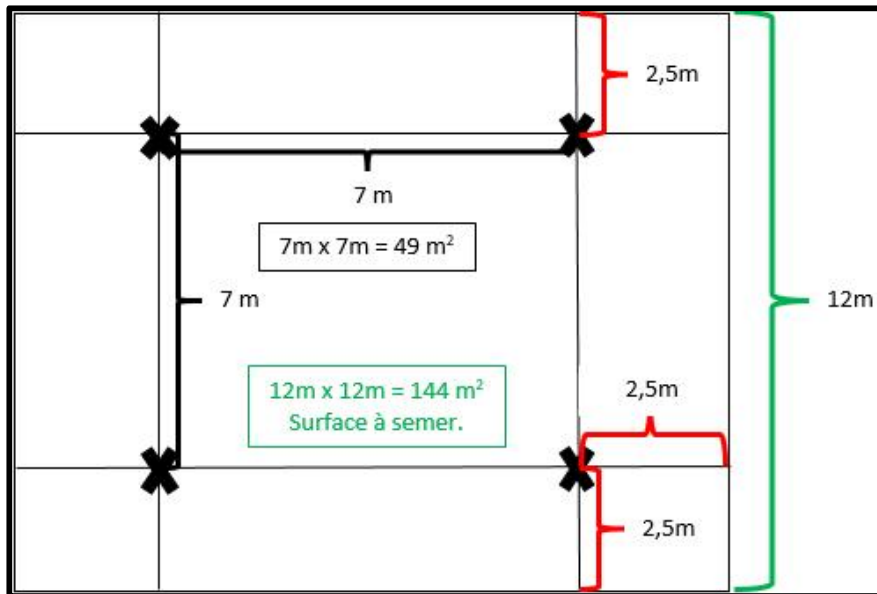


Figure 18 : Schéma explicatif de la surface semée.

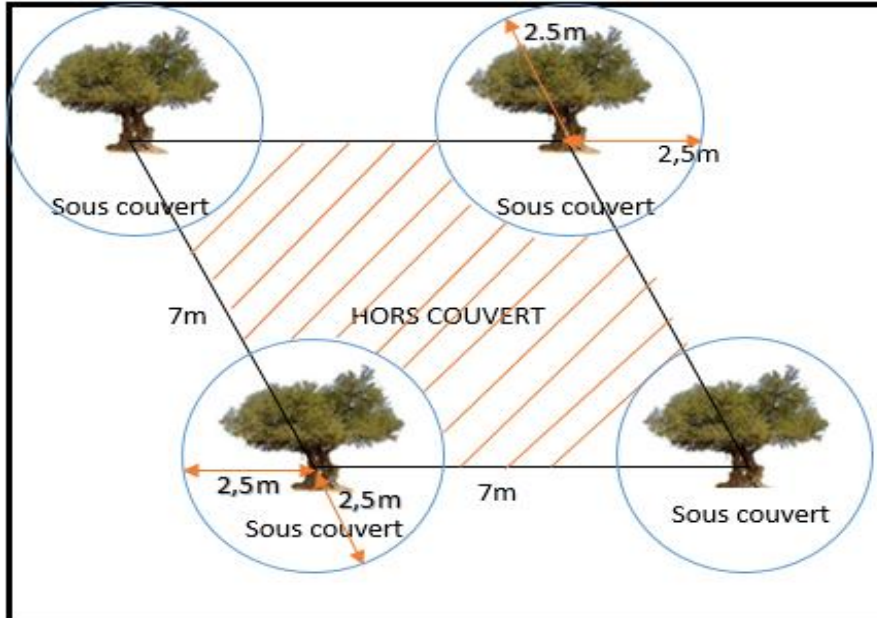


Figure 19 : schéma d'un bloc montrant les zones sous l'influence du couvert de l'olivier « sous couvert » et les zones indemnes de cette influence « hors couvert ».

4-1- Calcul des densités du semis

Le calcul de la densité du semée est résumée dans le tableau 9 :

Tableau 9 : les quantités de graines semées par bloc.

	Quantité (Kg/ha)	Quantité à semer par bloc (Kg/144m ²)
Vesce	100	2,5
Avoine	100	2.5
Vesce / Avoine en association	- Vesce 40 - Avoine 60	- 1 - 1,5

5- Echantillonnage des sols

L'échantillonnage fut réalisé le 19 et 20 mars 2016. Le principe de cette campagne était de prélever des échantillons du sol global et rhizosphérique de chaque espèce (Olivier, avoine, vesce) et ce dans tous les seize blocs, dans la zone soumise à l'influence du couvert de l'olivier (sous couvert) et la zone indemne de cette influence (hors couvert). Au total 88 échantillons furent prélevés.

Remarque : dans le cas du mélange avoine / vesce les deux espèces partagent le même sol global car leurs racines sont entremêlées.

Le but de l'échantillonnage est de réaliser des analyses chimiques sur les sols prélevés :

- Mesure du pH.
- Dosage du carbone organique.

Le nombre et la désignation des échantillons prélevés sont mentionnés dans le tableau 10.

Tableau 10 : désignation et dénombrement des sols prélevés.

Blocs	Cultures	Prélèvement Hors couvert	Prélèvement Sous couvert	Nombre d'échantillons
2 – 7 – 9 – 16	Olivier en monoculture		-Sol global -Sol rhizosphérique	8
4 – 5 – 8 – 13	Association Avoine + olivier	-Sol global -Sol rhizosphérique	-Sol global (olivier) -Sol rhizosphérique (olivier) -Sol global (avoine) -Sol rhizosphérique (avoine)	24
3 – 6 – 10 – 15	Association Vesce + olivier	-Sol global -Sol rhizosphérique	-Sol global (olivier) -Sol rhizosphérique (olivier) -Sol global (vesce) -Sol rhizosphérique (vesce)	24
1 – 11 – 12 – 14	Association Mélange « avoine + vesce » + olivier	-Sol global commun -Sol rhizosphérique (avoine) -Sol rhizosphérique (vesce)	-Sol global (olivier) -Sol rhizosphérique (olivier) -Sol global commun -Sol rhizosphérique (avoine) -Sol rhizosphérique (vesce)	32

5-1- Méthode de l'échantillonnage des sols

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'une pelle. Cette technique nous a permis d'accéder facilement aux racines et a facilité le prélèvement d'un volume de sol conséquent. Les racines de l'olivier étaient localisées la périphérie de la couronne principalement dans les 30 à 40 premiers centimètres du sol, alors que celles de l'avoine et de la vesce se localisent dans les 10 à 15 premiers centimètres. Les racines et le sol accolé à l'ensemble du système racinaire sont récoltés. Ensuite les racines sont secouées juste après leur récolte ce qui permet de séparer le sol global du rhizosphérique. Le sol qui se détache des racines après le secouage est indemne de toute activité racinaire, il est considéré comme global. Le sol rhizosphérique est obtenu par un léger secouage d'environ 30 secondes des racines fines actives < 5mm sur lesquelles sont accolées des agrégats < à 1cm de diamètre. Le sol qui est encore fortement collé aux racines est appelé rhizoplan.



Figure 20 : prélèvement des racines et du sol accolé au système racinaire (à gauche : avoine, à droite : vesce).

5-2- Préparation des échantillons

Les échantillons prélevés furent séchés à l'air libre (figure 20), ensuite broyés enfin tamisés avec un tamis d'une porosité de 2mm en vue des analyses chimique mesure du pH est dosage du carbone organique.



Figure 21 : Séchage des échantillons à l'air libre.

6- Echantillonnage du végétal

L'échantillonnage du végétal a pour but d'étudier la variabilité des rendements de l'avoine et vesce en monoculture avec les rendements des deux cultures en association et l'influence du couvert de l'olivier sur les rendements. Il s'est fait sur les seize blocs avec la variante sous couvert et hors couvert sur une superficie de 1m^2 par zones. Les prélèvements ont été réalisés par le fauchage de l'ensemble de la végétation y compris les adventices.

6-1- Préparation des échantillons végétaux

Les échantillons végétaux furent triés de la manière suivante :

Dans les prélèvements assignés à chaque bloc nous avons isolés l'avoine, la vesce et les adventices que ce soit sous ou hors couvert pour avoir un aperçu de la proportion de chaque espèce dans le rendement.

Remarque : les adventices sont ici considérés comme étant une seule unité.

La quantité isolée de chaque végétal (avoine, vesce et adventices) est pesée et ce pour tous les échantillons pour avoir son poids frais. Pour le poids sec 50 gramme de chaque végétal sont prélevés est mis à l'étuve à 105°C une fois cette opération terminée on pèse le poids sec.

7- Analyse des sols

7-1- Le pH

Le pH du sol a été mesuré avec un pH mètre dans de l'eau distillée avec un rapport sol/solution de 1/5.

7-2- Détermination du carbone organique

Le carbone organique est déterminé par la méthode ANNE simplifiée. Elle combine l'oxydation de la matière organique d'un échantillon de sol, par un excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition et la titration en retour de l'excès de dichromate de potassium en présence d'un indicateur.

Calcul du carbone organique

Carbone % = ((Volume témoin-Volume échantillon) × 0.615×10×100)/Poids échantillon.

8- Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis au test d'analyse de la variance, elle est complétée par le test de NEWMAN-KEULS au seuil $\alpha=5\%$. Cette analyse réalisée par le logiciel des statistiques STATBOX.

Chapitre III : Résultats et discussion.

I- Description du profil pédologique

Le profil a été ouvert le 03 avril 2016, soit environ quatre mois après le semis (28 novembre 2015) dans les conditions suivantes :

L'environnement du profil présente les caractéristiques suivantes :

- Temps ensoleillé, température ambiante d'environ 25°C.
- Couvert végétal : Olivier (*Olea Europea*) variété chemlal / Avoine / Vesce / Adventices.
- Pente : 10%.
- Roche mère : Marnes.
- Erosion : pas de traces visibles.
- Activités anthropiques : léger griffage en 2015.
- Bon drainage.

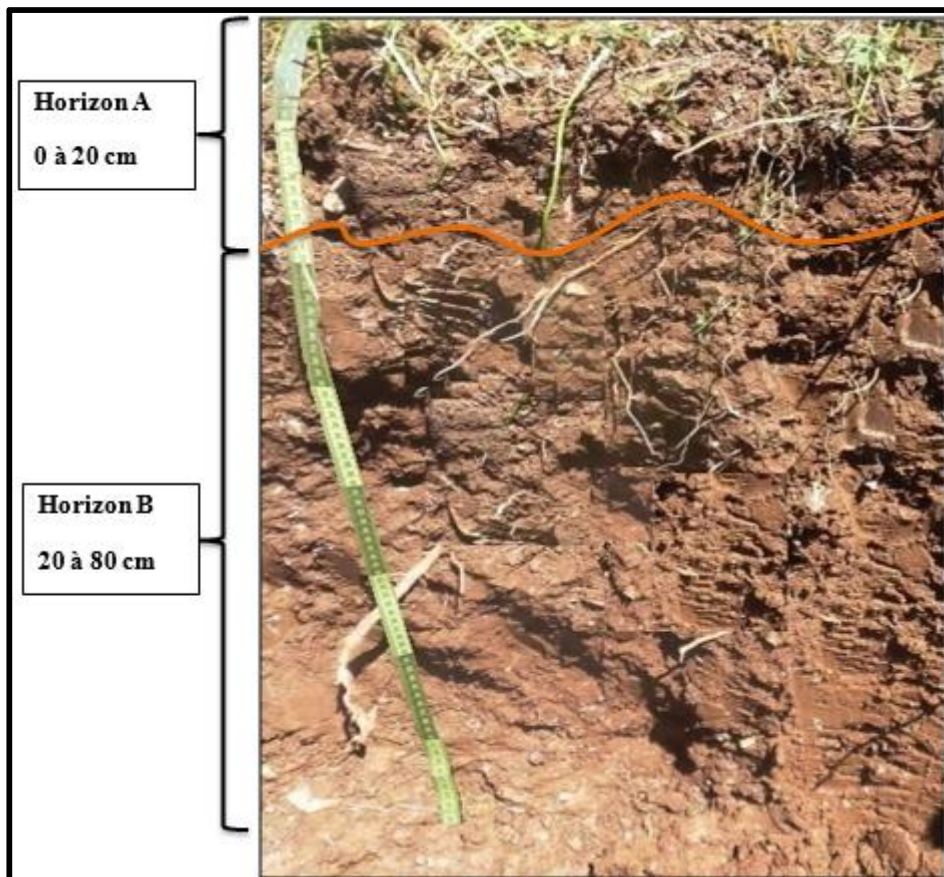


Figure 22 : Photographie du profil pédologique réalisé sur le terrain.

Le profil présente deux horizons, horizon A de (0 à 20 cm) et l'horizon B de (20 à 80 cm).

a- Caractéristiques morphologiques des horizons

❖ Horizon A : de 0 à 20 cm

De couleur 7.5 YR/3/2, texture limono-argileuse, structure polyédrique sub-anguleuse (agrégats solides) frais, traversé par un réseau racinaire important, porosité moyenne, absence de taches d'oxydo-réduction. Le test HCl indique une présence moyenne de calcaire CaCO₃ 10 à 25%. Réaction significative au test du H₂O₂ ce qui indique une bonne activité biologique. Limite irrégulière et diffuse.

❖ Horizon B : de 20 à 80 cm

De couleur 7.5 YR/3/2, texture limono-argileuse, structure polyédrique sub-anguleuse, frais, présence de grosses racines, faible porosité, absence de taches d'oxydo-réduction. Le test HCl indique une présence moyenne de calcaire CaCO₃ 10 à 25%. Réaction moyenne au test du H₂O₂ ce qui indique une activité biologique moyenne.

b- Propriétés physiques et chimiques du sol

Les résultats des analyses physico-chimiques sont mentionnés dans le tableau 11 :

Tableau 11 : Quelques analyses physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale.

Horizon	Profondeur cm	Granulométrie(%)					Texture	CaCO ₃ %	pH	C %	Da (g/cm ³)
		A	LF	LG	SF	SG					
A	0-20	20	42,5	24,08	6,02	3,4	Limono-argileuse	18,75	8.24	13.99	1.16
B	20-80	23	51,5	12,25	8,24	5,01	Limono-argileuse	12,5	8.11	9.35	1.23

c- Le sol de la station d'étude

D'après l'observation du profil pédologique sur le terrain et les analyses physico-chimiques (tableau 11), le sol de la station d'étude est un sol peu différencié, présentant deux horizons (A « de 0 à 20 cm » et B « de 20 à 80 cm»). Il est profond, plus de 80 cm. C'est un sol modérément calcaire, à texture limono-argileuse, à pH moyennement alcalin, peu pourvu en matière organique, 24.06% sur 0 à 20 cm et 16.08% sur 20 à 80 cm ; La densité apparente augmente en profondeur, 1.16 g/cm³ pour l'horizon A et 1.23 g/cm³ pour l'horizon B. Ce sol est donc un Cambisol calcaric selon la WRB (2006).

II- pH du sol global vs pH du sol rhizosphérique

Afin d'estimer l'influence de l'activité de la racine de l'avoine, de la vesce, de l'olivier conduit en monoculture (cas de l'olivier) et en association, sous couvert et hors couvert, le pH du sol global et du sol rhizosphérique sous ces différentes cultures ont été comparés. L'objectif de la comparaison étant de déterminer un effet rhizosphérique sur le pH et un effet culture sur le pH rhizosphérique.

II-1- pH rhizosphérique de l'olivier en monoculture

La figure 22 relative au traitement olivier en monoculture indique que la valeur moyenne du pH du sol global est de 8.20 et la valeur moyenne du pH du sol rhizosphérique est de 8.07. Malgré une diminution en moyenne de 0,13 unité de pH (8.2-8.07), l'analyse de la variance au seuil d'erreur $\alpha = 5 \%$ a montré que cette variation du pH est non significative avec un coefficient de variation de 1.47 %. De plus, la valeur du rapport pH sol rhizosphérique/pH sol global (8.07/8.2=0.99) autour de 1 indiquerait que l'activité de la racine de l'olivier n'a pas modifié le pH du sol à sa proximité immédiate.

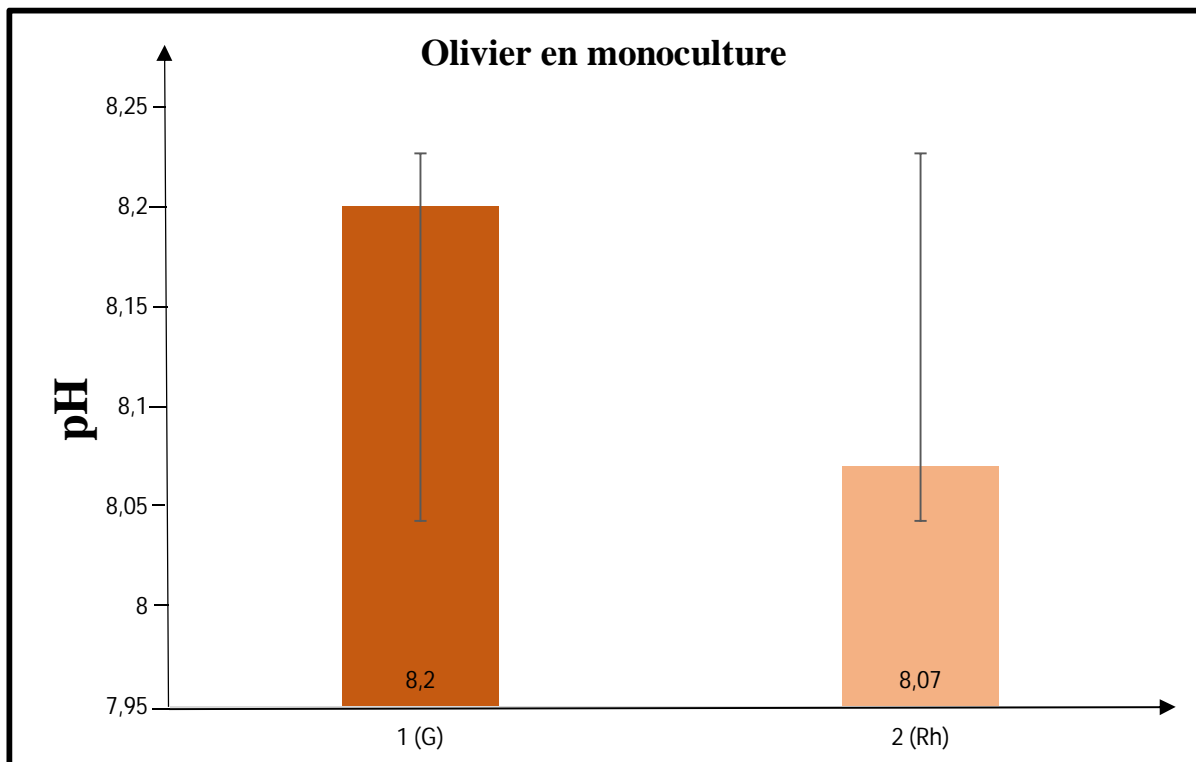


Figure 23 : Variation du pH du sol global et du sol rhizosphérique de l'olivier en monoculture.

II-2- pH rhizosphérique de l'association olivier / avoine

Le pH du sol global et du sol rhizosphérique de l'avoine sous couvert de était de 8.17 et de 8.07 respectivement (figure 24 a). L'examen de la figure 24 (b) montre que le sol global de l'avoine hors couvert a présenté un pH de 8.14, celui du sol rhizosphérique diminue légèrement pour atteindre une valeur de 8.02. La figure 24 (c) relative à l'olivier en association avec l'avoine indique que la valeur du pH du sol global était de 8.22 et celle du pH du sol rhizosphérique était de 8.08. Le rapport du pH sol rhizosphérique/sol global était de 0.99 pour l'avoine sous couvert, de 0.99 pour l'avoine hors couvert et de 0.98 dans le cas de l'olivier lorsqu'il est associé à l'avoine. Les valeurs de ces rapports proches de 1 indiqueraient une similitude du pH du sol global et rhizosphérique. L'analyse de la variance qui compare le pH du sol global et celui du sol rhizosphérique a révélé que quel que soit le type de culture que la différence entre les deux pH reste non significative avec un coefficient de variation inférieur à 12%.

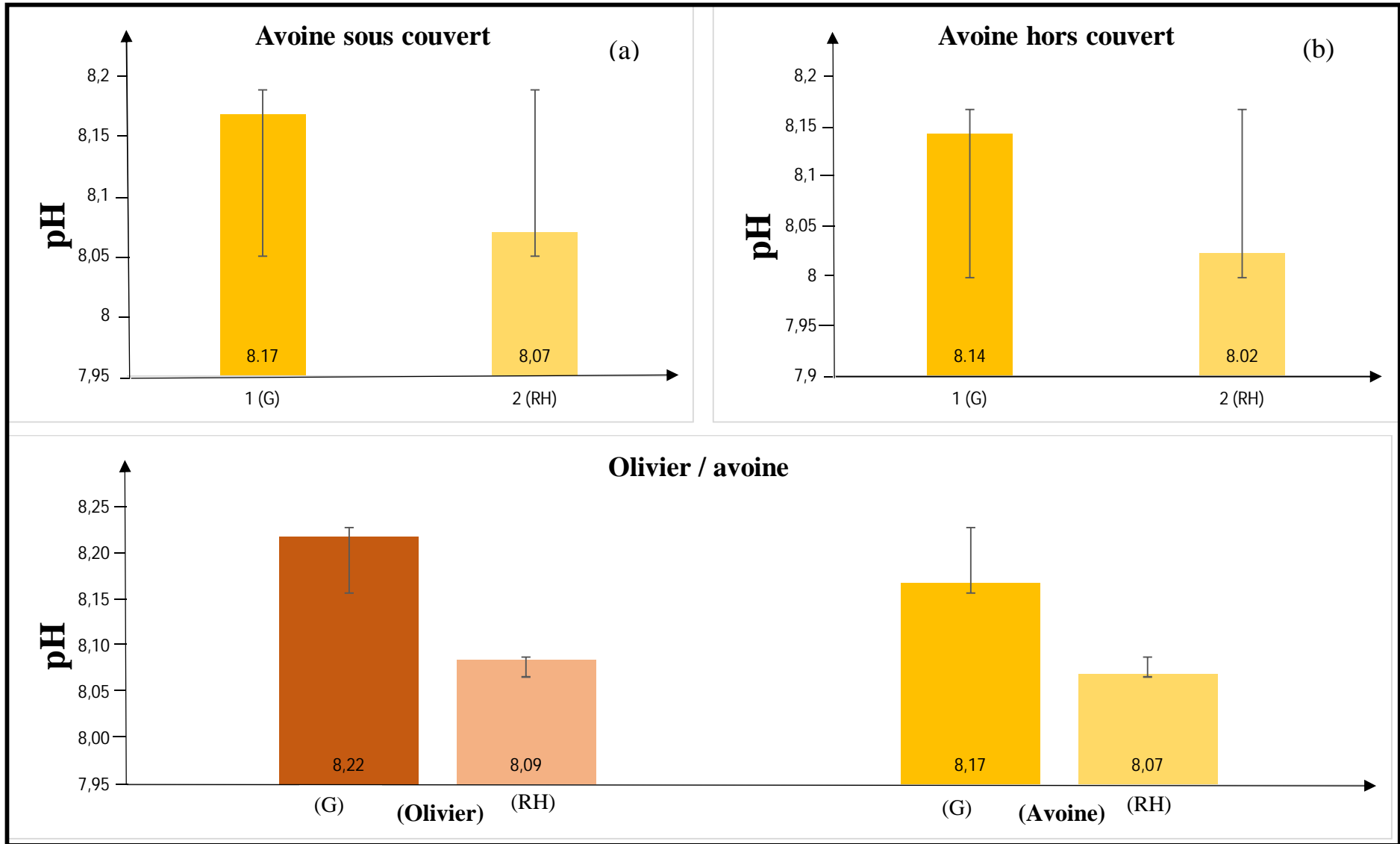


Figure : 24 valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / avoine sous et hors couvert.

II-3- pH rhizosphérique de l'association olivier / vesce

L'examen de la figure 25 montre que seul le pH du sol rhizosphérique de la vesce sous couvert de l'olivier diminue significativement ($p \leq 0.05$, tableau 12) comparativement à celui du sol global. Le test de NEWMAN-KEULS classe le pH du sol global et celui du sol rhizosphérique en deux groupes distincts (tableau 13).

Tableau 12 : Résultat d'analyse de la variance du pH de l'association olivier / vesce

ANALYSE DE VARIANCE							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,078	7	0,011				
VAR.FACTEUR 1	0,039	1	0,039	6,008	0,04875		
VAR.RESIDUELLE 1	0,039	6	0,007			0,081	1,00%

Tableau 13 : Résultats du test NEWMAN KEULS pour le traitement vesce sous couvert.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	G	8,178	A	
2.0	Rh	8,038		B

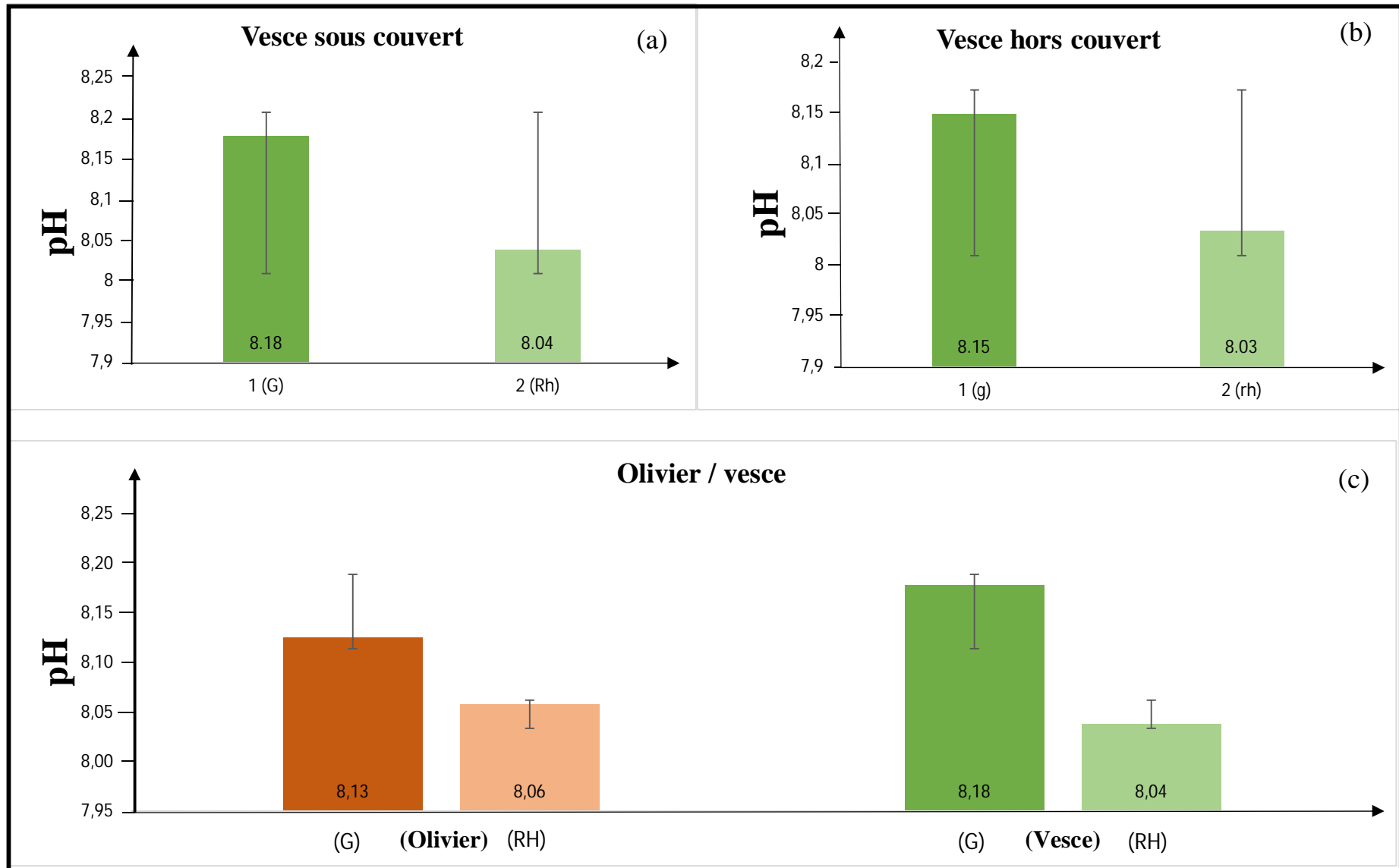


Figure 25 : valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / vesce sous et hors couvert.

II-4- pH rhizosphérique de l'association olivier / avoine / vesce

Le pH du sol global de la vesce et de l'avoine en association avec l'olivier sous couvert était de 8.05. Celui du sol rhizosphérique de l'avoine était de 7.91 et celui de la vesce était de 7.92 (Figure 26 a). En hors couvert, le pH du sol global de l'association olivier/vesce/avoine hors couvert montrait une valeur de 8.05. Celui du sol rhizosphérique de l'avoine montrait une valeur de 7.95 et celui de la vesce était de 7.99 (Figure 26 b). L'examen de la (figure 26 c) indique que le pH du sol global de l'olivier était de 8.09, celui du sol rhizosphérique était de 7.94. Le rapport pH sol rhizosphérique/sol global variait autour de 0.98 pour l'association olivier/avoine/vesce sous couvert et hors couvert. Seule la rhizosphère de l'olivier s'est significativement ($p \leq 0.05$, tableau 14) acidifiée. Le test de NEWMAN-KEULS classe le pH du sol global et du sol rhizosphérique en deux groupes distincts (tableau 15).

Tableau 14 : Résultats d'analyses de la variance du pH de l'association olivier / avoine / vesce.

ANALYSE DE VARIANCE							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,588	23	0,026				
VAR.FACTEUR 1	0,005	2	0,003	0,1	0,90513		
VAR.FACTEUR 2	0,118	1	0,118	4,552	0,04481		
VAR.INTER F1*2	0,001	2	0	0,012	0,98888		
VAR.RESIDUELLE 1	0,465	18	0,026			0,161	2,01%

Tableau 15 : Résultat du test NEWMAN-KEULS pour le traitement Mélange + Olivier.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	g	8,061	A	
2.0	rh	7,921		B

D'après le test de NEWMAN-KEULS la variation du pH entre les sols globaux et les sols rhizosphériques des oliviers associés au mélange A / V est significative. Donc on observe une diminution du pH dans le sol rhizosphérique des oliviers. pH rhizosphérique (7.94) < pH global (8.09). Cela voudrait dire que l'olivier en association avec l'avoine et la vesce arrive à acidifier sa rhizosphère. Cette acidification est peut-être le résultat de l'action combinée des racines de l'olivier, de l'avoine et de la vesce qui ont réussi en association à aller à l'encontre du pouvoir tampon du CaCO_3 et des argiles.

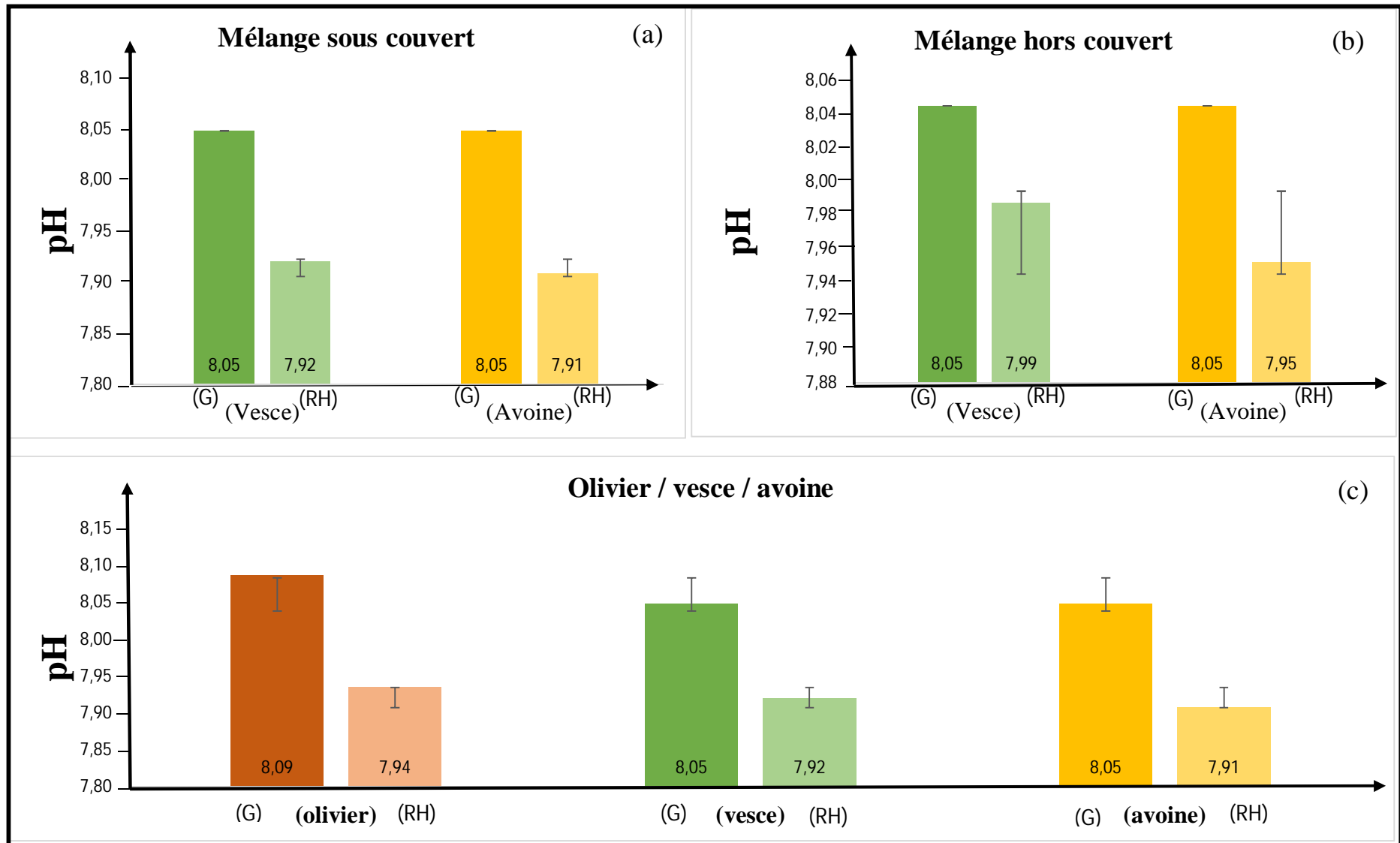


Figure 26 : valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / avoine / vesce sous et hors couvert.

II-5- Discussion

II-5-1- Impact du type de culture sur la variation du pH de la rhizosphère

De façon générale le pH de la rhizosphère des différentes cultures a montré peu de changement. Il est à noter que malgré une absence de signification des résultats, c'est toujours une acidification qui a été observée dans la rhizosphère de l'olivier, de l'avoine et de la vesce sous couvert et hors couvert de l'olivier. D'après Hinsinger et al (2009) le pH est un paramètre que les racines peuvent directement modifier à travers de multiples processus parmi lesquels, principalement, la respiration racinaire et la libération de H^+ ou OH^- pour compenser un excédent net de cation ou d'anion. L'acidification de la rhizosphère trouve son origine dans l'efflux net de H^+ hors des racines vers la rhizosphère si plus de cation que d'anion sont prélevés. Le pH influence grandement la disponibilité des nutriments. Il est actuellement admis qu'en plus de l'absorption, les plantes ont la capacité d'influencer la disponibilité d'un nutriment par la modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol environnant les racines (Hinsinger et al., 2005). Prenons l'exemple du phosphore inorganique, d'après Betencourt (2012) la spéciation en solution est essentiellement gouvernée par le pH ; ainsi dans la gamme de pH de la plupart des sols ($pH = 3$ à $pH = 8.5$) les ions dihydrogénophosphate $H_2PO_4^-$ et hydrogénophosphate HPO_4^{2-} sont les 2 principales espèces chimiques. La solubilité des nutriments dépend largement de la valeur du pH. Par exemple, le fer, le cuivre et le manganèse ne sont pas solubles en environnement alcalin, d'un autre côté, l'azote, le phosphore, le potassium et le soufre sont disponibles dans une gamme de pH presque neutre.

Cette acidification limitée de la rhizosphère pourrait trouver son explication dans, primo le fort pouvoir tampon exercé par les teneurs en carbonates de calcium 18.75% pour le premier horizon et 12.5 % pour le second horizon et celui aussi des argiles avec des teneurs de 20% pour l'horizon A et 23% pour l'horizon B. Secundo, lorsque l'échantillonnage du sol global et du sol rhizosphérique a été réalisé les cultures d'avoine et de vesce n'étaient pas au maximum de leur croissance. Elles accusaient un important retard de croissance dû à l'absence de précipitations du mois de décembre 2015 qui pourrait expliquer un effet rhizosphérique réduit. Tertio, la densité de semis a fait que lors des prélèvements, il a été difficile de séparer le sol global du sol rhizosphérique. Il se pourrait que l'activité des racines des différentes cultures ait atteint le sol global, ce qui expliquerait les rapports sol rhizosphérique/sol global proches de 1. Toutefois, l'effet de la vesce sur l'acidification de la rhizosphère a été nettement démontré sous couvert de l'olivier. La vesce acidifie sa rhizosphère car au contraire de l'olivier et de l'avoine,

elle va prélever peu de nitrates d'après Hinsinger et al., (2003), les légumineuses se distinguent par leur capacité d'acidifier leur rhizosphère du fait de leur faible prélèvement d'anions (peu de NO_3^- qui est de loin l'anion le plus prélevé), lorsqu'elles fixent des quantités significatives de N_2 grâce à la symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote.

De même, l'association olivier/vesce/avoine a permis d'acidifier la rhizosphère de l'olivier. Il se pourrait que cette acidification soit due à la conjugaison de l'effet de l'activité de la racine de la vesce, de l'avoine et de l'olivier.

Pour ce qui est de l'avoine, au stade de prélèvement, sa rhizosphère n'avait pas présenté d'acidification significative.

III- Taux de carbone organique du sol global vs taux de carbone organique du sol rhizosphérique

Pour ce paramètre nous avons comparé le taux de carbone organique du sol global avec celui du sol rhizosphérique et cela pour chaque traitement. Avec pour objectif de constater si la rhizosphère s'enrichissait en carbone organique.

L'échantillonnage des sols s'est focalisé uniquement sur la variante sous couvert et a englobé deux répétitions pour chaque traitement. Seul le taux de carbone du sol global et du sol rhizosphérique sous couvert de l'olivier a été mesuré.

Les résultats du taux de carbone organique qui suivent sont tous non significatif d'après le test de NEWMAN-KEULS au seuil d'erreur $\alpha = 5\%$

III-1- Taux de carbone organique de l'olivier en monoculture

L'examen de la figure 27 indique que le taux de carbone du sol rhizosphérique est de 26.91‰ et celui du sol global est de 28.44 ‰. De plus, la valeur du rapport taux de carbone organique rhizosphérique / taux de carbone organique global ($26.91 / 28.44 = 0.95$) autour de 1 indiquerait que l'activité de la racine de l'olivier n'a pas modifié le taux de carbone organique du sol à sa proximité immédiate.

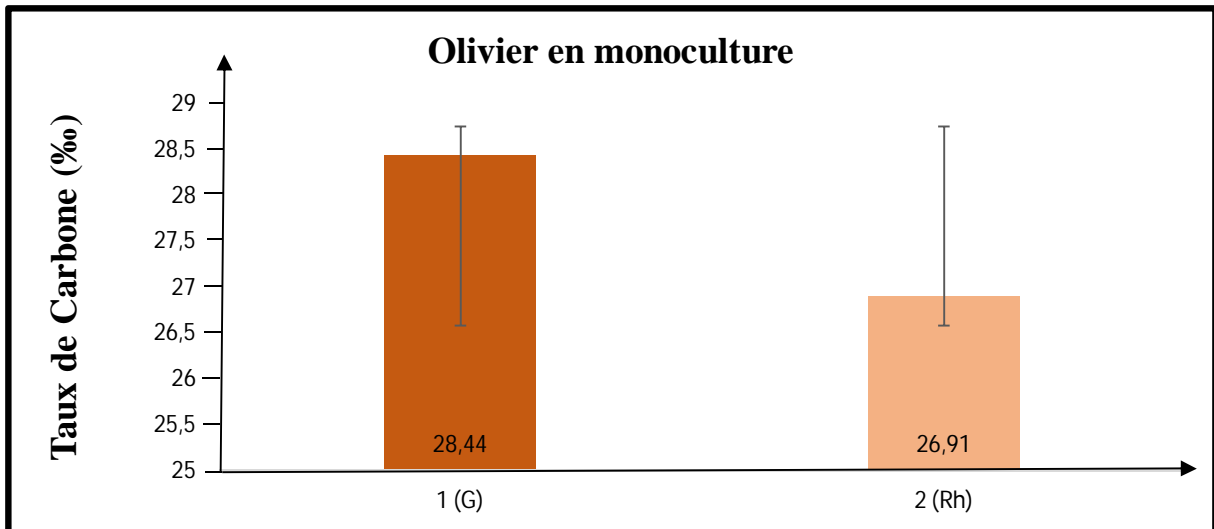


Figure 27 : taux de carbone organique (%) de l'olivier en monoculture.

III-2- Taux de carbone organique de l'association olivier/avoine

Le taux de carbone du sol global et du sol rhizosphérique de l'avoine sous couvert était de 31.52‰ et de 28.44‰ respectivement. Pour l'olivier on observe une légère augmentation du taux de carbone organique du sol rhizosphérique par rapport à celui du sol global (29.98‰ > 23.06‰) (figure 28). Malgré une augmentation de 6.92‰ (29.98‰ – 23.06‰), l'analyse de la variance au seuil d'erreur $\alpha = 5\%$ a montré que cette variation du taux de carbone est non significative avec un coefficient de variation de 9.23%. Le rapport taux de carbone rhizosphérique / taux de carbone global était de (0.90) pour l'avoine, de (1.30) pour l'olivier en association avec l'avoine. Les valeurs de ces rapports proches de 1 indiqueraient une similitude entre le taux de carbone organique rhizosphérique et celui du sol global.

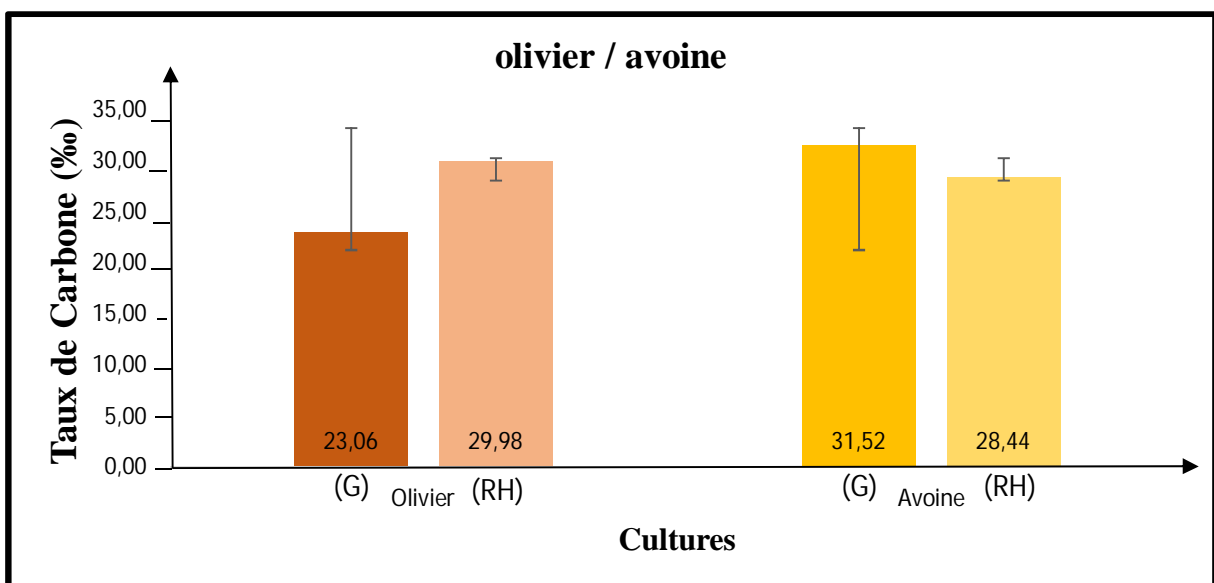


Figure 28 : taux de carbone organique (%) de l'association Olivier/avoine.

III-3- Taux de carbone organique de l'association olivier/vesce

Le taux de carbone du sol global et du sol rhizosphérique de la vesce sous couvert était de 28.44‰ et de 24.60‰ respectivement. Pour l'olivier on observe une égalité du taux de carbone organique du sol rhizosphérique et celui du sol global (33.06‰ = 33.06‰) (figure 29). Le rapport taux de carbone rhizosphérique / taux de carbone global était de (0.86) pour la vesce, de (1) pour l'olivier en association avec la vesce. Les valeurs de ces rapports proches de 1 indiqueraient une similitude entre le taux de carbone organique rhizosphérique et celui du sol global.

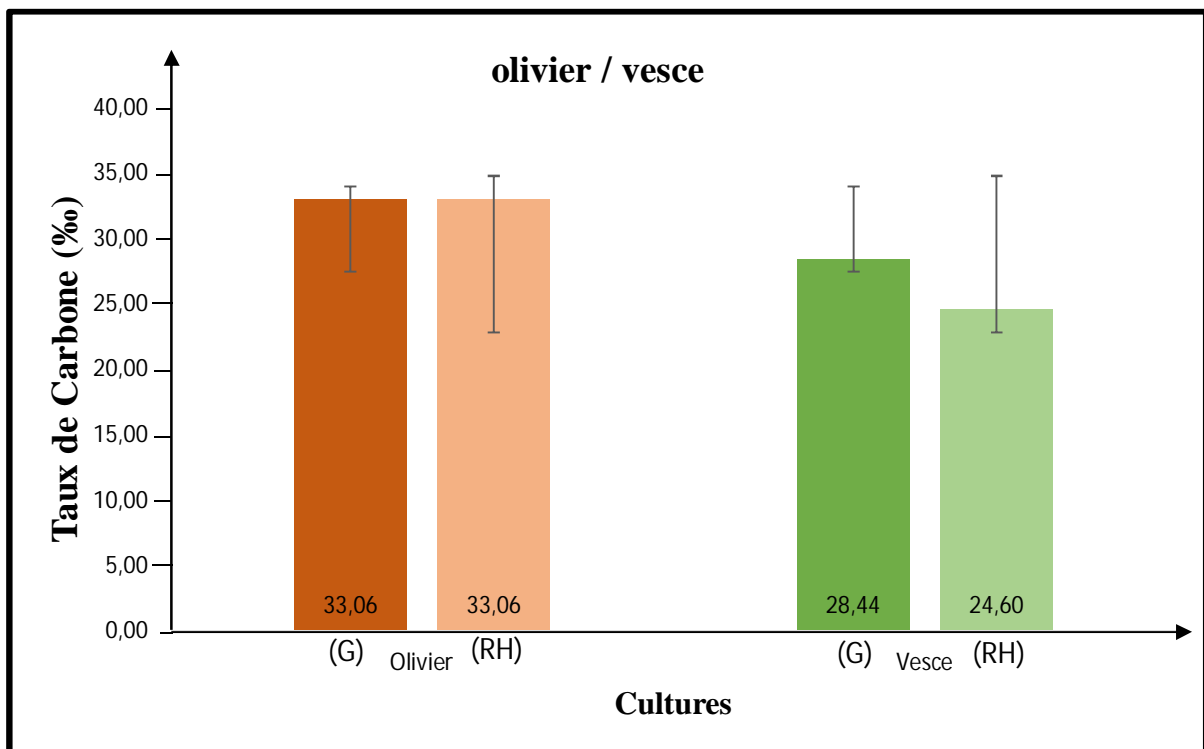


Figure 29 : taux de carbone organique (‰) de l'association olivier/vesce.

III-4- Taux de carbone organique de l'association olivier/vesce/avoine

Le taux de carbone organique du sol global de la vesce et de l'avoine en association avec l'olivier était de 34.59‰. Celui du sol rhizosphérique de l'avoine était de 33.83‰, celui de la vesce était de 33.06‰. On observe une diminution du taux de carbone organique du sol rhizosphérique par rapport au sol global pour la vesce et l'avoine (figure 30). L'examen de la figure 30 montre aussi que le taux de carbone organique du sol global de l'olivier en association avec la vesce et l'avoine était de 30.75‰ et celui du sol rhizosphérique était de 34.59‰. On observe une augmentation de 3.84‰ du taux de carbone rhizosphérique par rapport à celui du sol global. Malgré cette augmentation ($34.59‰ - 30.75‰ = 3.84‰$), l'analyse de la variance au seuil d'erreur $\alpha = 5\%$ a montré que cette variation du taux de carbone est non significative

avec un coefficient de variation de 28.23%. De plus, le rapport du taux de carbone organique rhizosphérique/ le taux de carbone global était pour l'olivier de 1.12, pour la vesce de 0.95 et de 0.98 pour l'avoine. Ces valeurs proches de 1 indiqueraient une fois de plus l'égalité entre les taux de carbone organique du sol rhizosphérique et global pour l'association olivier/vesce/avoine.

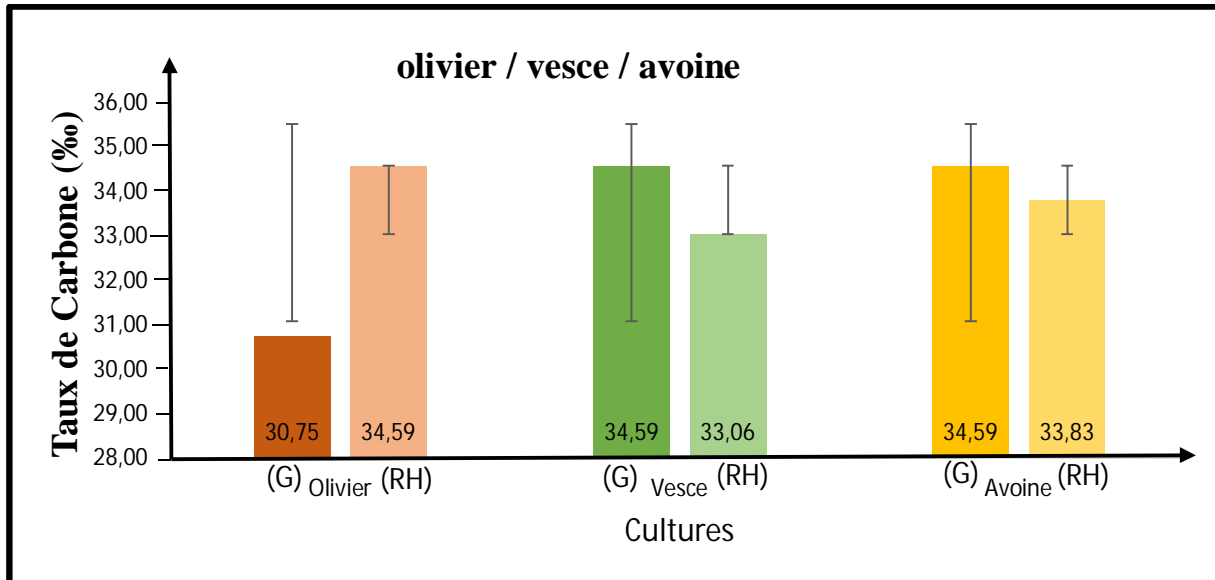


Figure 30 : taux de carbone organique (%) de l'association Olivier/vesce/avoine.

III-5- Discussion

III-5-1- Impact de type de culture sur la variation du taux de carbone de la rhizosphère

Dans tous les cas de figures, que ce soit en cultures monospécifiques : avoine, vesce, olivier ou en association olivier/vesce/avoine le taux de carbone organique de la rhizosphère a montré peu de changement. Il est à noter que malgré des résultats non significatifs, il a été observé que le sol global était plus riche que le rhizosphérique en carbone organique dans les cas suivants olivier en monoculture, l'avoine associée à l'olivier, la vesce associée à l'olivier et la vesce/avoine associées à l'olivier. Ce résultat va l'encontre de la théorie qui stipule que le sol rhizosphérique s'enrichit en carbone organique. Hinsinger et al., (2005) affirment qu'en moyenne 20% du carbone assimilé est émis par les racines vivantes dans le sol.

Cette similitude entre le taux de carbone organique global et rhizosphérique, pourrait trouver son explication dans : primo, les racines ne modifient pas le taux de carbone du sol à leur proximité, l'effet de la racine (exsudation de carbone) a atteint le sol global. D'ailleurs lors de l'échantillonnage, il a été très difficile de séparer le sol global, du sol rhizosphérique. Secundo,

lorsque l'échantillonnage du sol global et du sol rhizosphérique a été réalisé les cultures d'avoine et de vesce n'étaient pas au maximum de leur croissance. Elles accusaient un important retard de croissance du à l'absence de précipitations du mois de décembre 2015 qui pourrait expliquer un effet rhizosphérique réduit. Tertio, on pourrait émettre l'hypothèse que le carbone organique alloué aux racines qui constituent un puits pour cet élément est dans sa majorité utilisé pour le développement des racines ce qui laisse qu'une faible quantité qui est exsudée.

Pour le cas de l'olivier quand il est en association avec l'avoine et la vesce : on observe un enrichissement de la rhizosphère en carbone organique, malgré la non signification de ces résultats. On pourrait expliquer cet enrichissement par l'effet combiné de l'exsudation des racines de ces cultures.

IV- Evaluation de la performance de l'association vesce / avoine

Hinsinger (2012) (projet perfcom) la performance des associations de cultures est généralement évaluée par :

- Le rendement, la biomasse
- La qualité (taux protéique,...)
- Le LER = Land Equivalent Ratio

Le LER permet d'évaluer l'efficacité de l'association au cours de son cycle de développement. Il compare les rendements des cultures associées avec les rendements des cultures seules. Le LER correspond à la surface de cultures monospécifiques nécessaire pour obtenir le même rendement qu'en association. Il se calcule de la manière suivante :

$$\text{LER} = \frac{\text{rendement céréale associée}}{\text{rendement céréale seule}} + \frac{\text{rendement légumineuse associée}}{\text{rendement légumineuse seule}}$$

Si LER=1, il n'y a aucune différence entre les deux modes de culture

Si LER<1, il y a une perte de rendement en association

Si LER >1, il y a un avantage productif des associations (Anonyme 2)

Projet percom (2012) considère que la biomasse des adventices est aussi un critère de performance des cultures associées. En effet, l'un des intérêts de l'association de culture est la diminution des adventices dans la culture associée comparativement aux cultures monospécifiques.

IV-1- Rendements des cultures

Les rendements des différentes cultures à environ 125 jours du semis, sont présentés dans le tableau 16

Tableau 16 : rendements de l'association avoine / vesce.

		Avoine Pure	Adventice Avoine	Avoine dans le mélange	Vesce Pure	Adventices Vesce	Vesce dans le Mélange	Adventices dans le mélange	Adventices dans l'olivier en monoculture
Poids frais q/ha	H/C	5,50	188,00	2,82	45,04	239,64	16,61	30,87	88,66
		8,47	50,01	6,29	106,54	92,18	26,76	28,65	
		26,79	28,91	2,26	80,47	38,71	31,75	48,08	
		26,97	6,69	14,16	76,97	14,16	66,86	16,40	
	S/C	18,78	161,28	17,43	56,70	71,91	64,79	22,58	68,58
		7,07	33,65	1,75	58,45	68,32	19,99	30,57	
		7,76	45,87	4,72	79,64	39,09	14,85	11,67	
		57,62	16,43	7,71	46,76	10,35	19,46	46,03	
Moyenne	H/C	16,93	68,40	6,38	77,25	96,17	35,49	31,00	
	S/C	22,81	64,31	7,90	60,39	47,42	29,77	27,71	

IV-2- Rendements de la vesce, de l'avoine et du mélange vesce/avoine hors couvert

Les rendements de la vesce, de l'avoine du mélange vesce/avoine hors couvert sont présentés au niveau des figures 31 et 32.

La figure 31 indique que la vesce avec un (rendement de 77.25 q/ha) se développe nettement mieux que l'avoine (rendement = 16.93 q/ha) en hors couvert. La biomasse des adventices est plus élevée dans le cas de la vesce (rendement = 96.17 q/ha, figure 31), que dans le cas de l'avoine (rendement = 68.40 q/ha, figure 31).

Lorsque la vesce et l'avoine sont cultivés en mélange (figure 32), les rendements de la céréale et de la légumineuse ont montré une diminution comparativement aux rendements de ces dernières lorsqu'elles sont cultivées seules (figure 31) :

Avoine en mélange avec la vesce hors couvert 6.38 q/ha < avoine seule hors couvert 16.93 q/ha ;

Vesce en mélange hors couvert 35.49 q/ha < vesce seule hors couvert 77.25 q/ha ;

Pour ce qui est des adventices, le mélange vesce/avoine a réussi à mieux contrôler la proportion des adventices (figure 32)

Adventices dans le mélange 31.00 q/ha < adventices avoine seule 68.40 q/ha < adventices vesce seule 96.17 q/ha.

Rendements hors couvert (figure 31 et 32)

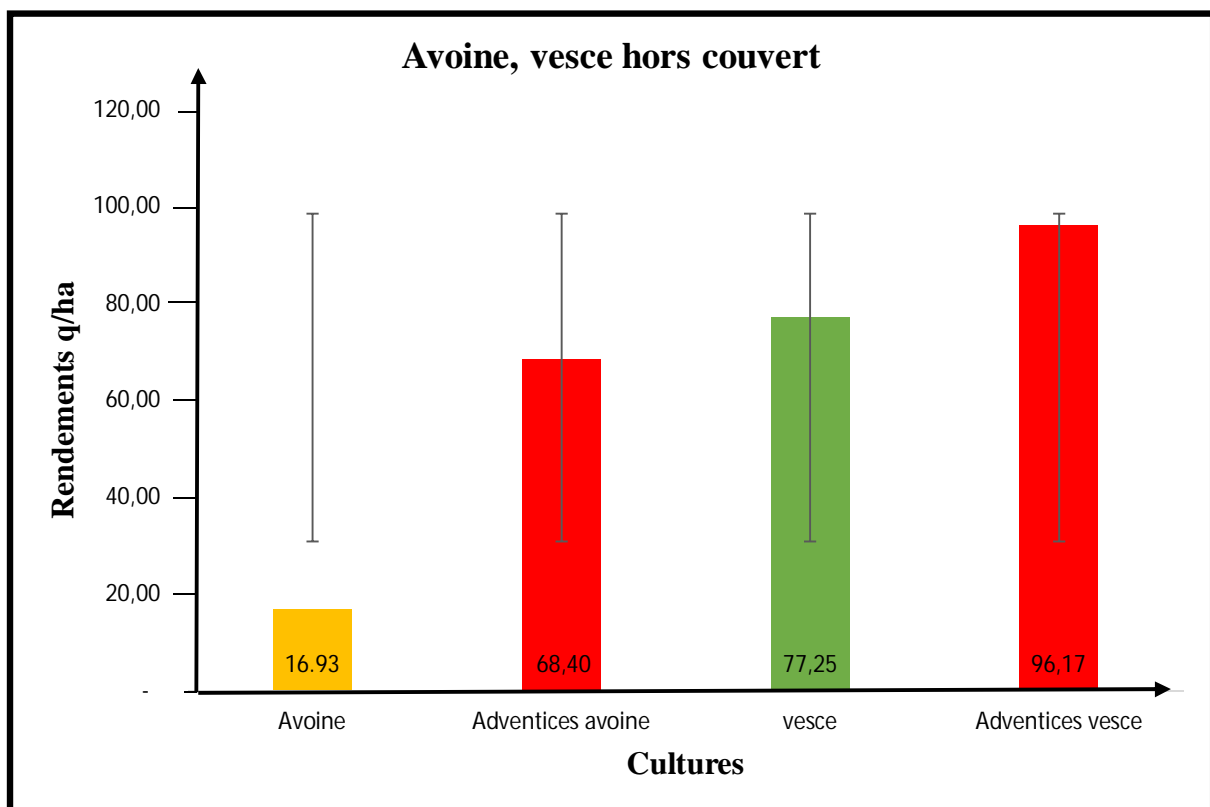


Figure 31 : Rendements de l'avoine et de la vesce pure en hors couvert.

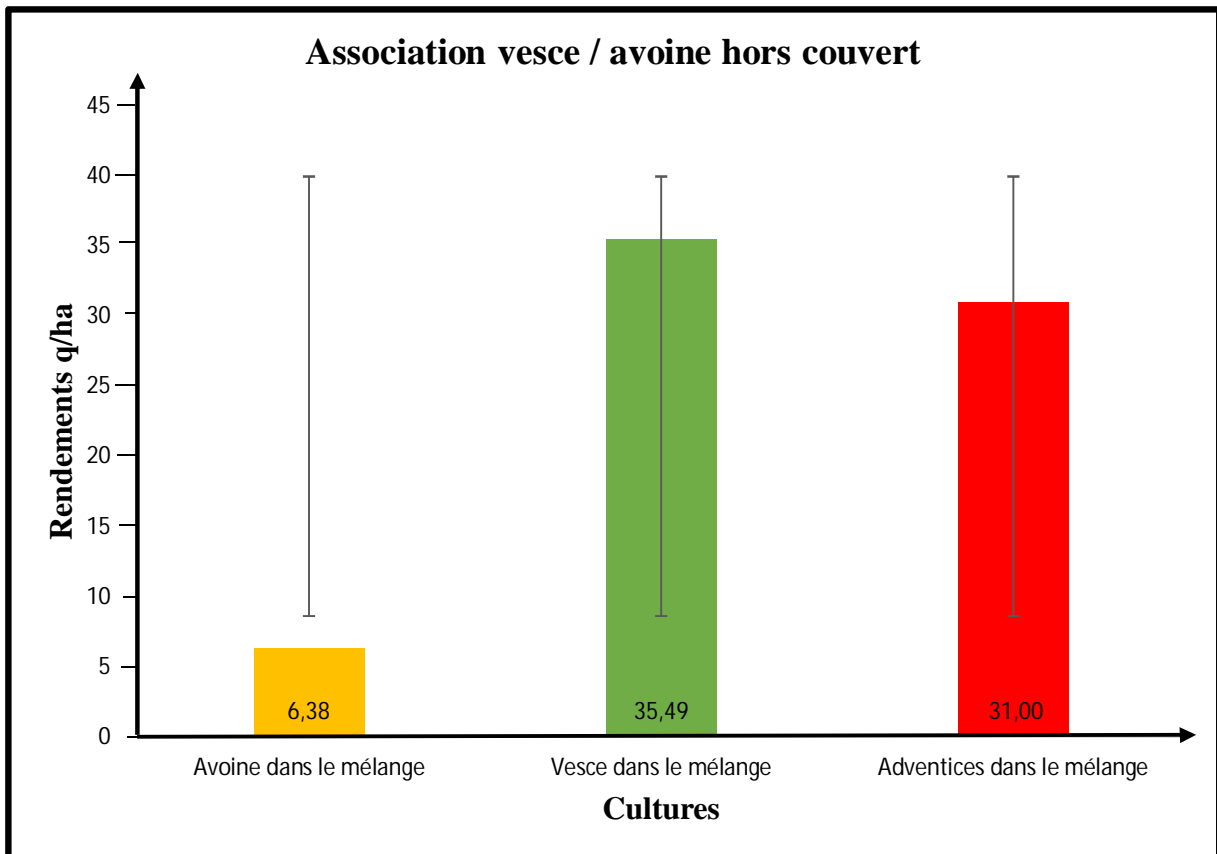


Figure 32 : rendement de l'association vesce / avoine en hors couvert.

IV-3- Rendements de la vesce, de l'avoine et du mélange vesce/avoine sous couvert

L'examen de la figure 33 indique que la vesce avec un rendement de 60.39 q/ha se développe nettement mieux que l'avoine (rendement=22.81 q/ha) sous couvert de l'olivier. On remarque aussi que la vesce a réussi mieux à étouffer les adventices que l'avoine. Les rendements de l'avoine et de la vesce lorsqu'elles sont cultivées en mélange et sous couvert de l'olivier n'ont pas été améliorées comparativement à ceux des cultures mono spécifiques (figure 34).

L'avoine en association sous couvert 7.90 q/ha < avoine seule sous couvert 22.81 q/ha

Vesce en association sous couvert 29.77 q/ha < vesce seule sous couvert 60.39 q/ha. Mais on remarque aussi que même en sous couvert la vesce en association a réussi à contrôler la proportion des adventices, cela est peut-être dû à l'association de l'avoine avec la vesce.

Adventices dans le mélange 27.71 q/ha < adventices vesce seule 47.42 q/ha < adventices avoine seule 64.31 q/ha.

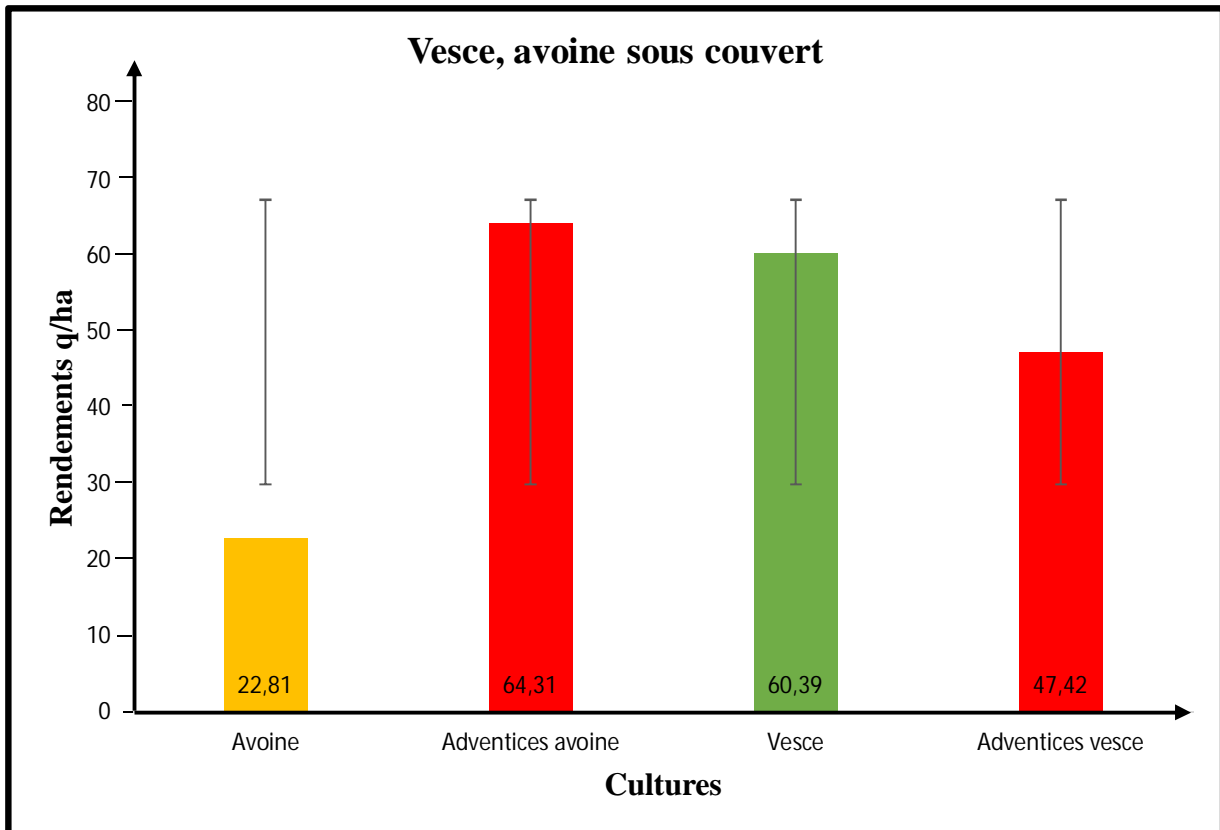


Figure 33 : Rendement de l'avoine et de la vesce en sous couvert de l'olivier.

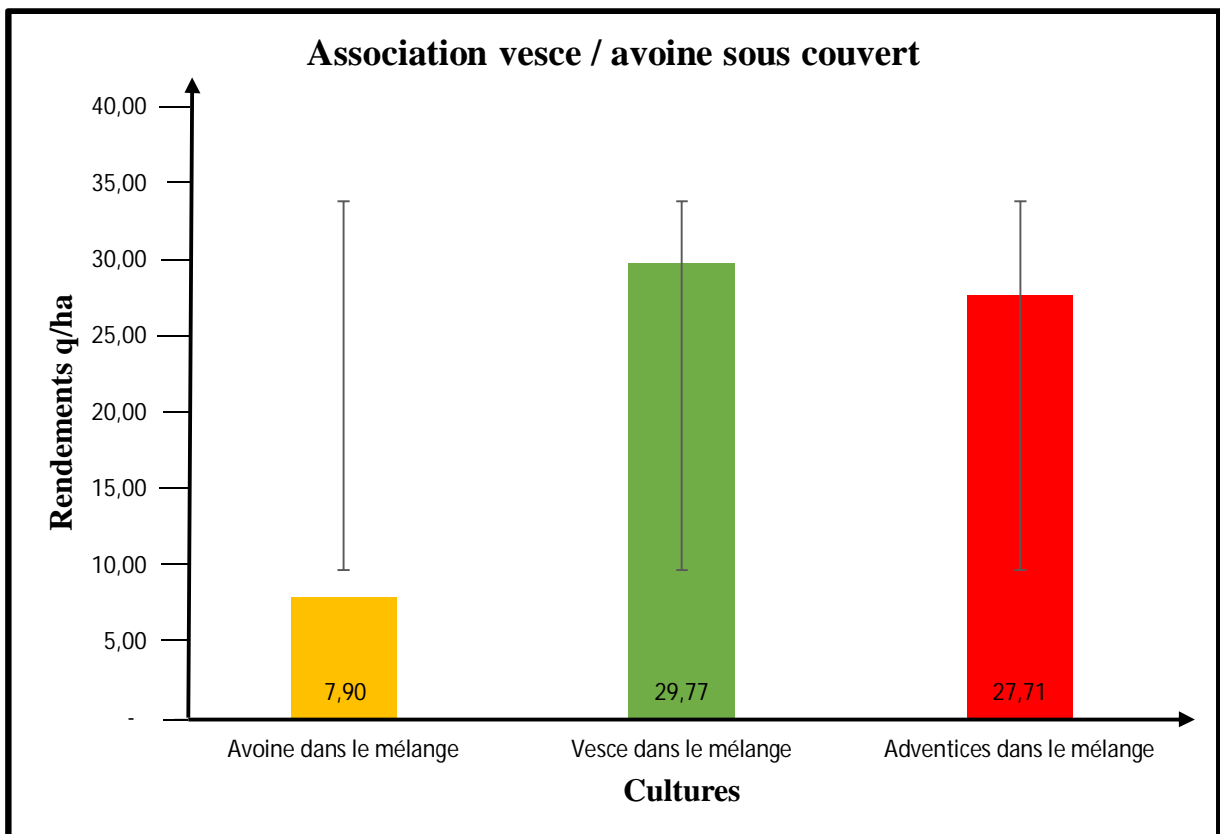


Figure 34 : rendement de l'association vesce / avoine en sous couvert de l'olivier.

IV-4- Evaluation de la performance de l'association vesce / avoine par le LER

LER en hors couvert de l'olivier

$$\text{LER} = (\text{Avoine associée} / \text{Avoine}) + (\text{Vesce associée} / \text{Vesce})$$

$$\text{LER} = (6.39 / 16.93) + (35.49 / 77.25) = 0.82$$

La valeur du LER inférieure à 1 est indicatrice d'une perte de rendement de l'association vesce / avoine en hors couvert de l'olivier.

LER sous couvert de l'olivier

$$\text{LER} = (\text{Avoine associée} / \text{Avoine}) + (\text{Vesce associée} / \text{Vesce})$$

$$\text{LER} = (7.90 / 22.81) + (29.77 / 60.39) = 0.83$$

La valeur du LER inférieure à 1 est indicatrice d'une perte de rendement de l'association vesce / avoine en sous couvert de l'olivier.

Effets du couvert de l'olivier sur le rendement des cultures

La figure 34 : parallèlement au cas hors (figure 32) couvert il n'y a pas d'amélioration des rendements pour l'avoine et la vesce quand elles sont en association en sous couvert, au contraire on observe une baisse.

IV-5- Discussion

En général, le rendement de l'avoine et de la vesce en monoculture ou en mélange cultivées en association avec l'olivier sont limités. En effet les figures 33 et 34, indiquent des rendements de l'ordre de 60.39 q/ha pour la vesce et 22.81 q/ha pour l'avoine en monoculture et 29.77 q/ha pour la vesce et 7.90 q/ha pour l'avoine en association. Cette baisse de rendement était particulièrement marquée sur la céréale qu'elle soit cultivée en monoculture, en mélange, sous couvert et hors couvert de l'olivier. Le semis réalisé fin novembre n'a pas bénéficié de conditions favorables (sécheresse) à la germination des graines. De plus les jeunes plantules ont été soumises à la sécheresse exceptionnelle de Décembre et Janvier 2016. En effet, le mois de décembre 2015 a montré une absence quasi-totale de précipitations. Quant au mois de Janvier 2016, les précipitations étaient d'environ 50% plus faibles que la moyenne des précipitations du mois de janvier durant 10 ans. Par conséquent, le total annuel des précipitations de l'année 2016 (P=718.5mm) est bien inférieur à celui de la moyenne de 10 ans (P=882.3mm). En conséquence, ces conditions défavorables ont nui au développement des cultures vesce et avoine dès le début de leur cycle végétatif. Par contre, quel que soit le type de culture, un

développement important des adventices a été observé. Le griffage effectué sur le sol avant le semis, aurait permis la germination des graines d'adventices. En effet, ce griffage a probablement provoqué une minéralisation accélérée de la matière organique, donc enrichissement du sol en nitrates, qui semblerait avoir mieux profité aux adventices qu'aux cultures de vesce et d'avoine. Il faut aussi rappeler que ces graines d'adventices (végétation naturelle) sont probablement mieux adaptées que l'avoine et la vesce aux conditions adverses de sécheresse et de fortes températures.

L'avoine s'est distinguée par les rendements les plus bas qu'elle soit conduite en monoculture ou en mélange avec la vesce sous couvert ou hors couvert. L'avoine est une céréale fourragère relativement exigeante qui ne doit pas être installée sur sols lourds, pauvres, sans apport de fumier ou d'engrais (Husson et al., 2012). Or c'est le cas du sol de la station d'étude, sol limono-argileux.

Le sol de la station d'étude est effectivement un sol à texture lourde limono-argileuse, cependant ces sols sont souvent reconnus comme des sols à vocation céréalière. Dans le cas de cette étude, il se pourrait que la conjugaison de deux mois de sécheresse, de températures élevées et d'une semence d'avoine hivernale ait contribué à limiter le développement de l'avoine.

La vesce semble avoir mieux résistée aux conditions défavorables. Mais aussi à l'envahissement par les adventices. Dans la littérature, il est plutôt fait référence à la capacité de l'avoine à étouffer les adventices, en effet, Husson et al., (2012) affirment que l'avoine est aussi une excellente plante nettoyante qui permet de contrôler un grand nombre d'adventices. Ce n'était pas le cas dans cette étude, vu que l'avoine n'est pas arrivée à se développer.

L'effet association de culture, comme l'a montré le LER, n'a pas été mis en évidence, excepté un effet sur les adventices. La vesce et l'avoine cultivées en association sembleraient limiter le développement des adventices. En effet, les figures 32 et 34 indiquent que la vesce et l'avoine en association arrivent à mieux contrôler la proportion d'adventices que quand elles sont en monoculture.

Il semblerait préférable pour l'agriculteur de semer l'avoine et la vesce en monoculture qu'en culture associée. Toutefois, la pratique de l'association vesce/avoine par les agriculteurs est largement répandue dans la région, avec des résultats en termes de rendement souvent satisfaisants. Dans le cas de cette étude, il est nécessaire de renouveler l'expérience durant trois années afin d'obtenir des résultats plus probants.

Conclusion

Dans cette étude consacrée à l'association vesce/avoine/olivier, nous nous sommes intéressés à la variation du pH et du taux de carbone dans la rhizosphère de ces cultures. Nous avons aussi évalué la performance de cette association par le suivi des rendements. Les résultats obtenus étaient :

Pour la variation du pH de la rhizosphère, de façon générale le pH de la rhizosphère des différentes cultures a montré peu de changement. Il est à noter que malgré une absence de signification des résultats, c'est toujours une acidification qui a été observée dans la rhizosphère de l'olivier, de l'avoine et de la vesce sous couvert et hors couvert de l'olivier. Toutefois, le pH du sol rhizosphérique de la vesce sous couvert de l'olivier diminue significativement comparativement à celui du sol global.

Eu égard au pH alcalin du sol de la station (pH de l'ordre de 8), cette acidification limitée de la rhizosphère pourrait améliorer la biodisponibilité de certains éléments comme le phosphore, le fer, le cuivre et le manganèse qui sont peu solubles en environnement alcalin.

Pour la variation du taux de carbone de la rhizosphère, dans tous les cas de figures, que ce soit en cultures monospécifiques : olivier, vesce, avoine ou en association olivier/vesce, olivier/avoine et olivier/vesce/avoine le taux de carbone organique de la rhizosphère montre peu de changement.

Concernant les rendements de l'association vesce/avoine/olivier, en général le rendement de l'avoine et de la vesce en monoculture ou en mélange cultivées en association avec l'olivier reste limité. Cette baisse de rendement était particulièrement marquée sur la céréale qu'elle soit cultivée en monoculture, en mélange, sous couvert ou hors couvert de l'olivier. L'effet association de culture, comme l'a montré le LER, n'a pas été mis en évidence, excepté un effet sur les adventices. La vesce et l'avoine cultivées en association sembleraient limiter le développement des adventices.

Cette étude se veut une étude préliminaire de l'association de cultures annuelles (vesce et avoine) avec l'olivier. Ainsi pour mieux évaluer l'effet des racines de l'association olivier/vesce/avoine sur le sol à leur proximité il serait préférable d'échantillonner dans la période où la vesce et l'avoine seront au maximum de leur croissance. De plus, pour remédier le problème de la baisse du rendement de l'association vesce/avoine il faudrait entreprendre une meilleure gestion des adventices. Cette étude a été menée sur une année, pour obtenir des résultats plus pertinents, il est nécessaire de répéter l'expérience durant trois années.

Références bibliographiques

Alexandrov, G. (2008). Climate Change 1 : Short-term Dynamics dans Collectif, Encyclopedia of Ecology : Global Ecology , Elsevier, Etats-Unis, p.588-591.

Alexis M. 1988. Nutrition minéral relation sol-plante. Ed .Lavoisier, Paris. V, 320p.

Allen, S.C., Jose, S., Nair, P.K.R., Brecke, B.J., Nkedi-Kizza, P., Ramsey, C.L. 2004. Safety-net role of tree roots : evidence from a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch) – cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. *Forest Ecology and Management* 192 : 395-407.

Anil L, Park J, Phipps R H, Miller F A (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass Forage Sci.* 53:301-317.

Anonyme 1 : Les associations de culture ou cultures associées à visée alimentaire (http://www.osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f6_culturesassociees-mise-en-page-osae-vf.pdf).

Anonyme 2 : Les Cultures Associées Céréale / Légumineuse En agriculture « bas intrants » dans le Sud de la France, Décembre 2012 (http://www.osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/bibliographie/f8_perfcomplaquetteculturesassociees.pdf).

Anonyme 3 : Les systèmes de cultures intercalaires avec arbres feuillus ([https://www.agrireseau.net/Agroforesterie/documents/Agroforesterie_cultures_intercalaires_FR\(1Mo\).pdf](https://www.agrireseau.net/Agroforesterie/documents/Agroforesterie_cultures_intercalaires_FR(1Mo).pdf)).

Anonyme 4 : Principes d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers, 2009 (<http://www.agroforesterie.fr/PAGESA.pdf>).

Anonyme 6 : Manuel d'instructions HI 99121 Trousse d'analyse du pH du sol. ([http://www.hannacan.com/PDF%20\(instructions%20FR\)/manHI99121_fr.pdf](http://www.hannacan.com/PDF%20(instructions%20FR)/manHI99121_fr.pdf)).

Anonyme 7 : Restaurer la planète. La plantation d'arbres permet de restaurer notre cadre de vie, ce qui bénéficie à la société, à l'environnement et à l'économie. (<http://www.compoverde.com/restaurer-la-planete.html>).

Anonyme 5: (<https://sites.google.com/site/pastoraldz/fiches-techniques-des-cultures/grandes-cultures/vesce>).

Anonyme 8: (<https://www.ofme.org/crpf/documents/fiches/273402.pdf>)

Arocena JM., Glowa KR. 2000. Mineral weathering in ectomycorrhizosphere of subalpine fir (*Abies lasiocarpa*(Hook.) Nutt.) as revealed by soil solution composition. *Forest Ecology and Management* 133, 61-70.

Baldy C. 1990. Le climat de l'olivier (*Olea europea* L.). *Ecologia Mediterranea* XVI, 113-121.

Barber S.A. 1974. Influence of the plant root on ion movement in soil. In *The plant root and its environment* E.W. Carson Ed. Univ. Press Virginia, Charlottesville. 691p.

Bazot, S 2005 Contribution à l'étude de l'allocation des photoassimilats récents dans la plante et la rhizosphère chez une graminée pérenne (*Lolium perenne* L.). Thèse doctorat. p 23.

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, 19-35.

Bedoussac, 2009. Analyse du fonctionnement des performances des associations blé dur-pois d'hiver et blé dur-féverole d'hiver pour la conception d'itinéraires techniques adaptés à différents objectifs de production en systèmes bas-intrants. Thèse Doctorat. p 18.

Betencourt E, 2012. Interactions entre céréale et légumineuse en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhizosphériques sous-jacents. Thèse Doctorat. p 6.

Bourbia, 2014. Biodisponibilité du potassium dans la rhizosphère de *Olea europea* L. Thèse Doctorat p 50-51.

Bret-Harte MS., Silk WK. 1994. Nonvascular, symplasmic diffusion of sucrose cannot satisfy the carbon demands of growth in the primary root tip of *Zea mays* L. *Plant Physiology* 105, 19-33.

- Castrignano, A. et al. (2011).** Using Digital Elevation Model to Improve Soil pH Prediction in an Alpine Doline. *Pedosphere*, 21(2), 259-270.
- Chiffot, V., Rivest, D., Olivier, A., Cogliastro, A., Khasa, D. 2009.** Molecular analysis of arbuscular mycorrhizal community structure and spores distribution in tree-based intercropping and forest systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131 : 32-39.
- Civantos L. 1998.** L'olivier, l'huile d'olive et l'olive. Ed. Conseil Oléicole International. 130p.
- Clarkson, D. T. 1985.** Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 36:77-115.
- Connolly J, Wayne P, Murray R (1990)** Time course of plant-plant interactions in experimental mixtures of annuals - Density, frequency, and nutrient effects. *Oecologia* 82:513-526.
- Courchesne F., Seguin V., Dufresne A., 2001.** Solid phase fractionation of metals in the rhizosphere of forest soils. In : Gobran G.R., Wenzel W.W. et Lombi E. (eds.). *Trace elements in the rhizosphere*, CRC Press, Boca Raton, 189-206.
- Darrah PR. 1993.** The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach. *Plant and soil* 155/156, 1-20.
- Davet P. 1996.** Vie microbienne du sol et production végétale. Ed I.N.R.A., 344 p.
- Dilkes NB., Jones DL., Farrar JF. 2004.** Temporal dynamics of carbon partitioning and rhizodeposition in wheat. *Plant Physiology* 134, 706-715.
- Dupraz, C., Liagre, F. 2008.** Agroforesterie – des arbres et des cultures. Editions France Agricole, Paris. 413 p.
- Fan, X.H., Tang C., Rengel Z. 2002.** Nitrate uptake, nitrate reductase distribution and their relation to proton release of five nodulated grain legumes. *Annals of Botany* 90:315323.
- Farrar JF., Minchin PEH., Thorpe MR. 1995.** Carbon import into barley roots: effects of sugar and relation to cell expansion. *Journal of Experimental Botany* 46, 1859-1865.

Gahoonia, T.S., Claassen N., Jungk A. 1992. Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass supplied with ammonium or nitrate. *Plant and Soil* 140:241–248.

Gobat J.M., Argano M., Matthey W. 2010. *Le sol vivant*. Ed. Lausanne. 522p.

Gobran G., Clegg S. 1996. A conceptual model for nutrient availability in the mineral soil root system. *Can J. Soil Sci.* 76, 125-135.

Gobran G., Clegg S., Courchesne F. 1998. Rhizospheric processes influencing the biogeochemistry of forest ecosystems. *Biogeochemistry* 42, 107–120.

Grayston S.J. Vaughan D. and Jones D. 1996. Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plant: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability. *Applied Soil Ecology* 5, 29-56.

Gregory P.J., 2006. Roots, rhizosphere and soils: the roots to a better understanding of soil science? *European Journal of Soil Science* 57, 2-12.

Harmsen., 2007. Measuring bioavailability: from a scientist approach to standard methods. *Journal of Environmental Quality* 36: 1420-1428.

Hauggaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen E S (2003) The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 65:289-300.

Hauggaard-Nielsen H, Jensen E S (2001) Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Res.* 72:185-196.

Hinsinger P. 2001. Bioavailability of trace elements as related to root-induced chemical changes in the rhizosphere. In *trace element in the rhizosphere* (G.R. Gobran, W.W. Wenzel and E. lombi Eds.) CRC Press LCC, Boca Raton, USA, 25-41.

Hinsinger P., Bengough AG., Vetterlein D., Young IM. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance- *Plant and soil* 321, 117-152.

Hinsinger P., Gobran G.R., Gregory P.J., Wenzel W. 2005. Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical process. *New phytologist* 168.

- Hinsinger P., Gregory P.J. 1998.** Structure and function of the rhizosphere: mechanisms at the soil-root interface. Synthesis. Symp. n° 43, 16ème Congrès Mondial des Sciences du Sol de Montpellier (France). 6p.
- Hinsinger P., Plassard C., Jaillard J. 2006.** Rhizosphere: A new frontier for soil biogeochemistry. *Journal of Geochemical Exploration* 88, 210- 213293-303.
- Hinsinger P., Plassard C., Tang C., Jaillard B. 2003.** Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their response to environmental constraints. *Plant and soil* 248, 43-59.
- Husson O. 2012.** Potentiel rédox (Eh) et pH, un cadre global de fonctionnement des systèmes sol/eau/plantes/microorganismes. [Http:// www.agropolis.fr/agronomie/ animation-scientifique – agroecologie.php](http://www.agropolis.fr/agronomie/animation-scientifique-agroecologie.php).
- Jensen E.S., 1996.** Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* 182, 25–38.
- Jones D.L., Nguyen C., Finlay R. 2009.** Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil root interface. *Plant and Soil* 21 (1-2), 5-33.
- Jones DL., Hodje A., Kuzyakov Y. 2004** Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytologist* 163, 459-480.
- Kirkby E.A., Knight A.H. 1977.** Influence of the Level of Nitrate Nutrition on Ion Uptake and Assimilation, Organic Acid Accumulation and Cation-Anion Balance in Whole Tomato Plants. *Plant Physiology* 60:349-353.
- Kirkby, E. A., Mengel, K. 1967.** Ionic balance in different tissues of the tomato plants in relation to nitrate, urea and ammonium nutrition. *Plant Physiology* 42:6–14.
- Kuzyakov Y., Domanski G. 2000.** Model for rhizodeposition and CO₂ efflux from planted soils and its validation by C¹⁴ pulse labelling of ryegrass. *Plant and Soil* 239 (1), 87-102.
- Lacombe, S., Bradley, R.L., Hamel, C., Beaulieu, C. 2009.** Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 25-31.
- Leidi, E. O., D. N. Rodriguez-Navarro. 2000.** Nitrogen and phosphorus availability limit N₂ fixation in bean. *New Phytologist* 147:337-346.

Lemanceau P., Pivato B., Mougel C., Avoscan L., Mazurier S. 2012. Diversité et activités microbiennes dans la rhizosphère : des atouts majeurs en agroécologie.

Lithourgidis A S, Vasilakoglou I B, Dhima K V, Dordas C A, Yiakoulaki M D (2006) Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Res.* 99:106-113.

Loussert R; Brousse G. 1978. L'olivier. G.P. Maison neuve Larose, 167-175.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant, 2nd ed. Academic Press, San Diego. 889p.

Mulhing KH., Schubert S., Mengel K. 1993. Role of plasmalemma H⁺ ATPase in sugar retention by roots of intact maize and field bean plants. *Z Pflanzenerahrung Bodenkunde* 156, 155-161.

Nguyen C. 2009. Rhizodeposition of Organic C by Plant: Mechanisms and controls. *Sustainable Agriculture, Part 1*, 97-123.

Nguyen C., Henry F. 2002. A carbon-14 glucose assay to compare microbial activity between rhizosphere samples. *Biology and Fertility of Soils* 35, 270-276.

Ofori F, Stern W R (1987) Cereal – legume intercropping systems. *Adv Agron* 41:41-90.

Price, G.W., Gordon, A.M. 1999. Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada, *Agroforestry Systems* 44 :141-149.

Raynold D. 1976. Evolution sédimentaire et tectonique du Nord-ouest de la grande Kabylie (Algérie) au cours du cycle Alpin. Thèse de doctorat d'état. Université Pierre et Marie Curie. Paris 6, 152p.

Remy, E., Cabrito T. R., Batista R. A., Teixeira M. C., Sa-Correia I., Duque P. 2012. The Pht1;9 and Pht1;8 transporters mediate inorganic phosphate acquisition by the *Arabidopsis thaliana* root during phosphorus starvation. *New Phytologist* 195:356-371.

Rengel Z., Marschner P. 2005. Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences. *New Phytologist* 168, 305-312.

Riley, D., Barber S.A. 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root–soil interface. *Soil Science. Society of American Proceeding* 35:301–306.

Rovira AD. 1969. Plant root exudate. *Botany Revue* 35, 35-57.

Schröder P., Hartmann A. 2003. Global Soils: New Developments in Rhizosphere Research. *J. Soils & Sediments* 3 (4). 227p.

Stamps, W.T., Linit, M.S. 1998. Plant diversity and arthropod communities: Implications for temperate agroforestry. *Agroforestry Systems* 39 : 73-89.

Stengel P., Gellin S. 1998. Le sol interface fragile. Collection mieux comprendre. INRA. 213 p.

Swinnen, J., Van Veen J.A., Merckx R. 1995. Carbone fluxes in the rhizosphere of winter wheat and spring barley with conventional vs integrated farming. *Soil boil. Biochem.* 27 (6), 811-820.

Tang, C., Barton L., Rapheal C. 1997. Pasture legume species differ in their capacity to acidify a low-buffer soil. *Australian Journal of Agriculture Research* 49:53-58.

Tang, C., Drevon J. J., Jaillard B., Souche G., Hinsinger P. 2004. Proton release of two genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by N nutrition and P deficiency. *Plant and Soil* 260:59-68.

Tremblay, G 2014 Séquestration du carbone atmosphérique dans la biomasse racinaire de plantations de saules. These en vue de l'obtention du grade de Maître des sciences (M.Sc.) en géographie option physique. p 01.

Trenbath 1993; Altieri 1999 Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crops Research* 34, 381-405; The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74:19-31.

Truog cité par MERELLE F. 1998. L'analyse de terre aujourd'hui. GEMAS. Nantes. 184p.

Vale M., Nguyen C., Dambrine E., Dupouey J.L. 2005. Microbial activity in the rhizosphere soil of six herbaceous species cultivated in a greenhouse is correlated with shoot biomass and root C concentrations *Soil Biology and Biochemistry* 37, 2329-2333.

Vandermeer 1989 ; Goldberg 1990 in Bedoussac 2009. Analyse du fonctionnement des performances des associations blé dur-pois d'hiver et blé dur-féverole d'hiver pour la conception d'itinéraires techniques adaptés à différents objectifs de production en systèmes bas-intrants. Thèse Doctorat. p 18.

Watteau F., Villemin G., Burtin G. et Jocteur - Monrozier L. 2006. Root impact on the stability and types of microaggregates in silty soil under maize, *European Journal of Soil Science* 57,247-257.

Wenzel W., Fitz T. 2005. Rhizosphere processes involved in phytoremediation of contaminated soils rhizosphere. Ecology and biogeochemistry group- www.rhizo.at.

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

Willey R.W., 1979. Intercropping - its importance and research needs. 1. Competition and yield advantages. *Field Crops Abstracts* 32, 1–10.

Yakoub B, 1996. Le problème de l'eau en Grande Kabylie. Le Bassin Versant du Sebaou et de la Wilaya de TiziOuzou. Ed. U.M.M.T.O., 210 p.

Zhang, F., Zhang S., Zhang J., Zhang R., Li, F. 2004. Nitrogen fertilization on uptake of soil inorganic phosphorus fractions in the wheat root zone. *Soil Science Society of America Journal* 68: 1890-1895.

Abréviations

A : taux d'argiles en %.

C : carbone.

CL : céréale / légumineuse.

C/N : carbone / azote.

Corg : carbone organique.

Da : densité apparente.

H/C : hors couvert.

H₂PO₄⁻ : dihydrogénophosphate.

HPO₄²⁻ : hydrogénophosphate.

G : sol global.

LER : Land Equivalent Ratio.

LF : taux de limon fin en %.

LG : taux de limon grossier en %.

O.N.M : Office National de Météorologie.

P : précipitations.

pH : potentiel Hydrogène.

RH : sol rhizosphérique.

SAU : Surface Agricole Utilisable.

S/C : sous couvert.

SCI : Systèmes de Cultures Intercalaires.

SF : taux de sable fin en %.

SG : taux de sable grossier en %.

WRB : World soil Reference Base.

Tableaux

Tableau 1 : moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M.)).....	26-
Tableau 2 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période Juin 2015 à Mai 2016 de la région de Tizi-Ouzou (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M.)).....	27-
Tableau 3 : répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou 2006 /2015 (O.N.M de Tizi-Ouzou).....	27-
Tableau 4 : Moyenne des températures mensuelle durant la période de Juin 2015/Mai 2016 de la région de Tizi-Ouzou.....	28-
Tableau 5 : Principales caractéristiques de la parcelle expérimentale.....	30-
Tableau 6 : Traitements de l'expérimentation.....	31-
Tableau 7 : la répartition des traitements dans la parcelle suivant le dispositif en bloc aléatoire complet élaboré par (communication orale, Allili, 2015).....	31-
Tableau 8 : répartition des traitements sur les blocs.....	32-
Tableau 9 : les quantités de graines semées par bloc.....	34-
Tableau 10 : désignation et dénombrement des sols prélevés.....	35-
Tableau 11 : Quelques analyses physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale.....	40-
Tableau 12 : Résultat d'analyse de la variance du pH de l'association olivier / vesce.....	44-
Tableau 13 : Résultats du test NEWMAN KEULS pour le traitement vesce sous couvert...-	44-
Tableau 14 : Résultats d'analyses de la variance du pH de l'association olivier / avoine / vesce.....	46-
Tableau 15 : Résultat du test NEWMAN-KEULS pour le traitement Mélange + Olivier.....	46-
Tableau 16 : rendements de l'association avoine / vesce.....	55-

Figures

Figure 1 : Culture associée (légumineuse - céréale) (Anonyme2).....	-5-
Figure 2 : Système associant des frênes d'Amérique et du blé à la station de recherche en agroforesterie de l'Université de Guelph, en Ontario. (Anonyme 3).....	-6-
Figure 3 : Avantages d'un système de cultures agroforestier. (C. Dupraz, INRA).....	-8-
Figure 4 : Mélange Vesce + Avoine. (O. Husson et al., 2012).....	-9-
Figure 5 : Vesce commune (photoflora.free.fr).....	-10-
Figure 6 : Avoine (<i>Avena sativa</i>) (O. Husson et al., 2012).....	-11-
Figure 7 : Principaux composants de la rhizosphère (d'après Wenzel et Fitz, 2005).....	-13-
Figure 8 : impact des exsudats racinaires sur la densité microbienne dans la rhizosphère (Lemanceau et al., 2012).....	-15-
Figure 9 : Représentation schématique des interactions physico-chimiques entre racine, solution et constituants minéraux du sol dont la rhizosphère est le siège (Hinsinger, 2001).....	-16-
Figure 10 : Interactions entre les rhizosphères des légumineuses et des céréales, (Anonyme2).....	-17-
Figure 11 : Schéma d'assimilabilité des éléments nutritifs par les végétaux en fonction du pH du sol (Truog et Mérelle, 1998).....	-19-
Figure 12 : Principale origine des variations de pH dans la rhizosphère : équilibre des charges absorbées (Hinsinger et al, 2003).....	-21-
Figure 13 : Cycle du carbone, (Anonyme7).....	-22-
Figure 14 : Modèle simplifié présentant le carbone issu de la photosynthèse importé jusqu'aux racines puis transféré dans le sol (d'après Dilkes et al., 2004 in Bazot ., 2005).....	-24-
Figure 15 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015).....	-28-
Figure 16 : Vue satellitaire de la situation géographique de la parcelle expérimentale (Source : Google Earth 2016).....	-29-

Figure 17 : Vue satellitaire de la répartition des blocs sur le terrain.....	-32-
Figure 18 : Schéma explicatif de la surface semée.....	-33-
Figure 19 : schéma d'un bloc montrant les zones sous l'influence du couvert de l'olivier « sous couvert » et les zones indemnes de cette influence « hors couvert ».....	-33-
Figure 20 : prélèvement des racines et du sol accolé au système racinaire (à gauche : avoine, à droite : vesce).....	-36-
Figure 21 : Séchage des échantillons à l'air libre.....	-37-
Figure 22 : Photographie du profil pédologique réalisé sur le terrain.....	-39-
Figure 23 : Variation du pH du sol global et du sol rhizosphérique de l'olivier en monoculture.....	-41-
Figure 24 : valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / avoine sous et hors couvert.....	-43-
Figure 25 : valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / vesce sous et hors couvert.....	-45-
Figure 26 : valeurs du pH du sol global et du sol rhizosphérique dans le cas de l'association olivier / avoine / vesce sous et hors couvert.....	-47-
Figure 27 : taux de carbone organique (‰) de l'olivier en monoculture.....	-50-
Figure 28 : taux de carbone organique (‰) de l'association Olivier/avoine.....	-50-
Figure 29 : taux de carbone organique (‰) de l'association olivier/vesce.....	-51-
Figure 30 : taux de carbone organique (‰) de l'association Olivier/vesce/avoine.....	-52-
Figure 31 : Rendements de l'avoine et de la vesce pure en hors couvert.....	-56-
Figure 32 : rendement de l'association vesce / avoine en hors couvert.....	-57-
Figure 33 : Rendement de l'avoine et de la vesce en sous couvert de l'olivier.....	-58-
Figure 34 : rendement de l'association vesce / avoine en sous couvert de l'olivier.....	-58-

Résumé

L'objectif de cette étude était de réaliser une association de culture en agroforesterie. Cette expérimentation a pour but de suivre l'évolution des rendements d'une part et d'autre part le suivi du pH et du taux de carbone organique de la rhizosphère. Notre choix s'est porté sur une association olivier/vesce/avoine. Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets a été utilisé, l'expérimentation comprend quatre traitements avec quatre répétitions chacun. L'échantillonnage a été réalisé 125 jours après le semis et a concerné le sol global et le sol rhizosphérique de chaque culture. Les résultats obtenus lors de cette étude montrent une diminution des rendements en association ($LER = 0.82 < 1$) et des variations non significatives du pH et du taux de carbone organique de la rhizosphère. Cependant la vesce sous couvert de l'olivier a réussi à acidifier significativement sa rhizosphère (pH rhizosphérique $8.04 < \text{pH global } 8.18$). L'étude a toutefois démontré un effet de l'association vesce/avoine sur les adventices, il semblerait que lorsqu'elles sont associées la vesce et l'avoine limitent le développement des adventices. Cette étude n'a pas confirmé les avantages des associations de cultures légumineuse /céréale en terme de rendements. Afin d'obtenir des résultats plus probants, il est nécessaire de renouveler l'expérience durant 3 années.

Mots clés : Association Olivier/vesce/avoine, Rhizosphère, pH, Carbone, Land Equivalent Ratio

Abstract

The objective of this work was to study rhizosphere chemistry and yields of olive tree, vetch and oats intercropping. A complete block randomized design was used with four treatment: mono specific olive tree; olive tree vetch; olive tree oats; vetch olive tree oats intercropping. After 125 days of seedling, sampling of biomass and bulk soil and rhizospheric soil of each crop was carried out. The main results showed a decrease of yield of intercropping vetch oats indicated by the value of $LER = 0.82 < 1$ and low changes of rhizosphere chemistry. Indeed, the rhizospheric pH and carbon organic were no significantly different of pH and organic carbon of bulk soil, except vetch cultivated under olive tree cover which acidified significantly its root zone (rhizosphere pH $8.04 < \text{overall pH } 8.18$). Vetch oats intercropping limited development of weeds. The benefits of legume cereal intercropping on yield and rhizosphere chemistry were not shown in this study. To obtain more conclusive results, it is necessary to repeat the experience for 3 years.

Keywords: Intercropping system, Olive tree, vetch, oats, rhizosphere, pH, carbon, Land Equivalent Ratio.