



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 en Agronomie  
Domaine : Science de la nature et de la vie  
Spécialité : Réhabilitation et Restauration des sols*

## *Thème*

**Effet de l'apport de margines sur le potassium de la rhizosphère et la  
croissance de la culture associée *Triticum secale* / *Nicia faba***

*Réalisé par :*

HACHEMI Sylia  
BERREFANE Ouzena

*Devant le jury :*

Président: M <sup>elle</sup> OMOURI O.	MAA	UMMTO
Examinatrice: Mme TAIBI H.	MAA	UMMTO
Examinatrice: Mme BENNANE-KADI S.	MAA	UMMTO
Promotrice: Mme MOUAS-BOURBIA S.	MCB	UMMTO
Invité: Mr TAMEN S.	Directeur de l'ITMAS de BOUKHALFA	

Promotion 2015/2016

# Remerciements

Nous tenons à remercier Dieu tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté de mener à bien ce travail.

Au terme de ce présent travail, nous tenons à remercier :

Notre promotrice M<sup>me</sup> MOUAS-BOURBIA S. maitre de conférence classe B et chargée de cours au département des Sciences Agronomiques à l'UMMTO, d'avoir accepté de nous encadrer, pour son suivi et ses conseils et sa très grande patience ainsi que le temps précieux qu'elle nous a consacré.

Nous remercions vivement M<sup>elle</sup> OMOURI O. Maitre Assistante chargée de cours à l'UMMTO, qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury.

Nous adressons également notre profonde reconnaissance à M<sup>me</sup> TAIBI H. Maitre Assistante et chargée de cours, qui nous a aidé et nous a fourni les graines dont on avait besoin, et pour avoir acceptée d'examiner notre travail.

Nous remercions vivement M<sup>me</sup> BENNANE-KADI S. Maitre Assistante et Chargée de cours à l'UMMTO pour avoir acceptée d'examiner notre travail.

Nos profonds remerciements vont également à Mr ARKOUB M. Maitre Assistant et chargé de cours à l'UMMTO pour sa disponibilité à chaque fois qu'il fallait régler le photomètre à flamme.

Nos vifs remerciements vont spécialement à nos très chères sœurs, camarades de promotion et ingénieurs de laboratoire de pédologie Mme Tibiche G. et M<sup>elle</sup> Issaoun D., pour leur soutien, leur gentillesse et surtout leur entière disponibilité à toutes nos sollicitations.

Nos vifs remerciements vont aussi à Mr le Directeur de l'ITMAS de Boukhalfa Mr TAMEN S. ainsi qu'à tout le personnel de l'institut, pour leur accueil et la mise à notre disposition de tous les moyens qui existent au niveau de leur institut afin de réaliser ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, tous ceux et celles qui nous ont aidés de loin ou de près à réaliser ce travail.

Merci à tous.

# Dédicaces

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui me sont chères :

A vous mes très chers parents, que Dieu vous protège et vous accorde le bonheur, la santé et une longue vie.

A mes sœurs: Ourida et Aldjia, leurs maris et leurs enfants

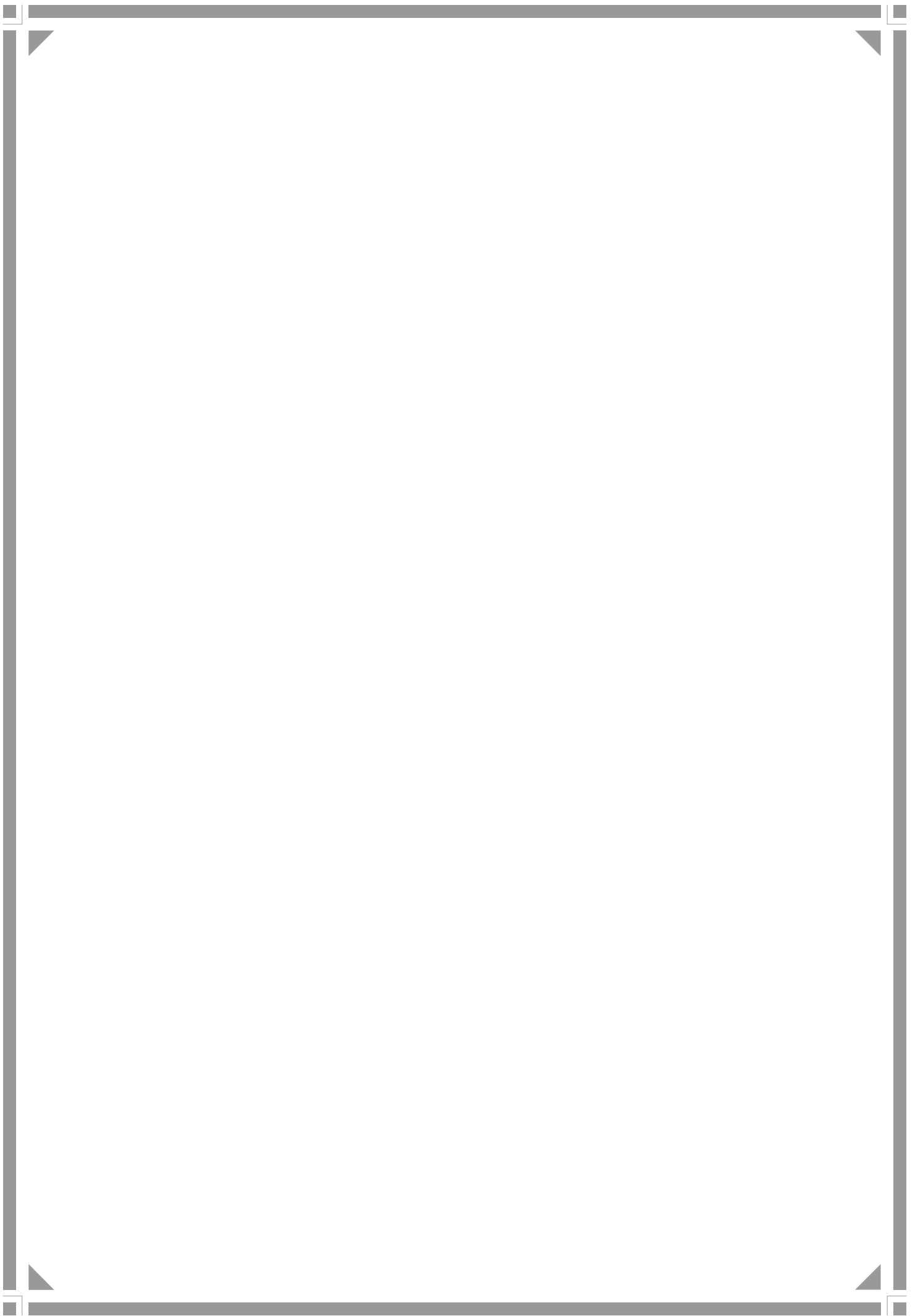
A mes frères: Moh ; Ramdhane ; Ali ; Brahim ; Salim ; leurs femmes et leurs enfants et particulièrement mes deux frères Farid et Idir, leurs femmes Zohra et Kahina et leurs enfants : Yugurten, Tafsut, Aksil et Aylan.

A mon très cher Kamel Oukali et toute sa famille

A toutes mes amies

A toute la promotion 2015/2016 du M II de réhabilitation et restauration des sols.

Syia



## Liste des figures

---

Figure1 : synthèse de triticale.....	06
Figure2 : triticale .....	07
Figure3 : champ de féverole.....	09
Figure 4 : Schéma représentant la structure d'une racine d'après Prat et Rubinstein (2005).	12
Figure 5 : image satellite de la zone d'échantillonnage via Google Earth 2016.....	17
Figure 6 : dispositif expérimental sous serre.....	18
Figure 7 : échantillonnage du sol .....	19
Figure 8 : tamisage du sol .....	20
Figure 9 : arrosage et retournement des sols .....	20
Figure 10 : matériels végétal (A : triticale en monoculture ; B : féverole en monoculture ; C : association triticale/féverole). .....	21
Figure 11: pouvoir germinatif de triticale et de la féverole. ....	22
Figure 12 : sol global.....	23
Figure 13 : sol rhizosphérique.....	23
Figure 14 : mesure de la longueur racinaire .....	25
Chapitre III : résultats et discussions	
Figure 15 : profil pédologique du sol .....	27
Figure 16 : variation du pH du sol global du triticale en fonction de la dose de marge après 70j de semis.....	29
Figure 17 : variation du pH du sol global de la féverole en fonction de la dose de marge après 45j de semis .....	29
Figure 18 : variation du pH du sol global de la féverole en fonction de la dose de marge après 70j de semis .....	30
Figure 19 : variation du pH du sol global de l'association en fonction de la dose de marge après 45j de semis .....	30
Figure 20 : variation du pH du sol global de l'association en fonction de la dose de marge après 70j de semis .....	31
Figure 21: variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de triticale .....	32
Figure 22 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de la monoculture féverole après 45j de semis .....	32
Figure 23: variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de l'association après 45j de semis.....	33
Figure 24 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de l'association après 70j de semis.....	34

## Liste des figures

---

Figure 25 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en absence de margine, après 45 jours de semis. ....	35
Figure 26 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en présence de margine, après 45 jours de semis.....	36
Figure27: variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en absence de margine, après 45 jours de semis .....	36
Figure 28 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en présence de margine, après 45 jours de semis.....	37
Figure 29 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de la féverole après 45 jours de semis.....	37
Figure 30 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de la féverole après 70 jours de semis.....	38
Figure 31 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de l'association après 70 jours de semis.....	39
Figure 32 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de l'association, après 70 jours de semis.....	39
Figure 33 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de la féverole, en absence de margine, après 70jours.....	40
Figure 34 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en absence de margine, après 45 jours de semis .....	41
Figure 35 : variation de potassium assimilable des sols rhizosphériques des monocultures et de l'association, en présence de margine, après 45 jours de semis .....	42
Figure 36: performance de l'association triticale/ féverole.....	46
Figure 37 : suivi des hauteurs des plants de triticale.....	46
Figure38: suivi des hauteurs des plants de la féverole .....	47

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : composition de la margine des differents pays .....	15
Tableau 2 : dispositif expérimental. ....	18
Tableau 3 : résultats des analyses du profil. ....	28
Tableau 4 : tableau récapitulatif des mesures de la BA, BR, LRD des 3 cultures. ....	43
Tableau 5 : résultats de la performance de l'association. ....	45

## Liste des abréviations

---

A : argile  
BA : biomasse aérienne  
BA : biomasse racinaire  
CaCO<sub>3</sub> : calcaire  
CIMMYT (centre international de l'amélioration du maïs et du blé).  
D0: Dose 0 (Témoin, quantité de margine = 0).  
D1: Dose 1 (quantité de margine = 50 m<sup>3</sup>/ha).  
F : féverole en monoculture sans apport de margine  
FM : féverole en monoculture avec apport de margine  
Fp : féverole pure (en monoculture)  
H : horizon  
H<sub>2</sub> O<sub>2</sub> : l'eau oxygénée  
Ha: Hectare  
HCl : acide chlorhydrique  
ICARDA (centre international de la recherche agricole pour les zones sèches)  
ITGC : institut technique des grandes cultures  
ITMAS : institut technique moyens agricoles  
K : potassium  
K<sub>A</sub> : potassium assimilable  
LER : land équivalent ration  
LF : limon fin  
LG : limon grossier  
LRD : longueur racinaire  
M.O.: Matière organique  
N: Azote  
P: Phosphore  
pH : potentiel hydrogène  
SF : sable fin  
SG : sable grossier  
T : triticales en monoculture sans apport de margine  
T/F M : association triticales/féveroles avec apport de margine  
T/F : association triticales/féveroles  
T/F : association triticales/féveroles sans apport de margine  
TM : triticales en monoculture avec apport de margine  
Tp : triticales pur (en monoculture)

# Liste des abréviations

---

W.R.B. : Base de Référence Mondiale pour la classification des sols

# Sommaire

---

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale .....	01
Chapitre I -Synthèses bibliographiques :	
I- les cultures associées.....	04
I-1 -Principe.....	04
I-2 - Avantages de l'association de cultures .....	04
I-3 - inconvénients de l'association de cultures	
➤ Au niveau de la parcelle .....	05
➤ Dans l'exploitation.....	05
II- le triticales.....	06
II-1 - le triticales en Algérie.....	07
II-2 - atouts et contraintes	
a) atouts principales.....	08
b) contraintes principales .....	08
II-4 - Exigences	
➤ Sol.....	08
III- la féverole.....	09
III-1 - intérêts de la culture	
➤ Agronomiques .....	09
➤ Fourragers .....	10
➤ Economiques.....	10
III-2 - Exigences de la culture	
➤ Le climat .....	10
➤ Le sol.....	10
➤ Le semis .....	11
III-3 - la féverole en Algérie .....	11
IV- Mélange triticales/féverole.....	11

# Sommaire

---

V- la face cachée du sol	
V-1 -la racine.....	12
V-2 - la rhizosphère .....	13
V-3-le potassium dans la rhizosphère .....	13
VI- les margines.....	14
VI-1 - composition de la margine	
a) Fraction minérale.....	14
b) Fraction organique.....	14
VI-2 - les avantages et les inconvénients	
➤ Les avantages .....	16
➤ Les inconvénients.....	16
VI-3 - Valorisation des margines .....	16
VI-4 - Les recommandations relatives à l'épandage.....	16
Chapitre II - Matériels et méthodes	
I- Dispositif expérimental .....	17
II- Matériels utilisés	
➤ Les margines .....	19
➤ Le sol.....	19
➤ Le matériel végétal .....	21
❖ Le pouvoir germinatif.....	21
➤ Echantillonnage des deux fractions du sol.....	22
• Echantillonnage du sol global .....	22
• Echantillonnage du sol rhizosphérique.....	22
• Ouverture d'un profil pédologique.....	22
III- Analyses des échantillons de sol.....	23
➤ L'analyse physique (granulométrie) .....	23
➤ Analyses chimiques.....	24
• Mesure de pH des sols .....	24
• Extraction et dosage du potassium des sols .....	24

# Sommaire

---

➤ Analyses statistiques .....	24
IV- Le végétal	
• Mesure de la hauteur des plants.....	24
• Mesure de la biomasse racinaire et de la biomasse aérienne.....	24
• Longueur racinaire.....	25
• Land Equivalent Ratio : LER.....	25
Chapitre III- Résultats et discussions	
I- Description du sol.....	26
➤ Horizon de surface.....	26
➤ Horizon de profondeur .....	26
II- Caractéristiques physiques et chimiques du sol.....	28
III- Variation des paramètres chimiques des sols à 45 jours et à 70 jours après semis .....	28
III-1-pH.....	28
III-1-1-Effet margine .....	28
➤ Sur le sol global.....	28
• Du triticale en monoculture .....	28
• De la féverole en monoculture.....	29
• De l'association triticale/féverole.....	30
III-1-2-Effet rhizosphérique .....	31
➤ Du triticale en monoculture .....	31
➤ De la féverole en monoculture .....	32
➤ De l'association .....	33
III-1-3-Effet association .....	34
➤ Sur les sols globaux.....	34
➤ Sur les sols rhizosphériques.....	35
III-2-Potassium assimilable $K_A$ .....	37
III-2-1-Effet margine .....	37
➤ Sur le sol global.....	37

# Sommaire

---

• Du triticales en monoculture .....	37
• De la fèvevole en monoculture.....	37
• De l'association triticales/fèvevole.....	38
III-2-2-Effet rhizosphérique.....	40
➤ Sur le triticales en monoculture .....	40
➤ Sur la fèvevole en monoculture .....	40
➤ Sur l'association triticales/fèvevole .....	40
III-2-3 Effet association.....	41
➤ Sur sols globaux .....	41
➤ Sur sols rhizosphériques .....	42
IV- Le végétal .....	43
IV-1 La biomasse aérienne.....	44
• De triticales .....	44
• De la Fèvevole .....	44
IV-2 La biomasse racinaire.....	44
• Du triticales .....	44
• De la Fèvevole .....	45
IV-3 La longueur racinaire LRD.....	45
• Du triticales .....	45
• De la fèvevole .....	45
IV-4 performance de l'association .....	45
IV-5 Croissance des cultures .....	46
➤ Du triticales en monoculture et en association .....	46
➤ De la fèvevole en monoculture et en association.....	47
Chapitre IV- Conclusion générale .....	48
Résumé	
Références bibliographiques	
Annexes	

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Au cours des dernières décennies, l'utilisation d'intrants a permis d'augmenter significativement la productivité des agroécosystèmes, mais dans le cas de l'azote (N) et du phosphore (P), cette augmentation s'est accompagnée d'une diminution significative de l'efficacité de N et K. Cela est en partie lié à des pertes de ces éléments conduisant à des impacts négatifs sur l'environnement, tels que la pollution des nappes phréatiques ou l'émission de gaz à effet de serre. En vue de maintenir une productivité élevée des agroécosystèmes, de la stabiliser tout en minimisant ces impacts négatifs sur l'environnement, il est nécessaire de développer des innovations pour cheminer désormais vers une «intensification écologique» des agroécosystèmes, pour une meilleure efficacité d'utilisation des ressources en N et K du sol (Hinsinger, 2012). L'association de culture fait partie du sol et de la rhizosphère pour une meilleure gestion des agroécosystèmes.

En effet, dans un peuplement mono-spécifique monovariétal, tels que sont la plupart des champs cultivés, toutes les plantes d'une même parcelle sont en compétition pour les mêmes ressources, utilisant les mêmes pools des éléments majeurs du sol, tout en laissant de côté d'autres pools. Dans un peuplement complexe associant plusieurs variétés d'une même espèce, voire plusieurs espèces, il faut s'attendre, si celles-ci sont suffisamment différentes d'un point de vue fonctionnel, à ce que des interactions positives (facilitation, complémentarité) prennent le pas sur les interactions négatives (compétition) entre plantes. Il peut ainsi en résulter un meilleur partage des ressources du sol, dans le cas de cultures associées céréale-légumineuse. Les relations de compétition et facilitation ont été mises en évidence pour le N et le P (Hinsinger, 2012).

Le potassium est un des éléments vitaux de la nutrition humaine et animale, il provient essentiellement des cultures qui le prélèvent des sols (Pittigrew, 2007) soulignent le rôle d'une fourniture adéquate en potassium sur l'amélioration des rendements et sur la qualité des cultures. Il présente un comportement étroitement lié à la minéralogie du sol car c'est un important constituant de nombreux minéraux primaires potassiques (Quemener, 1986), il est absorbé en quantité importante par les végétaux (ROBERT, 1996), dans lesquels il est présent sous forme d'ions  $K^+$  très mobile dissous dans les tissus intracellulaire.

Le potassium est l'un des principaux constituants minéraux de la matière sèche végétale et en représente approximativement 3% (YARA, 2009). Il joue un rôle important dans la

## Introduction générale

---

dynamique de l'eau dans le végétal par la création de forces osmotiques grâce auxquelles l'eau est absorbée par les racines (Heller et al, 1998).

La biodisponibilité de potassium dans les sols est actuellement expliquée par le concept qui se base sur l'existence de quatre pools de potassium qui se distingue par leur accessibilité aux racines, avec des transferts réversibles. On admet que le potassium soluble est principalement à l'état de cations  $K^+$  libres (barber ,1995).cette forme est considérée comme la source de potassium absorbé par les racines, ce pool immédiatement disponible est réapprovisionné aussi bien par le potassium échangeable, que le potassium non échangeable du sol (Rombeld et Kirkby, 2010).

Le potassium non échangeable qui est constitué par le potassium interfoliaire des argiles non expansibles comme les illites et le potassium de réserve qui est constitué par le potassium des minéraux silicatés-potassiques (Memon et al ,1988)

Les racines des plantes prélèvent le potassium du sol à leur proximité immédiate, zone du sol appelée la rhizosphère, la rhizosphère est le siège de processus physiques et chimiques spécifiques liés à l'alimentation hydrique et minérale des plantes (Girard et al, 2005).

Les margines sont des effluents liquides issus de l'extraction d'huileries d'olives, qui posent un sérieux problème sur l'environnement. Elles sont caractérisées par un pH acide de 4 à 5 et une très grande conductivité électrique due surtout aux ions potassium, chlorure, calcium et magnésium. Le pressage de 1 tonne d'olives produit en moyenne 1,5 tonnes de margines avec les modes de production modernes.

La séparation géographique des zones de culture et des zones d'élevage, entraîne dans certaines régions notamment nord-africaines et particulièrement en Algérie une raréfaction du fumier, que conduit nombre d'agriculteurs a recherché d'autres amendements organiques. La possibilité de valoriser les margines en agriculture se confirme progressivement et doit transparaître dans la conception de l'amendement (Anonyme).

L'objectif de notre travail est de mener l'impact de l'amendement en margines sur la rhizosphère et la croissance d'une culture associée triticales/féverole.

# Introduction générale

---

Pour ce faire, deux hypothèses sont testées :

- ✓ L'apport de margine impacte la biodisponibilité du potassium et le pH de la rhizosphère de cultures associées.
- ✓ L'apport de margine impacte la croissance des cultures associées.

Notre travail se scinde en :

- ✓ Chapitre 1 : synthèse bibliographique sur les cultures associées et sur les margines.
- ✓ Chapitre 2 : matériels et méthodes.
- ✓ Chapitre 3 : résultats et discussion.
- ✓ Une conclusion vient clore notre travail.

## **I-Les cultures associées**

La culture associée est un système de culture consistant à cultiver plusieurs espèces végétales ou variétés sur la même parcelle en même temps (Andrews & Kassam 1976). On trouve différents termes : cultures associées, plantes compagnes, compagnonnage.

On trouve plusieurs types de cultures associées qui sont les suivants: -Culture simultanée de deux cultivars d'une même espèce : Semis et récolte sont simultanés ; -Cultures annuelles et cultures pérennes, comme dans l'agroforesterie ; -Culture de plantes auxiliaires: Culture auxiliaire non récoltées mais cultivée pour son intérêt pour la culture principale ; -Culture de deux ou plusieurs espèces végétales: Semis simultanés ou différés, mais récoltées en même temps (ex : céréales et légumineuses).

### **I-1-Principe**

- Les espèces cultivées au sein d'une association sont sujettes à de nombreuses interactions qui ont un impact significatif sur leurs performances (Willey, 1979) ;
- Les espèces interagissent à la fois au niveau de leur système aérien pour l'interception de la lumière par le couvert et le microclimat régnant dans ce couvert, et au niveau de leur système racinaire pour l'absorption d'éléments minéraux et de l'eau (review : Schwinning et Weiner, 1998). Les conditions du milieu et les itinéraires techniques appliqués ont un impact direct sur ces interactions. L'arrangement spatial des espèces associées peut ainsi avoir des conséquences sur les interactions inter- et intra spécifiques tout comme les densités de semis (Malezieux et al. 2009) ;
- Les phénomènes d'interactions tels que l'allopathie (ensemble des interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre) ne seront pas développés.

### **I-2-Avantages de l'association de culture**

- Réduire la pression des maladies et ravageurs ;
- C'est une des formes de lutte intégrée et lutte biologique ;
- La céréale sert de tuteur à condition que celui-ci soit suffisamment solide pour contenir la verse de la légumineuse ;
- Gain de rendement global comparé aux cultures pures ;
- En agriculture conventionnelle : une réduction de l'utilisation des fertilisants azotés sur l'association peut conduire à une réduction de la consommation énergétique,

ainsi qu'à une réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la production et à l'application de ces engrais ;

- Diminution des impacts environnementaux de la production agricole en grandes cultures (Naudin et al., 2014) ;
- Augmentation des taux de protéines des céréales (Anonyme 1) ;
- Meilleure couverture du sol pour contrôler les adventices ;
- Meilleure valorisation des ressources du milieu (eau, lumière, éléments fertilisants) ;
- Meilleure stabilité des rendements face aux aléas climatiques ;
- Les associations céréales légumineuses valorisent très bien les éléments du sol et les résidus de la culture précédente. Les apports organiques ou minéraux en NPK ne sont pas nécessaires.

### **I-3-Inconvénients de l'association de culture**

#### **➤ Au niveau de la parcelle**

- Difficultés pour trouver des variétés adaptées pour les espèces associées ;
- Dates et techniques de semis parfois différentes ;
- Interventions pour le désherbage difficiles sur les parcelles ;
- Dates optimales de récolte des espèces associées ne sont pas les mêmes ;
- Réglage difficile des moissonneuses.

#### **➤ Dans l'exploitation**

- Impact inconnu sur la rotation ;
- Compositions des mélanges récoltés variables et imprévisibles ;
- Valorisation des récoltes difficile car collecte pas assurée, livraisons directes limitées en quantité et réservées réglementairement à un rayon limité autour de l'exploitation ;
- Nécessite un tri et une transformation à la ferme ou l'autoconsommation en élevage.

## II-Le Triticale (*Triticum secale*)

C'est une source de céréale secondaire au même titre que l'orge ; céréale annuelle de la famille des Poacées (graminées), issue d'un hybride entre le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le seigle (*Secale*), (Bernard, 1983 ; Soltner, 2005). La première synthèse remonte à 1891 (Vermorel et Bernard, 1979) ; Cette origine génétique confère au triticale des propriétés intéressantes à exploiter pour sa culture. Il s'agit en effet du meilleur compromis rusticité et productivité dans les céréales à paille. Son potentiel s'exprime à la fois en terres profondes (avec des rendements similaires au blé tendre), comme en terres superficielles (constitution d'une rhizosphère puissante pour limiter les stress hydriques) (Bernard, 1983 ; Soltner, 2005).

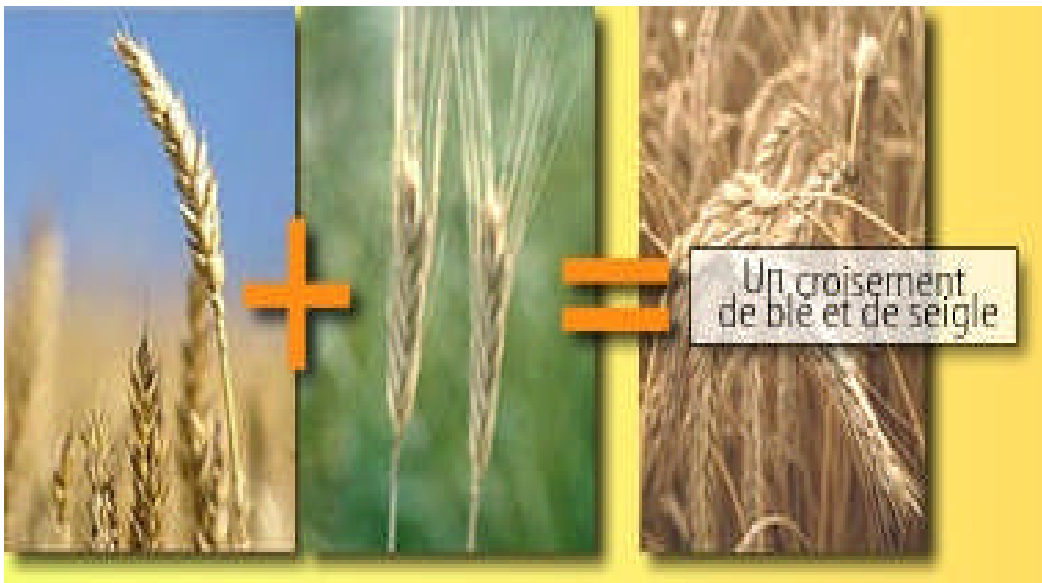


Figure 1 : synthèse de triticale

En France, des rendements de pointe de 90qx/ha ont été obtenus et en 1977 dans des conditions difficiles, sa productivité a été supérieure de 30% à celle du blé (Bernard, 1978). En 1980, la France avait obtenu sa première variété (Clercal), en même temps, la Pologne avait lancé la variété d'hiver (Lasko) qui sera plus tard la plus cultivée en Europe (Anonyme 2).

Actuellement, la culture du triticale couvre environ 300 000 hectares en France. À l'origine il a été surtout cultivé dans les zones d'élevage du Massif Central, car on l'utilisait pour l'alimentation animale. Désormais on en trouve dans tout l'ouest de la France. On le sème en novembre et on le moissonne au mois de juillet. Dans les champs, il se distingue du blé par ses épis plus long (anonyme 3).



Figure 2 : triticales

### **II-1-le triticales en Algérie**

En Algérie, le triticales est introduit pour la première fois par les lignées Armadillo en 1971 du CIMMYT (centre international de l'amélioration du maïs et du blé). Des essais de comportement et de rendement ont été depuis lors conduits au niveau de l'ITGC. Les résultats obtenus ont tous montré le bon comportement de cette espèce et sa forte productivité par rapport aux blés. De nombreuses sélections ont été faites au niveau des stations de l'ITGC dans le matériel introduit initialement du CIMMYT et puis de France et de l'ICARDA (centre international de la recherche agricole pour les zones sèches). Les lignées qui se sont le mieux comportées étaient surtout du type hiver et printemps telles que : Doc 7, Juanillo 159, IFTT 314, Asseret, Fahd, Clercal... (Anonyme 2)

Toutefois, le triticales n'a pas connu le développement nécessaire, faute certainement de vulgarisation et de débouchés économiques. Depuis son introduction dans le programme de multiplication de semences en 1987 jusqu'à l'année 2002, le nombre de variétés multipliées étaient de 11, mais au fil des années cette production n'a pas évoluée puisqu'elle est arrivée à un maximum de 1.099 hectares en 1993 et de puis, la superficie n'a pas cessé de chuter pour arriver à 13 hectares en l'année 2000 avec seulement trois variétés en multiplication (IFTT314, Clercal et Juanillo) et actuellement seul l'ITGC continu de produire cette semence (Anonyme 2).

## II-2- Atouts et contraintes

### a) Atouts principaux

- Plante annuelle, facile à introduire dans la rotation ;
- Nombreuses variétés disponibles pour une adaptation aux différents pédoclimats ;
- Dispose d'une surprenante adaptabilité aux différents modes culturaux ;
- Potentiel de production connu et intéressant ;
- Plante rustique, conduite avec peu d'intrants pour une production de biomasse plante entière ;
- La qualité de son grain, les faibles teneurs en mycotoxines, sa richesse en protéines et également sa bonne production de paille en font une espèce intéressante pour les polyculteurs-éleveurs ;
- Valorisation de la plante complète (paille + grains) pour la production énergétique ;
- Récolte avec un matériel courant (récolte de céréales) ;
- Dispose d'une surprenante adaptabilité aux différents modes culturaux. Qu'il s'agisse de conduites «biologiques», «faible intrants», ou «conventionnelles», la rusticité de l'espèce simplifie l'organisation du travail, limite l'utilisation d'intrants, limite les impacts climatiques relativement au blé tendre ;
- Il est résistant aux maladies du pied et dispose d'une faible sensibilité aux maladies foliaires.

### b) Contraintes principales

- Masse volumique faible du produit à la récolte ;
- Humidité forte du produit à la récolte si récolte au stade grain laiteux pâteux ;
- Sensible à la verse.

## II-3-Exigence

### ➤ Sol

Le triticale est peu exigeant et supporte même certains types de sols particulier, tels que les sols acides, les sols à forte capacité de rétention et les sols à salinité assez élevée. Mais il est conseillé d'éviter les sols peu profonds dans le cas où on veut produire beaucoup plus de vert (Anonyme 2).

## III-La Féverole

La fève, (*vicia faba*), encore appelée féverole est une plante annuelle de la famille des légumineuses (Fabacées), qui se caractérise par la présence, sur ses racines, de bactéries du genre *Rhizobium* capables de fixer l'azote atmosphérique. Sa racine est pivotante et vigoureuse, la profondeur de l'enracinement peut atteindre 70 cm (Anonyme 4). Selon la saison, elle peut mesurer de 60cm à 140cm de hauteur (Anonyme 4).



Figure 3 : Champ de féverole

### III-1- Intérêts de la culture

#### ➤ Agronomiques

- Bonne tête d'assolement pour le blé, elle rompt les cycles évolutifs des champignons parasites des céréales ;
- Améliore la teneur en azote, soit un apport annuel de 20 à 40 Kg/ha, c'est-à-dire l'équivalent d'un quintal d'amonitrate 33,5% ;
- Améliore la structure du sol par son système racinaire puissant et dense. Les résidus de la récolte de la féverole enrichissent le sol en matière organique ;
- Etouffe les mauvaises herbes en cas de semis dense pour son utilisation comme engrais vert ;
- Une culture assez facile et possible en sol caillouteux ou à dénivellement important.

## ➤ **Fourragers**

- Une production importante de matière sèche, soit 15 t/ha. Cette matière sèche peut être utilisée comme fourrage vert par les gros ruminants (cas dans les Oasis du Sud après la dernière récolte des gousses fraîches de la fève) ;
- Une teneur élevée en protéines, soit 20 à 40 % de la matière sèche. Mais elle est pauvre en matière grasse.

## ➤ **Economiques**

- Une culture entièrement mécanisable (du semis à la récolte) ;
- Le prix et l'écoulement du grain sont garantis par l'état algérien ;
- Une économie d'une partie de la fertilisation azotée (1ql) sur la culture suivante (blé).

## **III-2-Exigences de la plante**

### ➤ **Le climat**

#### • **L'eau**

Le facteur limitant de la culture de la féverole en Algérie est bien l'eau, ses besoins du semis à la récolte sont de l'ordre de 600mm. Cette culture est très sensible à la sécheresse et tout déficit hydrique réduit la hauteur des tiges, arrête la production des feuilles et réduit la production des gousses (Anonyme 4).

Les jeunes plantules de la féverole sont sensibles à l'excès d'eau, la germination nécessite plutôt un sol aéré.

C'est après la floraison, au cycle reproductif, que la culture de la féverole a plus besoin d'eau et qu'elle est très sensible au déficit hydrique. Le stade de la floraison marque la fin de l'élongation des racines (Anonyme 4).

#### • **La température**

La féverole craint le froid et ne peut être cultivée sans risques là où la température minimale peut descendre jusqu'à  $-4^{\circ}\text{C}$  (Hautes plaines). Le développement général de la féverole et le nombre de gousses sont fortement dépendants de la température, mais une température élevée ( $T > 30^{\circ}\text{C}$ ) peut provoquer la chute des fleurs (coulture) (Anonyme 4).

### ➤ **Le sol**

La féverole apprécie les sols profonds, préfère les terres argilo-calcaires, riches en humus. Elle craint les sols trop humides, les sols très secs (sablonneux) et supporte mal les excès d'eau (Anonyme 4). Le pH du sol doit être neutre à basique afin d'assurer un développement normal aux bactéries fixatrices d'azote (Anonyme 4).

## ➤ Le semis

La période de semis conditionne le développement futur de la féverole, c'est-à-dire, sa hauteur, sa ramification et sa sensibilité à la verse, au froid et aux maladies (Anonyme 4).

Un semis tardif (décembre-janvier) peut entraîner des pertes importantes à la levée et une levée hétérogène (peuplement à la levée faible). Un semis précoce (septembre- octobre) entraîne la verse de la culture et des attaques plus importantes de Botrytis (maladie foliaire) (Anonyme 4).

La période de semis est en plus à raisonner en fonction de la zone. On doit semer plus tôt en zones froides et plus tard en zones à hiver doux. En général, la date de semis conseillée pour la féverole se situe au mois de novembre (Anonyme 4).

### III-3-La féverole en Algérie

La culture en sec de la féverole en Algérie est possible dans toutes les zones céréalières où la pluviométrie annuelle moyenne est égal ou supérieure à 450mm et où la moyenne annuelle des minima des températures est supérieure à -4C°.

Les principales zones actuelles de la culture de la féverole sont : Guelma, Skikda, Tizi-Ouzou, Bejaïa, Chleff, Ain-Temouchent, Tlemcen, Sidi Bel- Abbés. La culture irriguée de la féverole est tout à fait possible au Sud sous pivot et dans les Oasis en culture intercalaire. Sur les terres vierges, la semence doit être inoculée par des bactéries spécifiques fixatrices d'azote (Anonyme 4).

### IV- Mélange triticale/fèverole

La féverole a pris la place du pois dans les mélanges céréaliers (chez Brice Le Cunff). Grâce à son système racinaire plus profond et à sa croissance plus rapide, la céréale est plus compétitive que la légumineuse pour l'utilisation de l'azote minéral du sol, « forçant » la légumineuse à dépendre davantage de l'azote atmosphérique pour sa nutrition azotée au moyen de la fixation symbiotique. Cette complémentarité de niche entre les deux espèces associées pour l'utilisation de ces deux sources d'azote explique en grande partie les performances généralement supérieures observées pour les associations par rapport aux cultures mono spécifiques.

## V- La face cachée du sol

### V-1- La Racine

Organe d'ancrage de la plante au sol et de l'alimentation des parties aériennes du végétal, les racines sont la face cachée du végétal, elles présentent généralement un développement important dans une estimation pondérale couvrant la vie entière de la plante (Morel, 1996). La racine est un organe vitale de la plante qui se forme très tôt lors du développement de la plante, dès le début de la germination (Anonyme, 2008). La plante absorbe les éléments minéraux principalement par les parties terminales de ses racines jeunes non subérisées et munies de poils absorbants, les vieilles racines peuvent aussi absorber de l'eau et des éléments minéraux (Mengel et Kirkby, 1987). L'absorption la plus active a lieu au niveau des fines racines et des racines mycorhizées (Meyer et al, 2004).

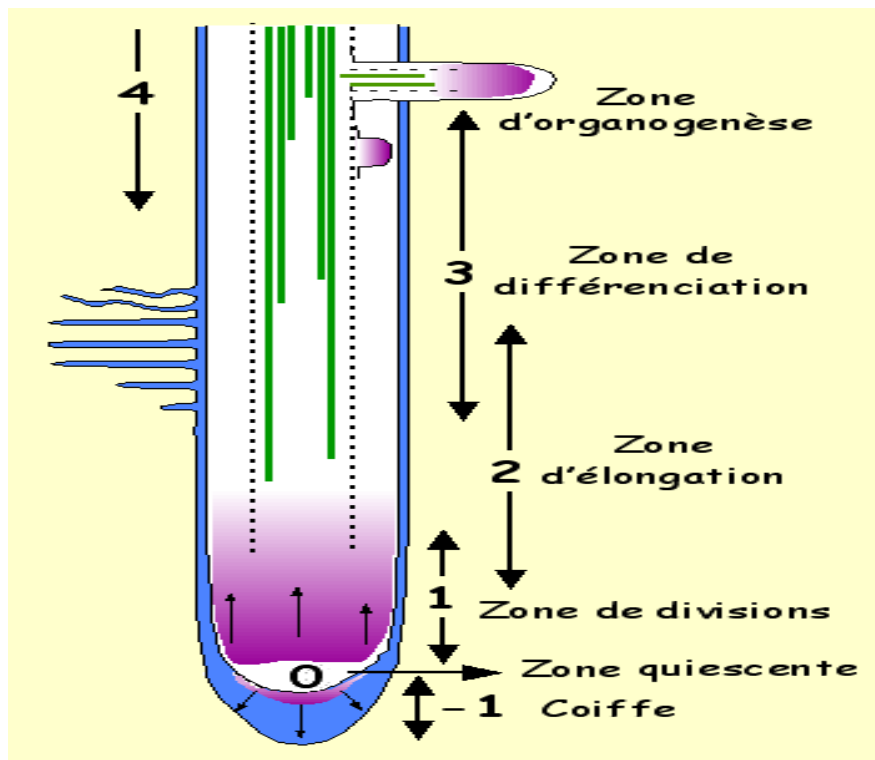


Figure 4: Schéma représentant la structure d'une racine d'après Prat et Rubinstein (2005).

Le développement des racines (figure...) a été décrit comme l'événement le plus critique dans l'évolution du règne végétal, car il a rendu possible la colonisation des environnements terrestres (Harper et al. 1991). En effet, grâce à ce "nouvel" organe, le végétal prospecte le milieu terrestre et exploite au mieux les ressources hydrominérales vitales à sa survie. Son efficacité est d'autant plus exigée que le milieu est indigent en eau (tel les zones arides). Le

végétal y adapte son système racinaire en développant des architectures garantant d'une exploitation et d'une stabilité optimales.

## V-2-La rhizosphère

On appelle rhizosphère la zone d'environ 2 mm autour de la surface extérieure de la racine. Le terme rhizosphère (rhiza : racine ; sphair : ce qui entoure), a été proposé par Hiltner en 1904.

Les caractéristiques chimiques et biologiques de cette zone peuvent être très différentes de la zone de sol adjacente. Le nombre de microbes dans la rhizosphère est de ~ 10 fois supérieur à celui de la zone de sol adjacente.

Le mot rhizosphère désigne la mince couche de sol qui entoure les racines absorbantes et dont la composition est profondément modifiée : elle diffère de la masse du sol par son pH, son potentiel d'oxydo-réduction par l'abondance et la composition de la matière organique et enfin par sa forte activité biologique qui se traduit par une teneur élevée en CO<sub>2</sub> (Darrah, 1993 in Duchaufour, 2001). Malgré le petit volume qu'occupe la rhizosphère dans le sol, elle joue un rôle central dans le maintien du système sol- plante (Gobran et al. 1998 in Turpautet al. 2006).

En fait cette zone de sol entourant la racine est déterminée par la racine elle-même. C'est elle qui organise « sa » rhizosphère en modifiant les propriétés physico-chimiques de cette dernière et sa composition biologique à travers deux mécanismes majeurs : l'acidification via l'émission de protons (ions H<sup>+</sup>) et l'exsudation racinaire, ce qui détermine l'effet rhizosphérique.

Plus le système racinaire se développe, plus la rhizosphère se détache des parties les plus âgées de la plante.

Au sein de la rhizosphère on distingue :

-le **Rhizoplan** qui correspond à l'interface sol/racine, et le sol adhérent au système racinaire qui est le sol restant attaché aux racines après agitation vigoureuse.

-la **rhizosphère sensu stricto**, constituée par le sol entourant les racines, dans lequel diffusent les exsudats et se déposent les lysats racinaires;

-la **rhizosphère interne**, constituée par les cellules du cortex racinaires envahies par les microorganismes.

## V-3-Le potassium dans la rhizosphère

Une diminution de potassium à proximité de la racine, ce qui reste toutefois valable pour des cultures conduites, en pots et condition contrôlées (Nibes et al, 1993 ; hylander et al ;

1999) des études portant sur la rhizosphère d'arbres forestiers ou des plantes cultivées au champ dans diverses conditions Eco pédologique ont montré une plus forte concentration de potassium dans le sol rhisosphérique comparativement au sol global (Majdi et Bergholin1995 ; violente et al, 1996).

La concentration du potassium dans la rhizosphère trouve son explication dans divers processus souvent identifiés lors de l'étude de la rhizosphère en condition contrôlées.

## **VI- Les margines**

Margines ou eaux de végétation sont des effluents liquides, parfois nommés alpechine. Le pressage de 1 tonne d'olives produit en moyenne 1,5 tonnes de margines avec les modes de production modernes.

A l'origine, Les margines se présentent comme un liquide résiduel aqueux, de couleur brune rougeâtre, qui se transforme en margine de couleur noir, nauséabond, d'aspect trouble et une odeur spécifique d'huile d'olive. Elles sont caractérisées par un pH acide de 4 à 5 et une très grande conductivité électrique due surtout aux ions potassium (4 g/l), chlorure, calcium et magnésium. Sa couleur noire résulte de la présence de polyphénols.

La caractérisation physico-chimique des margines est généralement tributaire des techniques et des systèmes d'extraction de l'huile d'olives, elle diffère d'un pays à l'autre. En général, les margines contiennent une variété de composés organiques et minéraux, de nature et de concentration très différentes.

### **VI-1- Composition de la margine**

#### **a) Fraction minérale**

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux, dont 80% sont solubles (phosphates, sulfates et chlorures) et 20% insolubles (carbonates et silicates). Les éléments les plus représentatifs sont le potassium (47%), les carbonates (21%), les phosphates (14%) et le sodium (7%).

#### **b) Fraction organique**

Les margines comportent deux fractions organiques : une fraction insoluble constituée essentiellement de pulpes d'olives qui représente la matière en suspension et colloïdale et une fraction soluble dans la phase aqueuse qui contient les sucres, les lipides, les composés azotés, les vitamines, les acides organiques et les composés phénoliques.

Les glucides sont essentiellement représentés par les composants pariétaux, en particulier la cellulose et les pectines, ces dernières jouent un rôle important dans la texture des olives où ils représentent environ 0,6 % du poids de la pulpe fraîche. Récemment, de nombreux travaux

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

ont montré que les margines sont très riches en sucres simples. Les sucres simples les plus fréquents dans les margines sont, en particulier, le raffinose, le saccharose, l'arabinose, le xylose, le glucose, le mannose, le fructose.

La fraction azotée est principalement représentée par les protéines. Tous les acides aminés contenus dans les margines ont été identifiés. Les plus abondants sont l'acide aspartique, l'acide glutamique, la proline et la glycine.

La concentration en matière grasse des margines peut atteindre 10,78 g/l. Les principaux acides organiques rencontrés sont les acides fumarique, glycérique, lactique, malique, oléique, palmitiques, linoléiques, maslinique et malonique.

Tableau : composition de la margine des différents pays

	France	Maroc	Tunisie		Algérie	
					Takariazt	Skikda
	moulin de Maussane	Marrakech	Extraction à pression	3 phases	3 phases	3 phases
<b>pH</b>	4,5 - 5	4,5 - 5	4,7 - 5,7	4,5 - 5,9	4,7	5,5
<b>CE (ms/cm<sup>2</sup>)</b>	10	10	-	-	10,70	-
<b>N ammoniacal (mg/l)</b>	-	-	-	-	-	86
<b>P (mg/l)</b>	200 - 400	800,6	157-915	42 - 495	23,7	45
<b>K (mg/l)</b>	5000-11000	15295,5	1500-5000	600-2500	1500	-
<b>Ca (mg/l)</b>	200 - 700	1167,6	58 - 480	47 - 200	-	-
<b>Mg (mg/l)</b>	130 - 290	410,3	2,2 - 8,9	0,9 - 5,2	-	-
<b>Na (mg/l)</b>	10	5370,9	38 - 285	18 - 124	-	-
<b>Cl (mg/l)</b>	600 - 1200	270,2	-	-	-	-
<b>Polyphenol (g/l)</b>	-	1 - 1,5 %	1,4 - 14,3	0,4 - 7,1	-	4,07
<b>MS à 150 C° (mg/l)</b>	-	29,5	-	-	3,36	27
<b>CENDRES (g/l)</b>	-	5,8	-	-	6,9	-
<b>DCO (g/l)</b>	≈ 24 - 200	50 - 220	42 - 389	15 - 199	-	75

## **VI-2-Les avantages et les inconvénients**

L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients (Nefzaoui, 1988).

### ➤ **Les avantages**

- Richesse en potassium
- Richesse en N et Mg avec une quantité moindre
- Le contenu organique améliore le développement des micro-organismes du sol, ce qui se traduit par une amélioration de ses caractéristiques physico-chimiques.

### ➤ **Les inconvénients**

- Présence des polyphénols qui ont un effet phytotoxique ;
- Acidité élevée, ceci risque de poser un problème dans les sols neutres ou acides ;
- Salinité élevée.

## **VI-3-Valorisation des margines**

Les margines posent un sérieux problème de pollution pour tous les pays oléicoles. Il est en relation avec l'industrie et l'environnement. Sachant qu'un habitant correspond environ à 54g de DBO par jour, 1m<sup>3</sup> de marge équivaut à la pollution engendrée par 1200 habitants. 25 à 40 millions de mètres cubes de margines sont produits annuellement, dont 90% sont localisés dans le Bassin Méditerranéen et déversés dans la nature sans traitement préalable. De plus, les nouveaux systèmes d'extraction de l'huile (centrifugation) multiplient par 3 la quantité d'eau utilisée et donc de marge. Le problème de la valorisation des margines est donc inquiétant et se pose en termes de préservation de l'environnement. L'utilisation d'une technique ou d'une autre ne doit pas être considérée uniquement sous l'angle de la rentabilité économique mais surtout doit tenir compte de l'efficacité d'épuration (Nefzaoui, 1986).

## **VI-4-Les recommandations relatives à l'épandage**

Les recommandations plus spécifiques pour valoriser les margines par épandage concernent :

- ✓ la protection des eaux souterraines et superficielles ;
- ✓ l'étude du sol, le travail du sol ;
- ✓ les variations de la qualité des margines ;
- ✓ les précautions à prendre vis-à-vis des cultures ;
- ✓ les conditions climatiques.

L'épandage sur le sol, doit être considéré comme une fertilisation calée essentiellement sur le paramètre "potasse".

Les doses sont à adapter au contexte cultural et pédologique.

### I-Matériels et méthodes

#### 1-Dispositif expérimental

L'essai a été mené au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (figure 5).



Figure 5: image satellite de la zone d'échantillonnage via Google Earth 2016.

Le dispositif mis en place est un essai en bloc aléatoire complet à trois facteurs : cultures (Triticale pur ; Féverole pure ; Association triticale/féverole), doses ( $0\text{m}^3/\text{ha}$  et  $50\text{m}^3/\text{ha}$ ) et stades (45 et 70 jours) (tableau 2).

L'essai expérimental a été réalisé sous serre dans 48 pots (Figure 6) d'une capacité de 4L à raison de 4 répétitions pour chaque dose d'apport et pour chaque culture (tableau 2).

## Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau 2 : dispositif expérimental

	45 jours				70 jours			
	1	2	3	4	1	2	3	4
D(0) : sans margine	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp
	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp
	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F
D(1) : avec margine	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp
	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp
	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F	T/F



Figure 6 : dispositif expérimental sous serre

En plus des 4 répétitions de chaque culture pour les deux stades, on a laissé une marge d'erreur composée de 6 pots : un pour chaque culture et pour chaque dose.

### 2- Matériels utilisés

#### ➤ Les margines

Les échantillons de margines utilisés pour l'épandage ont été fournis par l'huilerie de Mr SEHMOUN (système à 3 phases), Située à MEKLA.

#### ➤ Le sol

L'échantillonnage du sol a été effectué durant les mois de mars et avril 2016 au niveau de la parcelle (p2) de l'ITMAS de BOUKHALFA (Figure 1). Les échantillons de sol ont été prélevés dans les 30 premiers cm de profondeur (figure 7).

Les sols prélevés ont été tamisés à travers un tamis à maille de 4 mm et bien mélangés afin de les homogénéiser (figure 8).

Les sols ont été acheminés vers une serre, séparés en 2 lots :-le premier est laissé tel quel, sans apports de margines (sol témoin: D0) -le second reçoit 50 m<sup>3</sup>/ha de marge (D1). Les 2 lots ont été arrosés et retournés pendant 60 jours, afin de permettre la décomposition des polyphénols toxiques (figure 9).



Figure 7 : échantillonnage du sol



Figure 8 : tamisage du sol



Figure 9 : arrosage et retournement des sols

## Chapitre II : Matériels et méthodes

500g de terre sont conservés dans un sachet étiqueté et maintenu au frais (à 4 °C) avant d'être analysé pour bloquer l'activité biologique.

### ➤ le matériel végétal

Les graines de triticales (variété : CLERCAL) et de féverole (variété locale : SIDI AICH) qu'on a utilisé font partie de la collection de l'ITGC (Figure 10).



Figure 10 : matériels végétal (A : triticales en monoculture ; B : féverole en monoculture ; C : association triticales/féverole).

### ❖ Pouvoir germinatif du triticales et de la féverole

Dans le but de vérifier le pouvoir germinatif de nos deux cultures (triticales et féverole), 10 graines de triticales et 10 graines de féverole ont été semés dans du coton humide (figure 11). Leur pouvoir germinatif est de : 100% pour le triticales, ainsi que pour la féverole.



Figure 11: pouvoir germinatif de triticales et de la féverole.

Après le repos du sol pendant deux mois, nous avons procédé au semis :

-15 graines de triticales en monoculture ; -4 graines de féverole en monoculture ; -10 graines de triticales et 2 graines de féverole en culture associée.

Au bout d'1 mois de semis, un démariage des plants a été réalisé et on a laissé :

12 plants de triticales en monoculture, 2 plants de féverole en monoculture, 7 plants de triticales et 1 plant de féverole en culture associée.

### ➤ **Echantillonnage des deux fractions de sol**

L'échantillonnage des deux fractions du sol (global et rhizosphérique) a été effectué à deux stades : le premier après 45 jours de semis, et le deuxième après 70 jours de semis.

#### • **Echantillonnage du sol global**

Le sol global correspond à la fraction du sol prélevé loin de la racine de la culture, loin d'une activité racinaire (figure 12).

#### • **Echantillonnage du sol rhizosphérique**

Il représente 1cm de diamètre du sol attaché à la racine. Le sol est obtenu en secouant délicatement les racines (figure 13).

#### • **Ouverture d'un profil pédologique**

Au niveau de la parcelle (p2) (figure 5), on a ouvert un profil pédologique afin d'étudier les caractéristiques de notre sol et on a effectué un échantillonnage au niveau des deux horizons (0-20cm et 20cm+).



Figure 12 : sol global



Figure 13 : sol rhizosphérique

### 3-Analyses des échantillons du sol

Après un séchage à l'air libre durant une semaine, les échantillons prélevés ont été tamisés à travers un tamis à maille de 2 mm de diamètre, conservés dans un endroit sec, puis, soumis aux analyses suivantes :

#### ➤ L'analyse physique (granulométrie)

L'analyse granulométrique ou l'analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm, et à déterminer les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral (Clément Mathieu et François Pieltain, 1998).

Pour cela, nous avons procédé à la méthode internationale de la pipette de Robinson. Elle est pratiquée sur la terre fine, après destruction de la matière organique par un oxydant énergétique qui est l' $H_2O_2$  en portant l'échantillon sur un bain de sable, et les différentes particules ont été séparées comme suit :

- ✓ Les particules minérales ont été dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexamétaphosphate de sodium) qui se suit par une dispersion mécanique par le biais d'un agitateur mécanique.
- ✓ Les particules moyennes et fine argile et limons fins sont obtenues par la mesure de la vitesse de sédimentation qui repose sur la loi de Stokes.
- ✓ Les particules grossières les sables grossier et fins sont séparées par tamisage (tamis 200 microns et 50 microns). puis séchées à l'étuve à 105 C°.

### ➤ **Analyses chimiques**

#### • **Mesure du pH**

La réaction du sol nous informe sur le degré d'acidité de la solution du sol. La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH mètre, ce dernier est muni d'une électrode que l'on introduit dans une suspension de terre fine, le rapport sol/eau à respecter doit être de 1/5. Agiter pendant 10 minutes ; laisser reposer 2 heures, plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer la mesure. Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes, noter les valeurs au deuxième décimal.

#### • **Extraction et dosage du potassium du sol**

Le potassium assimilable : L'extraction a été réalisée par la mise en suspension d'échantillon du sol dans l'acétate d'ammonium 1N, à pH7, avec un rapport sol/solution de 1/10, l'ensemble est agité puis filtré (Quemener; 1978).

La mesure du potassium dans la solution après extraction s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme.

### ➤ **Analyses statistiques**

Afin d'évaluer l'importance de l'impact d'épandage des margines sur les propriétés du sol, et la variation de cette dernière en fonction des stades phénologiques, et afin de montrer la différence de l'ampleur de l'impact des margines sur deux cultures à statuts initiaux différents, nous avons procédé aux analyses statistiques suivantes on utilisant le logiciel STAT-BOX : Une analyse de la variance à trois facteurs (cultures,sols,traitement) a été réalisée pour toutes les caractéristiques des sols étudiés, et une comparaison des moyennes est faite selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5%.

### **4- Le végétal**

#### • **Mesure de la hauteur des plants**

Durant tout le cycle du développement de nos cultures, on a effectué une mesure de la hauteur des plants périodiquement (chaque semaine) pendant 5 semaines, puis on a fait la moyenne des hauteurs pour chaque culture à différentes doses.

#### • **Mesure de la biomasse racinaire et de la biomasse aérienne**

Les biomasses aérienne et racinaire sont mesurées à 45 et à 70 jours après semis. Pour ce faire, les échantillons du végétal sont mis à l'étuve à 103°C jusqu'à stabilité du poids, puis pesés.

## Chapitre II : Matériels et méthodes

- **Longueur racinaire**

La longueur racinaire est mesurée à l'aide d'un papier millimétré sur les racines non séchées de la féverole et du triticale en monoculture et en association, après 45 jours et également après 70 jours de semis (figure 14).

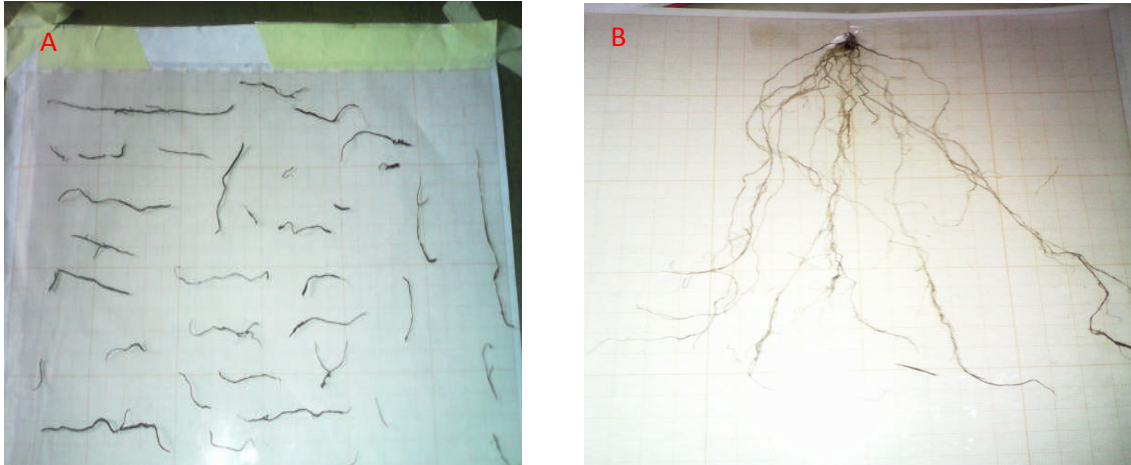


Figure 13 : mesure de la longueur racinaire

- **Land Equivalent Ratio : LER**

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

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

- ✓ Si LER=1, il n'y a aucune différence entre les deux modes de culture ;
- ✓ Si LER<1, il y a une perte de rendement en association ;
- ✓ Si LER >1, il y a un avantage productif des associations.

## Chapitre II : Matériels et méthodes

---

### I- Description du sol

Ce profil présent deux horizons (figure 15) :

#### ➤ Horizon de surface

Cet horizon est de 0 à 20cm de profondeur, de couleur Brin (7,5 Y/2,5/1), et présente des fines racines abondantes. Cet horizon est d'une texture argilo-limoneuse déterminée par l'analyse granulométrique, de faible porosité avec une taille des pores plus petits, et il est de structure polyédrique sub-angulaire.

A l'aide de l' $\text{H}_2\text{O}_2$  on a effectué le test de la matière organique qui a donné une forte effervescence qui indique une forte activité biologique et présence de la matière organique (une très bonne minéralisation). La réaction d'HCL a donné une forte effervescence, ce qui indique la présence du Calcaire.

#### ➤ Horizon de profondeur

Cet horizon est de 20cm et +de profondeur, frais de couleur Brin (7,5 Y/R/3/1), avec absence des racines. Cet horizon est d'une texture argilo-limoneuse déterminée par l'analyse granulométrique, de bonne porosité avec une taille des pores importante, et il est de structure polyédrique sub-angulaire.

A l'aide de l' $\text{H}_2\text{O}_2$  on a effectué le test de la matière organique qui a donné une forte effervescence qui indique une forte activité biologique et présence de la matière organique (une très bonne minéralisation). La réaction d'HCL a donné une faible effervescence, ce qui indique une faible teneur en Calcaire.



Figure 15 : profil pédologique du sol

### II-Caractéristiques physiques et chimiques du sol

Tableau 3 : résultats des analyses du profil

Horizons	profondeur	Granulométrie en %					pH	CaCO <sub>3</sub>
		A	LF	LG	SF	SG		
A	0-20cm	19,25	39,95	29,49	6,71	4,6	7,8	5,5
B	20+cm	13,95	41,45	32,72	6,75	5,13	8,10	5,2

Le sol est profond, plus de 80cm. Il est modérément calcaire, à pH alcalin, de texture limono-argileuse. Il est classé par la W.R.B 2006 comme cambisol calcaire.

### III- Variation des paramètres chimiques des sols à 45 jours et à 70 jours après semis

#### III-1-pH

##### III-1-1-Effet margine

##### ➤ Sur le sol global

##### • Du triticales en monoculture

Après 45 jours de semis, aucune variation sur le pH n'est observée entre le sol global avec margine et celui sans margine. Tandis qu'après 70 jours de semis, le pH augmente significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 1) dans le sol avec margine (pH=7,85), comparativement au sol sans margine (pH=7,67) (Figure 16). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH des sols en deux groupes (annexe 2).

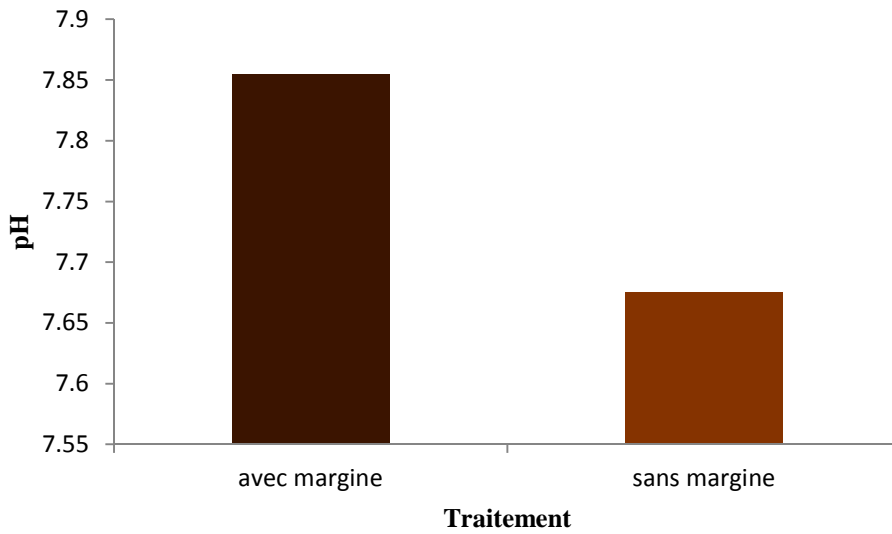


Figure 16 : variation du pH du sol global du triticale en fonction de la dose de margine après 70 j de semis

- **De la féverole en monoculture**

Après 45 jours de semis, une augmentation significative ( $p \leq 0.01$ , annexe 3) du pH est observée dans le sol amender par la margine (pH=7,68), comparativement au pH du sol sans margine (pH=7,55) (Figure 17). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH des sols en deux groupes (Annexe 4).

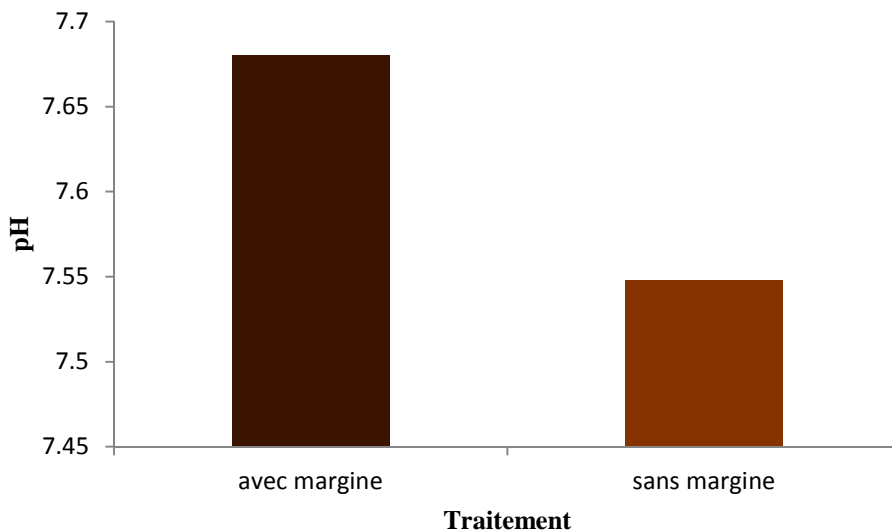


Figure 17 : variation du pH du sol global de la féverole en fonction de la dose de margine après 45j de semis

Après 70 jours de semis, le pH augmente significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 5) avec l'apport de la margine (pH=7,87), comparativement à celui sans margine (pH=7,63) (Figure 18). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH des sols en deux groupes (Annexe 6).

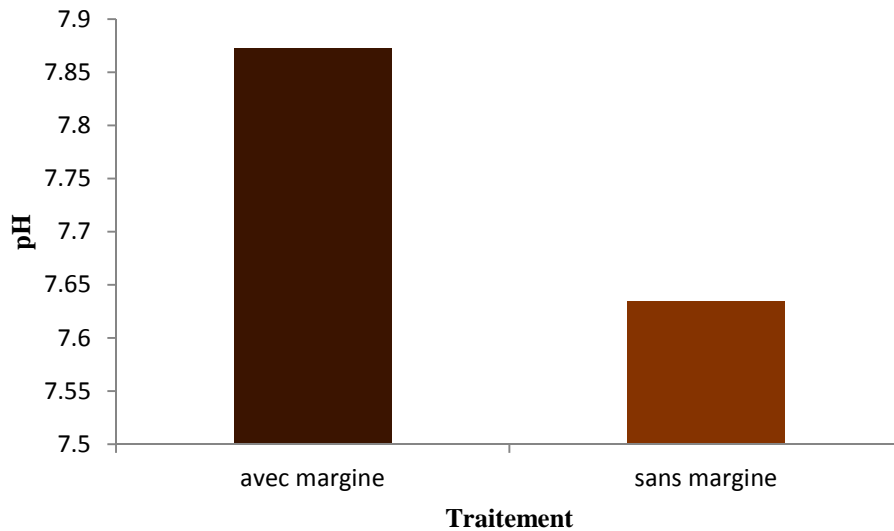


Figure 18 : variation du pH du sol global de la féverole en fonction de la dose de margine après 70 jours de semis

- **De l'association triticale/féverole**

Le pH augmente significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 7) dans le sol avec margine (pH=7,74), comparativement au sol sans margine (pH=7,64) (figure 19), après 45 jours de semis. Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 8).

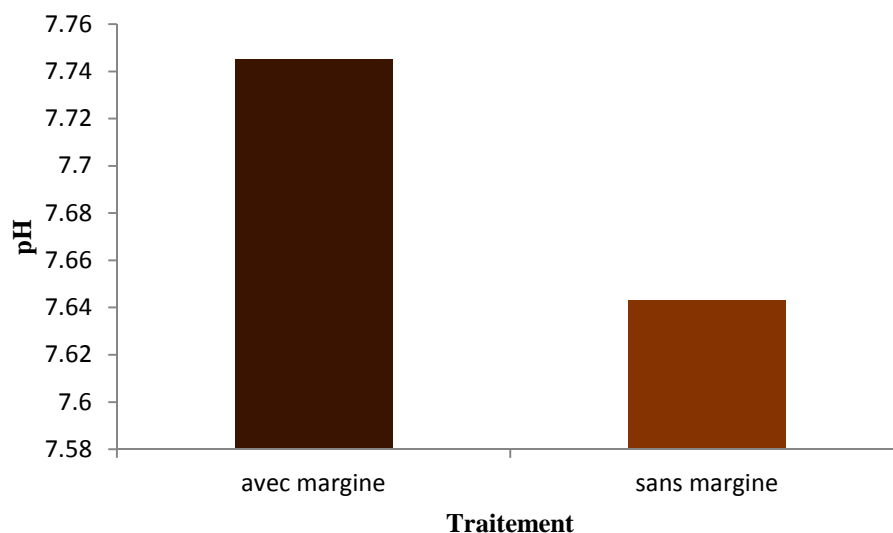


Figure 19 : variation du pH du sol global de l'association en fonction de la dose de margine après 45j de semis.

Après 70 jours de semis, le pH augmente significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 9) ( $\text{pH}=7,86$ ), comparativement au pH du sol sans margine ( $\text{pH}=7,73$ ) (figure 20). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 10).

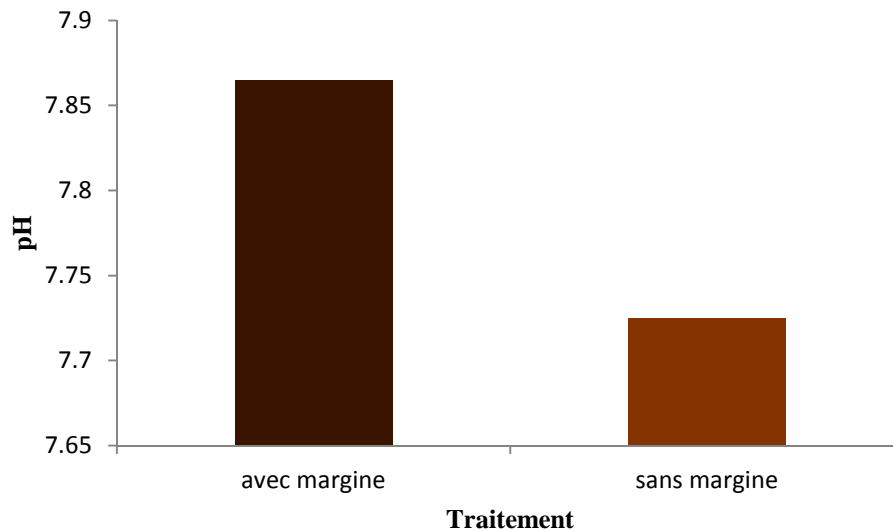


Figure 20 : variation du pH du sol global de l'association en fonction de la dose de margine après 70j de semis

- ❖ Quel que soit le type de culture, la période de récolte (45 jours ou 70 jours), l'apport de margine induit une augmentation du pH du sol global.

### III-1-2-Effet rhizosphérique

#### ➤ Du triticale en monoculture

En absence de margine, et après 45 jours de semis, aucun effet n'est observé. Tandis qu'après 70 jours, le pH de la rhizosphère ( $\text{pH}=7,64$ ) diminue significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 11), comparativement à celui du sol global ( $\text{pH}=7,68$ ) (Figure 21). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 12).

Par contre, en présence d'apport de margine, et que ça soit après 45 jours ou après 70 jours de semis, l'activité de la racine du triticale n'a aucun effet sur le pH du sol.

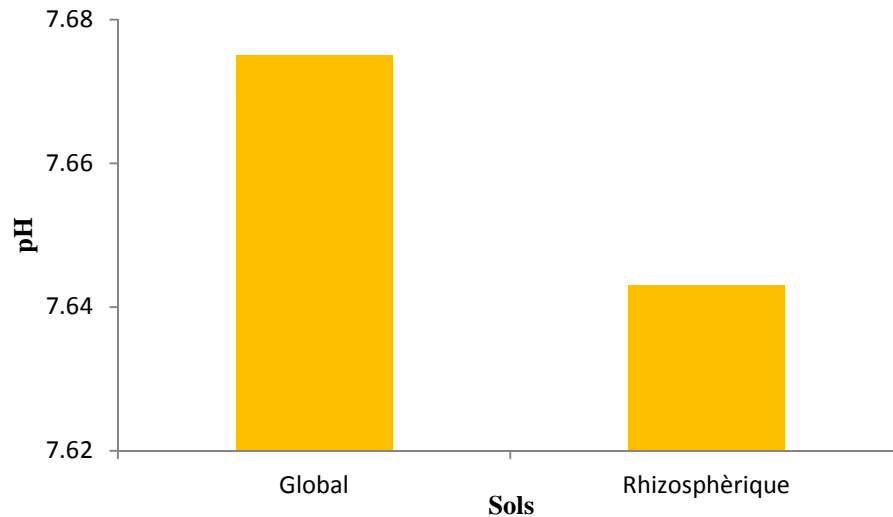


Figure 21 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de la monoculture triticale après 70j de semis, en absence d'apport de margine

### ➤ De la fèverole en monoculture

En absence d'apport de margine, et après 45 jours, et également après 70 jours de semis, l'activité de la racine de la fèverole n'a aucun effet sur le pH du sol.

En présence d'apport de margine, après 45 jours de semis, le pH (pH=7,45) de la rhizosphère diminue significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 13), comparativement à celui du sol global (pH=7,68) (Figure 22). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (annexe 14). Par contre après 70 jours, aucun effet de la racine n'est signalé.

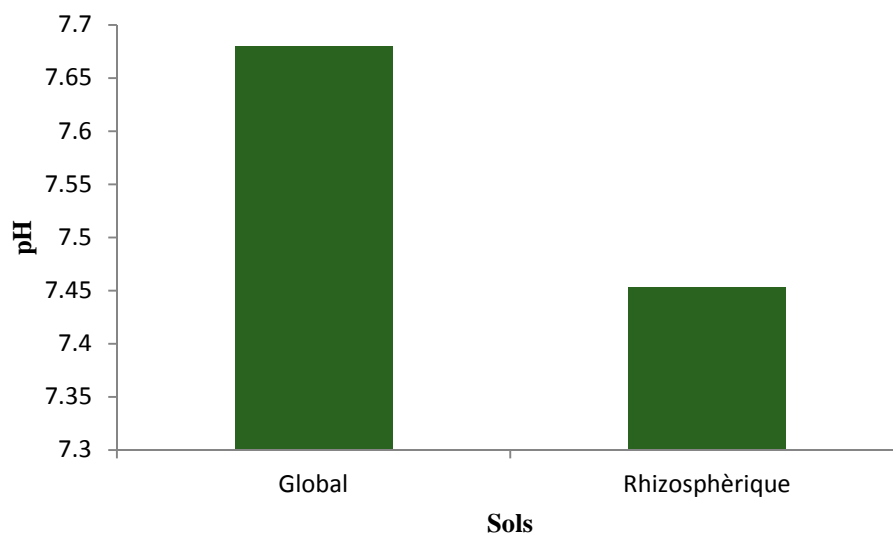


Figure 22 : variation du pH du sol en présence d'apport de margine, en fonction de l'activité racinaire de la monoculture fèverole après 45j de semis

### ➤ De l'association

En absence de margine, après 45 jours, de même qu'après 70 jours, l'activité de la racine de l'association triticale/féverole n'a aucun effet sur le pH du sol de l'association.

En présence d'apport de margine, et après 45 jours de semis, l'activité de la racine induit une diminution significative ( $p \leq 0.01$ , annexe 15) du pH rhizosphérique (pH=7,65), comparativement à celui du sol global (pH=7,75) (figure 23). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 16).

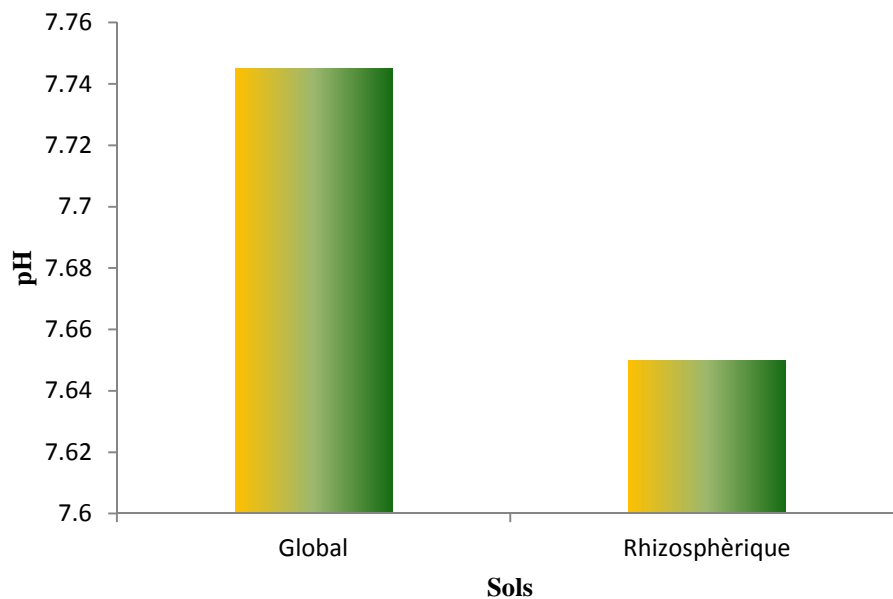


Figure 23 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de l'association après 45j de semis, en presence d'apport de margine

Après 70 jours de semis et en présence de margine, le pH diminue significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 17) dans la rhizosphère (pH=7,72), comparativement au pH du sol global (pH=7,87) (figure 24). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 18).

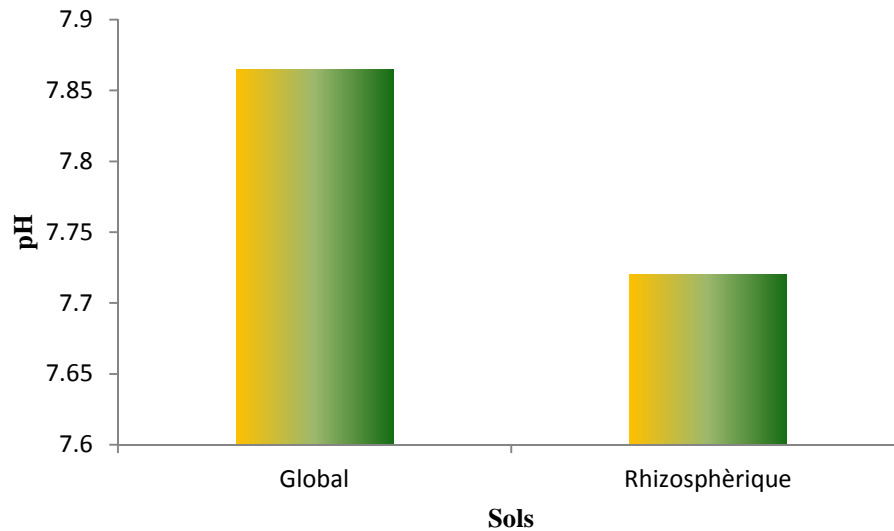


Figure 24 : variation du pH du sol en fonction de l'activité racinaire de l'association après 70j de semis, en apport de margine.

❖ Quel que soit le type de culture, l'activité de la racine acidifie le sol qui l'entoure.

### III-1-3-Effet association

#### ➤ Sur les sols globaux

En absence de margine, après 45 jours de semis, le pH de triticale en monoculture (pH=7,85) est significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe19) élevé, comparativement à celui de l'association (pH=7,64) et de la féverole en monoculture (pH=7,55) (figure 25). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en deux groupes (Annexe 20).

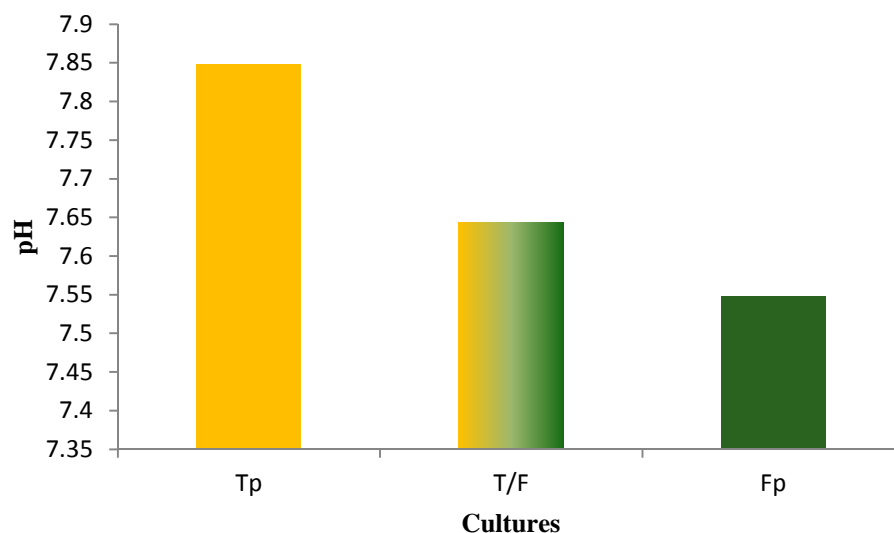


Figure 25 : variation du pH de sol global des monocultures et de l'association, en absence d'apport de margine, après 45 jours de semis

En présence de margine, à 45 jours de semis, le pH de triticale en monoculture (pH=7,88) est significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 21) élevé, comparativement à celui de l'association (pH=7,75) et de la féverole en monoculture (pH=7,68) (figure 26). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH en 3 groupes (Annexe 22).

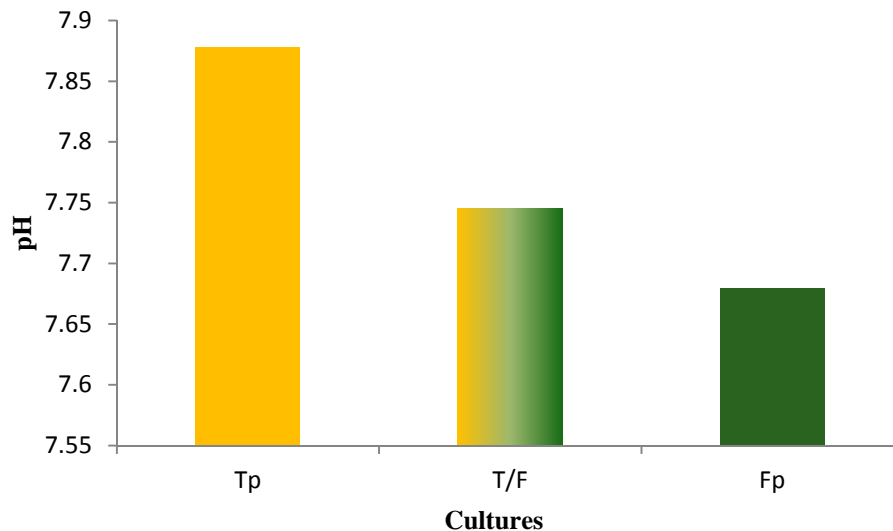


Figure 26 : variation du pH de sol global des monocultures et de l'association, en présence d'apport de margine, après 45 jours de semis

- ❖ Il est intéressant de noter que le sol global de l'association triticale féverole et la monoculture féverole, ont présentés des pH plus acides que le sol global du triticale. Il se pourrait que l'effet d'acidification traduit par l'acidité de la racine de la féverole ait atteint le sol global.

### ➤ Sur les sols rhizosphériques

En absence de margine, après 45 jours de semis, le pH diminue significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 23) dans le sol de la féverole en monoculture (pH=7,47), et dans le sol de l'association (pH=7,60), comparativement au sol de la monoculture triticale (pH=7,80) (figure 27). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH des 3 cultures dans des groupes différents (Annexe 24). Mais à 70 jours de semis, aucun effet n'est observé.

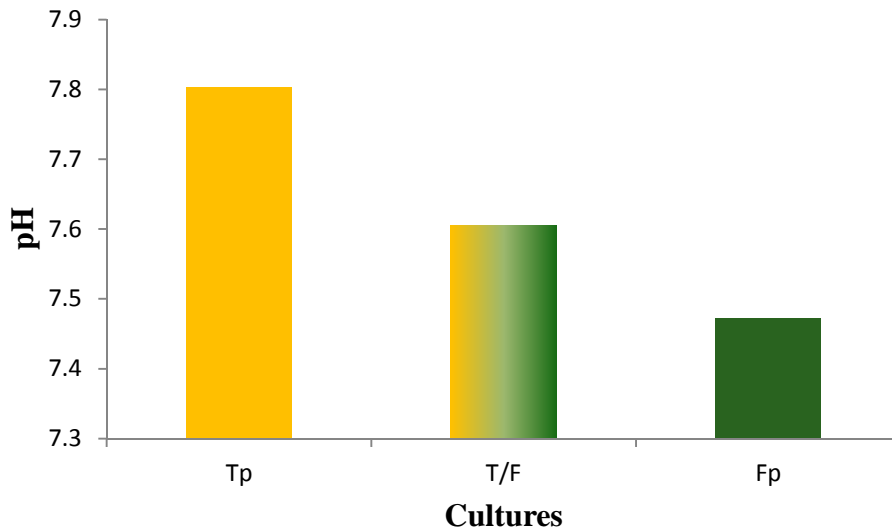


Figure 27 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en absence d'apport de margine, après 45 jours de semis.

En présence d'apport de margine, après 45 jours de semis, le pH diminue significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 25) dans le sol de la monoculture féverole (pH=7,45) comme dans le sol de l'association (pH=7,65), comparativement au pH de sol du triticale en monoculture (pH=7,72) (figure 28). Le test de NEWMAN et KEULS classe le pH des 3 cultures dans 3 groupes différents (Annexe 26). A 70 jours, aucun effet n'est signalé.

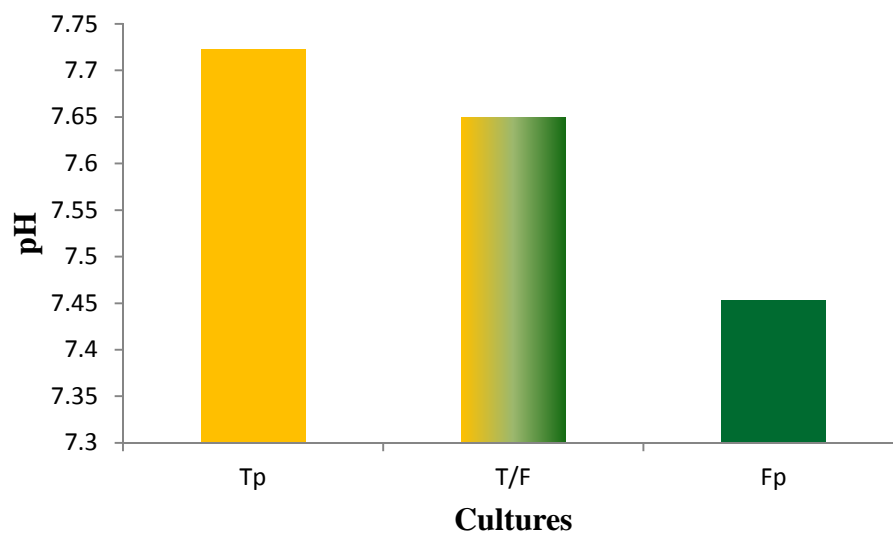


Figure 28 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en présence d'apport de margine, après 45 jours de semis

- ❖ Le triticale, en absence d'apport de margine a acidifié sa rhizosphère de façon moins importante que l'association triticale/féverole et que la féverole en monoculture.

### III-2-Potassium assimilable $K_A$

#### III-2-1-Effet margine

##### ➤ Sur le sol global

- **Du Triticale en monoculture**

La teneur en  $K_A$  est plus élevée dans le sol global avec amendement de margine ( $K_A= 29,07\text{mg}/100\text{g}$  de terre), comparativement au sol non amendé ( $K_A= 23,95\text{mg}/100\text{g}$  de terre), après 45 jours de semis. Après 70 jours de semis, la teneur en  $K_A$  du sol global époque de margine ( $K_A= 28,60\text{mg}/100\text{g}$  de terre) est plus élevée, comparativement au sol non amendé ( $K_A= 25,53\text{mg}/100\text{g}$  de terre). Mais l'analyse de la variance n'a pas signalé une différence significative, que ça soit après 45 jours ou 70 jours de semis.

- **De la féverole en monoculture**

Le sol amendé avec la margine s'enrichit significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 27) en  $K_A$  ( $K_A=37,58\text{mg}/100\text{g}$  de terre), comparativement au sol sans margine ( $K_A=28,60\text{mg}/100\text{g}$  de terre) (Figure 29), après 45 jours du semis. Le test de NEWMAN et KEULS classe le  $K_A$  des sols en deux groupes (Annexe 28).

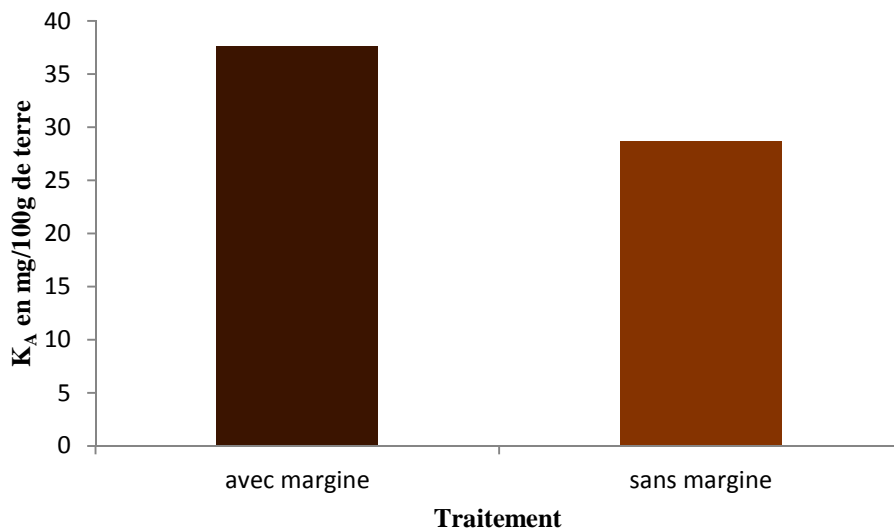


Figure 29 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de la féverole après 45 jours de semis

A 70 jours de semis, la teneur du sol en  $K_A$  est significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 29) plus élevée ( $K_A = 30,73 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de terre), comparativement au sol sans margine ( $K_A = 22,747 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de terre) (Figure 30). Le test de NEWMAN et KEULS classe le  $K_A$  des sols en deux groupes (Annexe 30).

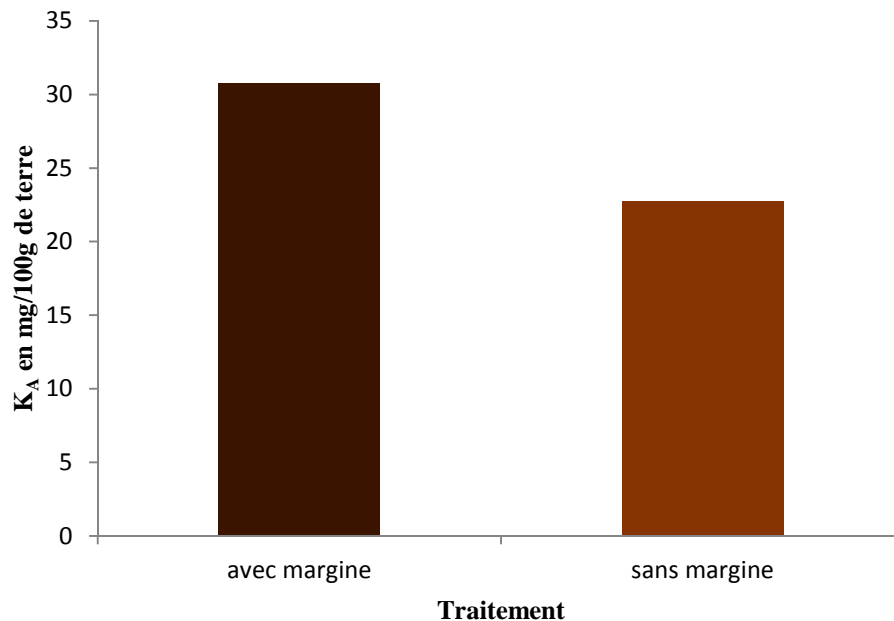


Figure 30 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de la féverole après 70 jours de semis

- **De l'association triticale/féverole**

A 45 jours de semis, le sol global de l'association s'enrichit significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 31) en  $K_A$  ( $K_A = 33,09 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ) avec l'apport de margine, comparativement au sol global sans margine ( $K_A = 26,47 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de terre) (figure 31). Le test de NEWMAN et KEULS classe le K en deux groupes (Annexe 32).

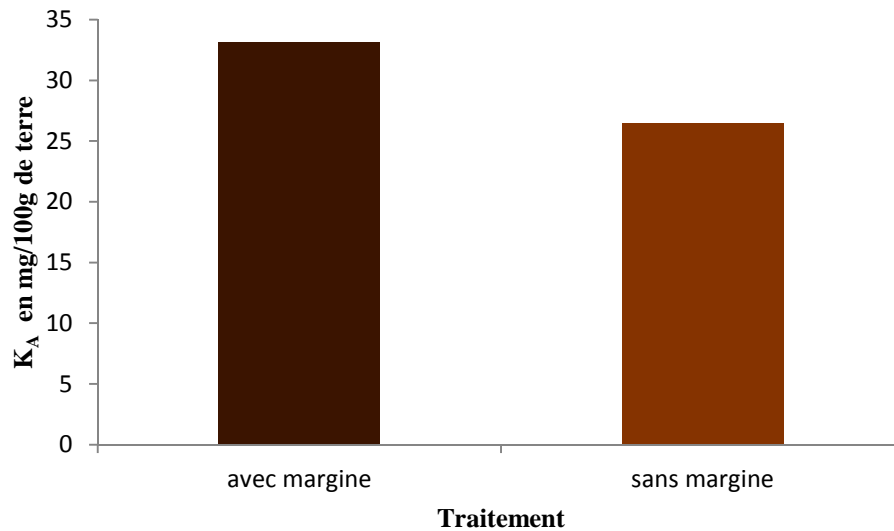


Figure 31 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de l'association après 45 jours de semis.

Après 70 jours de semis, l'apport de la margine enrichit le sol global de l'association significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 33) en  $K_A$  ( $K_A = 29,31 \text{ mg/100g de terre}$ ), comparativement au sol global sans apport de margine ( $K_A = 22,93 \text{ mg/100g de terre}$ ) (figure 32). Le test de NEWMAN et KEULS classe le  $K_A$  en deux groupes (Annexe 34).

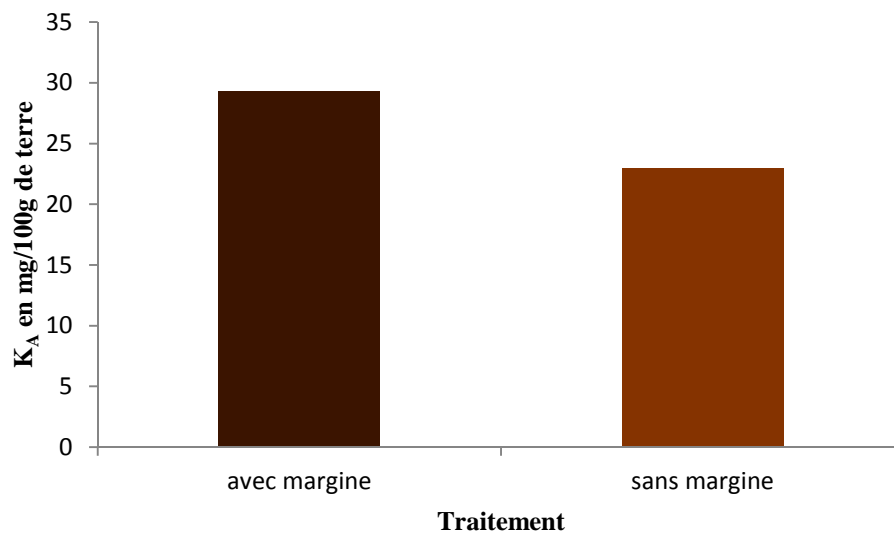


Figure 32 : Effet de l'apport de margine sur la teneur en potassium assimilable du sol global de l'association, après 70 jours de semis.

- ❖ Quel que soit le type de culture, la période de récolte, l'apport de margine induit un enrichissement du sol global en  $K_A$

### III-2-2-Effet rhizosphérique

#### ➤ Sur le triticale en monoculture

L'activité de la racine a un effet non significatif sur la teneur en  $K_A$ , que ça soit après 45 jours ou après 70 jours du semis, et que ça soit avec ou sans apport de margine.

#### ➤ Sur la fèveole en monoculture

En absence de la margine, et à 45 jours du semis, on note aucun effet rhizosphérique sur la teneur en  $K_A$  de cette culture. Tandis qu'après 70 jours de semis, la teneur en  $K_A$  augmente significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe 35) dans le sol rhizosphérique ( $K_A = 28,05 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de terre), comparativement à celle du sol global ( $K_A = 22,75 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de terre) (Figure 33). Le test de NEWMAN et KEULS classe la teneur en  $K_A$  de sol en groupes différents (Annexe 36). En présence d'apport de margine, aucun effet rhizosphérique n'est observé, que ça soit après 45 jours ou après 70 jours de semis.

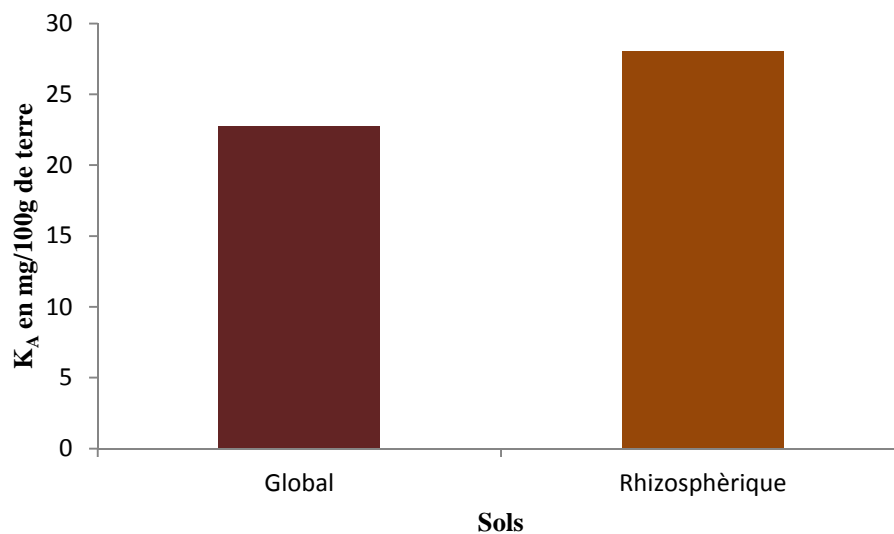


Figure 33 : variation de la teneur en potassium assimilable du sol en fonction de l'activité racinaire de la fèveole, en absence de margine, après 70 jours

#### ➤ Sur l'association triticale/fèveole

En absence ou en présence de margine, l'activité de la racine a un effet non significatif sur la teneur en  $K_A$  du sol rhizosphérique de l'association, après 45 jours du semis, ainsi qu'après 70 jours du semis.

- ❖ L'activité de la racine n'a aucun effet sur la teneur en potassium assimilable du triticale en monoculture et de l'association. Seule la rhizosphère de la féverole en monoculture qui s'enrichit en potassium assimilable.

### III-2-3 Effet association

#### ➤ Sur sols globaux

En absence de margine, après 45 jours de semis ainsi qu'après 70 jours de semis, aucun effet n'est observé sur la teneur en  $K_A$  des sols globaux des différentes cultures.

L'apport de margine à dose de  $50\text{m}^3/\text{ha}$ , après 45 jours de semis, a augmenté significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe37) la teneur en  $K_A$  de la féverole en monoculture ( $K_A=37,58\text{mg}/100\text{g}$  de terre), comparativement à celle de l'association ( $K_A=33,09\text{mg}/100\text{g}$  de terre) et de triticale en monoculture ( $K_A=29.07\text{mg}/100\text{g}$  de terre) (figure 34). Le test de NEWMAN et KEULS classe le  $K_A$  en deux groupes (Annexe 38). A 70 jours de semis, aucun effet n'est observé.

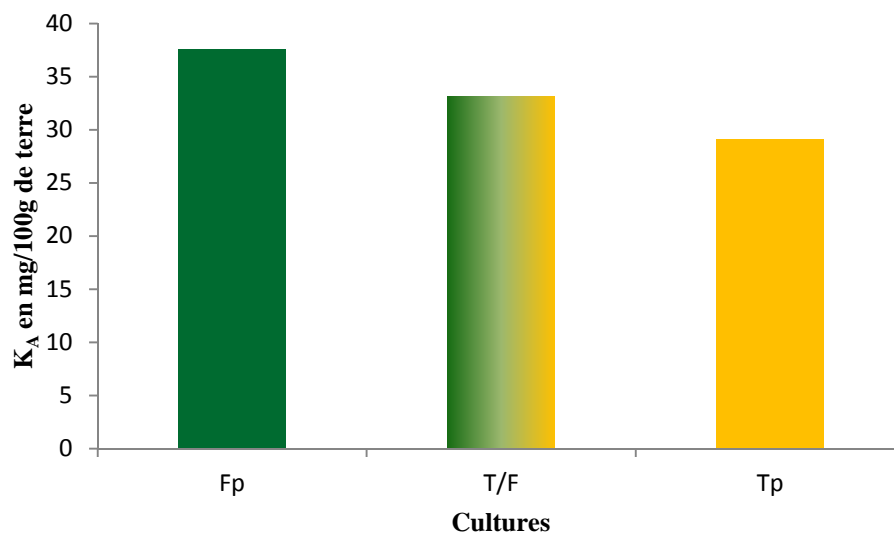


Figure 34 : variation de potassium assimilable des sols globaux des monocultures et de l'association, en présence de margine, après 45 jours de semis

- ❖ Il semblerait que le prélèvement du potassium assimilable par le triticale ait atteint le sol global. Cela est confirmé dans le cas du triticale en monoculture et en association.

### ➤ Sur sols rhizosphériques

En absence de margine, à 45 jours de semis, aucun effet n'est observé sur la teneur en  $K_A$  de sol des cultures. Par contre, après 70 jours de semis, la teneur en  $K_A$  du sol de la féverole en monoculture ( $K_A=28,05\text{mg}/100\text{g}$  de terre) est significativement ( $p \leq 0.01$ , annexe39) plus élevée que celle du sol du triticale en monoculture ( $K_A=23,953\text{mg}/100\text{g}$  de terre) et de l'association ( $K_A=23,952\text{mg}/100\text{g}$  de terre) (figure 35). Le test de NEWMAN et KEULS classe les teneurs en  $K_A$  du sol des cultures en 2 groupes différents (Annexe40).

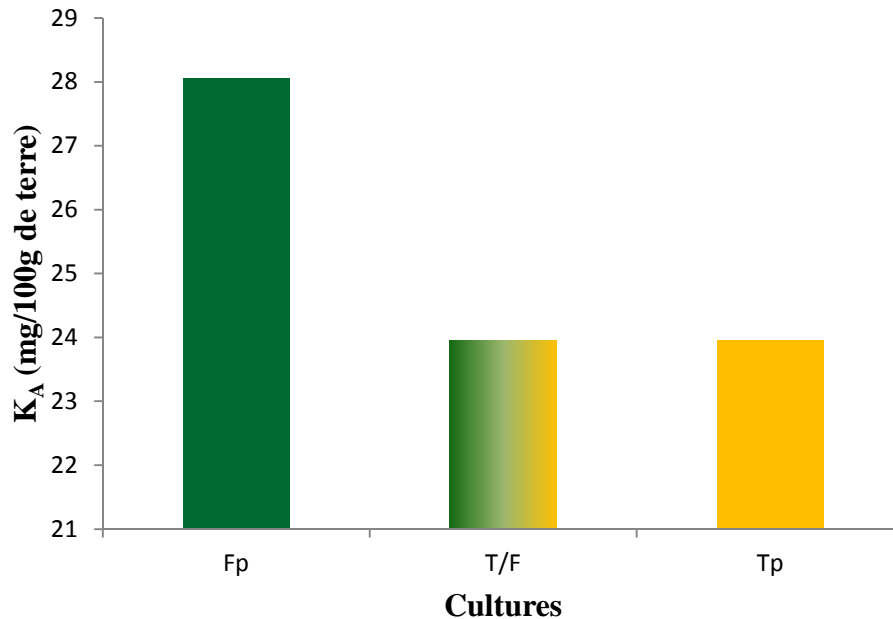


Figure 35 : variation du pH de sol de la rhizosphère des monocultures et de l'association, en absence de margine, après 70 jours de semis

L'apport de la dose de margine de  $50\text{m}^3/\text{ha}$ , après 45 jours de semis et de même après 70 jours de semis, n'a aucun effet significatif sur la teneur en  $K_A$  de sol des monocultures ainsi de celle de l'association.

- ❖ La rhizosphère du triticale en monoculture et en association, s'appauvrit en potassium assimilable de façon plus importante que la rhizosphère de la féverole.
- ❖ Ce qui précède peut s'expliquer par un prélèvement plus important de potassium par la céréale.

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### IV- Le végétal

Les résultats de la mesure de la biomasse aérienne, de la biomasse racinaire, de la longueur racinaire des trois cultures, à 45 jours et à 70 jours de semis, sont présentés au niveau de tableau 4.

Tableau 4 : tableau récapitulatif des mesures de la biomasse aérienne (BA), de la biomasse racinaire (BR) et de la longueur racinaire (LRD), des 3 cultures (triticale, féverole, association triticale/féverole).

		45 jours après semis			70 jours après semis		
Traitement		BA en g/plant	BR en g/plant	LRD en cm/plant	BA en g/plant	BR en g/plant	LRD en cm/plant
Triticale	T	1,20	0,43	159,60	2,35	1	660,42
	TM	1,21	0,63	231,11	1,95	0,68	445,21
	T/F	0,72	0,35	296,44	1,41	0,41	343,23
	T/F M	0,73	0,36	165,01	1,52	0,48	318,23
Féverole	F	1,49	0,61	764,83	1,72	0,64	581,67
	FM	1,03	0,58	468,33	1,30	0,67	708,44
	T/F	0,61	0,28	475,10	1,02	0,32	750,13
	T/F M	0,65	0,30	1203,33	1	0,42	1343,50

### IV-1 La biomasse aérienne

- **De triticale**

A 45 jours de semis, en associant le triticale avec la fèverole, en absence de margine, la biomasse aérienne de triticale augmente de 3,52%. L'apport de margine à l'association induit une augmentation de la biomasse aérienne du triticale de 3,85%.

Après 70 jours de semis, en associant le triticale avec la fèverole et en présence d'apport de margine, la biomasse aérienne du triticale augmente de 25% par rapport à celle sans apport de margine.

- **De la Fèverole**

Après 45 jours de semis, et en présence d'apport de margine, on a une augmentation de 20% de la biomasse aérienne de la fèverole en association, et une augmentation de 31,32 % de la biomasse aérienne de la fèverole en monoculture.

Après 70 jours de semis, l'apport de la margine à dose de 50m<sup>3</sup>/ha augmente la biomasse aérienne de la fèverole en association avec le triticale de 35%.

- ❖ En presence d'apport de margine, le triticale et la fèverole en association développent leur biomasse aérienne d'une façon plus imortante qu'en absence d'apport de margine.

### IV-2 La biomasse racinaire

- **Du triticale**

L'association de triticale avec la fèverole, à 70 jours de semis, induit une diminution de 28,57% de sa biomasse racinaire comparativement à la culture monospécifique. Par contre, lorsque le triticale est associé avec la fèverole et qu'il est amendé avec les margines, sa biomasse racinaire augmente de 17,23%.

- ❖ En absence d'apport de margine, à 70 jours de semis, le triticale qu'il soit pur ou en associée développe son système racinaire de façon plus importante q'en presence d'apport de margine.
- ❖ En effet, l'apport de margine enrichit le milieu en éléments nutritifs comme l'N, le K et le P, par conséquent, le triticale n'a pas besoin de développer son système racinaire.

- **De la Féverole**

Après 45 jours de semis, l'apport de la margine augmente la biomasse racinaire de la féverole en association de 25,64%.

Après 70 jours de semis, l'apport de la margine augmente la biomasse racinaire de la féverole en association avec le triticale de 20,53%.

### IV-3 La longueur racinaire LRD

- **Du triticale**

Après 45 jours de semis, en associant la culture de triticale avec la féverole et en absence d'apport de margine, la longueur racinaire augmente de 46,16%, comparativement à celle de la monoculture triticale qui augmente de 30,94% en présence d'apport de margine.

Après 70 jours de semis, l'apport de la margine sur la culture de triticale en monoculture augmente sa longueur racinaire de 32,59%, et l'association du triticale avec la féverole sans apport de margine induit une augmentation de sa longueur racinaire de 48,03%.

- **De la féverole**

L'apport de la margine augmente la longueur racinaire de la féverole en association avec le triticale de 61,08%, après 45 jours de semis, et de 47,27% après 70 jours de semis.

### IV-4 Performance de l'association

L'évaluation de l'efficacité de l'association est réalisée en comparant les rendements des cultures associées avec ceux des monocultures, et on utilise le Land Equivalent Ratio : LER

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

Tableau 5 : résultats de la performance de l'association

	45 J	70 J
D(0)	1,01	1,18
D(1)	1,24	1,55

L'association triticale/féverole a un avantage productif :  $LER > 1$ .

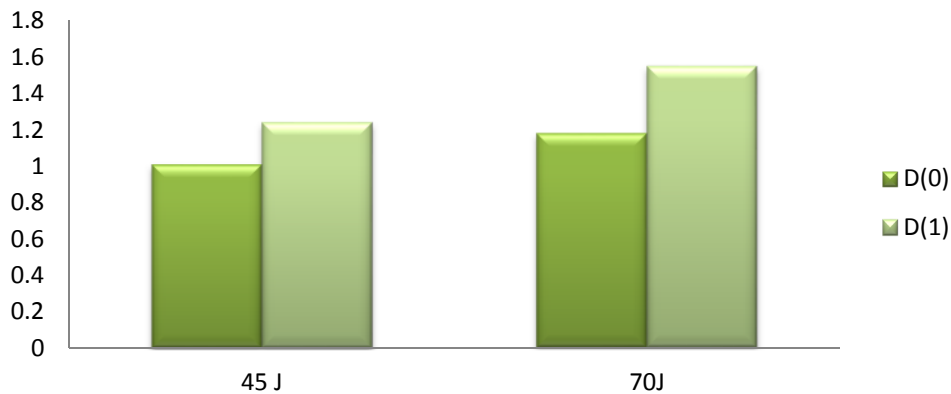


Figure 36 : performance de l'association triticale/ féverole

En associant le triticale et la féverole, en apportant la dose de marge de  $50\text{m}^3/\text{ha}$ , on obtient la meilleure performance :  $LER$  à 70 jours de semis = 1,55.

### IV-5 Croissance des cultures

#### ➤ Du triticale en monoculture et en association

En absence d'apport de marge, la hauteur des plants en fonction du temps augmente lentement. Par contre, il semblerait que l'apport de marge ralentit la croissance du triticale jusqu'à 34j. A partir du 41j, une accélération de la croissance du triticale est observée (figure 37).

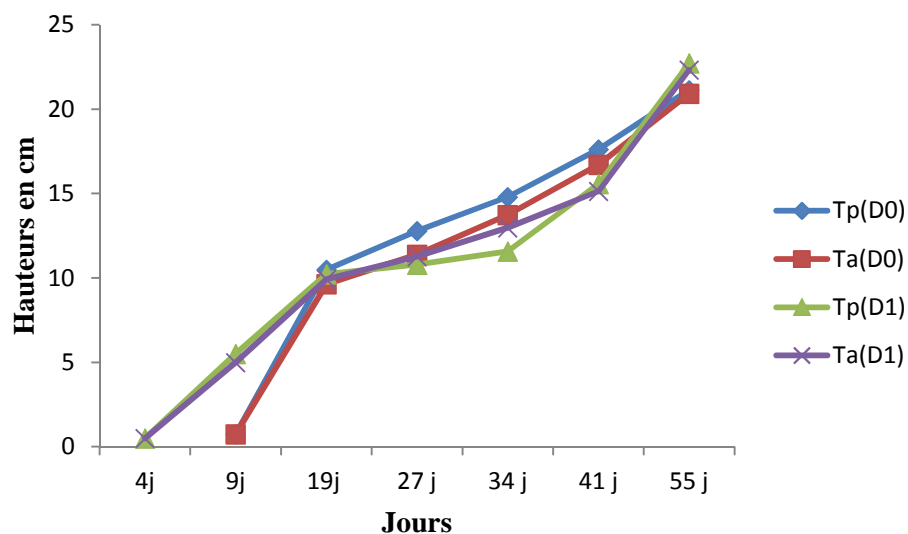


Figure 37 : Croissance du triticale en monoculture et en association.

### ➤ De la féverole en monoculture et en association

La féverole avec apport de margine pousse en premier, et la monoculture avant la culture en associée. En présence ou en absence de margine, c'est la hauteur des plants de la féverole en monoculture qui prend le dessus (figure 38).

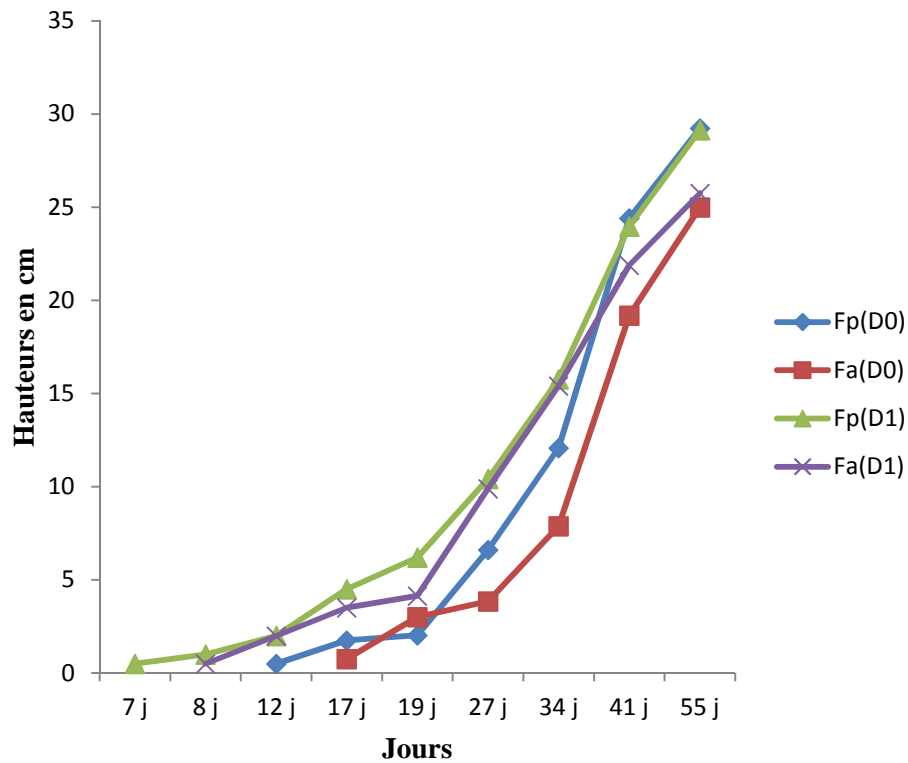


Figure 38 : Croissance de la féverole en monoculture et en association.



## Conclusion générale

---

### Conclusion

L'impacte de l'amendement en margine sur la biodisponibilité du potassium, le pH dans la rhizosphère et la croissance d'une culture associée triticale/féverole a permis de tirer les enseignements suivants :

Pour ce qui est de l'effet margine :

- ✓ Quel que soit le type de culture, la période de semis (45 jours ou 70 jours), l'apport de la dose de 50m<sup>3</sup>/ha de margine induit une augmentation du pH du sol global, ainsi que son enrichissement en potassium assimilable.

Pour ce qui est de l'effet rhizosphérique :

- ✓ Quel que soit le type de culture, l'activité de la racine acidifie le sol qui l'entoure, comparativement au sol global.
- ✓ L'activité de la racine n'a aucun effet sur la teneur du sol en potassium assimilable du triticale en monoculture et de l'association, contrairement au sol de la féverole qui s'enrichit en potassium assimilable.

Pour ce qui est de l'effet association :

- ✓ Il est intéressant de noter que le sol global de l'association triticale féverole et la monoculture féverole, ont présentés des pH plus acides que le sol global du triticale en monoculture. Il se pourrait que l'effet d'acidification induit par l'activité de la racine de la féverole ait atteint le sol global.
- ✓ Le triticale, en absence d'apport de margine a acidifié sa rhizosphère de façon moins importante que l'association triticale/féverole et que la féverole en monoculture.
- ✓ La rhizosphère du triticale en monoculture et en association, s'appauvrit en potassium assimilable de façon plus importante que la rhizosphère de la féverole.

Pour ce qui est de la croissance :

- ✓ En présence d'apport de margine, à 70 jours de semis, le triticale en association développe sa biomasse aérienne de façon plus importante qu'en absence d'apport de margine.

## Conclusion générale

---

- ✓ En absence d'apport de margine, à 70 jours de semis, le triticales qu'il soit pur ou en associé développe son système racinaire, ainsi que sa longueur racinaire d'une façon plus importante qu'en présence d'apport de margine.
- ✓ L'apport de margine induit une augmentation de la biomasse aérienne, de la biomasse racinaire et de la longueur racinaire de la féverole en association, comparativement à celle sans apport de margine.
- ✓ L'association triticales/féverole à une meilleure performance en présence d'apport de margine, comparativement à celle sans apport de margine.

Pour ce qui est de la performance :

- ✓ L'association de culture triticales/féverole a un avantage productif :  $LER > 1$
- ✓ L'association de culture triticales/féverole en presence d'apport de margine a un avantage plus productif :  $LER = 1,55$ , comparativement a l'association sans apport de margine :  $LER = 1,18$ .

Afin de mieux compléter ce travail, une étude de l'effet de l'apport de margine et de l'association de culture sur la nodulation de la féverole et sur la mycorhization des racines serait nécessaire. De plus, une évaluation de l'impact de l'amendement en margine sur la biodisponibilité du phosphore et de l'azote doit être entreprise.

- **Abdlkaoui S ., Bellabioud F. ,2010** : impact d'effluents d'huileries d'olives sur les propriétés chimiques, minéralogiques et biodisponibilités du potassium.cas de l'oliveraie de l'I.T.A.F.Takarietz, Bejaia. Mémoire d'ingenieur UMMTO page 11-13.
- **Abdullah M.A and Khalid M H., 2007**: Implementation of olive mill by products in agriculture. World J. Agr. Sci.,; 3: 380-385.
- **Achir H., 2010** : Impact de l'apport de margine sur les propriétés physiques, chimiques, et la biodisponibilité du potassium dans la rhizosphère .cas de sidi aish, Bejaia. Mémoire d'ingerieur UMMTO. Page 19.
- **Ademe., 1998**: le Triticale, étude AGRICE, ARVALIS.
- **Anonyme ., 2009** :Agricultures et alimentations du monde en 2050 :scenarios et défis pour un développement durable .INRA ,CIRAD 2<sup>eme</sup> édition.
- **Anonyme 1** : projet perf com 2012
- **Anonyme 2** : ITGC, le triticale : une culture prometeuse ; 2004
- **Anonyme 4** : ITGC, la féverole ; 2003
- **Anouk Z ., 2012** : Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Bourgogne en Sciences de la Vie et de la Terre.
- **Belaid C. Khadraoui M. Mseddi S.:** Electrochemical treatment of olive mill wastewater: Treatment extent and effluent phenolic compounds monitoring using some uncommon analytical tools Original Research Article. J. Env. Sci., 2013; 25: 220-230.
- **Betencourt E., 2012** : Interaction entre céréales et légumineuses en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhizosphérique sous jacent. Mémoire .doctorat Montpellier Sup-Agro page 2,54.
- **Bonneau M. et Souchier B. 1994** : pédologie 2 constituants et propriétés de sol ; 2eme Ed .Masson.
- **Bouhireb S., Djebar M. 2009** : Impact de l'apport de margine sur les propriétés physiques, chimiques et le statut phosphaté dans la rhizosphere.cas de l'oliveraie de L'I.T.A.F.de Sidi aich, Bejaia .Memoire d'ingenieur .U.MM.T.O.page 13,15.
- **Brousse G. et Loussert R., 1978** in aouane M, Impact d'effluents d'huileries d'olives sur les propriétés chimiques, minéralogiques et biodisponibilités du potassium.cas de l'oliveraie de l'I.T.A.F.Takarietz, Bejaia

- **Cadillon M., Lacassin J.C., 2002** : La valorisation agronomique des margines, société de canal de Provence et d'Aménagement de la région provençale. Ed. Ingénierie-Développement. 10 p.
- **Cadillon M., Tremea L., 1987**: la valorisation d'agricole des margines, recommandations pour l'épandage. communication SCP présentée a une réunion du 24 juin 1987, journée organisée par l'union syndicale Interprofessionnelle Oléicole.
- **Dictionnaire** de science de sol, édition lavoisier TEC doc. P37.
- **Duchaufour P., 1995** : Pedologie- 295p.
- **Duchaufour P:** Etude et Gestion des sols, 1998. Réflexion sur la classification des sols.
- **El Hassani F., Alaoui S.M., Errachidi f., Aissam H., Merzouki M., et Benlemlih M., 2005** : Effet de l'épandage des margines sur le rendement d'une culture de maïs et sur les abondances de certains groupes microbiens du sol .Université Chouaib Doukkali.
- **Hamdi M:** Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive. Page 51.
- **Hinsinger P., 2001** Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root induced chemical changes: a review; Plant and soil, 237(2), 173-195.
- **Hinsinger P., 2012:** cultures associée bas intrant sud France
- **Hinsinger P:** Les racines au cœur du fonctionnement de la rhizosphère, des connaissances pointues issues de la recherche aux applications possibles en AB.
- **Kitanes S., Darmane Y., Sabrin A., Bahloul., PINEAU., Kheberbeche GL., 2007:** procède écologique de traitement et valorisation des rejets solides et des margines par séparation de phases Workshop on (Technologies for environmental Clean –up and DST for their assessment and selection) Marrakech, Maroc.
- **Lemanceau P et Heulin T ; 1998:** La rhizosphère. Sol : interface fragile, 93-106.
- **Leulmi N:** la valorisation nutritionnelle des margines et de leur impact sur la réduction de la méthanogénèse ruminale chez l'ovin. page 4,5.
- **Mouas-Bourbia S:** Biodisponibilité de potassium dans la rhizosphère de *Olea europea* L, Thèse de doctorat UMMTO.

Références bibliographiques

- **Sol vivant** : Bases de pédologie, biologie des sols par Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, Willy Matthey. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes 3<sup>ème</sup> édition revue et augmentée.
- **Stengel P.**, 1998 : Interface sol-plante

## Annexes

Annexe 1 : analyse de variance du sol global de triticales en monoculture après 70j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,089	7	0,013				
VAR.FACTEUR 1	0,065	1	0,065	16,066	0,00732		
VAR.RESIDUELLE							
1	0,024	6	0,004			0,064	0,82%

Annexe 2 : classement du pH du sol global de triticales en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS après 70j de semis.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec M	7,855	A	
1.0	sans M	7,675		B

Annexe 3 : analyse de variance du sol global de la féverole en monoculture après 45j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,056	7	0,008				
VAR.FACTEUR 1	0,035	1	0,035	10,092	0,01908		
VAR.RESIDUELLE							
1	0,021	6	0,003			0,059	0,77%

Annexe 4 : classement du pH sol global de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	7,68	A	
1.0	sans m	7,548		B

## Annexes

Annexe 5 : analyse de variance du sol global de la féverole en monoculture après 70j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,148	7	0,021				
VAR.FACTEUR 1	0,113	1	0,113	19,243	0,00494		
VAR.RESIDUELLE 1	0,035	6	0,006			0,077	0,99%

Annexe 6 : classement du pH sol global de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	7,873	A	
1.0	sans m	7,635		B

Annexe 7 : analyse de variance du sol global de l'association en monoculture après 45j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,039	7	0,006				
VAR.FACTEUR 1	0,021	1	0,021	7,093	0,03673		
VAR.RESIDUELLE 1	0,018	6	0,003			0,054	0,71%

Annexe 8 : classement du pH sol global de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	7,745	A	
1.0	sans m	7,643		B

## Annexes

Annexe 9 : analyse de variance du sol global de l'association en monoculture après 70j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,061	7	0,009				
VAR.FACTEUR 1	0,039	1	0,039	10,889	0,01643		
VAR.RESIDUELLE 1	0,022	6	0,004			0,06	0,77%

Annexe 10 : classement du pH sol global de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	7,865	A	
1.0	sans m	7,725		B

Annexe 11 : analyse de variance des deux fractions du sol de triticale en monoculture après 70j de semis, en absence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,003	7	0				
VAR.FACTEUR 1	0,002	1	0,002	22,044	0,00365		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	6	0			0,01	0,13%

Annexe 12 : classement du pH des deux fractions du sol de triticale en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis, sans margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	G	7,675	A	
2.0	Rh	7,643		B

## Annexes

---

Annexe 13 : analyse de variance des deux fractions du sol de la féverole en monoculture après 45j de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,111	7	0,016				
VAR.FACTEUR 1	0,104	1	0,104	80,923	0,0002		
VAR.RESIDUELLE 1	0,008	6	0,001			0,036	0,47%

Annexe 14 : classement du pH des deux fractions du sol avec margine, de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	G	7,68	A	
2.0	Rh	7,453		B

Annexe 15 : analyse de variance du pH des deux fractions du sol avec margine de l'association, après 45j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,027	7	0,004				
VAR.FACTEUR 1	0,018	1	0,018	11,901	0,01374		
VAR.RESIDUELLE 1	0,009	6	0,002			0,039	0,51%

Annexe 16 : classement du pH des deux fractions du sol avec margine, de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis, en présence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	G	7,745	A	
2.0	Rh	7,65		B

## Annexes

---

Annexe 17 : analyse de variance du pH des deux fractions du sol avec margine, de l'association après 70j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,05	7	0,007				
VAR.FACTEUR 1	0,042	1	0,042	32,766	0,00149		
VAR.RESIDUELLE 1	0,008	6	0,001			0,036	0,46%

Annexe 18 : classement du pH des deux fractions du sol de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis, en présence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	G	7,865	A	
2.0	Rh	7,72		B

Annexe 19 : analyse de variance de pH des sols globaux des monocultures et de l'association après 45j de semis, en absence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,232	11	0,021				
VAR.FACTEUR 1	0,188	2	0,094	19,223	0,00066		
VAR.RESIDUELLE 1	0,044	9	0,005			0,07	0,91%

Annexe 20 : classement du pH des sols globaux sans margine des différentes cultures, après 45j de semis, selon le test de NEWMAN et KEULS

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Tp	7,848	A	
3.0	T/F	7,643		B
2.0	Fp	7,548		B

## Annexes

---

Annexe 21 : analyse de variance de pH des sols globaux avec margine, des monocultures et de l'association après 45j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,095	11	0,009				
VAR.FACTEUR 1	0,081	2	0,041	25,73	0,00025		
VAR.RESIDUELLE 1	0,014	9	0,002			0,04	0,51%

Annexe 22 : classement du pH des sols globaux avec margine des différentes cultures, après 45j de semis, selon le test de NEWMAN et KEULS

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	Tp	7,878	A		
3.0	T/F	7,745		B	
2.0	Fp	7,68			C

Annexe 23 : analyse de variance de la comparaison des rhizosphères des monocultures et de l'association après 45j de semis, en absence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,263	11	0,024				
VAR.FACTEUR 1	0,221	2	0,11	23,61	0,00033		
VAR.RESIDUELLE 1	0,042	9	0,005			0,068	0,90%

Annexe 24 : classement du pH des sols rhizosphériques sans margine des différentes cultures, après 45j de semis, selon le test de NEWMAN et KEULS

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	Tp	7,803	A		
3.0	T/F	7,605		B	
2.0	Fp	7,473			C

## Annexes

Annexe 25 : analyse de variance du pH des rhizosphères des monocultures et de l'association après 45j de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,253	11	0,023				
VAR.FACTEUR 1	0,156	2	0,078	7,251	0,01343		
VAR.RESIDUELLE 1	0,097	9	0,011			0,104	1,36%

Annexe 26 : classement du pH des sols rhizosphériques avec margine des différentes cultures, après 45j de semis, selon le test de NEWMAN et KEULS

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Tp	7,723	A	
3.0	T/F	7,65	A	
2.0	Fp	7,453		B

Annexe 27 : analyse de variance de potassium assimilable de sol global de la féverole en monoculture, après 45 jours de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	244,811	7	34,973				
VAR.FACTEUR 1	161,212	1	161,212	11,57	0,01454		
VAR.RESIDUELLE 1	83,599	6	13,933			3,733	11,28%

Annexe 28 : classement du K<sub>A</sub> de sol global de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS après 45j de semis, en présence de margine.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	37,58	A	
1.0	sans m	28,602		B

## Annexes

Annexe 29 : analyse de variance de potassium assimilable de sol global de la féverole en monoculture, après 70 jours de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	170,897	7	24,414				
VAR.FACTEUR 1	127,442	1	127,442	17,596	0,00601		
VAR.RESIDUELLE 1	43,455	6	7,243			2,691	10,06%

Annexe 30 : classement du  $K_A$  de sol global de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS après 70j de semis, en présence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGENES	
2.0	avec m	30,73	A	
1.0	sans m	22,747		B

Annexe 31 : analyse de variance de potassium assimilable de sol global de l'association, après 45jours de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	116,206	7	16,601				
VAR.FACTEUR 1	87,648	1	87,648	18,415	0,00544		
VAR.RESIDUELLE 1	28,558	6	4,76			2,182	7,33%

Annexe 32 : classement du  $K_A$  de sol global de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis, en présence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGENES	
2.0	avec m	33,092	A	
1.0	sans m	26,473		B

## Annexes

---

Annexe 33 : analyse de variance de potassium assimilable de sol global de l'association, après 70 jours de semis, en présence de margine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	89,228	7	12,747				
VAR.FACTEUR 1	81,429	1	81,429	62,642	0,00035		
VAR.RESIDUELLE 1	7,799	6	1,3			1,14	4,36%

Annexe 34 : classement du  $K_A$  de sol global de l'association selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis, en présence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	avec m	29,312	A	
1.0	sans m	22,931		B

Annexe 35 : analyse de variance de potassium assimilable des deux fractions de sol de la féverole en monoculture, en absence de margine après 70 j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	104,778	7	14,968				
VAR.FACTEUR 1	56,234	1	56,234	6,95	0,03806		
VAR.RESIDUELLE 1	48,544	6	8,091			2,844	11,20%

Annexe 36 : classement du  $K_A$  des deux fractions du sol sans margine, de la féverole en monoculture selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70 j de semis

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	Rh	28,05	A	
1.0	G	22,747		B

## Annexes

Annexe 37 : analyse de variance de potassium assimilable des sols globaux des différentes cultures, en absence de margine après 45j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	292,668	11	26,606				
VAR.FACTEUR 1	144,828	2	72,414	4,408	0,0459		
VAR.RESIDUELLE 1	147,84	9	16,427			4,053	12,19%

Annexe 38 : classement du  $K_A$  des sols globaux des différentes cultures selon le test de NEWMAN et KEULS, après 45j de semis, en absence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	Fp	37,58	A	
3.0	T/F	33,092	A	B
1.0	Tp	29,075		B

Annexe 39 : analyse de variance de potassium assimilable des rhizosphères des différentes cultures, en absence de margine après 70j de semis

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	69,463	11	6,315				
VAR.FACTEUR 1	44,772	2	22,386	8,16	0,00968		
VAR.RESIDUELLE 1	24,69	9	2,743			1,656	6,54%

Annexe 40 : classement du  $K_A$  des rhizosphères des différentes cultures selon le test de NEWMAN et KEULS, après 70j de semis, en absence de margine

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	Fp	28,05	A	
1.0	Tp	23,953		B
3.0	T/F	23,952		B

## Annexes

---

### Annexe 41 : normes d'appréciation du calcaire total du sol

CaCO <sub>3</sub>	Qualification
5 à 12,5	Faiblement calcaire
12,5 à 25	Modérément calcaire
25 à 35,7	Assez fortement calcaire
37,5 à 50	Fortement calcaire
>50	Très fortement calcaire

### Annexe 42 : normes d'interprétation de la réaction du sol (pH)

Valeurs Ph	Qualification
<4,5	Extrêmement acide
4,6 à 5	Très fortement acide
5,1 à 5,5	Fortement acide
5,6 à 6,75	Faiblement acide
6,75 à 7,3	Neutre
7,4 à 7,8	Légèrement alcalin
7,9 à 8,4	Moyennement alcalin
8,5 à 9	Fortement alcalin
>9,1	Très fortement alcalin

## Résumé

Les margines sont le sous-produit liquide obtenu à partir de l'extraction de l'huile d'olive. Les volumes importants générés, le pH acide, les grandes quantités de matières organiques et de phénols rendent ce matériau très difficile à purifier. En revanche, ces effluents sont riches en potassium et en azote. Afin de valoriser le potassium des margines, une étude de leur effet, sans prétraitement, sur la rhizosphère et la croissance d'une culture associée triticale/féverole a été menée en conditions contrôlées. La dose utilisée était de 50m<sup>3</sup>/ha, dose autorisée par la loi sous climat méditerranéen. La biomasse aérienne et racinaire, la longueur racinaire totale (LRT) de la monoculture du triticale, de la féverole et celles de la culture associée triticale/féverole sont mesurées à 45 jours et également à 70 jours après semis. De même, le sol global et rhizosphérique de chaque type de culture ont été échantillonnés. Le sol est un cambisol calcaric, limono-argileux. L'apport organique a augmenté de 20% et de 35% la biomasse aérienne de la féverole en associée, et de 3,85% et 25% la biomasse aérienne du triticale en association, à 45 et 70 jours respectivement. L'apport des margines a amélioré de 31 % la biomasse racinaire du triticale en monoculture, à 45 jours de semis, et de 17% en association, à 70 jours de semis. L'apport des margines a amélioré de 25,64% et de 20,53% la biomasse racinaire de la féverole en association, à 45 et 70 jours de semis respectivement. La longueur racinaire totale du triticale en association sans apport de marge a augmenté de 46,16 % comparativement à la LRT du triticale en monoculture. L'apport des margines induit une diminution de 28,6% et de 28,52% la longueur racinaire du triticale en association, à 45 jours et 70 jours respectivement. L'apport des margines a amélioré de 61,08% et de 47,27% la longueur racinaire de la féverole en association, à 45 jours et 70 jours respectivement. Le pH rhizosphérique de la culture associée amendée par des margines diminue significativement ( $p \leq 0,01$ ) après 45 jours et 70 jours de semis. Les margines ont augmenté significativement ( $p \leq 0,05$ ) la teneur en potassium assimilable du sol global et rhizosphérique de la culture associée et des monocultures. L'association triticale/féverole a un avantage productif avec un LER égal à 1,24 et 1,55 avec l'apport des margines, à 45 jours et 70 jours de semis respectivement. La valorisation des margines par épandage sur culture associée fourragère serait une solution agro écologique durable aux nuisances environnementales causées par le rejet incontrôlé des margines dans les milieux naturels.

Mots clés : margines, potassium, rhizosphère, association triticale/féverole.

## Abstract

Olive mill wastes (OMW) are the liquid product from the extraction of olive oil. The significant volumes generated, the acidic pH, the large amounts of organic matter and phenols make this material very difficult to purify. However, these effluents are rich in potassium and nitrogen. A study of OMW effect, without pretreatment, on the rhizosphere and the growth of a intercropping triticale/faba bean was conducted under controlled conditions. The dose used was 50m<sup>3</sup>/ ha dose allowed by law in a Mediterranean climate. Aerial and root biomass, total root length (TRL) of monospecific triticale, faba bean and those of intercropping triticale/faba bean were measured at 45 days and also 70 days after sowing. Similarly, the bulk soil and rhizosphere soil of each crop were sampled. Soil is a silty clay cambisol calcareo. Spreading with OMW increased shoot dry weight 20% and 35% of faba bean in intercropping system, and 3.85% and 25% of triticale shoot dry weight in intercropping, 45 and 70 days respectively. OMW added has improved by 31% root dry weight of triticale monospecific system, 45 days after sowing, and 17% in intercropping system, at 70 days of sowing. Spreading with OMW has improved to 25.64% and 20.53% of root dry weight of faba beans in intercropping, 45 and 70 days after sowing, respectively. The total root length of triticale in intercropping without added OMW rose 46.16% compared to the TRL triticale in monospecific system.

Spreading of OMW has improved to 25.64% and 20.53% of root dry weight of faba bean in intercropping system, 45 and 70 days of sowing, respectively. The total root length of triticale in intercropping system without added OMW increased of 46.16% compared to the TRL triticale monospecific system. OMW added induced a decrease of 28.6% and 28.52% of the root length of triticale in intercropping, 45 days and 70 days respectively. OMW has improved to 61.08% and 47.27% the root length of faba beans intercropping, 45 days and 70 days after sowing respectively. The rhizosphere pH of the intercropping with OMW amended significantly decreases ( $p \leq 0,01$ ) after 45 days and 70 days of sowing. OMW increased significantly ( $p \leq 0.05$ ) the available potassium content in the bulk soil and rhizosphere soil of intercropping and monospecific culture. The intercropping triticale/faba bean has a productive advantage with a LER equal to 1.24 and 1.55 with the addition of OMW, 45 days and 70 days AFTER SOWING respectively. The use of OMW by spreading on intercropping would be an agro ecological sustainable solution to environmental pollution caused by the uncontrolled discharge of OMW in natural environment.

Keywords: Olive mill waste, potassium, rhizosphere, intercropping triticale/faba bean.