

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques.

MEMOIRE

*En vue de l'obtention du diplôme de Master II 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 $K (HNO_3)$ de la
rhizosphère.*

Réalisé par : M^{me} MADI Nadia épouse DJEDID.

Devant le jury :

Présidente: M^{elle} OMOURI O. M. A. A. U.M.M.T.O.

Examineur : M^r MEROUKI K. M. A. A. U.M.M.T.O.

Examineur: M^r ARKOUB M. M. A. A. U.M.M.T.O.

Promotrice: M^{me} MOUAS BOURBIA S. M. C. B. U.M.M.T.O.

Invité: M^r HALLICHE A. Subdivisionnaire des services agricoles d'Ouadhia

Promotion 2015/2016

Dédicaces



*Je dédie ce travail à tous ceux qui
me sont chers*

Remerciements

J'exprime toute ma reconnaissance à **M^{me} BOURBIA S.** Maitre de conférence à l'U.M.M.T.O., d'avoir acceptée de m'encadrer, de m'orienter tout au long de ce travail et de ses conseils qui m'ont été d'un apport capital.

Je tiens à remercier :

M^{elle} OMOURI O. Maitre assistante et chargée de cours à l'U.M.M.T.O. de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Mr MEROUKI K. Maitre assistant et chargé de cours à l'U.M.M.T.O. pour son aide et pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

Mr ARKOUB M. Maitre assistant et chargé de cours à l'U.M.M.T.O. pour son aide et pour son aide et pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

Mr HALICHE A. Ingénieur en Agronomie et Responsable de la subdivision d'Ouadhia pour son aide précieuse lors de la recherche d'une parcelle expérimentale et pour son orientation sur le terrain.

M^r TAMEN S. Ingénieur en Agronomie et Directeur de l'I.T.M.A.S. de TIZI OUZOU, de m'avoir donné l'opportunité à réaliser mon master II en Réhabilitation et restauration des sols.

M^{me} TEBICHE G. et M^{elle} ISSAOUNE D. Ingénieurs de laboratoire à la faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques à l'U.M.M.T.O.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tous ceux et celles qui m'ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail.

La liste des figures

Figure 1 : Développement des adventices par rapport aux cultures pures de céréales.....	5
Figure 2 : Développement des adventices par rapport aux cultures pures de légumineuses	5
Figure 3 : Disponibilité du phosphore dans la rhizosphère du blé dur, du pois chiche et de leurs associations	6
Figure 4 : Rendement du blé dur pur et en associé INRA Toulouse (2006/2007)	7
Figure 5 : La vesce (Husson O. et al., 2008)	10
Figure 6 : Le système racinaire de la Vesce (Husson et al., 2012)	10
Figure 7 : L'avoine (Husson et al., 2008)	11
Figure 8 : Le système racinaire de l'Avoine (Husson et al., 2012)	11
Figure 9 : Coupe d'une racine de blé et de sa rhizosphère Photo: <i>Watt et al.</i> , In "Functional Plant Biology" Lines-Kelly, 2005	14
Figure 10: Carte de pH rhizosphérique montrant les changements de pH tout le long du système racinaire	16
Figure11 : Image satellitaire présentant la parcelle expérimentale, source Google earth.....	21
Figures 12 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gausson de La Region de Tizi Ouzou (2005(11)2015)	23
Figure13 : Dispositif expérimental sur le terrain	26
Figure 14 : présentation du sol sous couvert et couvert et hors couvert échantillonné sur la parcelle d'étude.....	27
Figure 15: Echantillon de sol global (Gx 1)	27
Figure16 : Echantillon du sol rhizosphérique de l'avoine (cas de la parcelle 12) GX1.....	28
Figure 17 : Echantillon du sol rhizosphérique de la vesce (cas de la parcelle 16) GX1	28
Figure 18: Echantillon du sol rhizosphérique de la vesce (cas de la parcelle 6) GX1	29

Figure 19 : séchage des sols échantillonnés (Gx1)	29
Figure 20: Mesure de la densité apparente par la méthode du cylindre	30
Figure 21 : Fauchage de la végétation (cas de la vesce hors couvert) Gx1	31
Figure 22 : Echantillons de végétation cas de l'association vesce/avoine/ olivier hors couvert (Parcelle 14) Gx1.....	31
Figure 23 : Echantillons de végétation cas de l'association vesce/ olivier sous couvert (Parcelle 3) Gx1.....	32
Figure 24 : Photographie du profil pédologique réalisé sur le terrain.....	34
Figure 25 : Teneurs en K (HNO ₃) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique	38
Figure 26 : Teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols globaux prélevés sous olivier en culture mono-spécifique et en association	39
Figure 27 : Teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés sous olivier en culture mono-spécifique et en association	40
Figure 28 : Les teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols globaux prélevés en hors couvert de olivier cultivé en association avec la vesce et/ou à l'avoine.....	42
Figure 29 : Les teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés en sous-couvert de l'olivier cultivé en association avec la vesce et/ou à l'avoine.....	42
Figure 30 : Les teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols globaux prélevés sous l'olivier conduit en association avec la vesce et/ou à l'avoine.....	44.
Figure 31 : Les teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés sous l'olivier conduit en association avec la vesce et/ou à l'avoine.....	44.
Figure 32 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en hors couvert	46
Figure 33 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en sous couvert	46
Figure 34 : Biomasse aérienne fraîche des adventices Kg/ha hors couvert.....	47

Figure 35 : Biomasse aérienne fraîche des adventices Kg/ha sous-couvert.....	48
Figure 36 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en hors couvert ...	49
Figure 37 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en sous couvert.....	50
Figure 38 : Biomasse aérienne sèche des adventices Kg/ha en hors couvert.....	51.
Figure 39 : Biomasse aérienne sèche des adventices Kg/ha en sous couvert.....	51

La liste des tableaux

Tableau 1: Les intérêts agronomiques des cultures associées	3
Tableau 2 : Les intérêts environnementaux des cultures associées	4
Tableau 3 : Les intérêts économiques des cultures associées	4
Tableau 4 : Les principales cultures associées pratiquées	7
Tableau 5: Étapes du cycle végétatif de l'olivier	8
Tableau 6 : Les atouts et les limites de l'association de la vesce et de l'avoine (C.A.A.)	12
Tableau 7 : Moyennes des précipitations mensuelles pour la période de 2005 à 2015 de la région d'étude	22
Tableau 8 : Répartition des températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la région d'étude pour la période de 2005 à 2015.....	22
Tableau 9: Moyenne des températures mensuelle durant la période de Juillet 2015/Mai 2016 de la région d'étude	23
Tableau 10 : Moyenne des pluviométries mensuelle durant la période de juillet 2015/Mai 2016 de la région d'étude	24
Tableau 11 : Résultats de l'analyse granulométrique et de la densité apparente en fonction des horizons	35
Tableau 12: Résultats du pH, du calcaire et du carbone	36
Tableau 13 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique	37
Tableau 14 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique et en association	39
Tableau 15 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols prélevés en hors couvert de l'olivier cultivé en association à de la vesce et/ou à l'avoine	41
Tableau 16 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO ₃) mg/100g des sols prélevés sous l'olivier cultivé en association à de la vesce et/ou à l'avoine	43

Tableau 17 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et de l'avoine obtenu en hors couvert et sous-couvert	45
Tableaux 18 : Biomasse aérienne fraîche des adventices en Kg/ha obtenus en hors couvert et sous-couvert	47
Tableau 19 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et de l'avoine obtenus en hors couvert et sous couvert	49
Tableau 20 : Biomasse aérienne sèche des adventices en Kg/ha obtenus en hors couvert e sous couvert	50

La liste des abréviations

A : Argile

A/O : Association de l'avoine et de l'olivier

A/V/O : Association de la vesce avec l'avoine et l'olivier

C : Carbone

C.A. : Cultures associées

CaCO₃ : Carbonates de calcium

C.C.A. : Chambre d'agriculture d'aquitaine

C.V. : Coefficient de variation

Da : Densité apparente

G : Sol global

G.E.P.P.A. : Groupe d'Etude pour les Problèmes de Pédologie Appliquée

H.C. : Hors couvert

HCl : Acide chloridrique

HNO₃ : Acide nitrique

H₂O₂ : L'eau oxygénée

K : Potassium

K (HNO₃) : Potassium extractible à l'acide nitrique

L.A. : Limono-argileux

LER : Land Equivalent Ratio

L.F. : Limon fin

L. G. : Limon grossier

M : Moyenne

N : Azote

O: Olivier

O.N.M : Office National de Météorologie.

P. : Phosphore

P : Précipitations.

pH : Potentiel d'hydrogène.

Rh. : Sol rhizosphérique

SAU : Surface Agricole Utilisable.

S.F. : Sable fin

S.C. : Sous-couvert

S.G. : Sable grossier

V/O : Association de la vesce et olivier

WRB : World soil Reference Base.

Table des matières

Introduction.....	1
-------------------	---

A-Synthèse Bibliographique

<i>1. Les cultures associées.....</i>	<i>3</i>
1.1. Généralités sur les cultures associées	3
1.2. Intérêts des cultures associées	3
1.2.1. Les intérêts agronomiques	3
1.2.2. Les intérêts environnementaux	4
1.2.3. Les intérêts économiques	4
1.3. Effets des cultures associées	5
1.3.1. Effet des cultures associées sur le développement des adventices	5
1.3.2. Effet des cultures associées sur la disponibilité du phosphore dans la rhizosphère.....	6
1.3.3. Effet des cultures associées sur les rendements	7
1.4. Les principales cultures associées pratiquées :	7
2. Les cultures installées en association	8
2.1. L'olivier	8
2.1.1. Généralités	8
2.1.2. Le cycle végétatif de l'olivier	8
2.1.3. Le système racinaire de l'olivier	9
2.1.4. Les exigences de l'olivier en potassium	9
2.1.5. Le potassium dans la rhizosphère de l'olivier	9

2.2. la vesce	10
2.2.1. Généralités	10
2.2.2 Le système racinaire	10
2.3. L'avoine	11
2.3.1. Généralité	11
2.3.2. Le système racinaire	11
3. Choix des espèces installées en cultures associées	12
3.1. La complémentarité entre espèces	12
3.2. Intérêts de l'avoine	12
3.3. Intérêts de la vesce	13
4. La rhizosphère	13
4.1. Définition	13
4.2. Impact de l'activité racinaire sur la rhizosphère	14
4.2.1. Les modifications physiques	14
4.2.2. Les modifications chimiques	15
4.2.3. Les modifications biologiques	16
4.3. L'ampleur spatiale de la rhizosphère	17
4.4. La rhizosphère des cultures associées	17
5. Le potassium	17
5.1. Généralités	17
5.2. Rôle du potassium dans la plante	18
5.3. Les formes du potassium dans le sol	19

5.3.1. Potassium soluble	19
5.3.2. Potassium assimilable	19
5.3.3 Potassium des réserves	19
5.3.4. Potassium fixé ou rétrogradé	19
5.3.5. Potassium organique	20
5.4. Equilibre entre les différentes formes du potassium dans le sol	20

B-Étude du milieu

1. Présentation de la zone d'étude	21
1.1. Présentation géographique de la zone d'étude	21
1.2. Aspects géologique et géomorphologique.....	21
1.3. Données climatiques	21
1.3.1. Pluviométrie	22
1.3.2. Température	22
1.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	22
1.3.4. Données climatiques au cours de l'expérience	23

C-Matériels et méthodes

1. Le dispositif expérimental	25
2. Echantillonnage des sols	27
2.1. Echantillonnage du sol global	27

2.2. Echantillonnage du sol rhizosphérique	28
3. Analyse des sols	29
3.1 Les analyses physiques	30
3.2 Les analyses chimiques	30
4. Ouverture d'un profil pédologique	30
5. Echantillonnage de la végétation	31
6. Etude de la matière végétale	32
7. L'analyse statistique	33

D-Résultats et discussion

1. Sol de la station d'étude	34
1.1. Description du profil	34
1.2. Caractéristiques morphologiques des horizons	35
2. Résultats des analyses du sol	35
2.1. Caractéristiques physiques	35
2.2. Caractéristiques chimiques	36
2.2.1. Résultats du pH, du calcaire et du carbone	36
3. Potassium extrait à l'acide nitrique du sol global et rhizosphérique	37
Cas de l'olivier	37
Olivier en association avec la vesce et de l'avoine	39
A/ hors couvert	41
B. Sous couvert	43
4. Biomasse aérienne fraîche des cultures	45
5. Biomasse aérienne sec des cultures	48

Conclusion..... 52

Annexes

Références bibliographiques

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier les variations du pool non échangeable dans le sol global et rhizosphérique des cultures installées en association d'une part et d'autre part le suivi de l'évolution des rendements afin d'évaluer les performances de cette association.

Les analyses sont effectuées sur deux fractions de sol qui sont : le sol global et le sol rhizosphérique prélevés en sous-couvert et hors couvert de l'olivier. L'évaluation des rendements est réalisée en pesant les poids frais et sec des échantillons de la matière végétale prélevés.

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent une différence significative en K (HNO_3) pour les deux fractions du sol global et rhizosphérique de l'olivier conduit en culture monospécifique.

Les résultats de l'olivier cultivé en association révèlent que c'est la culture de vesce qui se développe le mieux avec l'olivier sans influencé les teneurs des sols rhizosphériques en K (HNO_3) de ce dernier, comparativement aux autres cultures.

Les résultats de l'association en hors couvert et sous couvert révèlent pour l'acquisition en K (HNO_3) ; une facilitation entre l'olivier cultivé en association avec la vesce et compétition lors qu'il est conduit en association avec la culture d'avoine.

L'effet association de culture, comme l'a montré le LER, n'a pas été mis en évidence, cependant la vesce et l'avoine cultivée en association semblerait limiter le développement des adventices.

Introduction

Les associations de cultures sont utilisées depuis l'aube de l'agriculture mais elles ont progressivement disparu avec l'intensification des agro-écosystèmes, durant le 20^{ème} siècle, au profit des systèmes fondés sur des peuplements cultivés mono-spécifiques. Ces systèmes sont actuellement remis en cause avec l'émergence des préoccupations d'économie d'intrants, la nécessité d'améliorer l'efficacité des facteurs de production et de préserver l'environnement et la biodiversité (Hinsinger, 2012). Les associations de cultures présentent divers intérêts ; agronomiques, environnementaux et économiques (Osaé, 2012). Les espèces associées établissent des interactions négatives ou positives pour exploiter les ressources du milieu. Elles établissent aussi des relations symbiotiques avec des micro-organismes du sol de la famille des rhizobiums qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique (Hinsinger, 2012).

La wilaya de Tizi Ouzou présente un territoire de 2 958 Km² à prédominance montagneuse avec 80% des terres en pente supérieure à 12 %, la superficie des exploitations ne dépasse pas en moyenne 1,5 ha (D.S.A., 2010). Les sols se trouvent souvent appauvris en matière organique conséquence des fortes pentes qui favorisent l'érosion et la perte de nutriments. Il est donc nécessaire de valoriser la moindre S.A.U. d'une manière écologique afin de préserver les sols.

Notre étude a été conditionnée par ce contexte général. Elle a consisté dans la mise en place de l'association O/V/A 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.

La wilaya de Tizi-ouzou est caractérisée par une oléiculture de montagne spécialisée dans la production d'huile d'olive. Ce sont des oliveraies séculaires typiquement extensives et à l'échelle familiale dont les pratiques culturales sont presque inexistantes. Ces oliveraies se rencontrent généralement sur des reliefs accidentés et des terres qui ne sont pas adaptées et qui ne permettent pas de bien exprimer le potentiel génétique de chaque variété (Boukhari, 2014).

Le potassium revêt une importance majeure chez l'olivier, il intervient dans sa nutrition notamment en période de pleine croissance végétative, pendant la floraison et au moment du grossissement du fruit. En effet une bonne alimentation en cet élément permet

d'obtenir de beaux fruits et une bonne conservation (Boulouha, 1995). Le potassium joue également un rôle osmo régulateur indispensable pour le maintien du statut de l'eau dans les cellules. Il intervient dans la réduction de la transpiration. L'ouverture des stomates est conditionnée par une concentration élevée en K^+ dans les cellules de garde (Morel, 1989). Il est l'élément le plus difficile à maintenir à un niveau adéquat pour le développement de la récolte en ce qui concerne la culture de l'olivier. Cela est dû, d'une part au fait que les 2/3 du potassium est localisée dans le fruit à la période de la cueillette et d'autre part, à la faible mobilité du potassium dans les sols et à la grande facilité de ceux-ci pour fixer les engrais potassiques (Martinez et Sanchez, 1975).

Les associations d'espèces pourraient améliorer le fonctionnement rhizosphérique (aspects physiques, chimiques et/ou biologiques). La disponibilité des éléments peu mobiles peut être aussi améliorée par la présence d'autres espèces. Par ailleurs, l'insertion de plantes de services est susceptible d'améliorer le potentiel mycorhizogène des sols. Les symbioses entre plantes cultivées et mycorhizes permettent d'améliorer l'accès aux ressources du sol et la résistance à des stress biotiques et abiotiques. De plus, par la qualité des composés rhizodéposés par ses racines, l'insertion d'une légumineuse de service peut avoir un effet sur la qualité de la matière organique et sa dégradabilité (Melissa et al., 2013 ; Morison et al., 2014).

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'impact des cultures associées sur la dynamique du potassium dans le sol global (sol qui n'est pas sous l'effet des racines), et sur le sol rhizosphérique de l'olivier, vesce et l'avoine.

Le présent mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

Chapitre I: synthèse bibliographique.

Chapitre II: étude du milieu.

Chapitre III: matériel et méthodes.

Chapitre IV: résultats et discussion.

Enfin une conclusion générale avec quelques recommandations et perspectives sur les possibilités de développement du travail.

A-Synthèse Bibliographique

1. Les cultures associées

1.1. Généralités sur les 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. 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 (Hinsinger, 2012)

1.2. Intérêts des cultures associées

Les cultures associées présentent divers intérêts ; des intérêts agronomiques, environnementaux et économiques (Osaé, 2012).

1.2.1. Les intérêts agronomiques

Plusieurs intérêts agronomiques résultent de l'association entre plusieurs cultures (tab.1).

Tableau 1: Les intérêts agronomiques des cultures associées

Rendement global de la culture	Teneur en protéines des céréales	Maîtrise des bio-agresseurs
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rendement supérieur de 20 % en comparaison de la culture pure¹ en conventionnel et en conduite à bas niveau d'intrants ■ Biodisponibilité plus importante de l'azote et des autres éléments minéraux (P, K) pour la céréale ■ Complémentarité des espèces vis-à-vis des autres facteurs de croissance (eau, lumière). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gain de près de 5 points en protéines en comparaison d'une « céréale pure » <i>Epis moins nombreux mais plus riche en protéines</i> ■ Diminution du risque de mitadinage 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet barrière de l'association diminuant l'attaque des ravageurs (nématodes, sitone du pois, pucerons des crucifères) ■ Moindre sensibilité aux maladies, notamment fongiques (densité du semis plus faible et choix de variétés résistantes) ■ Propriétés allélopathiques et d'étouffement combinés du couvert.
Fertilité du sol	Résistance à la verse	Réduction du stress hydrique
<ul style="list-style-type: none"> ■ Effets positifs des mélanges sur la structure du sol grâce à leurs systèmes racinaires complémentaires et à l'action mécanique des racines. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet tuteur des céréales limitant les risques de verse de l'association. Exemple de la vesce sensible à la verse. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Meilleure résistance à la sécheresse du mélange d'espèces par rapport à la culture d'espèce unique (meilleure utilisation de l'espace ; prospection racinaire)

1.2.2. Les intérêts environnementaux

Plusieurs intérêts environnementaux résultent de l'association entre plusieurs cultures (tab.2).

Tableau 2 : Les intérêts environnementaux des cultures associées

Sécurisation du rendement	Réduction des charges opérationnelles et de mécanisation	Autonomie alimentaire des élevages
<ul style="list-style-type: none"> ☛ La diversité des espèces sécurise un rendement minimum. 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Moindre utilisation de produits phytosanitaires et/ou d'engrais azotés ☛ Utilisation de semences fermières 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Amélioration de la qualité nutritionnelle et de la teneur en protéines de la ration ☛ Marché porteur lié au développement de l'élevage biologique en porcs/volailles.

1.2.3. Les intérêts économiques

Plusieurs intérêts économiques résultent de l'association entre plusieurs cultures (tab.3).

Tableau 3 : Les intérêts économiques des cultures associées

Economie en intrants	Pollinisateurs favorisés	Réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)
<ul style="list-style-type: none"> ☛ Stimulation par la céréale de la fixation symbiotique de la légumineuse (fixation de l'N d'autant plus élevée que l'N disponible dans le milieu est faible) ☛ Réduction des risques de lixiviation des nitrates et autres polluants ☛ Limitation des fongicides et dans une moindre mesure des herbicides 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Cultures mellifères attractives pour les pollinisateurs (colza, tournesol, légumineuses annuelles, sarrasin, etc.). <i>Ex : Association orge / pois favorable au carabe prédateur des parasites de l'orge.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Emission de l'association blé / pois 30 à 60% inférieur à celle en cultures pures (effet de la réduction du N min)

1.3. Effets des cultures associées

1.3.1. Effet des cultures associées sur le développement des adventices

Selon BEDOUSSAC et al.,(2011)

- Les associations ne limitent pas le développement des adventices par rapport aux cultures pures de céréales (Fig. 1).
- Les associations limitent le développement des adventices par rapport aux cultures pures de légumineuses (Fig. 2).

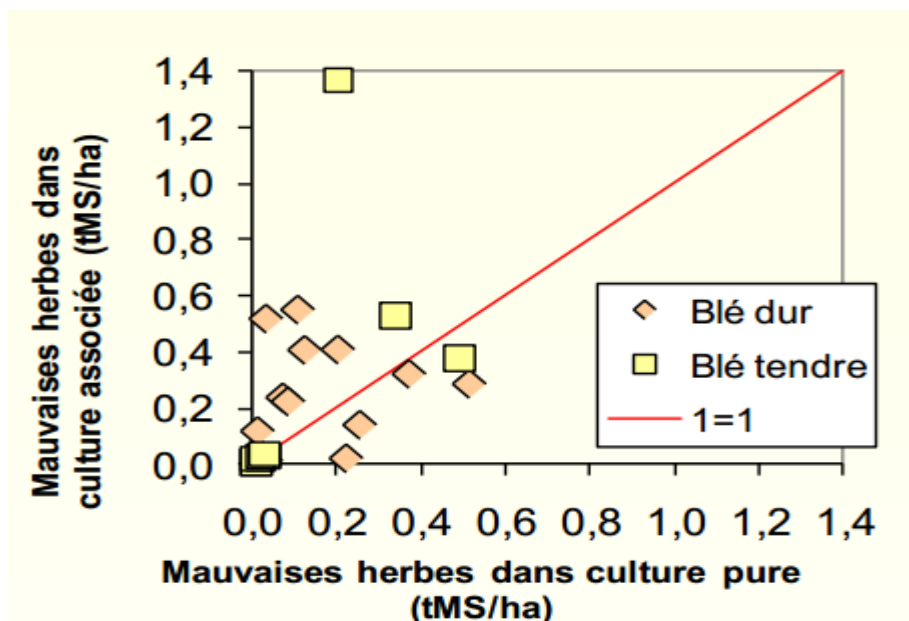


Figure 1 : Développement des adventices par rapport aux cultures pures de céréales

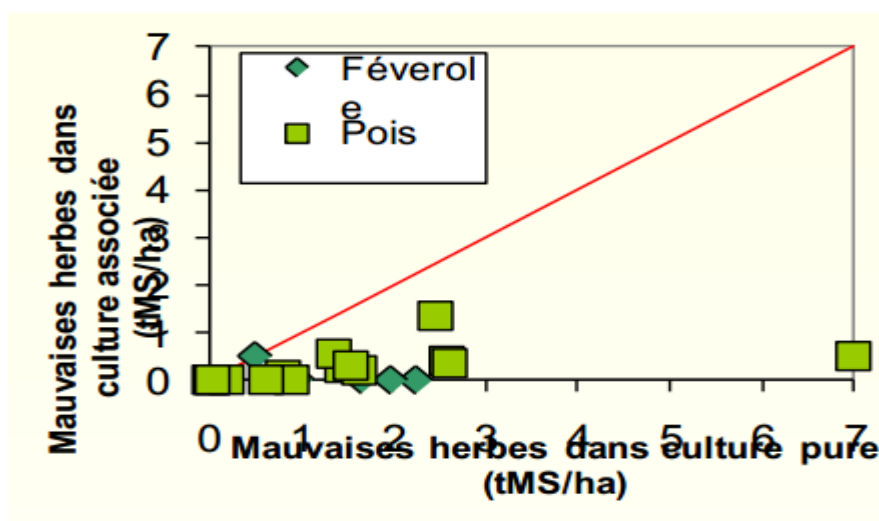


Figure 2 : Développement des adventices par rapport aux cultures pures de légumineuses.

1.3.2. Effet des cultures associées sur la disponibilité du phosphore dans la rhizosphère

Dans une expérience en pot avec un sol pauvre en P disponible (P Olsen), une augmentation significative de la disponibilité de P dans la rhizosphère du blé dur a été observée, plus encore lorsqu'il est cultivé en association avec le pois-chiche (fig.3). Cette augmentation de la disponibilité de P était plus marquée chez le pois-chiche, et significativement plus lorsque celui-ci était associé au blé dur (Hinsinger, 2012).

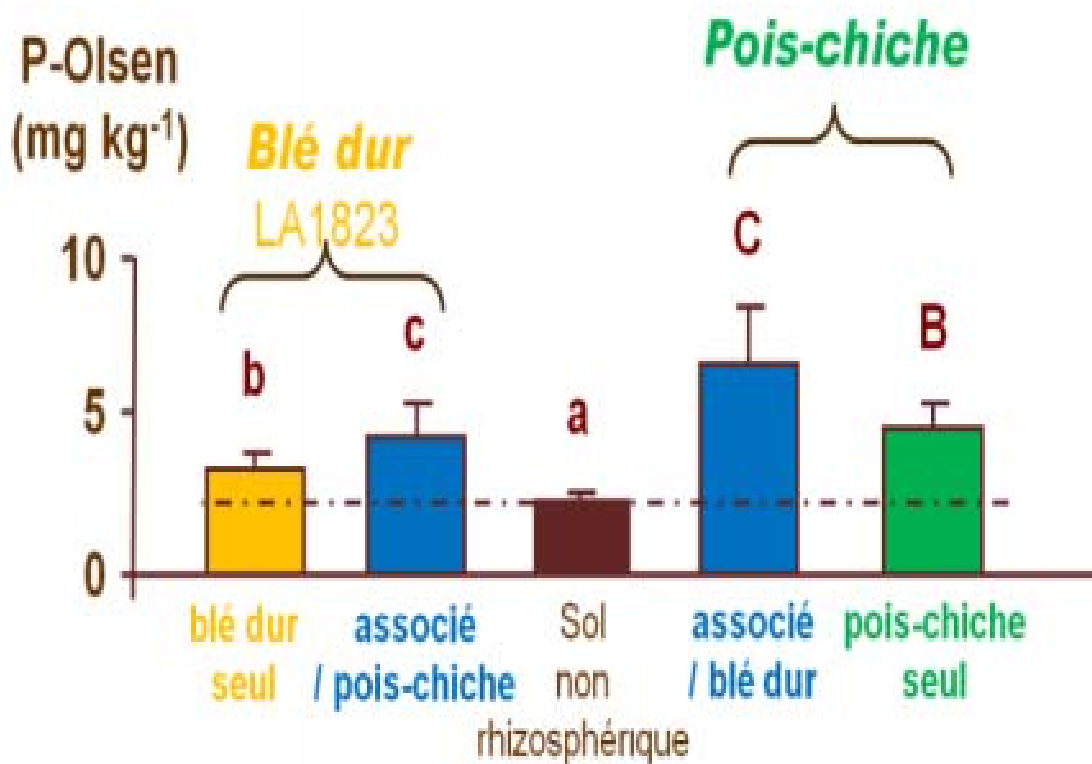


Figure 3 : Disponibilité du phosphore dans la rhizosphère du blé dur, du pois chiche et de leurs associations

1.3.3. Effet des cultures associées sur les rendements

La figure 4 montre que le rendement du blé est réduit en C. A. (cultures associées), mais le rendement global de la C.A. est supérieur ou égal au rendement du blé pur. Le LER (Land Equivalent Ratio) > 1 indique une meilleure utilisation des ressources (lumière, N, eau, ...) en C.A. par rapport aux cultures mono-spécifiques (JUSTES, BEDOUSSAC et al., 2008).

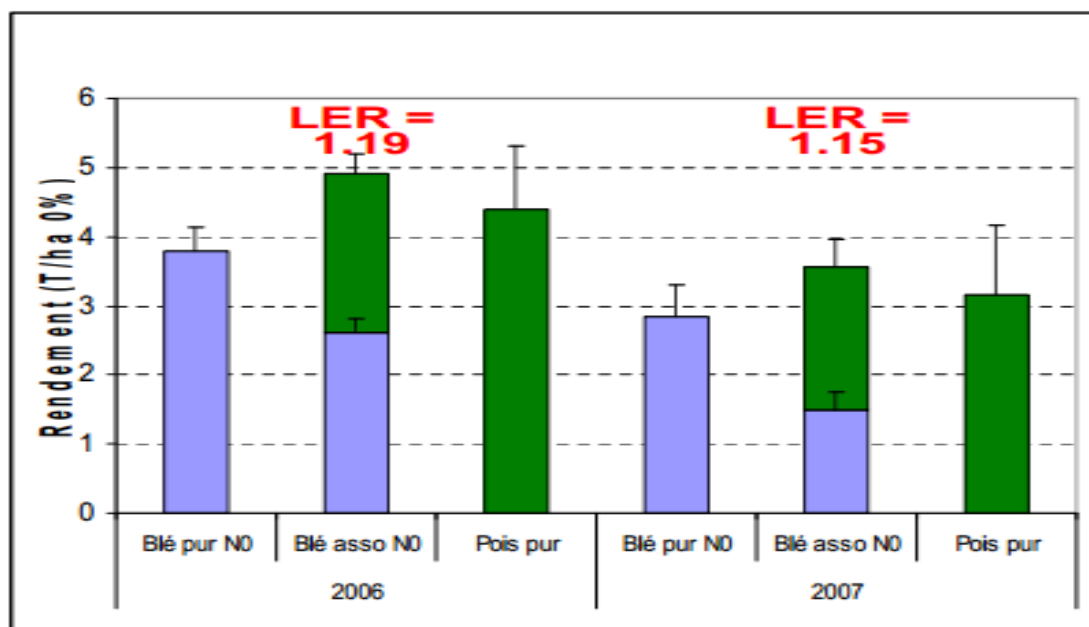


Figure 4 : Rendement du blé dur pur et en associé INRA Toulouse(2006/2007)

1.4. Les principales cultures associées pratiquées :

En fonction des objectifs, les principales cultures associées pratiquées sont présentées au tableau 4 (Hinsinger, 2012) :

Tableau 4 : Les principales cultures associées pratiquées

Objectifs	Cultures associées pratiquées	Commentaires
Améliorer le taux de protéines du blé meunier ou du blé dur semoulier	Blé tendre ou blé dur associés à des pois protéagineux ou des féveroles	Nécessite du matériel de tri performant sur l'exploitation
Améliorer le taux de protéines d'un mélange de grains de céréales fourragères et de protéagineux	Céréales fourragères (triticale, orge, avoine) associées à des féveroles, à des pois protéagineux ou fourragers ou à des vesces	« Méteils » de plusieurs espèces céréalières et de légumineuses
Produire du fourrage de cultures annuelles riches en protéines	Céréales fourragères (avoine, triticale) associées à des pois fourragers ou à des vesces	Récolte immature en fourrage enrubbanné pour une production abondante et de qualité tout en limitant la fertilisation azotée

2. Les cultures installées en association

2.1. L'olivier

2.1.1. Généralités

L'olivier (*Olea europaea*) est une espèce emblématique et des plus répandues dans le bassin méditerranéen. L'olivier occupe une grande part dans l'économie de certains pays producteurs (Espagne, Italie et la Turquie) car des superficies importantes de leurs terres sont consacrées à sa culture (Mapa, 2004 ; Moriana et al., 2007). Sa culture a triplé durant les 44 dernières années, de 2,6 à 8,6 millions d'hectares (Faostat, 2007 ; Conde et al., 2008). En Algérie, l'olivier occupe une superficie de 165 000 ha de plantation, les rendements sont de l'ordre de 8 quintaux/ha et demeurent les plus faibles des pays oléicoles (Ahmim, 2008).

2.1.2. Le cycle végétatif de l'olivier : l'olivier se développe dans le climat méditerranéen, le déroulement annuel de son cycle (tab.5), est en étroite relation avec son aire d'adaptation (Loussert et Brousse, 1978 in Saad D., 2009).

Tableau 5: Étapes du cycle végétatif de l'olivier.

Phases végétatives	Période	Durée	Manifestations
Repos végétatif	Novembre-février	1 – 4 mois	Activité germinative arrêtée ou ralentie. Floraison et fructification ne se produisent pas à -1,3 et -2° C.
Réveil végétatif	Février-mars	20 – 25 jours	Apparition de nouvelles pousses terminales et éclosion des bourgeons axillaires.
L'inflorescence. Apparition de boutons floraux	Mars-avril	18 – 23 jours	Différenciation des bourgeons, donnant soit de jeunes pousses, soit des fleurs. Inflorescences se développent et prennent une couleur verte-blanchâtre à maturité.
Floraison	Mai – 10 juin	7 jours	Fleurs ouvertes et bien apparentes. Pollinisation et fécondation.
Fructification	Fin mai - juin		Chute des pétales, hécatombe précoce des fleurs et des fruits.
Développement du fruit	Juillet-août	3-5 semaines	Sclérisation de l'endocarpe. Fin de la formation des fruits,
Croissance des fruits	Août-septembre	1.5 – 2 mois	Augmentation considérable de la taille des fruits et apparition des lenticelles.
Début de maturation	Mi-septembre - décembre		Récolte des variétés à olive de table de couleur vert au rouge violacé.
Maturation complète	Fin octobre – février		Fruits avec coloration uniforme, violette à noire pour les variétés à l'huile.

2.1.3. Le système racinaire de l'olivier

Le développement du système racinaire de l'arbre dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques du sol. Il est pivotant en sol sableux, fasciculé en sol argileux. Selon Argenson et *al.*, (1999), ce système racinaire peut être issu d'un greffage ou d'une bouture.

2.1.4. Les exigences de l'olivier en potassium

Le potassium revêt une importance majeure chez l'olivier, il intervient dans sa nutrition notamment en période de pleine croissance végétative, pendant la floraison et au moment du grossissement du fruit. En effet une bonne alimentation en cet élément permet d'obtenir de beaux fruits et une bonne conservation (Boulouha, 1995). Le potassium est l'élément le plus difficile à maintenir à un niveau adéquat pour le développement de la récolte en ce qui concerne la culture de l'olivier. Cela est dû, d'une part au fait que les 2/3 du potassium sont localisés dans le fruit à l'époque de la cueillette et, d'autre part, à la faible mobilité du potassium dans les sols et à la grande facilité de ceux-ci pour fixer les engrais potassiques (Martinez et Sanchez, 1975).

2.1.5. Le potassium dans la rhizosphère de l'olivier

De nombreuses études menées sur l'olivier ont été consacrées à l'effet du stress hydrique, et de la fertilisation. Mais bien peu de travaux à notre connaissance se sont intéressés à l'étude des processus, *in situ*, dans la rhizosphère de l'olivier. Galvez et *al.*, 2004 in Mouas- Bourbia, (2014) ont montré que les paramètres qui mesurent la vigueur de l'olivier à savoir le volume de la canopée et le diamètre de l'arbre présentaient des corrélations hautement significatives avec les paramètres du sol tels que le potassium assimilable, la CEC et la matière organique de la zone racinaire. Ce qui justifierait des études sur l'impact de la racine de l'olivier sur le sol à son voisinage.

2.2. la vesce

2.2.1. Généralités

C'est une légumineuse de la famille des Fabaceae (herbacée). Originaires du sud de l'Europe. En culture pure, son port lianescent fait qu'elle s'affaisse et ne dépasse pas 80 cm à 1 m de haut bien que ses tiges, non lignifiées puissent faire jusqu'à 4 m de long. Elle forme des inflorescences (10 à 40 fleurs). Les fleurs formant un tube font 12 à 20 mm de long et sont de couleur violette à bleu (Fig.5), parfois blanches. C'est une plante autogame, pollinisée par les insectes (Husson O. et al., 2008).



Figure 5 : La vesce (Husson et al., 2008).

2.2.2 Le système racinaire

Son système racinaire est composé d'un pivot central et de racines horizontales (Fig. 6) sur lesquelles se développent de nombreuses nodosités. Ce système racinaire peu puissant et peu dense fait que l'enracinement reste superficiel (30 à 90 cm). (Husson et al., 2008)



Figure 6 : Le système racinaire de la Vesce (Husson et al., 2012).

2.3. L'avoine

2.3.1. Généralité : l'avoine est une graminée (famille des Poaceae) annuelle. Originaires de l'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Elle a des fleurs hermaphrodites, auto pollinisées par le vent. C'est une monocotylédone à tige cylindrique de 25 à 150 cm de haut, au port dressé. Les feuilles glabres font 2 à 10 mm de large et engainent les tiges. Elles présentent une ligule blanche (Fig. 7) de 2 à 5 mm au niveau de leur insertion sur la tige. Les inflorescences sont des panicules lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs, mesurant 20 à 25 mm de long (Husson et al., 2012).



Figure 7 : L'avoine (Husson et al., 2008).

2.3.2. Le système racinaire

L'avoine peut produire des racines adventives au niveau des nœuds. Son système racinaire fasciculé est relativement puissant (Fig.8), pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1,5 m (Husson et al., 2012).



Figure 8 : Le système racinaire de l'Avoine (Husson et al., 2012).

3. Choix des espèces installées en cultures associées

3.1. La complémentarité entre espèces

L'association de deux espèces, telle que la vesce et l'avoine à pour objectif de jouer sur (Tab. 6) ; la complémentarité en recherchant la richesse du fourrage en azote, l'effet tuteur, la résistance aux maladies et la maîtrise du salissement.

Tableau 6 : Les atouts et les limites de l'association de la vesce et de l'avoine (C.A.A., 1999)

	Atouts	Limites
Avoine	Pouvoir couvrant important Bon tuteur Peu sensible à l'excès d'eau	Productivité faible Sensible à la rouille Caractère étouffant pour les autres espèces
Vesce	Augment la valeur nutritive Participe à la nutrition azoté de la céréale	Sensible au sol hydromorphe (pois) Augment le risque de verse si trop dense

3.2. Intérêts de l'avoine

Si la valorisation par pâturage est à privilégier pour des raisons d'économie et pour une valorisation d'un fourrage de qualité, la récolte en ensilage, enrubannage et foin sont possibles (C.A.A., 1999)

Au pâturage ; l'avoine jeune (20 cm de hauteur) permet de produire 25 Kg de lait ou 1000 g de GMQ. Pour les génisses, taries et animaux à viande, elle permet d'économiser les concentrés.

En ensilage ; ce fourrage ne permet qu'une faible économie du concentré. Il est recommandé de récolter au stade laiteux après conditionnement (conditionneuse à rouleaux) et léger préfanage pour atteindre 30 % de MS.

En enrubannage ; rechercher 40 à 50 % de MS.

En vache laitière, l'incorporation sur la base de 20 % de la ration, permet d'augmenter la part de cellulose et de diluer l'amidon, favorisant la rumination et diminuant le risque acidogènes. La distribution de foin fibreux, appète, accessible reste indispensable.

3.3. Intérêts de la vesce

Pour alimenter le bétail, cette plante grimpante est souvent associée à une céréale (blé, seigle, ou avoine) qui lui sert de tuteur. La plante est distribuée aux ruminants sous forme de fourrage (mélangée avec la céréale tutrice), en ensilage (la plante entière est hachée puis fermentée) ou en graines, source importante de protéines (Gnis, 2008).

La présence de légumineuses en association (vesce) permet d'assurer au minimum 80 g (matière azotée totale) MAT/kg MS, dès que les légumineuses produisent 1 t MS/ha. Au-delà de 2 t MS/ha, la teneur en MAT du méteil atteint des niveaux très élevés : 120 à 140g MAT/kg MS (Viverols, 2010).

4. La rhizosphère

4.1. Définition

Le mot "Rhizosphère" a été introduit en 1904 par Lorenz Hiltner, "Rhizo" vient du grec "rhiza" signifiant "racine", "sphère" est le champ d'action ou d'influence (environnement naturel). La rhizosphère est la région du sol directement influencée par les racines et les micro-organismes associés (Fig. 9). C'est un lieu d'intenses échanges entre le végétal et le substrat minéral (Darrah et al ., 2006). La différence entre la rhizosphère et le sol global est due à des processus biologiques, biochimiques, chimiques et physiques qui se produisent par suite de la croissance racinaire, le prélèvement de l'eau et les éléments nutritifs, la respiration et la rhizodéposition (Gregory, 2006).

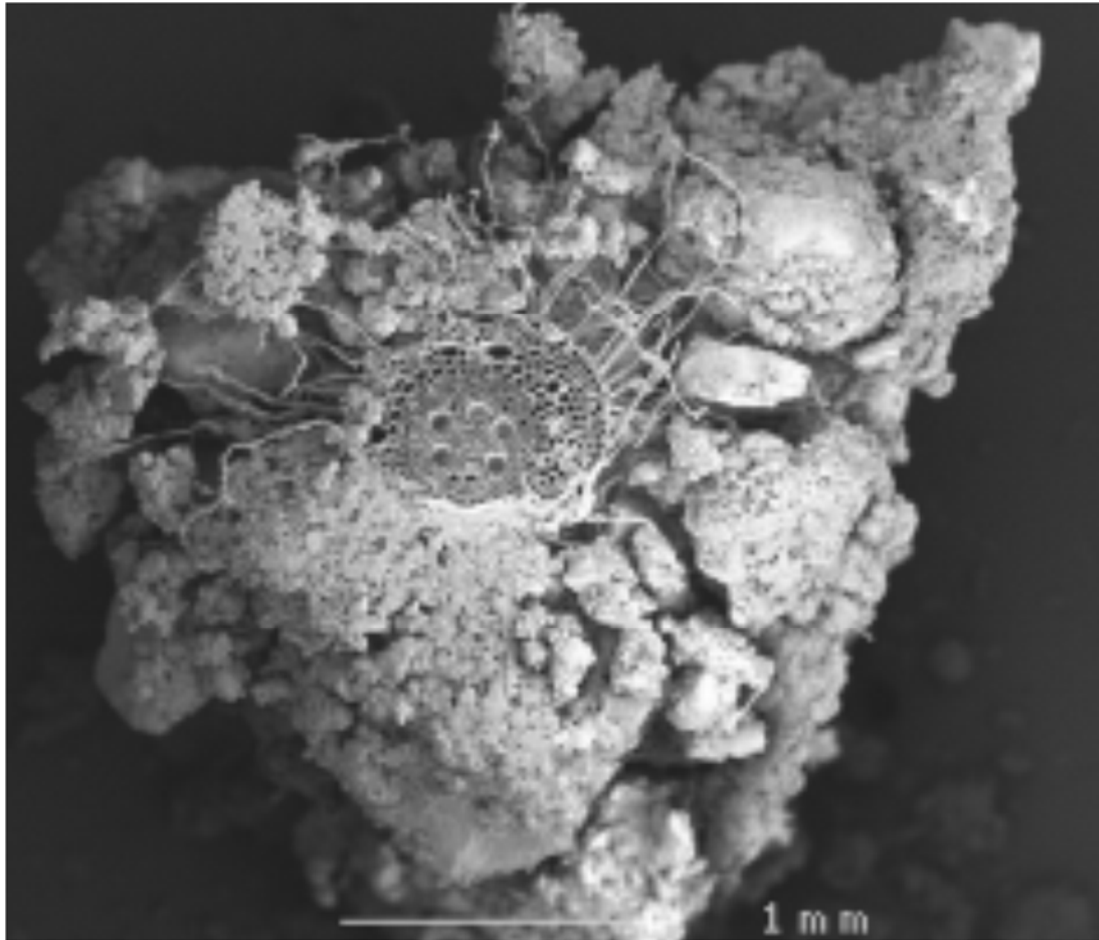


Figure 9 : Coupe d'une racine de blé et de sa rhizosphère Photo: *Watt et al.*, In "Functional Plant Biology" Lines-Kelly, 2005.

4.2. Impact de l'activité racinaire sur la rhizosphère

4.2.1. Les modifications physiques

Les racines se développent dans les zones de faible résistance et progressent préférentiellement dans les pores, et les microfissures résultant de l'alternance de l'humectation-dessiccation des argiles, ou des galeries d'origine animale. Lorsque leur diamètre s'accroît, elle déforme le sol en augmentant radialement, et le volume occupé par les racines est équivalent avec le volume des pores perdus, cela induit la diminution de la porosité de 20 à 24 % dans le sol à proximité des racines (Bruand *et al*, 1996 ; Gregory, 2006).

L'influence des racines de maïs sur la nature, la formation et la stabilité des associations organo-minérales, montre la capacité des racines à générer des micro-agrégats (2 à 20 mm) au niveau des interfaces sol-racines, ces associations organo-minérales se révèlent fortement impliquées dans la stabilité structurale du sol adhérent aux racines. Plusieurs types de micro-agrégats ont été déterminés en MET, en fonction de la nature des matières organiques végétales ou microbiennes qui sont impliquées (Watteau *et al.*, 2006).

4.2.2. Les modifications chimiques

- Modification des concentrations ioniques : l'épuisement ou l'accumulation des ions dans la rhizosphère est dû au prélèvement d'eau et d'éléments nutritifs par les racines. (Marchner, 1995; Volker et Guter, 2006).
- Exsudation de molécules à faible poids moléculaire qui augmente la mobilisation des éléments nutritifs. Parmi ces derniers les acides organiques (par exemple, citrate, malates, oxalates) qui sont libérés par les racines pour solubiliser des ions tels que les phosphates ou le fer et les acides aminés, en particulier les phytosidérophores libérés par des racines de graminées pour chélater le fer et solubiliser d'autres métaux (Strom *et al.*, 2001).
- Excrétion d'enzymes telles que la déshydrogénase, la phosphatase et la nitrogénase, pour libérer les éléments minéraux, comme la libération du phosphore organique à l'aide de la phosphatase par des procédés catalytiques d'hydrolyse (Rao et Tak, 2001).
- Modification du potentiel redox comme par exemple l'augmentation du potentiel redox (oxydation) qui se produit dans la rhizosphère du riz par suite du dégagement de l'oxygène par les racines du riz (Flessa et Fischer, 1992 ; Gregory et Hinsinger, 1999), suit l'oxydation du fer ferreux (Begg *et al.*, 1994 ; Gregory et Hinsinger, 1999).
- Les variations du pH dans la rhizosphère (fig. 10) : Le pH rhizosphérique est sous l'influence de l'activité racinaire, en effet des processus importants s'établissent à l'intérieur des cellules induisant ainsi la modification du pH (Darrah, 1993; Hinsinger, 1998 ;Hinsinger *et al.*, 2003) à savoir :la libération des H⁺ et OH⁻, les processus d'oxydoréduction, l'exsudation des acides organiques, l'augmentation du CO₂ dans la rhizosphère lors de la respiration racinaire.

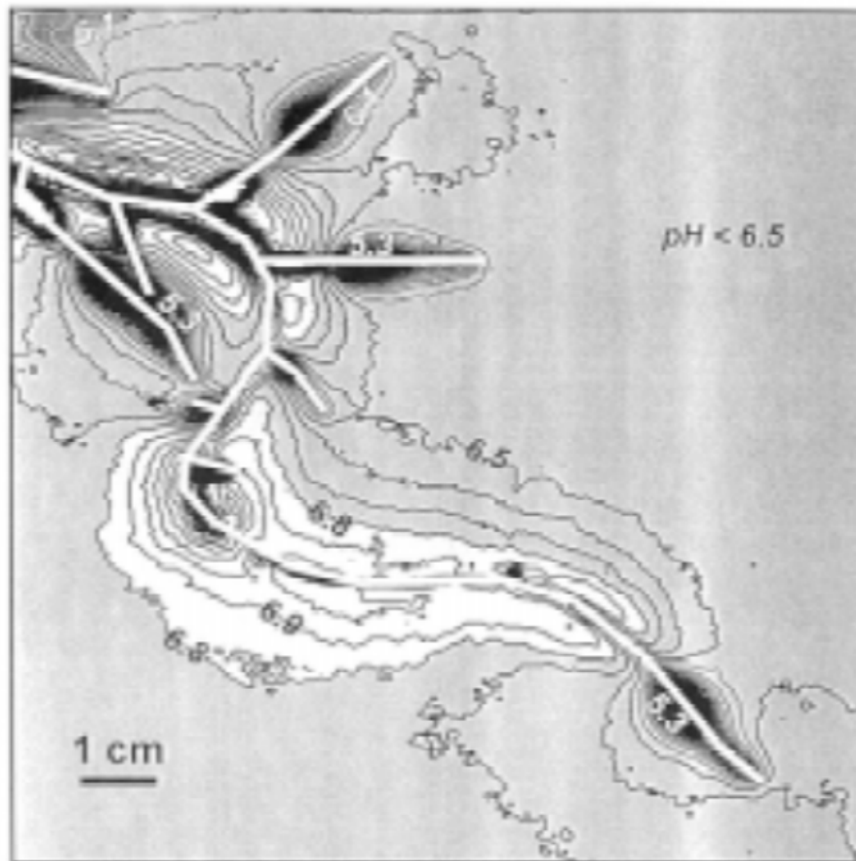


Figure 10: Carte de pH rhizosphérique montrant les changements de pH tout le long du système racinaire.

Les zones foncées indiquent l'acidification qui se produit derrière l'apex des racines primaires et secondaires tandis que les zones pâles indiquent l'alcalinisation se produisant le long des parties basales de la racine primaire (Ruiz, 1992 ; Jaillard et Hinsinger, 1993 ; Gregory et Hinsinger, 1999).

4.2.3. Les modifications biologiques

L'environnement biologique de la rhizosphère se caractérise par des interactions complexes entre les racines, les micro-organismes et la faune du sol. Les résultats de ces interactions peuvent être positifs ; symbiotiques (avantage pour la croissance des plantes), saprophytiques (vivre sur les racines et les plantes mortes) neutre (aucun effet sur les plantes), ou négatifs ; pathogènes (envahir et tuer les racines et les plantes), compétition (réduire la croissance des plantes). Ces processus dans la rhizosphère dépendent de l'approvisionnement constant en carbone qui est facilement utilisé comme une source d'énergie par les micro-organismes, des études montrent que cette activité biologique augmente dans les zones

proches des racines et diminuent vers l'extérieur (rhizoplan>sol rhizosphérique>sol global) (Bonkowskia et *al.*, 2000).

4.3. L'ampleur spatiale de la rhizosphère

L'ampleur spatiale de la rhizosphère peut changer considérablement selon l'architecture de la racine et le chevauchement des zones d'épuisement des racines voisines, ces derniers dépendent de l'espèce végétale et le génotype d'une espèce donnée (Kutschera, 1960). Elle varie aussi selon le coefficient de diffusion des éléments nutritifs (Ge et *al.*, 2000). Cela s'explique par la prolongation de la zone d'épuisement à 1 millimètre pour le phosphore, à plusieurs millimètres pour le potassium, et à plusieurs centimètres pour les nitrates (Hinsinger, 1998 ; Jungk, 2002 ; Hinsinger et *al.*, 2005). La structure du sol et le potentiel de l'eau sont montrés comme étant les paramètres principaux affectant l'exploration spatiale des racines (Grose et *al.*, 1996; Harris et *al.*, 2003 ; hinsinger et *al.* 2005).

4.4. La rhizosphère des cultures associées

Les associations d'espèces pourraient améliorer le fonctionnement rhizosphérique (aspects physiques, chimiques et/ou biologiques). La disponibilité des éléments peu mobiles comme le phosphore peut être aussi améliorée par la présence d'autres espèces. Par ailleurs, l'insertion de plantes de services est susceptible d'améliorer le potentiel mycorrhizogène des sols. Les symbioses entre plantes cultivées et mycorhizes permettent d'améliorer l'accès aux ressources du sol et la résistance à des stress biotiques et abiotiques. De plus, par la qualité des composés rhizodéposés par ses racines, l'insertion d'une légumineuse de service peut avoir un effet sur la qualité de la matière organique et sa dégradabilité (Melissa et *al.*, 2013 ; Morison et *al.*, 2014).

5. Le potassium

5.2. Généralités

le potassium se trouve dans le sol à des teneurs comprises entre 0,05 et 3,5 % (1 et 2 % dans les sols cultivés) ,il se trouve principalement dans le sol sous forme minérale contrairement au phosphore et à l'azote Callot et *al.*,(1982).Il est fortement prélevé par les plantes, car il est impliqué dans de nombreux processus physiologiques (William, 2007). La

capacité du sol à fournir du potassium aux plantes sur une grande période dépend fondamentalement de plusieurs facteurs, à savoir le taux de potassium contenu dans les minéraux primaires, de la quantité du potassium libérée par ces minéraux, du taux et du type d'argile (Clavet, 2003).

5.2. Rôle du potassium dans la plante : le potassium est un élément nutritif important pour la plante, il est adsorbé sous la forme ionique K^+ son rôle apparaît dans de multiples fonctions de la vie de la plante (Robert, 1996).

Il peut jouer le rôle d'un stabilisateur de pH. En fait, c'est un cation très abondant dans le cytoplasme. Il équilibre les anions immobiles dans le cytoplasme, les anions mobiles dans les vacuoles ainsi que les anions mobiles dans le xylème et le phloème. De plus il intervient dans l'accumulation des acides organiques (Hellali, 2002).

Le potassium joue également un rôle osmo-régulateur indispensable pour le maintien du statut de l'eau dans les cellules. Il intervient dans la réduction de la transpiration. L'ouverture des stomates est conditionnée par une concentration élevée en K^+ dans les cellules de garde (Morel, 1989).

Quelques-uns des sucres produits par la photosynthèse sont transloqués vers les points de croissance ou les racines ou les fruits en expansion (translocation d'assimilats). Le potassium est nécessaire pour la translocation des sucres à travers le phloème (Moughli, 2000).

Absorption de l'azote et synthèse des protéines : L'absorption de l'azote exige l'ATP dont la synthèse exige le potassium pour l'activation de l'enzyme responsable de cette synthèse. Aussi, le potassium est souvent simultanément absorbé avec le nitrate (anion) pour assurer l'équilibre de la charge des cellules (Moughli, 2000).

5.4. Les formes du potassium dans le sol

5.4.1. Potassium soluble

Le K existe dans la solution du sol sous la forme ionique (K^+) et c'est la forme disponible aux racines. La concentration de k dans la solution du sol change selon la minéralogie d'argile, la culture en place et la fertilisation (Baber, 1984 ; Johnson, 2007).

5.3.3. Potassium assimilable

C'est la somme du potassium libre dans la solution du sol et celui retenu sur les charges négatives des surfaces externes des minéraux argileux (Mhiri, 2002). Le potassium soluble et échangeable constitue le pool dit assimilable pour les plantes, ces deux formes se trouvent en équilibre. Dès que celui-ci est rompu, notamment lors d'un prélèvement sélectif du potassium par la racine, un échange cationique très rapide se produit entre la solution du sol et les complexes, de façon à atteindre une nouvelle composition d'équilibre (Wimoladsa et Sinclair, 1998 In Mouas-Bourbia 1996)

5.3.3 Potassium des réserves

C'est le potassium lié aux minéraux silicatés du type micas (muscovite, biotite) et feldspath, lié aussi aux argiles proches des micas comme l'illite. Cette forme représente 90 à 98 % du potassium total. Elle n'est évidemment utilisable qu'à long terme. C'est une réserve que libère progressivement l'altération des minéraux sous l'effet notamment de l'activité biologique (Soltener ,2005).

5.3.4. Potassium fixé ou rétrogradé

Le pouvoir de fixation du potassium (rétrogradation) par les sols dépend de leur teneur et de la nature de leurs argiles .Il est ; nul pour la kaolinite, la chlorite...et les micas, faible pour la montmorillonite, variable pour les illites, fort pour la vermiculite. Ce pouvoir de fixation est modulé également par l'état hydrique du sol qui provoque l'ouverture ou la fermeture des espaces interfoliaires dans lesquels se logent certains cations comme le potassium, caractérisé par un diamètre ionique hydraté faible, compatible avec la largeur des cavités (Mhiri ,2002).

5.3.5. Potassium organique

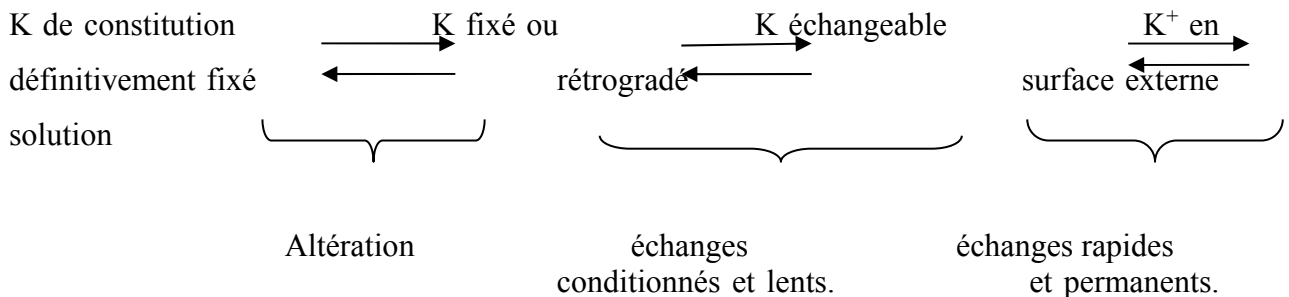
Selon Soltner, (2003) c'est le potassium contenu dans les sucs de la plante, ces ions K^+ retournent au sol de deux manières :

Avant la mort des végétaux qui le contiennent. Les courbes d'absorption du potassium montrent qu'après un maximum dans la plante mûre, la courbe décroît traduisant la restitution de cet élément au sol, soit par les racines, soit par les feuilles lavées par les pluies (pluviolessivats).

Après la mort et la décomposition des résidus végétaux. Le potassium est alors soit exposé au lessivage, soit adsorbé à niveau. Sous climats tempérés, les argiles de type smectites et illites retiennent bien cet élément. Sous climats tropicaux dont les sols sont surtout à base de kaolinite, cette fixation est limitée et le potassium se perd par lessivage.

5.4. Equilibre entre les différentes formes du potassium dans le sol

Selon Mhiri (2002), la distinction entre les différentes formes de potassium dans le sol repose, pour l'agronome, sur le degré de leur disponibilité pour les plantes. Schématiquement, on peut le représenter comme suit :



B-Étude du milieu

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Présentation géographique de la zone d'étude

La parcelle de terrain, qui a fait l'objet de l'expérience est localisée à Tizi N'Tleta (Fig. 11), qui est une commune de la Daïra d' Ouadhia, située à 35 km au sud de la wilaya de Tizi-Ouzou en Algérie.



Figure 11 : Image satellitaire présentant la parcelle expérimentale, source Google earth.

1.2. Aspects géologique et géomorphologique

La commune de Tizi N'Tleta comporte une zone de vallées et de bas piémont au nord-est et à l'est, et une zone montagneuse liée au massif montagneux du Djurdjura. Le paysage dominant de Tizi N'Tleta est à relief compartimenté et accidenté au niveau des versants. Notre région d'étude fait partie du massif de la Grande Kabylie. (P.D.A.U., 2012).

1.3. Données climatiques

La région d'étude appartient à un régime climatique méditerranéen, celui-ci se distingue par une période estivale chaude et sèche et un hiver doux et souvent pluvieux. Pour caractériser le climat de la zone d'étude, les données climatiques de la dernière décennie (2005/ 2015) ont été utilisées.

I.3.1. Pluviométrie

Tableau 7 : Moyennes des précipitations mensuelles pour la période de 2005 à 2015 de la région d'étude.

Mois	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	Total
P (mm)	43,21	72,65	126,99	112,8	114,62	124,19	112,09	80,33	69,24	16,8	3,16	6,18	882,26

Source : O.N.M de Tizi ousou .

Le maximum de pluie est enregistré au mois de décembre (**126,99 mm**) et le minimum au mois de juillet (**3,16**).

I.3.2. Température

Tableau 8 : Répartition des températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la région d'étude pour la période de 2005 à 2015.

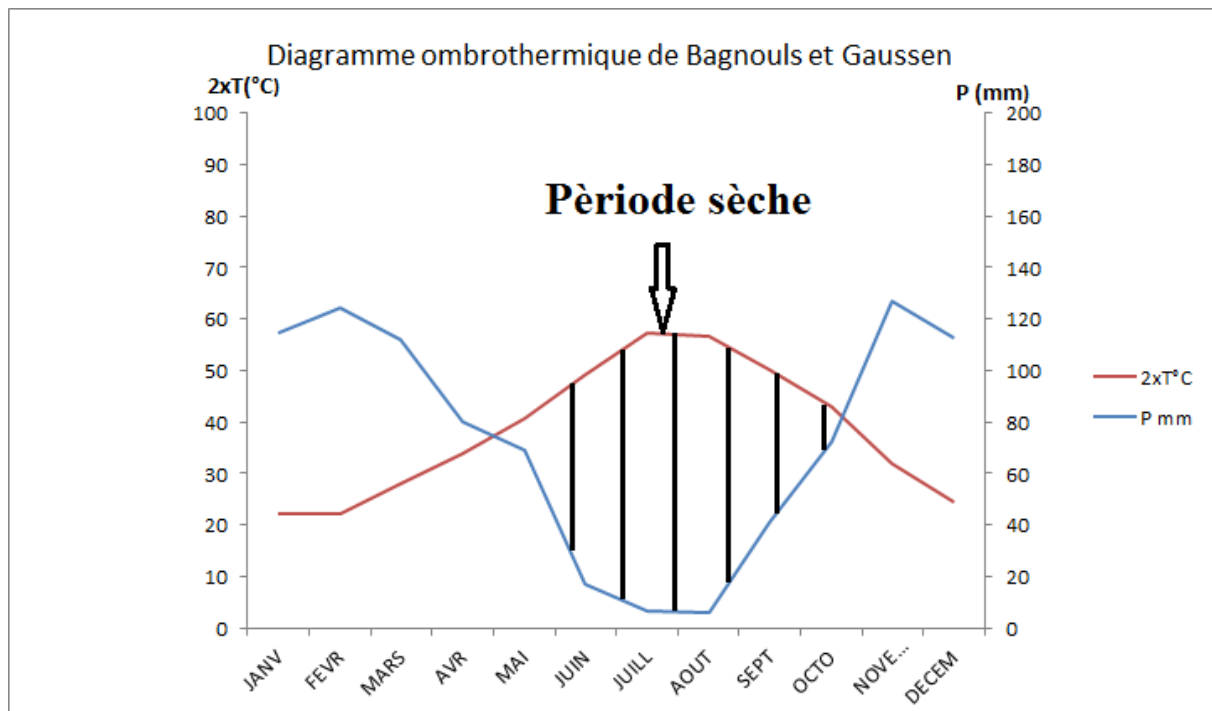
	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
M	6,54	6,45	8,70	11,37	14,29	17,78	21,38	21,63	18,88	15,70	11,86	7,67
M	15,74	15,7	19,17	22,53	26,48	31,35	36,06	35,08	31,37	27,45	19,92	16,72
M+m/ 2	11,14	11,08	13,94	16,95	20,39	24,57	28,72	28,36	25,13	21,58	15,89	12,20

Source : O.N.M de Tizi Ouzou.

La température moyenne maximale **36,06 C°** est enregistrée au mois de juillet et la température moyenne minimale est de **6,45 C°** au mois de février.

I.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (Fig.12) à été utilisé et représente les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des températures correspond à deux graduations de l'échelle des précipitations ($P = 2T$). Il a pu mettre en évidence des périodes de sécheresse qui s'établissent lorsque la pluviométrie mensuelle P exprimée en millimètres est inférieure au double de la température moyenne mensuelle T exprimée en degrés Celsius ($P \leq 2T$). Il a en outre révélé la présence d'une période sèche d'une durée d'un peu plus de quatre mois.



Figures 12 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de La Region de Tizi Ouzou (2005/2015).

I.3.4. Données climatiques au cours de l’expérience

Afin d’expliquer l’influence des variations climatiques sur les cultures étudiées au cours de notre expérience, des données climatiques des 12 derniers mois (Juin 2015/ Mai 2016) ont été utilisées.

➤ La température

Tableau 9: Moyenne des températures mensuelle durant la période de Juillet 2015/Mai 2016 de la région d’étude :

Mois	Juillet	Juin	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai
Température (C°)	49,4	59,4	57,6	48,8	40,4	29,8	24,4	25,6	25,2	25	32,2	38

Source : O.N.M de Tizi-ouzou

➤ La pluviométrie

Tableau 10 : Moyenne des pluviométries mensuelle durant la période de juillet 2015/Mai 2016 de la région d'étude :

Mois	Juillet	Juin	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai
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

L'examen des tableaux (9 et 10) indiquent que, les mois de Décembre et Janvier ont connu ; pour le premier une absence totale de précipitations et pour le second des précipitations d'environ 50% plus faibles, que la moyenne des précipitations du mois de Janvier durant dix années. De plus, les mois de Novembre à Mai 2016 correspondant à la période au cours de laquelle est mené le dispositif expérimental. Cette période présente des précipitations totales de 574,3 mm, ces dernières sont bien inférieures à celles enregistrés pour la même période au cours des dix années passées, qui est de 740,26 mm. Même les températures sont très élevées en 2016 ce qui nous permet de dire que cette année 2016 est une année de sécheresse.

C-Matériels et méthodes

1. Le dispositif expérimental

L'étude est menée sur une oliveraie de la variété Chamlal de densité de 160 arbres/ha. Les arbres sont tous âgés de 12 ans, ils sont issus d'une plantation installée en 2002 en respectant une distance constante de 7 m entre chaque olivier. De la vesce et de l'avoine sont semées en association avec l'olivier suivant le dispositif expérimental en bloc complet (fig. 13) confectionné par Mr Alili en 2015. Ce dernier est composé de 16 blocs, chaque bloc de 144 m² de surface est constitué de 4 oliviers.

Le semis a été effectué le 14/11/2015, à la volée après un discage superficiel de la parcelle. Les cultures choisies correspondent à la vesce pour la légumineuse et l'avoine pour la céréale.

Les densités de semis correspondent à : 100 kg /ha pour la vesce en monoculture et 2.5Kg/144m²(bloc), 100 kg /ha pour l'avoine en monoculture et 2.5Kg/144m²(bloc), 40kg /ha pour la vesce en association et 1Kg/144 m² avec l'avoine et 60 kg/ha pour l'avoine en association avec la vesce 1.5Kg/144m² (D.S.A., 2010).

Le terrain présente des conditions hétérogènes dues à la présence d'une légère pente de 15%. Le dispositif mis en place est constitué d'un ensemble d'arbres (fig.13) qui forment des lignes et des colonnes, chaque objet ou traitement est présenté une ou plusieurs fois dans chaque ligne et chaque colonne, avec quatre répétitions pour chaque traitement.

Ces traitements sont ;

Parcelle 1 : Association (vesce/ avoine/olivier)

Parcelle 2 : Olivier en monoculture

Parcelle 3 : Association (vesce/olivier)

Parcelle 4 : Association (avoine/olivier)

Parcelle 5 : Olivier en monoculture

Parcelle 6 : Association (vesce/olivier)

Parcelle 7 : Association (avoine/ olivier)

Parcelle 8 : Association (vesce/ avoine/olivier)

Parcelle 9 : Association (vesce/ avoine/olivier)

Parcelle 10 : Association (vesce/olivier)

Parcelle 11 : Olivier en monoculture

Parcelle 12 : Association (avoine/olivier)

Parcelle 13 : Association (avoine/ olivier)

Parcelle 14 : Association (vesce/ avoine/olivier)

Parcelle 15 : Association (vesce/olivier)

Parcelle 16 : Olivier en monoculture

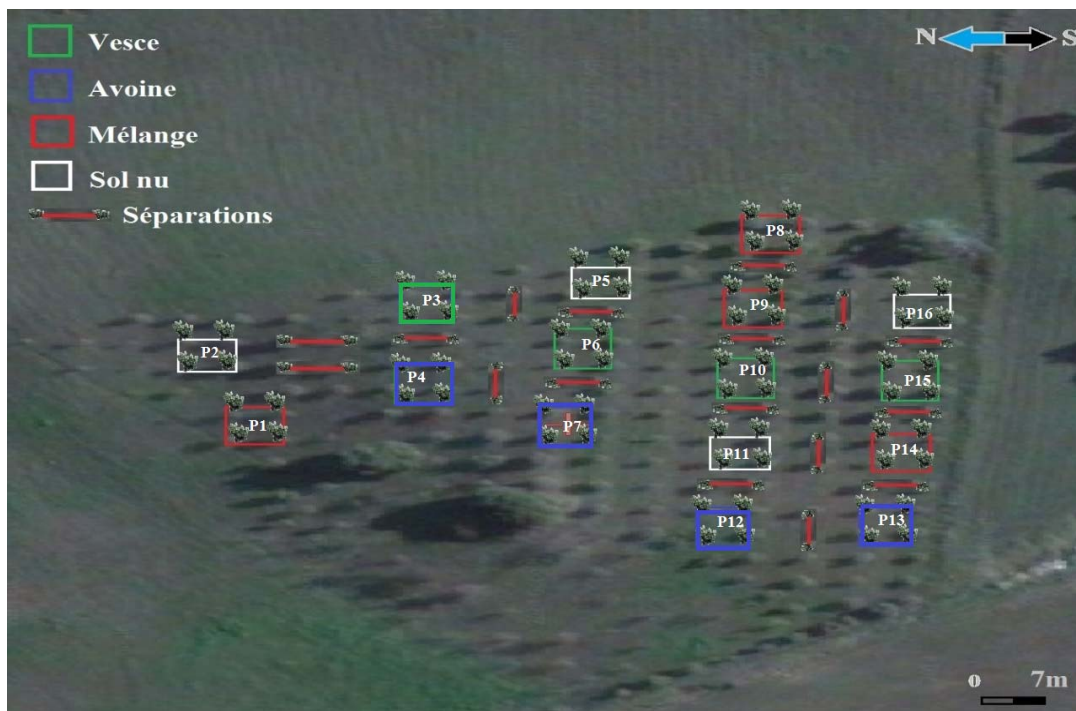


Figure13 : Dispositif expérimental sur le terrain

2. Echantillonnage des sols

L'échantillonnage des sols globaux et rhizosphériques est réalisé à une profondeur de 30 cm et suivant les points d'échantillonnages hors couvert et sous couvert (fig.14).

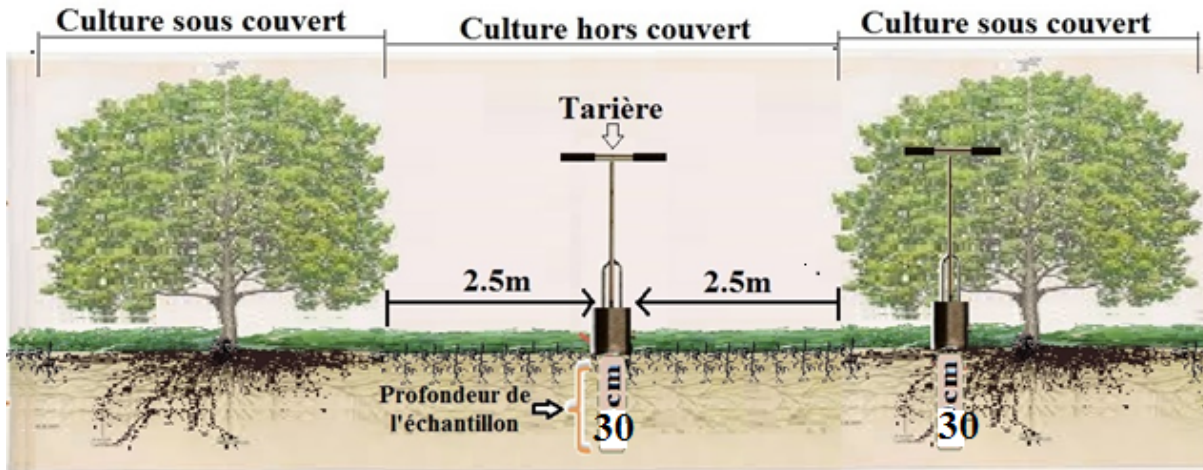


Figure 14 : présentation du sol sous couvert et couvert et hors couvert échantillonné sur la parcelle d'étude

2.1. Echantillonnage du sol global

Le sol global est la fraction du sol indemne de toute activité racinaire. Il correspond au sol qui n'est pas retenu par les racines après un léger secouage d'une durée de 30 secondes des racines (fig. 15).



Figure 15: Echantillon de sol global (Gx 1).

2.2. Echantillonnage du sol rhizosphérique

Le sol rhizosphérique est le sol qui se trouve au plus près des racines. Seuls, sont prélevés les agrégats accolés aux racines et dont le diamètre est inférieur à 1cm (fig.16, 17 et 18).



Figure16 : Echantillon du sol rhizosphérique de l'avoine (cas de la parcelle 12) GX1



Figure 17 : Echantillon du sol rhizosphérique de la vesce (cas de la parcelle 16) GX1



Figure 18: Echantillon du sol rhizosphérique de la vesce (cas de la parcelle 6) GX1

3. Analyse des sols

Les échantillons des sols globaux et rhizosphériques prélevés sont séchés à l'air libre durant une semaine (fig.19), tamisés à travers un tamis à mailles de 2 mm de diamètre, conservés dans un endroit sec et soumis aux analyses suivantes :



Figure19 : séchage des sols échantillonnés (Gx1)

3.1 Les analyses physiques

A. La granulométrie

La granulométrie est déterminée par la méthode internationale de la pipette de ROBINSON. La texture est déterminée à l'aide du triangle des textures du G.E.P.P.A.

B. La densité

La densité apparente est réalisée par la méthode du cylindre (Fig. 20).



Figure 20: Mesure de la densité apparente par la méthode du cylindre

3.2 Les analyses chimiques

Analyse du potassium extractible à l'acide nitrique (HNO_3)

L'extraction s'est faite à l'acide nitrique (HNO_3) 1N, suivant un rapport sol/solution de 2,5g/25ml. Le mélange est porté à l'ébullition pendant 10 mn puis filtré HAYLOCK (1956). Le dosage du potassium dans la solution a été réalisé par photométrie à flamme.

4. Ouverture d'un profil pédologique

Un profil de sol d'un mètre de profondeur a été ouvert. L'étude de ce profil est un complément très utile, car il permet d'observer de nombreuses caractéristiques de sol tel que la structure, l'enracinement, l'activité biologique, la porosité, les éléments grossiers.

5. Echantillonnage de la végétation

L'échantillonnage du végétal a porté sur les 16 parcelles avec deux variantes sous couvert et hors couvert du dispositif expérimental (fig. 21.). Le prélèvement s'est effectué par fauchage de la totalité de la végétation à raison d'un mètre carré par parcelle en a fait la séparation de la végétation adventices/ vesce/ avoine de chaque (fig. 22 et 23) et pour chaque mètre carré prélevé au niveau des 16 parcelles.



Figure 21 : Fauchage de la végétation (cas de la vesce hors couvert) Gx1



Figure 22 : Echantillons de végétation cas de l'association vesce/avoine/ olivier hors couvert (Parcelle 14) Gx1.



Figure 23 : Echantillons de végétation cas de l'association vesce/ olivier sous couvert
(Parcelle 3) Gx1.

6. Etude de la matière végétale

Le poids frais de la végétation fauchée est mesuré le plus rapidement possible après retour du terrain. Par contre le poids sec est mesuré après passage à l'étuve à 105 C° pendant 24 H.

Le calcul du LER (Land Equivalent Ratio) permet d'évaluer l'efficacité de l'association au cours de son cycle de développement. Il compare les rendements des cultures associées aux rendements des cultures seules. Le LER correspond à la surface de cultures monospécifiques nécessaires pour obtenir le même rendement qu'en association. Il se calcule de la manière suivante (Hinsinger, 2012) :

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

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

7. L'analyse statistique

Le traitement des résultats a été réalisé en utilisant le logiciel STAT-BOX. Tous les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse de la variance. Le test de Newman et Keuls permet la détermination des groupes homogènes, lorsque les différences entre les moyennes sont significatives. L'interprétation des résultats de nos analyses s'est fait selon les seuils de probabilités suivantes (Dagnelli, 1986).

Probabilité supérieure à 0,05 : Différences non significatives (N.S.)

Probabilité inférieure ou égale à 0,05 : Différences significatives (S.)

Probabilité inférieure ou égale à 0,01 : Différences hautement significatives (H.S.)

Probabilité inférieure ou égale à 0,001 : Différences très hautement significatives (T.H.S.).

C-Résultats et discussion

1. Sol de la station d'étude

1.1. Description du profil Le profil a été ouvert le 03 avril 2016, soit environ 4 mois après le semis (28 novembre 2015), l'environnement du profil présente les caractéristiques suivantes :

- Temps ensoleillé, température ambiante d'environ 25°C.
- Pente d'environ 10%.
- Absence de traces visibles d'érosion.
- Couverture végétale caractérisée par ; l'olivier (*Olea Europea*) de variété chemlal , l'avoine, la vesce, et des adventices.
- Activités anthropiques moyennes (discage en 2015 et au moment du semis).
- Le sol caractérisé par un profil de deux horizons (Fig. 24)
- Roche mère du type Marnes.

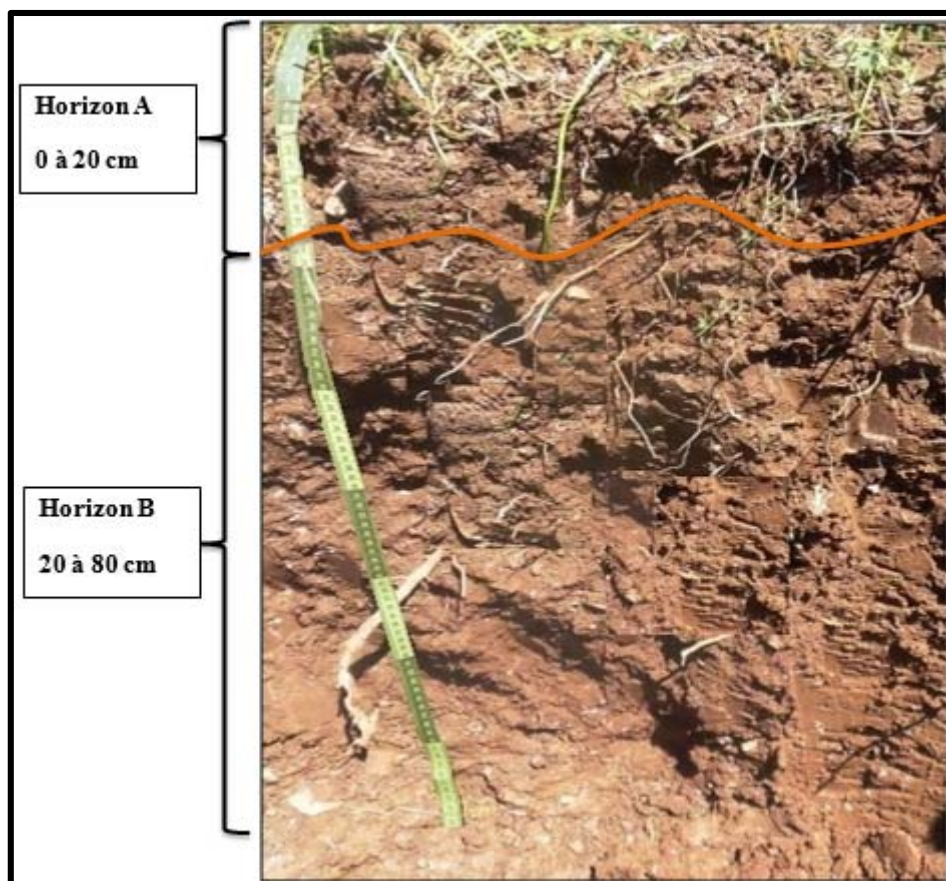


Figure 24 : Photographie du profil pédologique réalisé sur le terrain.

1.2. Caractéristiques morphologiques des horizons

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

1.2.1 Horizon A : 0-20cm

De couleur 7.5 YR/3/2, texture limono-argileuse, structure polyédrique subanguleuse (agrégats solides) frais, traversée par un réseau racinaire important, porosité moyenne, absence de taches d'oxydo-réduction.

Le test HCl indique une présence moyenne de calcaire CaCO_3 10 à 25%. Réaction significative au test du H_2O_2 , ce qui indique une bonne activité biologique. Limite irrégulière et diffuse.

1.2.2 Horizon B : 20-80cm

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 CaCO_3 10 à 25%. Réaction moyenne au test du H_2O_2 ce qui indique une activité biologique moyenne.

2. Résultats des analyses du sol

2.1. Caractéristiques physiques

Les résultats de l'analyse granulométrique et de la densité apparente sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Résultats de l'analyse granulométrique et de la densité apparente en fonction des horizons.

Horizon	Granulométrie						Da (g/cm ³)
	A %	LF %	LG %	SF %	SG %	Texture	
A (0-20cm)	20	42,5	24,08	6,02	3,4	L.A.	1,16
B (20-60cm)	23	51,5	12,25	8,24	5,01	L.A.	1,23

Le sol étudié est un sol à texture limono-argileuse (tab.11). Le taux d'argile est légèrement supérieur en profondeur (horizon B) par rapport à la surface (horizon A), ce qui indique un faible lessivage des argiles vers les horizons profonds.

La densité apparente est plus importante en profondeur 1,23 g /cm³ par rapport à la surface (horizon A) où elle est voisine de 1,16 g /cm³ (tab. 11). La densité apparente tend à s'accroître progressivement au fur et à mesure que la profondeur augmente, ce qui traduit une régression de la porosité au fond du profil (Pirrot et al., 1996).

2.2. Caractéristiques chimiques

2.2.1. Résultats du pH, du calcaire et du carbone

Les valeurs du pH, du carbone et du calcaire sont représentées dans le tableau 12.

Tableau 12: Résultats du pH, du calcaire et du **carbone**

Horizon	Carbone ‰	CaCO ₃ %	pH
A (0-20cm)	13.99	18.75	8,24
B (20-60cm)	9.35	12.5	8,11

Ce sol étudié présente une diminution de la teneur en carbone (‰) en profondeur (tab. 12). Cette diminution s'explique par l'effet litière en surface et diminution ou absence du système racinaire

en profondeur. Turpault et al., (2007) ont lié cet enrichissement en carbone à la densité racinaire élevée et par conséquent à une importante exsudation de composés organiques.

Ce sol se caractérise également par un pH alcalin et une diminution de la teneur en carbonate de calcium (%) en profondeur de 18,75% à 12,5% (tab. 12). La présence des carbonates de calcium dans ce sol revient au matériau parental qui est une Marne. Ce sol appartient à la classe des sols moyennement calcaire (Loz et Mathieu, 1990). Selon Djili et al. (1999) les zones humides et sub-humides ($P > 600$ mm), le profil est relativement moins calcaire que ceux des autres zones climatiques.

3. Potassium extrait à l'acide nitrique du sol global et rhizosphérique

Cette forme de potassium englobe toutes les autres formes et constitue le pool biodisponible du potassium pour les plantes (Haylock, 1956). Le potassium extractible à l' HNO_3 1N constitue le réservoir de potassium biodisponible pour l'olivier.

3.1. Cas de l'olivier

Les teneurs moyennes en K (HNO_3) mg/100g présentées au (tab.13) montrent que les teneurs en potassium biodisponible sont plus élevées dans le sol rhizosphérique (79,03 mg/100g) par rapport au sol global (67,34 mg/100g).

Tableau 13 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO_3) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique

Teneurs \ Sol	Sol Global	Sol rhizosphérique
K (HNO_3) mg/100g	67,34	79,03

L'analyse de la variance montre que cette variation des teneurs moyennes en potassium biodisponible dans les deux fractions du sol est significative (annexe 1).

Le test de NEWMAN-KEULS permet de déterminer deux groupes homogènes de sol (annexe2). Le sol rhizosphérique de l'olivier s'enrichit en K (HNO_3).

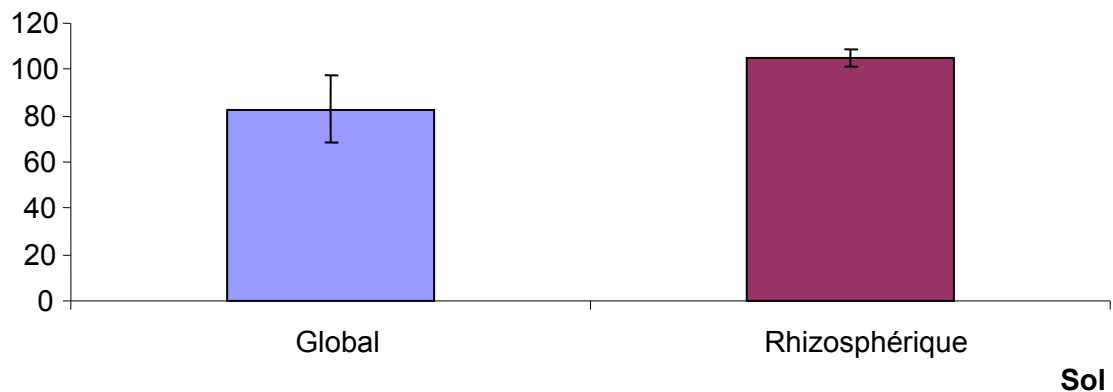
K (HNO₃) mg/100g

Figure 25 : Teneurs en K (HNO₃) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique

La figure 25 montre l'augmentation des teneurs de la rhizosphère en K (HNO₃) par rapport au sol global, ceci s'explique par l'augmentation du taux des argiles autour des racines (sol rhizosphérique), ce qui résulte de la compaction de la phase argileuse par les racines au cours de leur développement (Dommergues et Mangenot 1980). De plus, l'augmentation de la population microbienne dans la rhizosphère intensifie la décomposition de la matière organique et avec la diminution du pH augmente l'altération des minéraux, ce qui engendre l'élévation des teneurs en potassium au niveau de la rhizosphère (Hinsinger et al., 1993; Wang et Zabowsky, 1998 ; Norouzi et Khademi, 2010 ; Mouas-Bourbia, 2014).

3.2. Olivier en association avec la vesce et de l'avoine

Les teneurs moyennes en K (HNO_3) mg/100g du sol global et rhizosphérique, de l'olivier conduit en culture mono-spécifique et en association avec la vesce et/ ou l'avoine sont présentées au (tab. 14) et des fig. 26 et 27.

Les teneurs dans le sol global varient de 68,80 mg/100g à 96,42 mg/100g, il y a une hétérogénéité spatiale en K (HNO_3) à l'échelle de la parcelle d'étude (tab. 14). Pour le sol rhizosphérique les teneurs varient de 82,85 mg/100g à 104,99 mg/100g.

Tableau 14 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO_3) mg/100g sous olivier en culture mono-spécifique et en association.

Cultures	Sol			
	Olivier	Olivier/avoine	Olivier/vesce	Olivier/avoine/vesce
Sol global	82,82	81,89	96,42	68,80
Sol rhizosphérique)	104,99	82,85	102,37	93,33

K (HNO_3) mg/100g

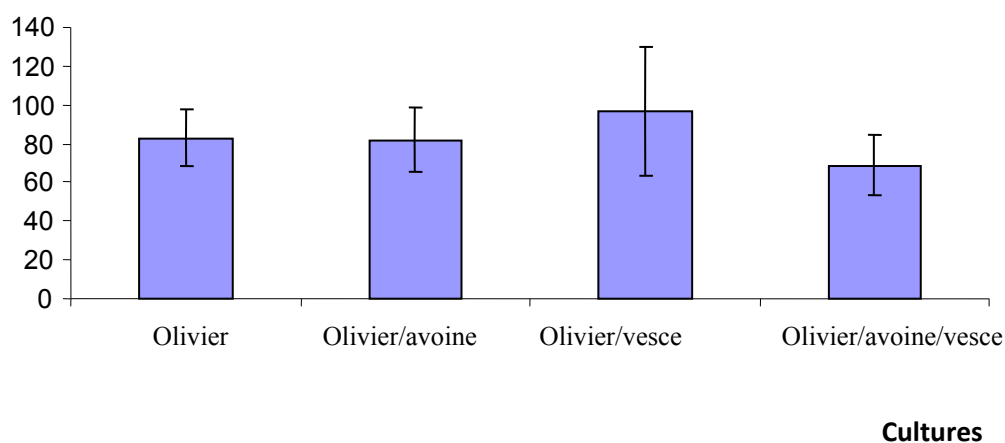


Figure 26 : Teneurs moyennes en K (HNO_3) mg/100g des sols globaux prélevés sous olivier en culture mono-spécifique et en association

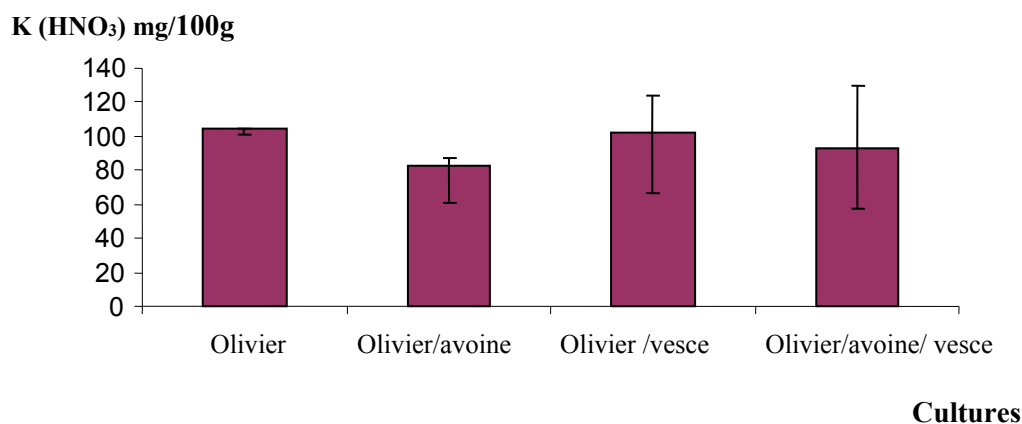


Figure 27 : Teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés sous olivier en culture mono-spécifique et en association

La variation des teneurs en K (HNO₃) dans les sols rhizosphériques (fig. 27), montre que c'est la rhizosphère de l'olivier conduit en culture mono-spécifique qui est la plus riche en potassium biodisponible.

Les teneurs en K (HNO₃) du sol rhizosphérique suivent la tendance suivante ; Olivier > Olivier/Vesce > Olivier/Avoine/ Vesce > Olivier/ Avoine. Finalement lorsqu'on cultive l'olivier en association, il appauvrit sa rhizosphère en K (HNO₃).

Le potassium biodisponible augmente significativement dans la rhizosphère de l'olivier conduit en culture mono-spécifique, selon Mouas-Bourbia (2014) l'olivier enrichit systématiquement sa rhizosphère en formes biodisponibles du potassium. Pour ce qui est des résultats de l'olivier associé aux autres cultures, sa rhizosphère s'enrichit en K (HNO₃) (Tab. 14), toute fois l'analyse de la variance ne révèle pas de différence significative du K (HNO₃) entre le sol global et le sol rhizosphérique (Annexe 3).

A/ hors couvert

Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g sous olivier en culture associée dans le cas des sols prélevés en hors couvert sont présentées dans le tableau 15. Les teneurs en K (HNO₃) dans les sols globaux (V/O et A/O) sont de 83, 80 mg/100g et celles des cultures associées (A/V et V/A) sont de 70,71 mg/100g. Pour le sol rhizosphérique les teneurs en potassium biodisponible suivent la tendance suivante : Olivier/**avoine**/vesce > Olivier/**avoine** > Olivier/**vesce** > Olivier/**vesce**/avoine (fig.29).

L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les teneurs en K (HNO₃) des différentes rhizosphères (annexe 4). La teneur est plus importante 94,04 mg/100g dans le sol rhizosphérique de l'avoine associée avec la vesce et l'olivier (O/A/V) et la faible valeur de 77,61 mg/100g revient au sol rhizosphérique de la vesce associée avec l'avoine et l'olivier (O/V/A) (tab.15).

Tableau 15 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols prélevés en hors couvert de l'olivier cultivé en association à de la vesce et/ou à l'avoine.

Cultures Sol	Vesce associée à l'olivier (O/V)	Avoine associée à l'olivier (O/A)	Avoine associée à l'olivier et la vesce (O/A/V)	Vesce associée à l'olivier et l'avoine (O/V/A)
Sol global (S.G.)	83,80	83,80	70,71	70,71
Sol rhizosphérique (S.RH.)	91,18	93,56	94,04	77,61

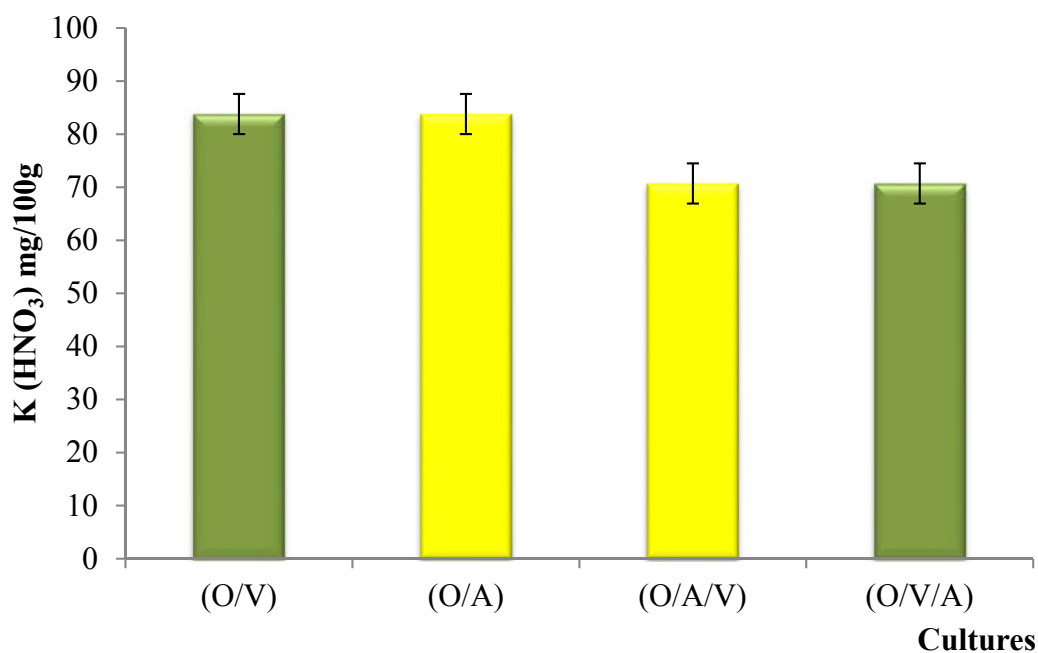


Figure 28 : Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols globaux prélevés en hors couvert de olivier cultivé en association avec la vesce et/ou à l'avoine.

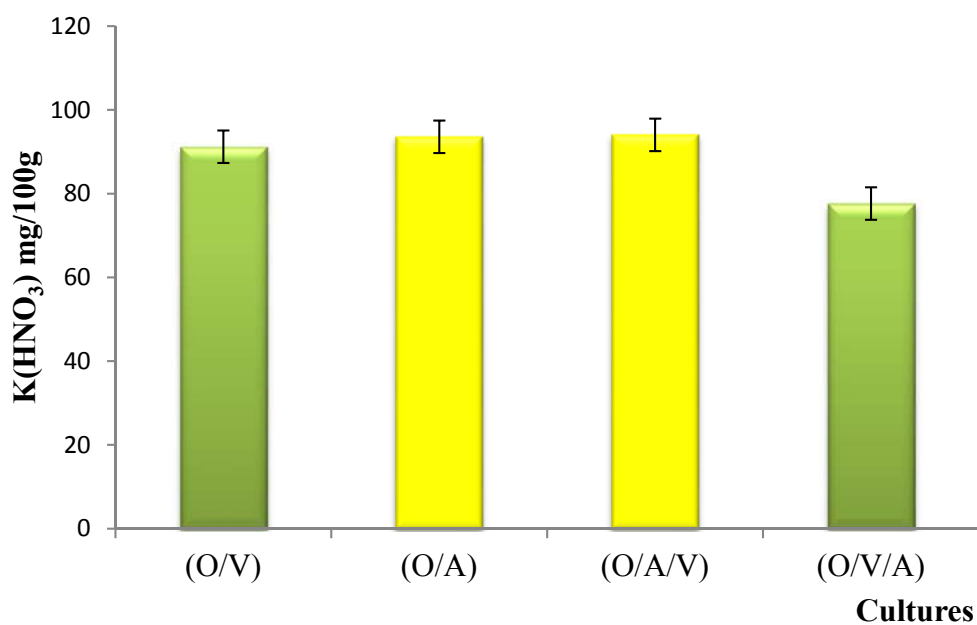


Figure 29 : Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés en sous-couvert de l'olivier cultivé en association avec la vesce et/ou à l'avoine.

Les teneurs en K (HNO₃) au niveau des sols rhizosphériques des différentes cultures conduites en association avec l'olivier (fig. 29), montrent que l'enrichissement de la rhizosphère d'avoine est plus important lorsqu'elle est conduite en association avec l'olivier.

D'après la figure 29 c'est lorsque la vesce est associée avec l'avoine/ olivier que sa rhizosphère s'appauvrit de plus en K (HNO₃), de la rhizosphère de la vesce en association avec l'olivier et de l'avoine associée à la vesce/ olivier.

B. Sous couvert

Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g sous olivier en culture associée dans le cas des sols prélevés en sous couvert sont présentées au tableau 16. Ces résultats montrent les sols globaux suivent la tendance suivante ; **O/V > A/O > V/O > O > O/V**. Pour ce dernier les teneurs varient de 81,89 mg/100g pour l'olivier associé à l'avoine (**O/A**) jusqu'à 96,42 mg/100g pour l'olivier associé à la vesce (**O/V**), ce qui indique une hétérogénéité spatiale du K (HNO₃) à l'échelle de la parcelle d'étude. Pour le sol rhizosphérique, la teneur la plus élevée 104,99 mg/100g correspond à celle de l'olivier conduit seul et la teneur la plus faible 81,14 mg/100g correspond à la vesce associée à l'olivier (**V/O**). L'analyse de la variance ne révèle pas de différence significative entre K (HNO₃) des sols globaux et rhizosphériques (annexe 5).

Cultures	Olivier (O)	Olivier associé à la vesce (O/V)	Vesce associée à l'olivier (V/O)	Olivier associé à l'avoine (O/A)	Avoine associée à l'olivier (A/O)
Sol					
Sol global (S.G.)	82,82	96,42	84,75	81,89	86,18
Sol rhizosphérique (S.RH.)	104,99	102,37	81,14	82,85	96,89

Tableau 16 : Résultats des teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols prélevés sous l'olivier cultivé en association avec de la vesce et/ou à l'avoine.

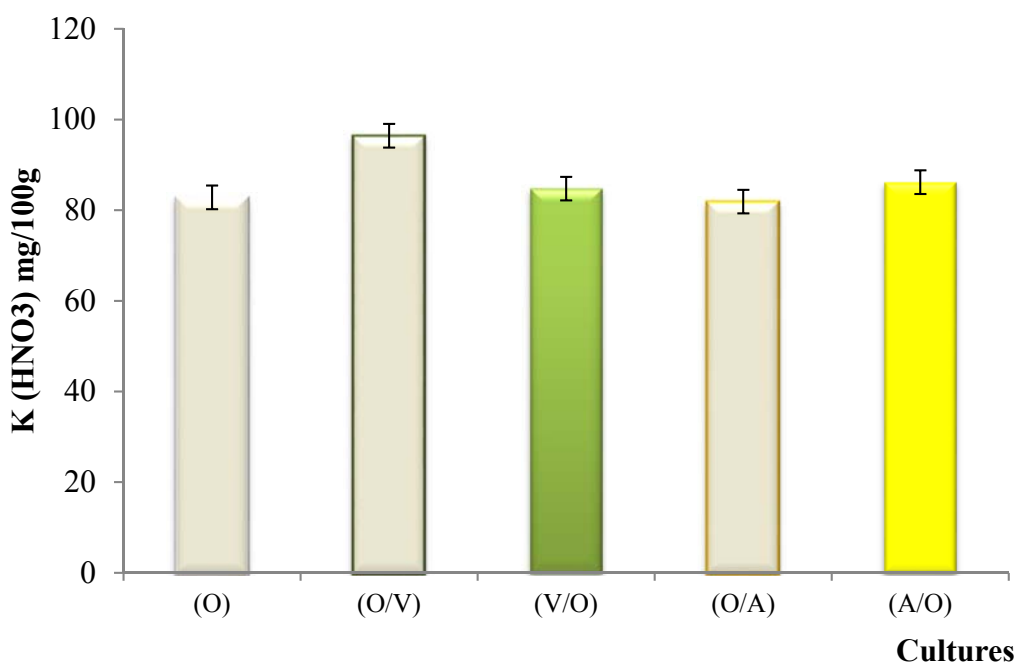


Figure 30 : Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols globaux prélevés sous l'olivier conduit en association avec la vesce et/ou à l'avoine.

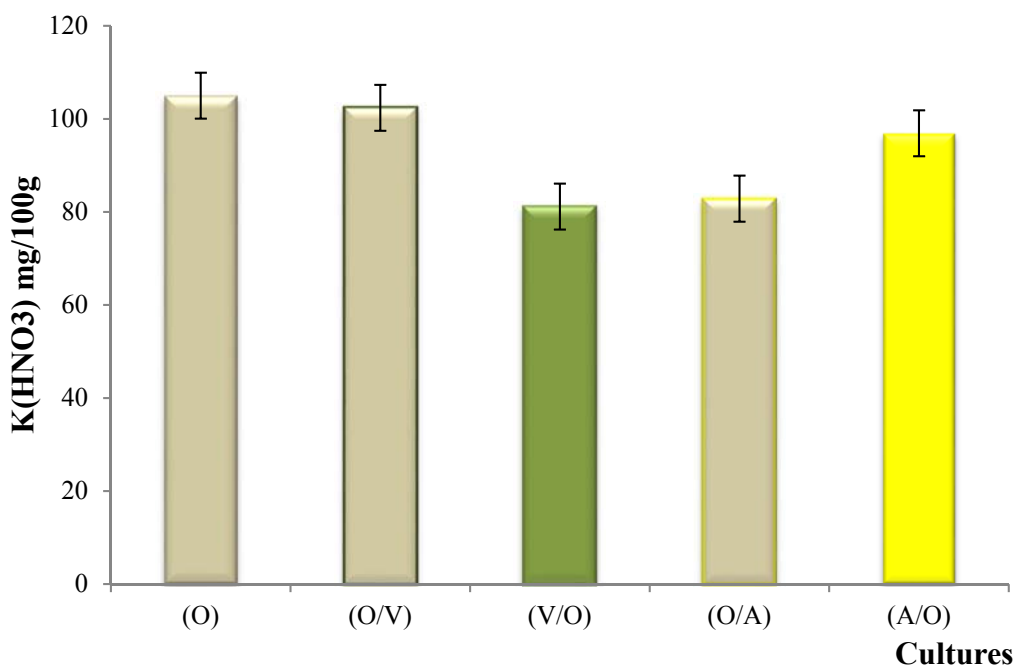


Figure 31 : Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques prélevés sous l'olivier conduit en association avec la vesce et/ou à l'avoine.

Les tanneurs en K (HNO_3) présentées dans la (fig.31) montrent que l'avoine associée avec l'olivier enrichit sa rhizosphère contrairement aux résultats obtenus pour la rhizosphère de l'olivier. L'olivier enrichit mieux sa rhizosphère quand il est conduit seul. Il semble que l'association la plus favorable avec l'olivier correspond à la culture de vesce puisqu'elle présente de meilleurs résultats au niveau des différentes associations étudiées. Il semblerait que la vesce induise une facilitation à l'acquisition du K (HNO_3) du potassium biodisponible par l'olivier. À l'inverse lorsque l'olivier est cultivé en association avec l'avoine, où il semblerait que c'est plutôt une compétition qui s'établit entre l'avoine et l'olivier donc les deux cultures vont prélever sur le pool non échangeable du potassium.

4. Biomasse aérienne fraîche des cultures

Les rendements en poids frais obtenus en association vesce et/ou avoine prélevés sous-couvert de l'olivier ou en hors couvert, au niveau des 16 parcelles sont représentés dans le tableau 17. Selon ces résultats, en hors couvert le rendement le plus important 7725,80 Kg/ha est obtenu avec l'association de (V/O), contrairement à l'avoine en association (A/V/O) qui obtient le rendement le plus faible 638,52 Kg/ha.

Pour le sous couvert, c'est le rendement de la vesce qui l'emporte toujours sur les autres rendements des différentes associations avec un rendement de 6039,22 Kg/ha. Le rendement le plus faible 790,65 Kg/ha est obtenu par l'association (A/V/O), par contre l'association (V/A/O) obtient un rendement de 2977,75 Kg/ha ce qui montre que cette association se fait en faveur de la vesce.

Tableau 17 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et de l'avoine obtenu en hors couvert et sous-couvert.

Cultures	Avoine associée à l'olivier (A/O)	Vesce Associée à l'olivier (V/O)	Avoine associée à la vesce et l'olivier (A/V/O)	Vesce associée à l'avoine et l'olivier (V/A/O)
Sol				
Hors couvert (H.C.)	1693,38	7725,80	638,52	3549,67
Sous couvert (S.C.)	2281,07	6039,22	790,65	2977,75

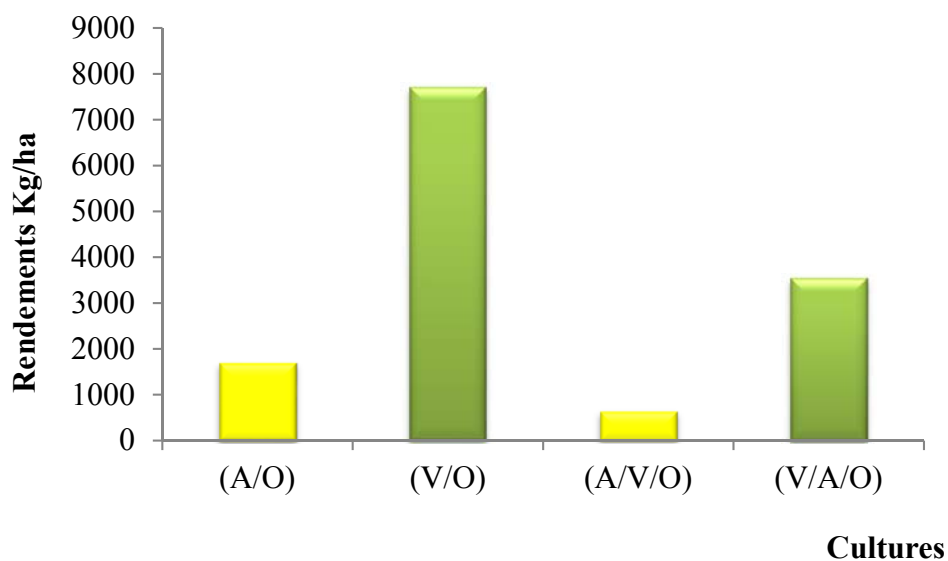


Figure 32 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en hors couvert.

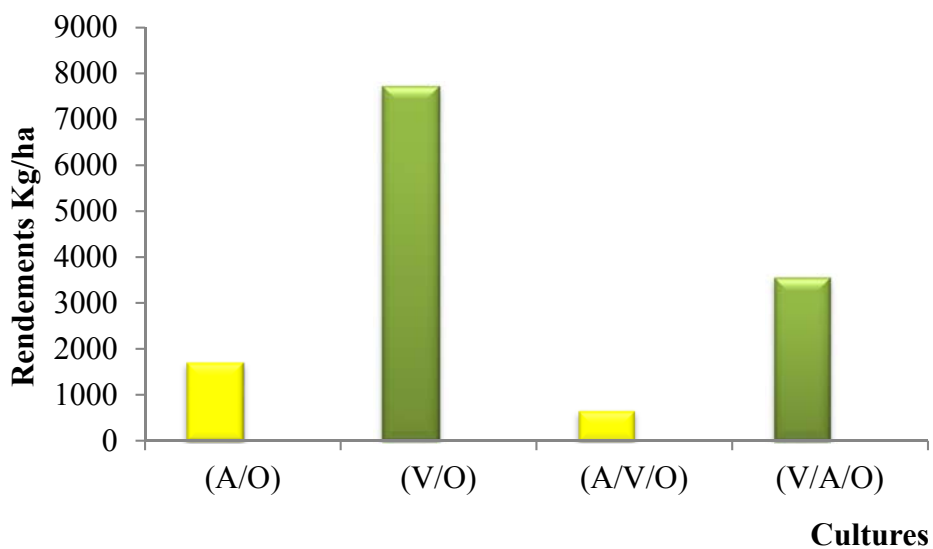


Figure 33 : Biomasse aérienne fraîche en Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en sous couvert.

Les rendements de la vesce en hors couvert sont supérieurs à ceux en sous-couvert (fig.33 et 34). Cela est probablement dû à la compétition pour la lumière entre les cultures annuelles vesce avoine. Cette association (V/O) présente les meilleurs rendements obtenus, contrairement aux rendements de l'association (A/O).

➤ Effet des cultures associées sur les adventices

Les rendements des adventices en Kg/ ha en hors couvert et sous-couvert sont représentés dans le tableau 18, ces derniers montrent que les rendements des adventices des différentes associations suivent la tendance suivante :

- En hors couvert, elle est : adventices (V/O) > adventices (O) > adventices (A/O) > adventices (V/A/O).

-En sous couvert, elle est : adventices (O) > adventices (A/O) > adventices (V/O) > adventices (V/A/O).

Tableaux 18 : Biomasse aérienne fraîche des adventices en Kg/ha obtenus en hors couvert et sous-couvert.

Cultures Sol	Adventices	Adventices	Adventices	Adventices
	(V/O)	(A/O)	(V/A/O)	Olivier
Hors couvert	961,73	684,06	310,028	886,64
Sous couvert	4742,07	6431,22	2771,55	6858,80

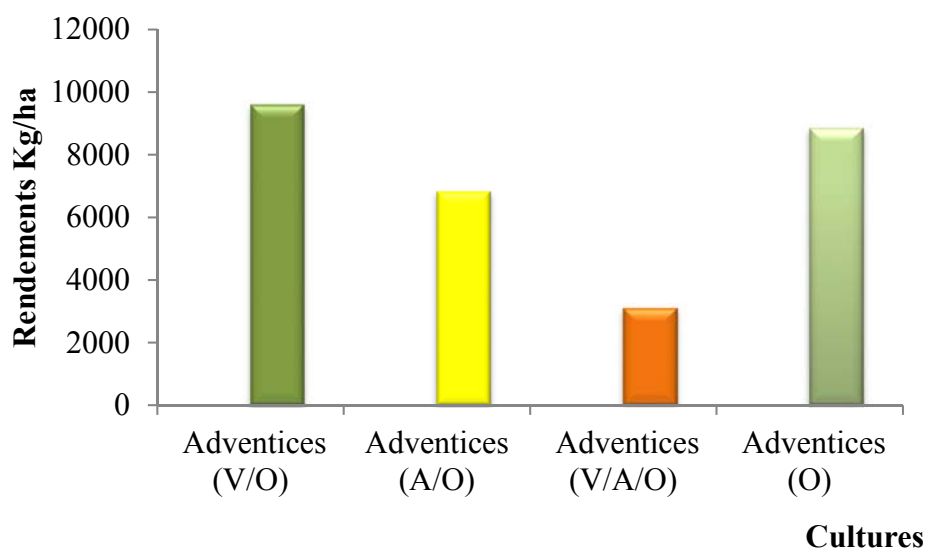


Figure 34 : Biomasse aérienne fraîche des adventices Kg/ha hors couvert.

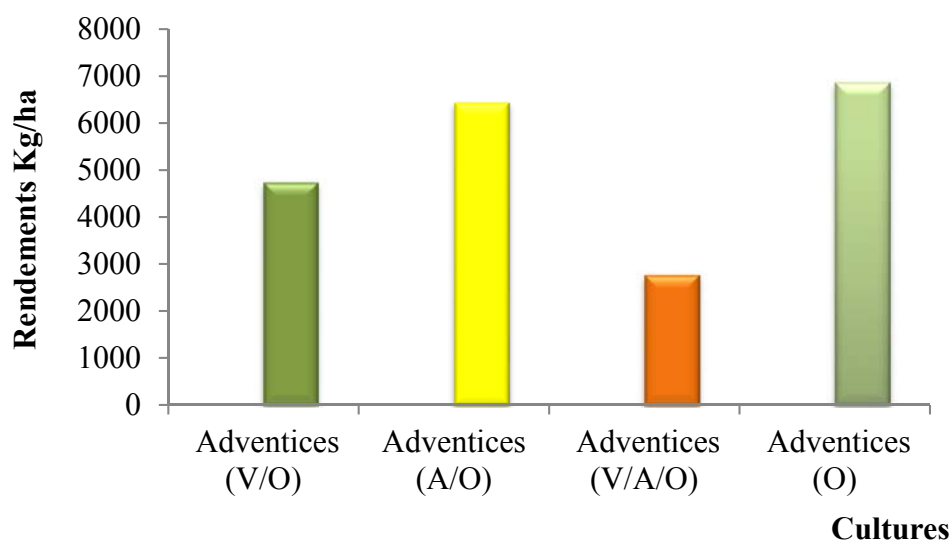


Figure 35 : Biomasse aérienne fraîche des adventices Kg/ha sous-couvert.

Nos résultats montrent que l'association vesce/avoine/olivier qui étouffe le plus les adventices (fig. 34 et 35).

Le calcul du LER qui permet d'évaluer la performance de l'association au cours de son cycle de développement, en comparant les rendements des cultures associées aux rendements des monocultures. Le LER obtenu est de **0,83 en hors couvert et sous couvert**.

Le LER est inférieur à 1, il y a donc une perte de rendement de l'association vesce/avoine/olivier.

Le LER obtenu indique une mauvaise utilisation des ressources (lumière, N, eau, ...) en culture associée par rapport aux cultures mono-spécifiques (JUSTES, BEDOUSSAC et al., 2008)..

5. Biomasse aérienne sec des cultures

Les rendements en poids sec obtenus en association vesce et/ou avoine prélevés sous couvert ou en hors couvert de l'olivier, au niveau des 16 parcelles sont représentés dans le tableau 19.

Selon ces résultats, en hors couvert le rendement le plus important 1657,35Kg/ha est obtenu avec l'association (V/O), contrairement à l'association (A/V/O) qui obtient le rendement le plus faible 161,40 Kg/ha.

Pour le sous-couvert, c'est le rendement de la (V/O) qui l'emporte toujours sur les autres rendements des différentes associations avec un rendement de 1423,45 Kg/ha. Le rendement le plus faible 193,13 Kg/ha est obtenu par l'association (A/V/O), par contre l'association (V/A/O) le rendement obtenu est de 668,11Kg/ha ce qui montre que cette association se fait en faveur de la vesce.

Tableau 19 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et de l'avoine obtenus en hors couvert et sous couvert.

Cultures Sol	Avoine associée à l'olivier (A/O)	Vesce Associée à l'olivier (V/O)	Avoine associée à la vesce et l'olivier (A/V/O)	Vesce associée à l'avoine et l'olivier (V/A/O)
Hors couvert (H.C.)	503,51	1657,35	161,40	882,00
Sous couvert (S.C.)	737,06	1423,45	193,13	668,11

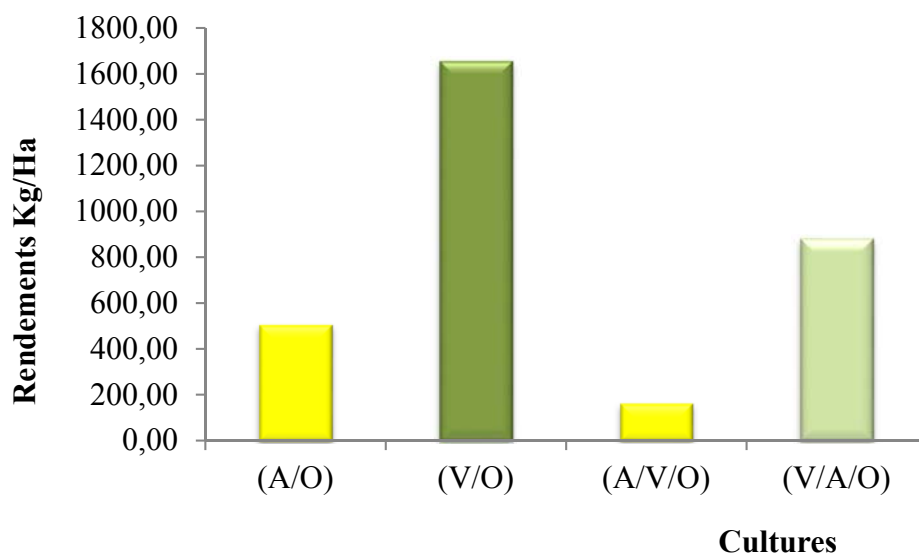


Figure 36 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en hors couvert

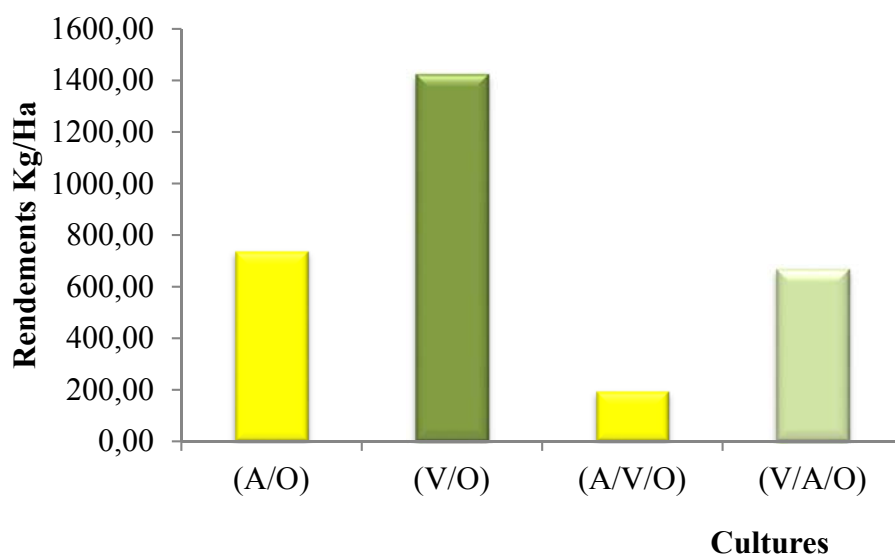


Figure 37 : Biomasse aérienne sèche Kg/ha de la vesce et /ou d'avoine en sous couvert.

Selon les fig. 36 et 37, les rendements de l'association (V/O) en hors couvert sont supérieurs à ceux en sous couvert. Cela est probablement dû à la compétition pour la lumière entre la vesce et l'olivier. Cette association de la vesce avec l'olivier présente les meilleurs rendements obtenus, contrairement aux rendements de l'association de l'avoine avec l'olivier.

➤ **Effet des cultures associées sur les adventices**

Les rendements des adventices en hors couvert et sous couvert sont représentés dans le tableau 20, ces derniers montrent que les rendements des adventices des différentes associations suivent la tendance suivante ;

- En hors couvert, elle est : adventices (A/O) > adventices (V/O) > adventice (O) > adventices (V/A/O).

-En sous couvert, elle est : adventices (O) > adventices (A/O) > adventice (V/O) > adventice (V/A/O).

Tableau 20 : Biomasse aérienne sèche des adventices en Kg/ha obtenus en hors couvert e sous couvert.

Cultures \ Sol	Adventices (V/O)	Adventices (A/O)	Adventices (V/A/O)	Adventices Olivier
Hors couvert	1508,30	1724,88	623,44	1204,06
Sous couvert	839,50	1250,74	506,88	1354,61

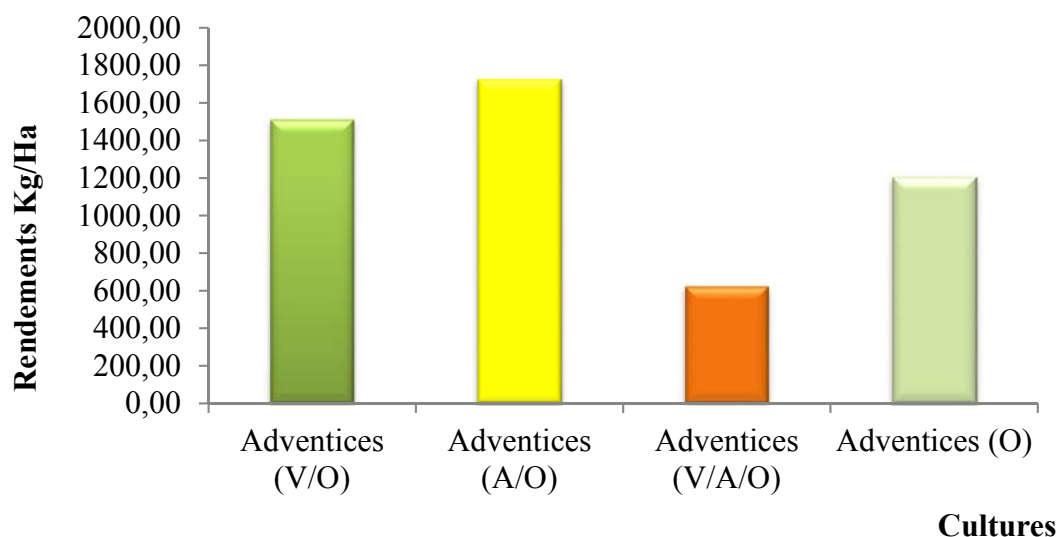


Figure 38 : Biomasse aérienne sèche des adventices Kg/ha en hors couvert.

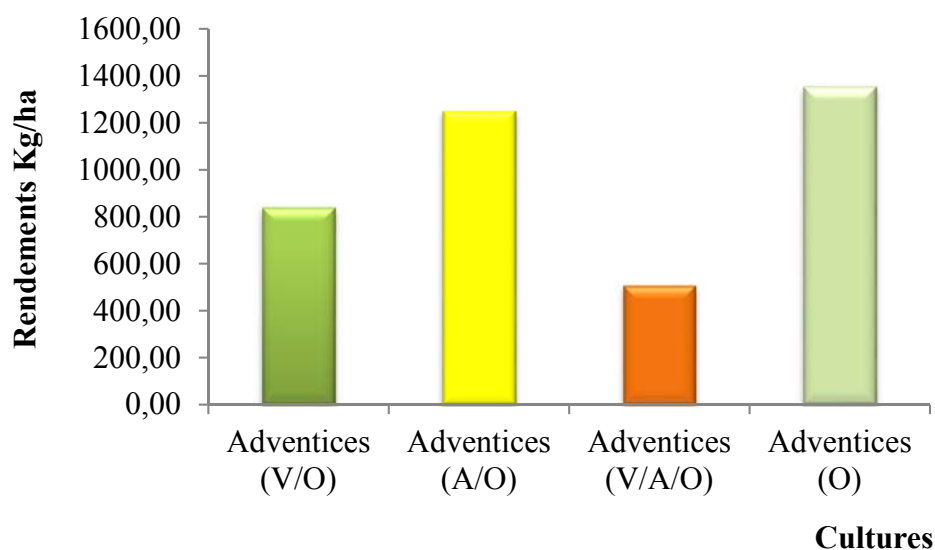


Figure 39 : Biomasse aérienne sèche des adventices Kg/ha en sous couvert.

Nos résultats montrent que c'est l'association vesce/avoine/olivier qui étouffe le mieux les adventices (fig.38 et 39). Le **LER en hors couvert de l'olivier est de 0.85 Kg/ha** inférieur à 1Kg/ha, donc il ya une perte de rendement de l'association.

Le **LER en sous couvert de l'olivier est de 0.73 Kg/ha** inférieur à 1Kg/ha, donc il ya une perte de rendement de l'association ce qui indique une mauvaise utilisation des ressources (lumière, N, eau, ...) en culture associée par rapport aux cultures mono-spécifiques (JUSTES, BEDOUSSAC et al., 2008).

Conclusion

L'étude de la variation du pool non échangeable du potassium dans les sols globaux, rhizosphériques des cultures installées en association (V/A/O) dans la région d'Ouahia et l'évaluation des performances de cette association par le suivi des rendements révèlent que :

Les sols rhizosphériques de l'olivier en culture monospécifique présentent des teneurs plus élevées que celles des sols globaux, et la différence en ces teneurs est significative.

Dans le cas de l'olivier cultivé en association avec la vesce et/ou l'avoine en hors couvert et sous couvert, l'étude a montré que la meilleure culture installée en association avec l'olivier correspond à la vesce, car c'est la culture qui n'influence pas les teneurs en K (HNO_3) rhizosphérique de l'olivier, comparativement aux autres cultures.

Les résultats du mélange O/V/A en hors couvert ont révélé une compétition pour le potassium biodisponible, cette compétition est en faveur de la culture d'avoine. Par contre en, sous couvert (mélange O/V/A), c'est la rhizosphère de l'olivier qui s'enrichit en K (HNO_3) ce qui traduit une facilitation à l'acquisition du K (HNO_3) par l'olivier cultivé en association avec la vesce. À l'inverse de l'association de l'olivier avec l'avoine, où il semblerait que ce soit plutôt une compétition qui s'établit entre l'avoine et l'olivier. Il semblerait que ces cultures aillent prélever sur le pool non échangeable du potassium.

L'évaluation des performances de cette association révèle que le rendement de l'avoine et de la vesce en monoculture ou en mélange cultivées en association avec l'olivier sont plus faibles. Cette baisse de rendement est particulièrement marquée sur la céréale qu'elle soit cultivée en monoculture, en mélange, sous couvert ou hors couvert de l'olivier les rendements restent très faibles.

L'effet association de culture, comme l'a montré le LER, n'a pas été mis en évidence, car le LER obtenu en hors couvert et sous couvert a révélé une perte de rendement de l'association vesce/avoine. Cependant, la vesce et l'avoine cultivées en association semblent limiter le développement des adventices.

Cette étude est une étude préliminaire de l'association de cultures annuelles (Vesce/Avoine) avec l'olivier. Ainsi, pour mieux évaluer l'effet de l'association olivier/vesce/avoine, il serait préférable d'échantillonner dans la période où la vesce et l'avoine seront au maximum de leur croissance.

Pour remédier au problème de la baisse du rendement de l'association vesce/avoine, il faudrait entreprendre une meilleure gestion des adventices. Dans l'optique d'améliorer le rendement de l'avoine qui s'est distingué par les rendements les plus bas, il est judicieux de préparer un lit de semence avant le semis, car l'avoine ne réussit pas dans les sols lourds ce qui est le cas du sol de la

station d'étude qui présente une texture limono-argileuse. À titre de rappel cette étude a été menée à très court terme, pour obtenir des résultats plus pertinents, il est nécessaire de répéter l'expérience durant trois années.

ACTION SEMIS DIRECT, 2011 : Cultures de couverture ; les pratiques agricoles de conservation ; Habiter le sol par les racines. Québec, Montérégie-est. 6P.
https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Cultures%20de%20couverture_2011.pdf

AHMIM M., 2008 : Nature et biodisponibilité algérienne : L'olivier, l'arbre béni.

ARGENSON C., REGIS S., et JOURDAN J.M., 1999 : L'olivier. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Ctifel). 204p.

BEDOUSSAC L. et al., 2011: Cultiver du blé (Dur et Tendre) en association avec une légumineuse à graine. Journée technique : conception et évaluation des systèmes de grande culture en AB Restitution du programme CITODAB (PSDR Midi-Pyrénées), Université de Toulouse, ENFA, UMR INRA-INPT/ENSAT 1248 AGIR, ²CNRS, UMR INRA-INPT/ENSAT 1248 AGIR, ³INRA, UMR INRA-INPT/ENSAT 1248 AGIR.

BONKOWSKIA M., CHENGB W., GRIFFITHS B. S., ALPHEID J., et SCHEUA S., 2000 : Microbial-faunal interactions in the rhizosphere and effects on plant growth. European Journal of Soil Biology, 36^{ème} Ed. Scientifiques et médicales Elsevier SAS. p. 135-147.

BOULOUHA B., 1995 : Contribution à l'amélioration de la productivité et de la régularité de production chez l'olivier, picholine marocaine, olivae N° 58, pp : 54 – 57.

BOUKHARI R., 2014 : Contribution à l'analyse génétique et caractérisation de quelques variétés d'olivier et l'influence de l'environnement sur leurs rendements au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de magistère. 1P.

CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982: Les interactions sol- racine. Incidence sur la nutrition minérale, collection mieux comprendre. Ed. I.N.R.A. Paris, 325p.

CHAMBRE D'AGRICULTURE AQUITAINE, 1999 ; Agricultures et Territoires, F46 technique-meteil.pdf
www.landes.chambagri.fr/fileadmin/documents.../technique-avoine.pdf

CHAMBRE D'AGRICULTURE AQUITAINE 1999 ; Agricultures et Territoires, Reconnaître les différentes espèces fourragère. F45 technique-meteil.pdf
www.landes.chambagri.fr/fileadmin/.../connaitre-especies-fourrageres.pdf

CLAVET R., 2003 : Le sol : Propriétés et fonctions. T2 : Phénomènes physiques et chimiques. Ed. France agricole. 511p.

CONDE C., DELTROT S. et GEROS H., 2008 : Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. Journal of Plant Physiology Ed.165^{ème}. pp : 1545—1562.

DAGNELLI p. 1086 : Théorie et méthodes statistiques: applications agronomiques (vol. 2). Gembloux, Presses agronomiques.

DARRAH P., JONES D. L., KIRK G. J. D., ROOSET., 2006 : Modelling the rhizosphere : a review of methods for ‘upscaling’ to the whole-plant scale. European Journal of Soil Science, vol. 57, pp : 13–25.

DJILI K., DAOUD Y. et AYACHE N., 1999 : Analyse de la distribution verticale et spatiale du calcaire dans les sols de l’Algérie septentrionale. I.N.A., département de science des sols. Algerie. 213P.

DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES, 2010 : Situation générale du secteur de l’agriculture. Evaluation de la campagne agricole 2008-2009.

DOMMERGUES Y., MANGENOT F. 1980. Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson. 280p.

FAIVRE PIERRE et CHAMARRO CLARA, 1095 : Facteurs biotiques et mécanismes de lessivage particulaire dans les sols ; l’exemple des toposéquences caractéristiques des Andes de Colombie. Etude et gestion des sols. 36P.

GE Z., RUBIO G. et LYNCH J.P., 2000 : The importance of root gravitropism for inter-root competition and phosphorus acquisition efficiency : results from a geometric simulation model. *Plant and Soil* 218: pp : 159–171.

GNIS 2008 : Vesce commune ; Techniques de culture et activités pédagogiques, cultivons la biodiversité des plantes cultivés. 2p. www.semencemag.fr

GREGORY J., et HINSINGER P., 1999 : New approaches to studying chemical and physical changes in the rhizosphere: an overview. Plant and soil. Vol.211. INRA, Montpellier.pp : 1-9.

GREGORY P. J., 2006 : Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science? European Journal of Soil Science,vol. 57, pp: 2-12.

Haylock, O. F. 1956: A method for estimating the availability of non exchangeable potassium. Trans-actions of the 6th International Congress of Soil Science, Paris 2: 403-8.

HELLALI R., 2002 : Rôle du potassium dans la physiologie de la plante. Institut National Agronomique de Tunisie, pp.1-12.

HINSINGER P., PLASSARD C., TANG C. et JAILLARD B., 2003 : Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. Ed. Plant and Soil. Vol. 248., pp : 43–59.

HINSINGER P., GOBRAN G. R.,GREGORY P. J. et WENZEL W. W., 2005 : Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from rootmediated physical and chemical processes. Research review of new phytologist. Vol.168, pp : 293-303.

HINSINGER P., 2012 Les cultures associée céréales/légumineuses. En agriculture <<Bas intrants >> dans le sud de la France. Perfcom-ANR. pp : 4-17.

HUSSON O., CHARPENTIER H., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., MICHELLON R., NAUDIN K., RAKOTOARINIVO C., RAKOTONDRAMANANA, SEGUY L. : Vesce velue : *Vicia villosa* ; Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses annuelles. 2p.

HUSSON O., CHARPENTIER H., MICHELLON R., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., ENJALRIC F., NAUDIN K., RAKOTONDRAMANANA, SEGUY L., 2012: Avoine *Avena sativa* et *Avena strigosa* ; Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses annuelles. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 1. pp :2-3.

JOHNSTON A. E., 2007 : Potassium, magnesium and fertility : long term experimental evidence. Proceedings 613, International Fertiliser Society. 16p.

JUSTES, BEDOUSSAC et al., 2008 : Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé cultivé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ?. ¹INRA Toulouse (UMR 1248 AGIR), ²CREAB Midi-Pyrénées Auch et ³ENFA Toulouse (UMR 5174 EDB). Colloque DinABio, Montpellier, 19-20 mai 2008. 9p.

KUTSCHERA L., 1960. Wurzelatlas Mitleuropaisher Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. Frankfurt, Germany: Verlag

LOZET J., MATHIEU C., 1990: Dictionnaire de science du sol Deuxieme édition, Lavoisier, 266P.

LINES-KELLY R., 2005: Soil biology basics : The rhizosphere. Ed. New South Wales Department of Primary Industries. 1p.

MARTINEZ R. L. et SANCHEZ L.M., 1975 : Fertilisation : II^{ème} séminaire oléicole international 6-17 octobre 1975. Cordoue (Espagne). pp : 49-66.

MHIRI A., 2002 : Le potassium dans les sols de Tunisie. Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique INA de Tunisie. N°II. pp : 1-13.

MOREL M., 1989 : Les sols cultivés. Ed. tec .et doc

MORIANA A., PEREZ-LOPEZ D., RIBAS F., OLMEDILLA N. et DEJUAN A., 2007: The effect of irrigation schedules on the water relations and growth of a young olive (*Olea europaea* L.) orchard. Agricultural water management 89^{ème} Ed. pp : 297 – 304.

MORISON V., DAVID C., CADOUX S., LORIN M., CELETTE F., AMOSSE C., BASSET A., 2014 : Association d'une culture de rente et espèces compagnes permettant la fourniture de services écosystémiques. pp97-217.

MOUAS-BOURBIA S., 1996 : Contribution à l'étude de la dynamique du potassium dans les sols alluviaux de la région de Tadmait. Thèse de magistère, U.M.M.T.O., p. 129.

MOUAS-BOURBIA S., 2014: Biodisponibilité du potassium dans la rhizosphère d'*Olea europea* L. : Thèse de doctorat, Option : pédologie, Vol. 220. pp12-84.

MOUGHLI L., 2000 : Fertilité des sols et contrôle de la pollution. Institut agronomique et vétérinaire, Hassan II, Rabat, Maroc. Département des sciences du sol. www.iav.ac.ma.

OSAE 2012: Synthèse technique ; Les associations de culture ou de culture associée à visée alimentaire.pp : 2-3 Solagro : 75, voie du TOEC - CS 27608 - 31076 Toulouse Cedex 3.
www.osez-agroecologie.org

OUKNIDER M. et JACQUARD P., 1988 : Un modèle d'association graminée-légumineuse : le mélange vesce (*Vicia sativa* L.)-avoine (*Avena sativa* L.). Submitted on 1 Jan 1988. Pp : 105-106.

P. D. A. U, 2012 : Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la commune (APC)d'Ouadhia.

PIROT R., PERRET S., et MANICHON H., 1996 : Le travail du sol dans les systèmes mécanisés tropicaux. Colloque 11-12 Septembre 1996, Montpellier. 115P.

RAO A.V. et TAK R., 2001 : Influence of mycorrhizal fungi on the growth of different tree species and their nutrient uptake in gypsum mine spoil in India. Ed. Applied Soil Ecology 17. pp. 279–284.

ROBERT M., 1996 : Le sol, interface dans l'environnement. Ed. Masson. 244p.

SAAD D. 2009 : Etude des endomycorrhizes de la variété Sigoise d'olivier (*Olea europea* L.) et essai de leur application à des boutures semi-ligneuses : mémoire de magistère en Biotechnologie. Option : Intérêt des microorganismes en Agriculture et en Agro-alimentaire. Vol. 98,18p.

SOLTNER D., 2003 : Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol 23^{ème} édition. 379p.

SOLTNER D., 2005 : Les bases de la production végétale, le sol- le climat-la plante. 24^{ème} Ed., 111p.

STRÖM L., OWEN A. G., GOLDBOLD D. L., et JONES D. L., 2001: Organique acid behaviour in a calcareous soil: sorption reactions and biodegradation rates. 33^{ème} Ed. Soil biology & Biochemistry. pp : 2125-21.

TURPAULT M.P., GOBRAN G.R. et BONNAUD P. 2007 : Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. Geoderma 137, 490-496.

VIVEROLS 2010 : Intérêt et conduite des méteil ; (1,1) -3- Herbe richesse du Forez - brochure -CORRECTION.indd 18/06/2010. 15p.

VOLKER R. et GÜTER N., 2006 : The rhizosphere : Contribution of the soil-root interface to sustainable soil systems. Inst. for Plant Nutrition, Univ. of Hohenheim, Germany. 92p.

WATTEAU F., VILLEMIN G., BURTIN G. et JOCTEUR-MONROZIER L., 2006: Root impact on the stability and types of micro-aggregates in silty soil under maize. European Journal of Soil Science, Vol.57, p. 247-257.

(WILLEY, 1979 in BLADY ,1993) ; 1993 : Agrométéorologie des cultures multiples en région chaudes, Institut National de la Recherche Agronomique. INRA –LESCA, France. 57p.

WILLIAM T. P., 2007 : Potassium influence on crop yield and quality. 4p.

Tableau 1: Analyse de la variance du K (HNO₃) pour chaque fraction de sol (Global et Rhizosphérique) sous olivier en culture mono-spécifique

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1655,505	7	236,501				
VAR.FACTEUR 1	983,018	1	983,018	8,771	0,02497		
VAR.RESIDUELLE 1	672,487	6	112,081			10,587	11,27%

Tableau 2 : Test de NEWMAN-KEULS pour les deux fractions du sol (Global et Rhizosphérique) sous olivier en culture mono-spécifique

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	Rh	104,995	A	
1.0	G	82,825		B

Annexe 3 : Analyse de la variance des teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques et globaux prélevés sous olivier en culture mono-spécifique et en association

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19017,32	31	613,462				
VAR.FACTEUR 1	1911,219	3	637,073	1,03	0,39821		
VAR.FACTEUR 2	1436,615	1	1436,615	2,322	0,13699		
VAR.INTER F1*2	821,809	3	273,936	0,443	0,72779		
VAR.RESIDUELLE 1	14847,68	24	618,653			24,873	27,89%

Annexe 4 : Analyse de la variance des teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques et globaux prélevés en hors couvert de olivier cultivé en association à de la vesce et/ou à l'avoine.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	15918,43	31	513,498				
VAR.FACTEUR 1	1047,016	3	349,005	0,626	0,60885		
VAR.FACTEUR 2	1122,314	1	1122,314	2,012	0,16564		
VAR.INTER F1*2	361,009	3	120,336	0,216	0,88484		
VAR.RESIDUELLE 1	13388,1	24	557,837			23,619	28,40%

Annexe 5 : Les teneurs moyennes en K (HNO₃) mg/100g des sols rhizosphériques et globaux prélevés en sous couverture de l'olivier conduit en association avec la vesce et/ou à l'avoine.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	16997,4	39	435,831				
VAR.FACTEUR 1	1710,843	4	427,711	0,918	0,46766		
VAR.FACTEUR 2	523,453	1	523,453	1,124	0,29816		
VAR.INTER F1*2	787,953	4	196,988	0,423	0,79274		
VAR.RESIDUELLE 1	13975,15	30	465,838			21,583	23,97%