

Performances Fourragères De L'orge (*Hordeum Vulgare* L.), Du Triticale (*X Tritico-Secale* Wittmack) Et Du Pois (*Pisum Sativum* L.) Et De Leurs Associations Sous Conditions Semi-Arides

Benider Chafia

Bouzerzour Hamenna

Laboratoire de Valorisation de Ressources Biologiques Naturelles (LVRBN),
Département d'Ecologie et de Biologie Végétales, FSNV,
Université Ferhat Abbas, Sétif -1, ALGERIE.

Madani Toufik

Département des Sciences Agronomiques, FSNV,
Université Ferhat Abbas, Sétif -1, ALGERIE.

Bouguendouz Abdelghani

Ferme pilote Sersour salah, Bier Haddada

doi: 10.19044/esj.2017.v13n6p157

[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p157](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p157)

Abstract

Under arid and semi-arid environments of the south Mediterranean sea, characterized by low and erratic rainfall, the use of low amount of water efficiently receipted in plant and animal production is very paramount to producers. Under such growth conditions, plant production is low and irregular because of the effect of water and heat stresses. To minimize the effect of these constraints, despite the low range of the species to be adopted, crop diversification and animal production were targeted. A study comparing forage performances of barley, triticale, and their associations with pea was undertaken during the 2015/2016 cropping season. The results showed that barley yielded best in sole crop than when intercropped with pea. Triticale intercropped with pea exhibited higher forage yield, 11% productivity gain equivalent at 6q/ha, and improved forage quality. This association could serve as an alternative to fallow reduction. These preliminary results indicated that, under semi-arid conditions, forage diversification is possible and some aspects of this diversification need to be investigated.

Keywords: Associations, *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum*, dry matter, performance, semi-arid

Résumé

En milieux arides et semi-arides du sud de la méditerranée, qui se caractérisent par une faible pluviométrie, la valorisation du peu d'eau reçue, aussi bien en productions végétale qu'animale est d'une plus grande importance pour les agriculteurs. Sous ces conditions, la production végétale est faible et irrégulière à cause des effets, assez fréquents, des contraintes hydriques et thermiques. Pour amortir les effets de ces contraintes, malgré l'éventail restreint des espèces à adoptées, la diversification des cultures végétales et la pratique de l'élevage sont recherchées. Une étude comparative des performances fourragères de l'orge, du triticale et de leurs associations avec le pois a été conduite au cours de la campagne 2015/2016. Les résultats montrent que l'orge performe mieux en culture pure qu'associée avec le pois. Par contre le triticale valorise mieux l'association avec le pois, présentant un gain de productivité de 11% équivalent à 6q/ha, et améliorant la qualité du fourrage obtenu. Cette association constitue une des alternatives à la réduction de la jachère. Les résultats préliminaires de cette étude montrent que la diversification des cultures fourragères est possible et que divers aspects de cette diversification restent à étudier.

Mots-clés : Associations, *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum*, matière sèche, performance, semi-aride

Introduction

Sous conditions semi-arides, la production végétale est précaire et irrégulière à cause des effets interactifs et négatifs, assez fréquents, des contraintes d'ordre aussi bien biotiques qu'abiotiques. Pour amortir les effets de ces contraintes, la production végétale est généralement associée l'élevages, afin de tirer meilleur parti des deux systèmes de productions et ainsi maintenir l'exploitation. Dans ce contexte, la diversification des cultures fourragères, pour produire des fourrage de qualité, est primordiale pour la coexistence des deux systèmes de production. Des systèmes de cultures tirant meilleur parti des ressources disponibles et préservant leur pérennité sont recherchés. En effet, selon Malézieux *et al.*, (2009), la biodiversité contribue à la réduction de la variabilité des productions sous conditions contraignantes. L'association des espèces ou de variétés différentes au sein d'une même parcelle est une forme de biodiversité (Willey, 1979). Ainsi, Lithourgidis *et al.*,(2011) mentionnent les avantages des mélanges de céréales et légumineuses sous conditions de faibles inputs. Les associations d'espèces, à faible compétition interspécifique, valorisent mieux les ressources disponibles du milieu et apportent un gain de productivité par rapport aux cultures pures (Kammoun, 2014). Dans le cas des associations céréales-légumineuses, une

meilleure efficacité d'utilisation de la ressource azotée est souvent notée. Le taux de protéine de la céréale augmente et la légumineuse gère mieux les apports d'engrais azotés, en améliorant l'autonomie azotée de l'agrosystème (Bedoussac et Justes, 2010 ; Fustec et al., 2010). De plus, les cultures associées présentent une forme de garantie contre les aléas climatiques tels que le gel tardif et la sécheresse, du fait d'une meilleure résilience (Horwith, 1985 ; Corre- Hellou *et al.*, 2011). La pratique des cultures associées, qui consiste à mélanger au moins deux espèces, nécessite la mise en œuvre de connaissances nouvelles sur leur fonctionnement et leur gestion du fait que ces associations requièrent des techniques culturales adaptées, en termes de densité de semis, proportion du mélange, mode de semis, fertilisation azotée, espèces et variétés à adopter. Ainsi Davis et Wolley (1993) rapportent qu'une variété de maïs qui possède des entrenœuds courts associés à des feuilles larges ne convient pas pour une association avec le haricot, car elle engendre un ombrage excessif et une réduction du rendement de l'espèce à laquelle elle est associée. Par contre des variétés possédant des entrenœuds assez longs et des feuilles étroites se marient mieux avec la légumineuse, assurant une bonne performance de l'association. Sinoquet et Caldwell, (1995) notent que l'effet d'ombrage d'une espèce en association peut être réduit avec des plantes à port dressé et qu'il faut, donc, utiliser, pour l'espèce dominée, des variétés à port étalé. Cudney *et al.*, (1991) rapportent que la différence de hauteur entre les composantes du mélange est un facteur déterminant la répartition de la radiation dans le couvert et donc les performances de l'association. Blaser *et al.*, (2011) mentionnent qu'un indice foliaire élevé de la céréale induit une réduction des performances de la légumineuse associée. Le choix variétal pour les associations d'espèces cultivées est un facteur important à étudier. L'objectif de cette étude est d'analyser le fonctionnement et la performance des cultures pures d'orge (*Hordeum vulgare* L.), de triticales (*X Tritico-secale* Wittmack) et du pois fourrager (*Pisum sativum* L.) et des associations orge-pois et triticales- pois, sous condition semi- arides.

Matériel et méthodes

Site, climat, matériel végétal et dispositif expérimental

L'expérience a été conduite sur les terres de la ferme Salah Sersour, située à 35 km au sud de Sétif-ville (35°56' N, 05°32'E, 920 m). Le sol, limono-sableux, de pH 8.2, avec 20% d'argile, 32% de limons et 48% de sable, est limité en profondeur, à 50 cm, par une dalle calcaire (Kribaa *et al.*, 2001). Le site expérimental, dont l'altitude moyenne est de 920 m, appartient à l'étage bioclimatique semi- aride inférieur, dont le climat se caractérise par une pluviométrie moyenne inférieure à 250 mm dont 12% ont été enregistrés en trois jours au cours des mois de novembre à février et les 88% restants ont été enregistrés en 8 jours, entre les mois de mars et mai. La température moyenne

annuelle, de septembre à aout, est de 18.1°C, un hiver froid, du gel printanier fréquent et l'avènement de la sécheresse associée à l'élévation de la température de l'air ambiant et au sirocco, vent chaud et desséchant, soufflant du sud, dès le mois de mai (Kribaa *et al.*, 2001). Le matériel végétal étudié est constitué de la variété d'orge Fouara (*Hordeum vulgare* L.), du triticale (X. *Triticum-secale* Wittmack) Juanillo, et la variété de pois fourrager (*Pisum sativum* L) Séfrou. Ces variétés ont été choisies sur la base de la disponibilité de la semence. Fouara est une orge à 6 rangs, dont le pedigree est Deir alla 106/Strain 205// Gerbel (Bensemane, 2015). Cette variété est multipliée et distribuée par la Ferme de Démonstration et de Multiplication des Semences de l'Institut Technique des Grandes Culture (FDMS, ITGC) de Sétif. Juanillo est une variété créée par le Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé (Cimmyt, Mexique), elle a été sélectionnée et actuellement multipliée par la FDMS de l'ITGC du Khroub (Zaghouane et Boufenar, 2002). La variété Séfrou est de type feuillu, à croissance déterminée et à grain moucheté. Elle est multipliée par la FDMS-ITGC de Sétif. Les traitements étudiés sont constitués par les cultures pures des variétés Fouara, Juanillo, Séfrou et les associations Fouara/Séfrou et Juanillo /Séfrou, semées à des doses de 100 kg de semence par hectare pour la céréale et 40 kg/ha pour la légumineuse, en culture pure et leurs équivalents en associations (50% : 50%). Les cinq traitements ont été répartis aléatoirement dans un dispositif en blocs avec quatre répétitions. Le semis a été réalisé la première décade du mois de décembre 2015 sur des parcelles élémentaires de 24 m de long par 6 m de large avec un espace inter-rangs de 0.17 m, soit une surface 144 m² par parcelle élémentaire. Le semis des associations a été effectué en mélangeant les semences des deux espèces dans la cuve du semoir. L'expérimentation a reçu, juste avant le semis, 100 kg/ha d'engrais phosphaté sous forme de MAP (Mono-Ammonium phosphate) dosant 26.93% P et 12.18%N. A la fin de l'hiver, au démarrage de la végétation, 60 kg/ha d'engrais azoté, Azosul, à 34% de N, ont été apportés à tous les traitements à l'exception du pois pur.

Suivi, notations et analyses des données

Recouvrement du sol par la végétation

La cinétique de recouvrement du sol par la végétation a été déterminée par la prise de photos perpendiculairement au sol, entre le 15/03/16 et le 29/06/16. Les photos ont été prises par répétition, une fois par semaine, à l'aide d'un appareil photo numérique Canon 7MG pixels, sur des stations de 1 m², fixées dès le départ de la végétation. La prise des images est effectuée entre 11h 00' et 12h 00', afin d'éviter les effets d'ombres. L'appareil photo est fixé au-dessus de la parcelle à photographier à une distance de 1 m. La surface couverte par les images est un carré de 0.5 x 0.5 m (Figure 1). Les photographies prises sont traitées par le logiciel Mesurim Pro. 3.3

(<http://www.ac-amiens.fr/pedagogie/svt/info/logiciels/Mesurim2/Telecharge.htm>) pour obtenir le taux de recouvrement du sol par la végétation. Le traitement des images est basé sur l'utilisation de différentes couleurs pour discriminer entre la végétation des espèces évaluées et le sol.



Figure 1 : Dispositif de prise d'images employé

Biomasse aérienne, ratio feuilles/tiges et Land equivalent ratio (LER)

La cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse aérienne est déterminée par des échantillonnages qui ont été réalisés au cours du cycle de développement de la végétation. Les stades végétatifs correspondants à ces échantillonnages sont le tallage, l'épiaison/ floraison et la maturité physiologique. Pour ce faire la végétation provenant d'une station de 1 m² est fauchée par répétition et traitement et le poids de la matière fraîche récoltée est déterminé. Le bottillon de la végétation récoltée est subdivisé en deux échantillons, l'un sert à la détermination de la matière sèche produite et l'autre pour la détermination des constituants de la végétation. La matière sèche est déterminée par passage de la végétation à l'étuve pendant 48 h à 80°C. La végétation du second sous échantillon est subdivisée en limbe foliaire et tige. Les poids frais et secs des différents constituants sont déterminés. Utilisant les valeurs des différents constituants de la plante, le rapport feuille/tige est calculé. Le Land Equivalent Ratio (LER) a été déterminé pour les quantités de matière sèche produites au stade maturité (MS, q/ha), en utilisant la formule proposée par Willey (1979). Le LER représente la surface du sol nécessaire en culture pure pour obtenir la même production que l'association. Il a été calculé comme suit :

$$LER_{Fouara} = \frac{MS_{Fouara \text{ en association}}}{MS_{Fouara \text{ culture pure}}} + \frac{MS_{Séfrou \text{ en association}}}{MS_{Séfrou \text{ culture pure}}}$$

$$LER_{Juanillo} = \frac{MS_{Juanillo \text{ en association}}}{MS_{Juanillo \text{ culture pure}}} + \frac{MS_{Séfrou \text{ en association}}}{MS_{Séfrou \text{ culture pure}}}$$

Analyse des données

Les données ont été traitées par l'analyse de la variance avec le logiciel Costat, version 15.2.06 (<http://www.cohort.com>). La comparaison des moyennes entre modalités étudiées est faite relativement à la plus petite différence significative au seuil de 5% (Steel et Torrie, 1982).

Resultats

Plants installés et biomasse aérienne accumulée

L'analyse de la variance du nombre de plantes levées indique un effet traitement significatif, suggérant des différences entre les traitements étudiés pour le nombre de plantes installées (Tableau 1). Les moyennes du nombre de plants levés sont proportionnelles aux doses de semis utilisées. Les pertes sont cependant plus importantes pour le pois en culture pure aussi bien qu'en association, que pour l'orge et le triticale. En effet, les variétés Fouara et Juanillo, semées à une dose de 100 kg/ha, soit à des densités théoriques de 230 et 268 graines/m² pour un poids de 1000 grains de 43.8 et 37.3 g, respectivement, présentent des moyennes de 191.3 et 188.0 plants installés/m². Les pertes sont de l'ordre de 17 et 30 %, respectivement pour l'orge Fouara et le triticale Juanillo. Le pois, semé à une dose de 40 kg/ha, soit à une densité théorique de 75 plants/m², pour un poids de 1000 grains de 53.2 g, enregistre une moyenne de 46.7 plants installés/m², et une perte à la levée de 38%. Les associations, semées à une densité de 115/38 et 134/38 grains/m², respectivement pour Fouara/Séfrou et Juanillo/Séfrou, présentent des moyennes de plants levés/m² de 91.3/15 et 102/14 plants/m² (Tableau 2).

Les pertes à la levée sont plus importantes chez les associations que chez les cultures pures. Elles sont, en moyenne, de 36.52% pour l'orge, 40.8% pour le triticale et de 60 % pour le pois. L'analyse des taux de pertes à la levée indique que l'orge Fouara est moins adaptée en association, comparativement au triticale Juanillo, quoique cette dernière présente un taux de pertes à la levée plus élevé, en culture pure. Ces variations sont dues essentiellement à la qualité de semence (faculté germinative) et à la capacité d'adaptation de chaque espèce aux conditions agro-écologiques de l'environnement de production. L'analyse de la variance de la matière sèche accumulée indique des effets culture, stade végétatif et une interaction culture x stades végétatifs significatifs (Tableau 3). Ces résultats suggèrent des comportements différents selon la culture (variété ou association) et le stade végétatif ciblé. L'effet principal culture n'est pas indiqué ni discuté parce qu'il présente moins d'intérêt comparativement à l'effet moyen stade végétatif et l'interaction culture x stades végétatifs.

Tableau1. Analyse de la variance du nombre de plants levés/m² de l'orge Fouara, du triticale Juanillo, du pois Séfrou et des associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou.

| | Source | Répétition | Culture | Erreur |
|--|--------|------------|---------|--------|
|--|--------|------------|---------|--------|

| | dll | 2 | 4 | 8 |
|---------------------------------------|-----|-------|------------|-------|
| Nombre de plants levés/m ² | | 13.07 | 12120.90** | 85.70 |

** = effet significatif au seuil de 1%

Tableau 2. Valeurs moyennes du nombre de plants levés de l'orge Fouara, du triticale Juanillo, du pois Séfrou et des associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou.

| Fouara | Juanillo | Séfrou | Fouara/Séfrou | Juanillo/Séfrou | Ppds5% |
|--------|----------|--------|-------------------------------|--------------------------------|--------|
| 191.3 | 188.0 | 46.7 | 91.3 (15 plants) ^a | 102.0 (14 plants) ^a | 17.4 |

a = nombre de plants de Séfrou dans l'association

L'analyse de l'effet moyen stade végétatif indique que la matière sèche accumule augmente progressivement jusqu'à la maturité physiologique, passant d'une valeur moyenne de 14.57 q/ha, au stade tallage, à 46.90 q/ha au stade maturité physiologique (Tableau 4). L'analyse de l'interaction indique qu'au stade tallage les valeurs moyennes de la matière sèche accumulée, varient de 12.4 q/ha, rendement de l'association Fouara-Séfrou, à 17.0 q/ha, rendement du triticale Juanillo. La différence entre ces deux moyennes extrêmes n'est pas significative au regard de la plus petite différence significative au seuil de 5% (Tableau 4). Le stade tallage se caractérise surtout par la production de feuillage, qui n'apparaît pas comme une caractéristique discriminante entre les différents traitements étudiés. L'analyse de l'évolution de la végétation après ce stade et jusqu'au stade épiaison indique que l'orge Fouara présente une capacité d'accumulation de la matière sèche significativement plus élevée que celle qui caractérise le pois Séfrou, le triticale Juanillo et les associations Juanillo-Séfrou et Fouara-Séfrou. En effet la biomasse aérienne accumulée au stade épiaison est de 42.9 q/ha pour Fouara. Elle est de 34.6, 33.4 et 27.5/ha, respectivement, pour Fouara-Séfrou, Juanillo et Juanillo-Séfrou et uniquement de 26.9 q/ha pour le pois Séfrou (Tableau 4). Ces résultats s'expliquent par les différences inhérentes entre les trois espèces étudiées. L'orge Fouara présente des besoins moins importants en vernalisation et en photopériode, ce qui lui permet de répondre rapidement à la somme des températures accumulées, à la sortie de l'hiver, au contraire du triticale dont les besoins sont relativement plus prononcés, ce qui retarde son démarrage en végétation.

Tableau 3. Analyse de la variance de la biomasse aérienne accumulée, du ratio de la matière sèche des feuilles /matière sèche des tiges et du taux de recouvrement du sol par la végétation aux stades végétatifs tallage, épiaison et maturité de l'orge Fouara, du triticale Juanillo, du pois Séfrou et des associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou.

| Source | Dll | Matière sèche (q/ha) | Feuille/Tige (%) | Recouvrement (%) |
|-------------|-----|----------------------|------------------|------------------|
| Répétition | 2 | 1.88 | 0.04 | 19.18 |
| Culture (C) | 4 | 199.023** | 0.62** | 239.87** |
| Stade (S) | 2 | 3944.84** | 3.78** | 1297.39** |
| C x S | 8 | 85.65** | 0.14** | 515.08** |
| Erreur | 28 | 8.16 | 0.03 | 15.81 |

ns, ** = effets non significatif et significatif au seuil de 1%, respectivement.

Tableau 4. Valeurs moyennes de la biomasse aérienne accumulée, du ratio de la matière sèche des feuilles /matière sèche des tiges et du taux de recouvrement du sol par la végétation aux stades végétatifs tallage, épiaison et maturité de l'orge Fouara, du triticale Juanillo, du pois Séfrou et des associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou (effet moyen stade végétatif et interaction).

| | stade végétatif | MS (q/ha) | Taux recouvrement | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|--------------------|
| | | | (%) | Feuillage/Tige (%) |
| Effet Stade Végétatif | Tallage | 14.57 | 54.53 | 1.43 |
| | Epiaison | 33.05 | 56.74 | 0.90 |
| | Maturité | 46.90 | 39.64 | 0.43 |
| | Ppds5% | 2.14 | 2.97 | 0.13 |
| | stade végétatif | MS (q/ha) | Taux recouvrement | |
| | | | (%) | Feuillage/Tige (%) |
| Fouara | Tallage | 16.34 | 64.57 | 1.67 |
| | Epiaison | 42.90 | 62.20 | 0.67 |
| | Maturité | 50.20 | 44.80 | 0.32 |
| Juanillo | Tallage | 17.01 | 60.03 | 0.88 |
| | Epiaison | 33.43 | 57.93 | 0.62 |
| | Maturité | 52.40 | 37.86 | 0.25 |
| Séfrou | Tallage | 13.46 | 25.33 | 1.56 |
| | Epiaison | 26.86 | 60.40 | 1.55 |
| | Maturité | 31.75 | 52.97 | 0.84 |
| Fouara-Séfrou | Tallage | 12.26 (19.4%) ^a | 65.59 | 1.51 |
| | Epiaison | 34.60 (3.6%) | 53.80 | 0.91 |
| | Maturité | 47.07 (2.1%) | 49.07 | 0.37 |
| Juanillo-Séfrou | Tallage | 13.81 (18.1%) | 57.12 | 1.52 |
| | Epiaison | 27.48 (14.5%) | 49.39 | 0.74 |
| | Maturité | 53.07 (15.4%) | 49.08 | 0.35 |
| | Ppds5% | 4.77 | 6.64 | 0.29 |

a = % du poids de la légumineuse dans le mélange.

Dans ce contexte, de Ruitter (2001) rapporte des différences significatives du rythme de développement entre l'orge, le blé et le triticale qui, pour fleurir, accumulent, respectivement, 842, 950, et 888°C/jours. Sous les conditions contraignantes de la présente étude, le pois Séfrou est inapte à produire plus de biomasse que la céréale, il est de ce fait peu attractif comme culture pure pour la région, lieu de l'étude. La biomasse accumulée à maturité est de 53.1, 52.4, 50.2, et 47.1 q/ha, respectivement, pour Juanillo-Séfrou, Juanillo, Fouara et Fouara-Séfrou. Elle est juste de 31.8 q/ha pour le pois Séfrou. Ces résultats indiquent que la capacité d'accumulation de la biomasse du triticale Juanillo se manifeste plus tardivement que celle de l'orge puisque cette variété arrive à égaler, au stade maturité, la matière sèche accumulée par l'orge Fouara. La différence de biomasse accumulée au stade maturité, entre Juanillo- Séfrou et Fouara-Séfrou, est significative et à l'avantage de l'association Juanillo-Séfrou (Tableau 4). Les différences d'accumulation de

la biomasse s'expliquent par des différences d'efficacité d'utilisation des disponibilités du milieu notamment l'humidité du sol, l'azote et la radiation interceptée plus que par les différences du nombre de plants installés. En effet, de Ruiter (2001) rapporte une variation du nombre de plants installés entre variétés d'orge, de blé et de triticale allant de 94 à 147 plants/m², cependant ces différences n'affectent pas significativement la quantité de biomasse accumulée à maturité. La part de la légumineuse dans le mélange Fouara-Séfrou régresse de 19.4%, au stade tallage, à 3.6% à l'épiaison, pour atteindre finalement 2.1% à maturité. Dans le mélange Juanillo –Séfrou, la part de la légumineuse, quoique plus élevée, régresse aussi de 18.1 à 15.4% entre les stades végétatifs tallage et maturité (Tableau 4). Ces résultats suggèrent que le triticale Juanillo est moins agressif vis-à-vis de pois comparativement à l'orge Fouara. Corre- Hellou *et al.*, (2013) rapportent une variation importante de la part de chaque espèce dans le mélange fourrager, qu'ils expliquent par la disponibilité de l'azote du sol dont l'absence ou la faible disponibilité favorise la légumineuse. Lithourgidis *et al.*, (2011) mentionnent les avantages des mélanges de céréales et légumineuses sous conditions de faibles inputs. Le pois est plus sensible au déficit hydrique et aux températures élevées de fin de cycle que la céréale dont la présence en association permet un rendement du mélange satisfaisant au regard la production du pois en culture pure. Lecomte et Parache (1993) ainsi que Bedoussac et Justes (2010) mentionnent que l'introduction d'une légumineuse permet une amélioration de la qualité du mélange fourrager obtenu.

Recouvrement du sol, ratio feuille/tige et land equivalent ratio (LER)

L'analyse de la variance du taux de recouvrement du sol et du ratio feuillage/tiges, mesurés aux stades végétatifs tallage, épiaison, et maturité, indique des effets principaux culture, stade végétatif et une interaction culture x stades végétatifs significatifs pour les deux variables (Tableau 3). Ces résultats indiquent des différences significatives pour ces deux variables entre les différents traitements étudiés. L'analyse de l'effet stade végétatif indique que ces deux variables régressent au cours du développement de la végétation. En effet le taux de recouvrement du sol par la végétation chute de 54.53% au stade tallage à 39.64% au stade maturité physiologique et le ratio feuilles/tiges baisse de 1.43% à 0.43% pour les mêmes stades végétatifs (Tableau 4). L'analyse de l'interaction indique des comportements contrastés au stade tallage, notamment entre le pois et la céréale. L'orge Fouara, le triticale Juanillo et les associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou présentent un taux de recouvrement dont les valeurs moyennes sont respectivement de 64.6, 60.0, 65.6 et 57.1%. Avec une valeur de 25.3%, la moyenne du taux de recouvrement du pois est significativement la plus faible (Tableau 4, Figures 2). Au stade épiaison, le taux de recouvrement du sol par

la végétation reste similaire à celui mesuré au stade tallage chez l'orge Fouara et le triticale Juanillo, dont les moyennes sont de 62.2 et 57.9%. On note, par contre, une réduction significative chez les associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou, dont les moyennes du taux de recouvrement prennent les valeurs de 53.8 et 49.4%, respectivement. Le pois Séfrou améliore son taux de recouvrement qui augmente à 60.4% (Tableau 4, Figures 3).

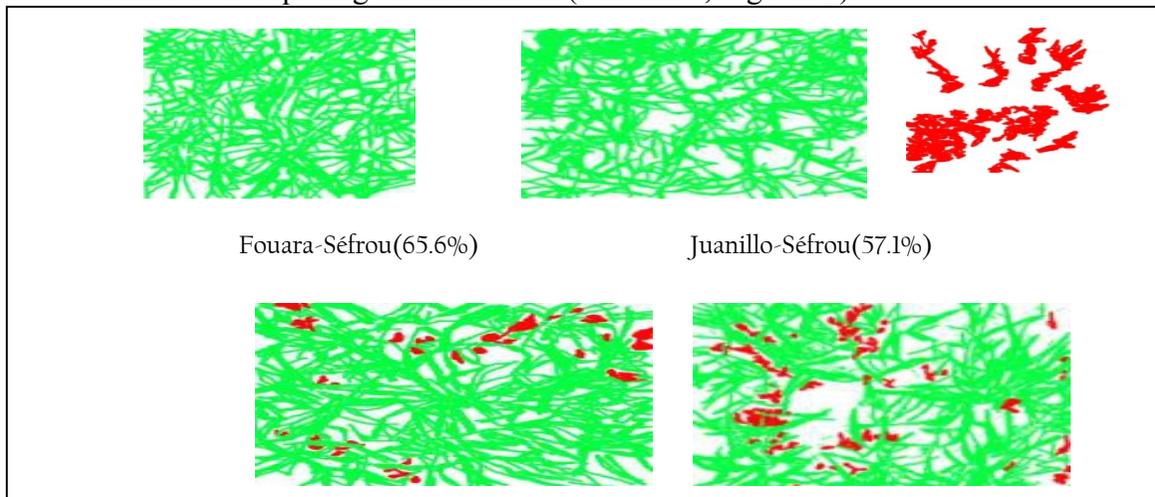


Figure 2 : Taux de recouvrement du sol par la végétation au stade tallage

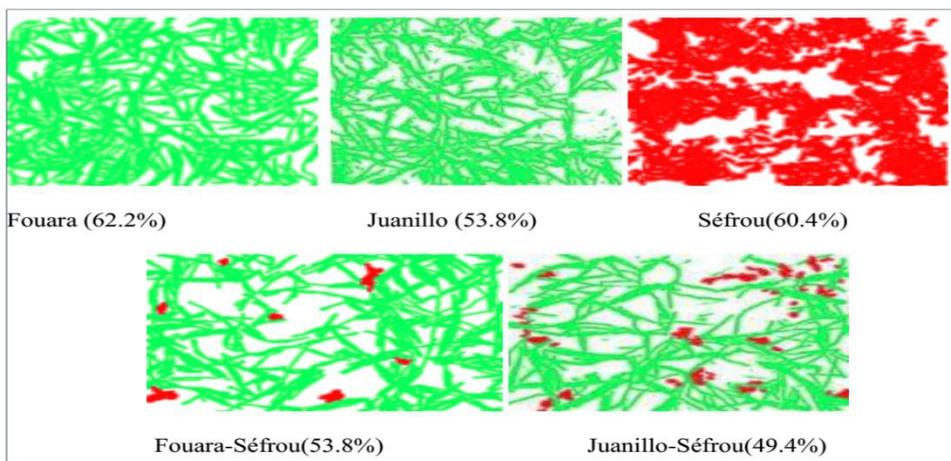


Figure 3 : Taux de recouvrement du sol par la végétation au stade épiaison

Au stade maturité, cette variable est réduite significativement chez l'ensemble des traitements. La baisse est plus importante chez le triticale Juanillo et son association avec le pois et elle est moindre chez le pois Séfrou. Les moyennes du taux de recouvrement notées à maturité sont de 44.8, 37.86, 52.97, 49.07 et 49.08%, respectivement pour Fouara, Juanillo, Séfrou, Fouara-

Séfrou et Juanillo-Séfrou (Tableau 4, Figures 4). Selon Garratt (1993), le taux de recouvrement du sol par la culture représente la surface qui intercepte l'énergie solaire, nécessaire à l'activité photosynthétique et qui limite l'évaporation directe de l'humidité du sol, aidant à une meilleure efficacité d'utilisation des disponibilités du milieu. de Ruiter (2001) mentionne que l'efficacité d'interception de l'énergie lumineuse est à son maximum lorsque le taux de recouvrement atteint le seuil de 95%. Un tel seuil est loin d'être atteint dans le cas de la présente étude, ce qui suggère qu'une part importante de l'humidité du sol est perdue par évaporation, exagérant les effets des stress hydrique et thermique qui caractérisent le milieu de production sur la culture.

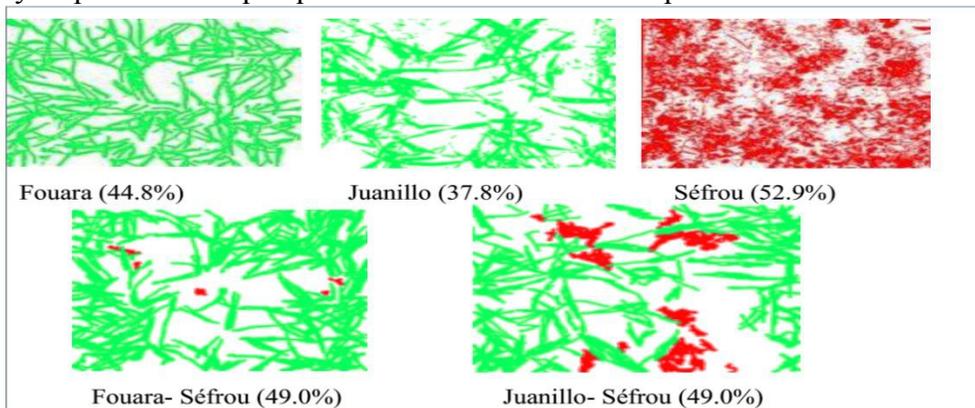


Figure 4 : Taux de recouvrement du sol par la végétation au stade maturité

Le rapport du poids du feuillage sur celui des tiges, au stade tallage, indique que le triticale Juanillo alloue plus de matière sèche aux tiges qu'au feuillage au contraire de l'orge Fouara, du pois Séfrou et des associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou qui favorisent plus la production de feuillage au détriment des tiges. En effet le ratio du triticale est de 0.88 comparativement à un ratio moyen de 1.57 pour les autres cultures (Tableau 4). Au stade tallage, seul le pois Séfrou maintient un ratio équivalent à celui noté au stade épiaison alors que les autres cultures réduisent significativement leurs ratios à une valeur moyenne de 0.74. A maturité, Séfrou réduit de façon moins importante son ratio qui baisse à une valeur de 0.84, comparativement aux autres cultures étudiées dont les ratios atteignent une valeur moyenne de 0.32 (Tableau 4). Les valeurs de ce ratio sont négativement corrélées aux quantités de biomasse accumulée ($r = -0.8928$, $p < 0.01$). Ceci rejoint les résultats rapportés par de Ruiter (2001) qui mentionne que la biomasse accumulée augmente en parallèle avec la réduction du ratio feuilles/ tiges.

La réduction du poids du feuillage au profit de celui des tiges affecte la qualité de la biomasse produite. Les valeurs prise par le LER sont, respectivement, de 0.95 et 1.11, pour l'orge et le triticale. Ces valeurs indiquent que la culture pure de l'orge Fouara est de 5%, en moyenne plus

intéressante, que la culture de cette variété en association avec le pois. Par contre la culture en association du triticale Juanillo est de 11% plus intéressante que la culture pure. En d'autres termes, il faut une surface de 5% en moins pour l'orge et 11% de plus pour le triticale, en culture pure pour faire le même rendement de matière sèche à maturité physiologique que les associations Fouara-Séfrou et Juanillo-Séfrou. Ces résultats suggèrent que le choix des espèces à associer, voire même celui des variétés, s'avère important. Sahota et Malhi (2012) rapportent des valeurs du LER inférieur à 1 pour l'orge ayant reçu 80 kg N/ha et des valeurs LER supérieures à l'unité pour les associations orge-pois conduites sans apport d'azote. Des efficacités d'utilisation du sol Supérieures et variant de 8 à 17 % sont ainsi notées dans le cas des cultures associées ainsi qu'une réduction des apports d'azote minérale qui est fourni par le pois. Dans le cas de la présente étude, les cultures pures et associées ont reçu 32.6 kg N/ha.

Discussion

En milieux arides et semi-arides du sud de la méditerranée, qui se caractérisent, entre autres, par une faible pluviométrie, la valorisation de l'eau reçue, aussi bien pour la productions végétale qu'animale est d'une importance stratégique pour les agriculteurs. Sous ces conditions, la production végétale est faible et irrégulière à cause des effets, assez fréquents, des contraintes hydriques et thermiques. Pour amortir les effets de ces contraintes, la diversification des cultures végétales et la pratique de l'élevage sont recherchées. Cependant, là où l'eau est peu abondante, l'éventail des espèces qui peuvent extérioriser leur potentiel de production est très restreint. L'orge se montre relativement tolérante aux contraintes climatiques qui caractérisent le sud des terres d'altitudes algériennes. Cette espèce, dont la culture est ancrée dans les pratiques agricoles de la région, est à destination fourragère. En dehors de la jachère enherbée, elle constitue l'unique ressource fourragère, utilisée sous diverses formes : plante immature, chaume, paille et grain. L'introduction du triticale et des associations orge-pois et triticale-pois est vue comme une diversification des cultures, pour produire plus de fourrage et de meilleure qualité, d'une meilleure qualité. Le triticale est une espèce qui produit un fourrage de meilleure qualité que celui de l'orge. Le pois fourrager est une légumineuse plus tolérante de la sécheresse comparativement à la vesce et la luzerne. Ces cultures semblent plus aptes à tirer meilleur parti des environnements arides et semi-arides. Les résultats de cette étude montrent des différences de capacité d'installation de la culture. L'orge présente une meilleure aptitude d'installation, alors que le pois est plus sensible aux conditions de la mise en place, avec 17% de pertes à la levée pour le premier et 38% pour le second. Des trois espèces, l'orge est la plus précoce au stade épiaison où elle accumule plus de matière sèche aérienne, mais au stade

maturité physiologique elle est déclassée par le triticale. La différence de comportement est liée aux besoins en vernalisation et en photopériode, qui sont moins importants pour l'orge, dont le cycle est plus court, En revanche, au contraire le triticale termine plus tardivement son cycle. Des différences de rythme de développement entre espèces sont rapportées par de Ruitter (2001). Les différences de matière sèche produite s'expliquent plus par des différences d'efficacité d'utilisation des disponibilités du milieu notamment l'humidité du sol et l'azote que par les différences du nombre de plants installés. L'analyse de la réduction de la part de la légumineuse dans le mélange fourrager suggère que le triticale est moins agressif vis-à-vis de pois que l'orge. Le taux de recouvrement du sol s'est réduit significativement à maturité. La baisse est plus importante chez le triticale Juanillo et son association avec le pois et elle est moindre chez le pois Séfrou. Les moyennes du taux de recouvrement notées à maturité varient de 37.86 à 52.97%. Un tel taux suggère qu'une part importante de l'humidité du sol est perdue par évaporation, exagérant les effets des stress sur la culture. A maturité, la réduction du poids du feuillage au profit de celui des tiges est relativement moins importante pour Séfrou que pour l'orge, le triticale et les associations. Une telle réduction affecte la qualité du fourrage produit dont la quantité est proportionnelle à celles des tiges. Les valeurs prises par le LER indiquent que la culture pure de l'orge Fouara est de 5%, en moyenne plus intéressante, que la culture de cette variété en association avec le pois. Par contre la culture en association du triticale Juanillo est de 11% plus intéressante que la culture pure de triticale. Ces résultats préliminaires suggèrent que le choix des espèces à associer, voire même celui des variétés, s'avère important. En effet l'avantage de l'orge en culture pure comparativement à l'association est lié à l'azote appliqué. En effet Anderson *et al.*, (2004) rapportent que l'apport de l'azote favorise la compétition de la céréale et inhibe la fixation symbiotique de cet élément par la légumineuse. Faire l'économie de l'azote à apporter et améliorer la qualité du fourrage produit semble être des atouts qui militent pour la diversification des cultures fourragères et l'association des espèces dans la région ciblée par la présente étude.

Conclusion

L'étude des associations graminée - légumineuse dans les conditions de conduite en sec des régions semi-aride montre que la production la plus élevée est obtenue par l'association triticale/pois, alors que la plus faible est produite par l'association orge/pois (53.07 vs 47.07 q MS/ha). L'orge performe mieux en culture pure qu'associée avec le pois. Par contre le triticale valorise mieux l'association avec le pois, présentant un gain de productivité de 11%, et améliorant la qualité du fourrage obtenu. Les résultats préliminaires de cette

étude montrent que la diversification des cultures fourragères est possible et que divers aspects de cette diversification restent à étudier.

References:

1. Anderson, M.K., H. Hauggaard-Nielsen, P. Ambus, E.S. Jensen. 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. *Plant and Soil*, 266: 273-287.
2. Bedoussac L., E.P. Journet, H. Hauggaard-Nielsen, C. Naudin, G. Corre-Hellou, L. Prieur, E.S. Jensen, E. Justes. 2014. Eco-functional intensification by cereal-grain legume intercropping in organic farming systems for increased yields, reduced weeds, and improved grain protein concentration. *In: S. Bellon and S. Penvern (Eds.), "Organic Farming, prototype for sustainable agricultures"* Springer, Dordrecht, 47-64. DOI 10.1007/978-94-007-7927-3.
3. Bensemame L. 2015. Analyse de l'adaptation de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous conditions semi-arides. Thèse de doctorat des sciences *Option* : Biologie et physiologie végétales. Département d'Ecologie et de Biologie végétales, Faculté SNV, Université Sétif-1. 130 pages.
4. Blaser B.C., J.W. Singer, L.R. Gibson. 2011. Winter cereal canopy effect on cereal and inter seeded legume productivity. *Agronomy Journal*. 103:1180-1185.
5. Corre-Hellou G., A. Dibet, H. Hauggaard-Nielsen, Y. Crozat, M. Gooding, P. Ambus, C. Dahlmann, P von Fragstein, A. Pristeri, M. Monti, E.S. Jensen, 2011. Competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and interactions with crop productivity and soil N acquisition. *Field Crops Research*, 122 : 264-272
6. Corre-Hellou G., Bedoussac L., Bousseau D., Chaigne G., Chataigner. (2013). Associations céréale-légumineuse multi-services. *Innovations Agronomiques*, INRA, 30 :41-57.
7. Costat, version 15.2.06. <http://www.cohort.com>.
8. Cudney D. W., L.S. Jordan, H.E. Hall. 1991. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestation on light and growth rate of wheat. *Weed Sci.* 39: 175–179.
9. Davis, J.H.C., J.N. Wolley. 1993. Genotypic requirement for intercropping. *Field Crops Res.* 34:407-430.

10. de Ruiter, J.L. 2001. Growth potential of spring forage cereals for silage. *Agronomy N.Z.* 31: 99-107.
11. Fustec J., F. Lesuffleur, S. Mahieu, J.B. Cliquet. 2010. Nitrogen rhizo deposition of legumes: A review. *Agron Sustain Dev.*, 30:57–66.
12. Garratt (1993).
13. Horwith, B. 1985. A role for intercropping in modern agriculture. *Bioscience.* 35:286–291.
14. Kammoun B.(2014) Analyse des interactions génotype x environnement x conduite culturale de peuplements bispécifiques de cultures associées de blé dur et de légumineuses à graines, à des fins de choix variétal et d'optimisation de leurs itinéraires techniques. Thèse Doctorat de Université de Toulouse, 172
15. Kribaa M., V. Hallaire, P. Curmi, R. Lahmar. 2001. Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of soil in a semi-arid climate. *Soil & Tillage Research* 60 : 43-53.
16. Lecomte P., Parache P. (1993). L'association avoine pois: une culture fourragère adaptée aux régions de demi-altitude et utilisable comme plante abri d'un semis fourrager. *Fourrages* 134, 211-216
17. Lithourgidis A. S., C.A. Dordas, C.A. Damalas, D.N. Vlachostergios. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture: A review .*Austr. J. Crop Science.* 5: 396–410.
18. Malézieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. De Tourdonnet, M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29 : 43-62.
19. Mesurim .2010. <http://www.ac-amiens.fr/pedagogie/svt/info/logiciels/Mesurim2/Telecharge.htm>
20. Sahota, T.S., S. S. Malhi. 2012. Intercropping barley with pea for agronomic and economic considerations in northern Ontario. *Agricultural Sciences*, 3: 889-895.
21. Sinoquet H., R.M. Caldwell. 1995. Estimation of light capture and partitioning in intercropping systems. *In: Ecophysiology of tropical intercropping.* Science update, Paris: INRA Editions, pp. 79-97

22. Steel, R.G.D., J.H. Torrie. 1982. Principles and procedures of statistics. Mc Graw Hill book Co., Inc., NY. 420 pages.
23. Willey R.W. 1979. Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crops Abstr.*, 32, 1-10.
24. Zaghouane O., F. Boufenar. 2002. Semences de pré-base et de base de céréales de la période 1994-2003. *Céréaliculture*, 41: 5-20.