

Efficacité de quelques séquences d'herbicides contre les mauvaises herbes du pois chiche et de la féverole conduits en semis direct

B. HAJJAJ¹, M BOUHACHE², R. MRABET¹, A. TALEB¹, A. DOUAIK¹

(Reçu le 31/07/2016; Accepté le 04/12/2016)

Résumé

Dans le but d'évaluer l'efficacité de différentes séquences d'herbicides de pré levée et post levée sur les mauvaises herbes associées au pois chiche et à la féverole en semis direct et leur impact sur le rendement grain, 18 séquences d'herbicides ont été testées à la station expérimentale de la recherche agronomique de Sidi El Aïdi et sur une parcelle d'un agriculteur dans la région d'Ouled Saïd (Settat) durant la campagne agricole 2014/2015. Les espèces dominantes au site de Sidi El Aïdi dans le pois chiche sont: *Bromus rigidus*, *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Cichorium endivia*, *Centaurea diluta*, *Emex spinosa*, *Papaver rhoeas*. Dans la féverole au site d'Ouled Saïd, les espèces suivantes ont été dominantes: *Avena sterilis*, *Plantago afra*, *Chrysanthemum coronarium*, *Centaurea diluta*, *Sonchus oleraceus* et *Silybum marianum*. Les résultats obtenus ont montré que les différents herbicides agissent différemment sur les mauvaises herbes et sur les cultures. Les traitements qui ont assuré une bonne efficacité et les meilleures sélectivités sur les cultures ont permis d'engendrer les meilleurs rendements grain. Les séquences "Pendiméthaline (1258,5 g/ha) + Bentazone (960 g/ha)" et "Acétochlor (2100 g/ha) + Bentazone (960 g/ha)" ont donné des bonnes efficacités sur les mauvaises herbes et une sélectivité satisfaisante sur la féverole. Sur le pois chiche, la séquence "Pendiméthaline (1258,5 g/ha) + Bentazone (960 g/ha)" nécessite d'être testée davantage dans différents sites avant sa recommandation sur cette culture.

Mots clés: herbicides, efficacité, mauvaises herbes, féverole, pois chiche, semis direct.

Abstract

In order to evaluate the efficacy of 18 sequences of pre and post emergence herbicides on weeds of no till faba bean and chickpea and their impact on crops grain yield, two trials were conducted during 2014-2015 growing season at Sidi El Aïdi INRA research station and at a farmer's farm in Ouled Saïd (Settat). Dominant species of weed flora in chickpea in Sidi El Aïdi were: *Bromus rigidus*, *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Cichorium endivia*, *Centaurea diluta*, *Emex spinosa* and *Papaver rhoeas*. Dominant species of weed flora in faba bean at Ouled Saïd were: *Avena sterilis*, *Plantago afra*, *Chrysanthemum coronarium*, *Centaurea diluta*, *Sonchus oleraceus* and *Silybum marianum*. The obtained results showed that herbicides react differently on weed and crops. Treatments which showed good weed control and better selectivity provided the best crop yield. "Pendimethalin (1258.5 g/ha) + Bentazon (960 g/ha)" and "Acetochlor (2100 g/ha) + Bentazon (960 g/ha)" provided good weed control and good selectivity in horse bean crop. "Pendimethalin (1258.5 g/ha) + Bentazon (960 g/ha)" needs to be more tested on chickpea before its recommendation on this crop.

Key words: herbicides, efficacy, weeds, horse bean, chick pea, no-till.

INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires occupent une place importante dans les systèmes de culture au Maroc. Ce rôle est lié à leur place dans la rotation et à leur importance économique et nutritionnelle puisqu'elles constituent à côté des céréales la base alimentaire de la majorité de la population (Meskine et al., 2007). Le Maroc qui était jadis le deuxième exportateur mondial des légumineuses alimentaires jusqu'à la fin des années soixante-dix est devenu un importateur de ces produits à partir de 1992 (Meskine et al., 2007). Les rendements moyens sont très en dessous du potentiel et des niveaux obtenus dans les pays concurrentiels tels que le Canada et la Turquie. Les rendements obtenus dans ces pays sont en général 3 à 4

fois supérieurs aux rendements marocains (Alaoui, 2000). Les principales causes sont: les années de sécheresse, la faible mécanisation des travaux d'entretien, la non maîtrise des techniques de production et les dégâts causés par les ennemis des cultures dont les mauvaises herbes. Les charges de production quant à elles sont élevées en raison du recours systématique des agriculteurs à la main d'œuvre pour réaliser les principales opérations culturales notamment le désherbage.

Les prospections effectuées dans différentes régions du Maroc ont permis de montrer que la flore adventice rencontrée dans les légumineuses alimentaires est à peu près la même avec la dominance des Astéraceae, les Fabaceae, les Apiaceae, les Brassicaceae et les Poaceae.

¹ Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc

Dans une culture de pois chiche, les mauvaises herbes sont un sérieux problème (Siddique et Krishnamurthy, 2014), elles peuvent réduire les rendements de 75 à 97% (Paolini *et al.*, 2006). La période critique de compétition des mauvaises herbes est située aux premiers stades après émergence de la culture (Mohammadi *et al.*, 2005). La féverole est très sensible à la compétition des mauvaises herbes qui lui sont associées durant les premiers quatre mois du son cycle de développement (Bouhache et Benmansour, 2014). Le contrôle des mauvaises herbes avec certains traitements de prélevée et de post levée a engendré un gain de rendement significatif (Bouhache et Benmansour, 2014).

En effet, le désherbage chimique des légumineuses alimentaires est très délicat puisque les doses d'herbicides sélectives aux cultures ne contrôlent pas efficacement les adventices dicotylédones. Plusieurs herbicides peuvent être utilisés après le semis mais avant la levée des cultures et des adventices (Baye, 2012 et 2015; Tanji, 2013 et 2015; Bouhache et Benmansour, 2014). Ces herbicides agissent sur les semences des adventices graminées et dicotylédones en cours de germination avec des conditions d'application spécifiques à savoir une humidité du sol suffisante, un sol bien travaillé (dans le cas du labour) et un matériel de traitement bien réglé. L'apport d'une irrigation ou l'arrivée d'une pluie après les traitements pourraient améliorer l'efficacité de ces traitements.

Le désherbage chimique en pré levée à base de Pendiméthaline est recommandé en cas d'infestation des mauvaises herbes dicotylédones et qui doit être associé à un désherbage de post levée antigraminée (Fluazifop butyl, Haloxyfop et Cycloxydime) en cas de nécessité (Baye, 2015). En plus de la Pendiméthaline, la Métribuzine semble maîtriser efficacement les mauvaises herbes dans la féverole (Bouhache et Benmansour, 2014). En outre, des doses réduites de plusieurs matières actives associées en pré levée peuvent maîtriser les mauvaises herbes dans les cultures de pois chiche et de féverole (Tanji, 2012 et 2015). Les résultats obtenus à l'échelle du Maroc diffèrent des sites d'expérimentation révélant ainsi que l'activité de ces herbicides dépend de la nature de la flore adventice dominante, des sols et du climat.

Les techniques mécanisées de travail du sol engendrent l'émiettement excessif, le tassement et la compaction des sols, l'érosion, le ruissellement, l'appauvrissement et le dessèchement des terres qui ne permettent pas un développement agricole durable (Bourarach, 2001). Le semis direct est proposé comme une solution durable dans l'agriculture pluviale, par la conservation de l'eau et la restauration des sols épuisés (Dorado *et al.*, 2006 ; Vullioud *et al.*, 2006). C'est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Le semis direct est un paquet technologique qui repose sur quatre principes: supprimer les labours, maintenir les résidus de récolte, usage d'un semoir approprié et contrôler les mauvaises herbes sans perturbation du sol (Mrabet, 2007).

A l'échelle mondiale, cette technique est actuellement employée sur des millions d'hectares. D'ailleurs,

dans un pays comme l'Australie, dont les conditions agro-écologiques sont les mêmes que le Maroc, est aujourd'hui à 70% en système de semis direct (El Gharras *et al.*, 2010).

Au Maroc, les recherches sur la technologie du semis direct ont débuté en 1983 aux stations expérimentales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Settat. Ces méthodes de semis direct ont prouvé leur efficacité dans le bour de plusieurs régions comme Abda, Chaouia, Ouardigha, Zemmour Zaers et Saiss. En 2011, plus de 5000 ha sont conduits en semis direct (ICARDA, 2012 cité par Labaci *et al.*, 2015).

L'une des principales préoccupations de l'adoption des pratiques de conservation du sol est le problème de gestion des mauvaises herbes (Dorado *et al.*, 2006). En effet, dans un pays voisin comme l'Espagne, plus d'un tiers des agriculteurs enquêtés avaient cessé de réaliser le semis direct à cause de l'envahissement des mauvaises herbes (Aibar, 2006). Dans les systèmes de travail de conservation des sols, les herbicides sont l'élément le plus important de la lutte contre les mauvaises herbes (Streit *et al.*, 2003). D'ailleurs, en semis direct, seul l'option chimique intégrée à la pratique de la rotation et des variétés compétitives, est possible (Bourarach, 2001; Mrabet, 2007). Des mélanges de plusieurs herbicides ont été testés en semis direct sur les cultures des légumineuses alimentaires et semblent avoir des efficacités dans le contrôle des mauvaises herbes (Tanji, 2015). Cependant, l'étude des séquences de plusieurs herbicides de pré levée et post levée en semis direct n'est pas encore évaluée.

Comme la perturbation du sol n'est pas permise dans le semis direct, la réussite de ce dernier est tributaire de la maîtrise du désherbage chimique notamment dans les cultures des légumineuses afin de limiter leur impact sur la culture et leur propagation. Dans cette optique vient l'intérêt de ce travail qui vise à chercher les meilleures séquences herbicides de pré et post levée de la féverole et le pois chiche conduits en semis direct et qui permettent à la fois l'obtention d'une meilleure efficacité contre les mauvaises herbes et une bonne sélectivité vis-à-vis de ces cultures.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Conduite des essais

Deux essais ont été conduits dans deux sites à savoir le domaine expérimental de l'INRA à Sidi El Aïdi et chez un agriculteur dans la région d'Oued Saïd (Settat) durant la campagne 2014-2015. Les sols des deux sites sont de nature calcimagnésique à texture argileuse influencés par la présence abondante de carbonates de calcium et de magnésium (fournis par la roche mère) et se fissurant avec le dessèchement. Le pH est basique variant de 7,9 à 8,63 (Tableau 1). Le semis est effectué à l'aide du semoir destiné au semis direct, modèle australien, le 20 Novembre 2014. La dose du semis de la féverole est de 120 kg/ha, variété « F317 » et celle du pois chiche est de

70 kg/ha, variété «Moubarak». Le semis en ligne est réalisé avec un écartement de 40 cm entre les lignes et 20 cm entre les plantes.

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques du sol des sites expérimentaux

Sites	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	pH	Calcaire Total (%)	MO (%) (0,2 mm)
Sidi El Aidi	52,1	25,3	22,6	7,90	13,6	2,54
Ouled Said	40,0	31,9	28,1	8,63	14,1	2,68

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un split-plot avec quatre répétitions. La superficie de la parcelle expérimentale est de 4m² (2 m x 2 m). Les traitements de prélevée sont affectés à la grande parcelle alors que les traitements de post levée sont attribués à la petite parcelle.

Traitements herbicides étudiées

Les caractéristiques des herbicides testés sont données dans le tableau 2. Les séquences des traitements herbicides sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3: Description des traitements testés

	Herbicides ou séquences d'herbicides et stade d'application	
	En pré levée	En post levée
T1	Guardian	Toyoto 24 EC
T2	Guardian	Betanal Expert
T3	Guardian	Basagran
T4	Toyoto 24 EC	Toyoto 24 EC
T5	Toyoto 24 EC	Betanal Expert
T6	Toyoto 24 EC	Basagran
T7	Sencor 70 WG	Betanal Expert
T8	Sencor 70 WG	Basagran
T9	Sencor 70 WG	Toyoto 24 EC
T10	Dual Gold	Toyoto 24 EC
T11	Dual Gold	Betanal Expert
T12	Dual Gold	Basagran
T13	Lafaloune	Betanal Expert
T14	Lafaloune	Basagran
T15	Lafaloune	Toyoto 24 EC
T16	Prowl Aqua	Toyoto 24 EC
T17	Prowl Aqua	Betanal Expert
T18	Prowl Aqua	Basagran
T19	Témoin non dés herbé	Témoin non dés herbé

Tableau 2: Caractéristiques des herbicides testés (Index phytosanitaire Maroc, 2015)

Herbicides	Matière active	Dose/ha	Famille chimique	Site d'action	Pénétration
Guardian	Acétochlor + Furilazole (Safener) (840+28) g/l	2,5 l/ha	Chloroacétamides	Lipides: Enzyme élongases et de cyclisation (synthèse des gibberélines)	Organes souterrains et foliaire
Toyoto 24 EC	Oxyfluorène (240 g/l)	1,5 l/ha	Diphenyl-éthers	Chlorophylle: Enzyme protoporphyringène oxydase (PPO)	Foliaire
Sencor 70 WG	Métribuzine (70%)	1 kg g/ha	Triazines	Photosynthèse: Blocage des électrons	Racinaire/ foliaire
Dual Gold	S-Métolachlore (960 g/l)	1,5 l/ha	Chloroacétamides	Lipides: Enzyme élongases et de cyclisation (synthèse des gibberélines)	Organes souterrains et foliaire
Lafaloune	Linuron (50%)	1,5 kg/ha	Urées substituées	Photosynthèse: Blocage des électrons	Racinaire
Prowl Aqua	Pendiméthaline (455 g/l)	2,7 l/ha	Dinitroanilines	Division cellulaire: Microtubules	Organes souterrains
Betanal Expert	Phenmédiphame + Desmédiphame + Ethofumésate (91+71+15,5) g/l	2,5 l/ha	Phenyl-carbamate	Photosynthèse: Blocage des électrons Lipides: Enzymes élongases et de cyclisation (synthèse des cires et subérines)	Organes souterrains et foliaire
Basagran	Bentazone (480 g/l)	2 l/ha	Benzothiadiazone	Photosynthèse: Blocage des électrons	Foliaire

Application des herbicides

Les herbicides de pré levée ont été appliqués le 20 et 21 Novembre 2014 au moment du semis de la féverole et du pois chiche. En pré semis, une application du glyphosate (720 g/ha) a été effectuée sur l'ensemble de la parcelle expérimentale. Les herbicides de post levée ont été appliqués le 4 février 2015 qui correspond au stade 5 feuilles des cultures. Les traitements sont réalisés à l'aide d'un pulvérisateur à dos à pression constante (3 bars) muni d'une buse à miroir. Le volume de bouillie utilisé pour les deux essais a été de 200 l/ha. Les conditions climatiques avant et après l'application des traitements sont présentées dans les figure 1 et 2.

Observations et mesures

Les observations ont concerné la sélectivité et l'efficacité des traitements testés. La sélectivité consistait à évaluer la phytotoxicité des traitements sur la féverole et le pois chiche sur la base de la notation visuelle selon une échelle allant de 0 à 100% où 0=pas de dégâts et 100%=destruction totale de la culture.

Quant à l'efficacité, elle a été évaluée sur la base de la notation visuelle et le pourcentage de réduction de la biomasse. L'estimation visuelle de l'efficacité a été faite selon une échelle allant de 0 à 100% où 0= pas d'efficacité et 100= destruction totale des mauvaises herbes. Aussi bien pour la sélectivité que pour l'efficacité, les notations

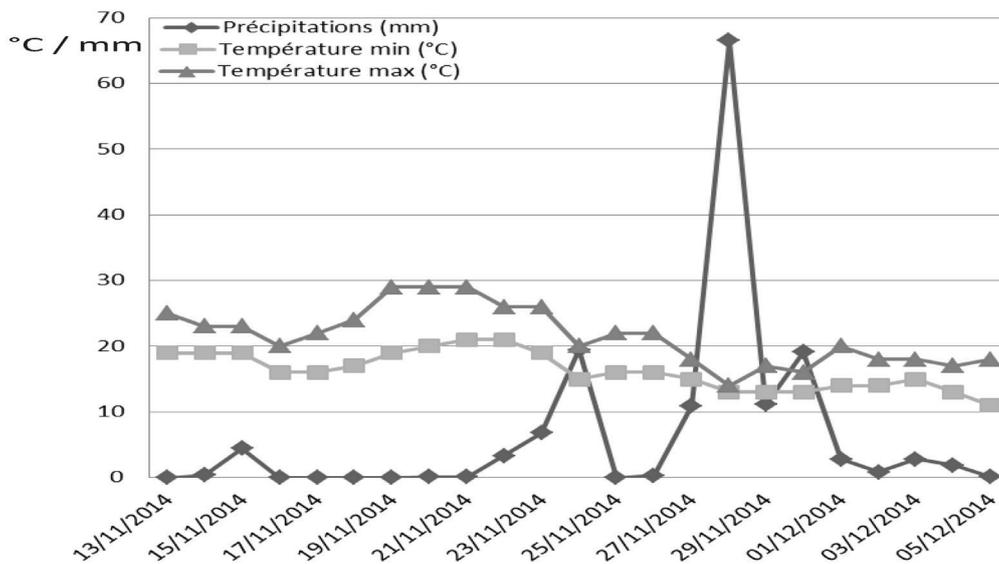


Figure 1: Conditions climatiques avant et après les traitements de pré levées.

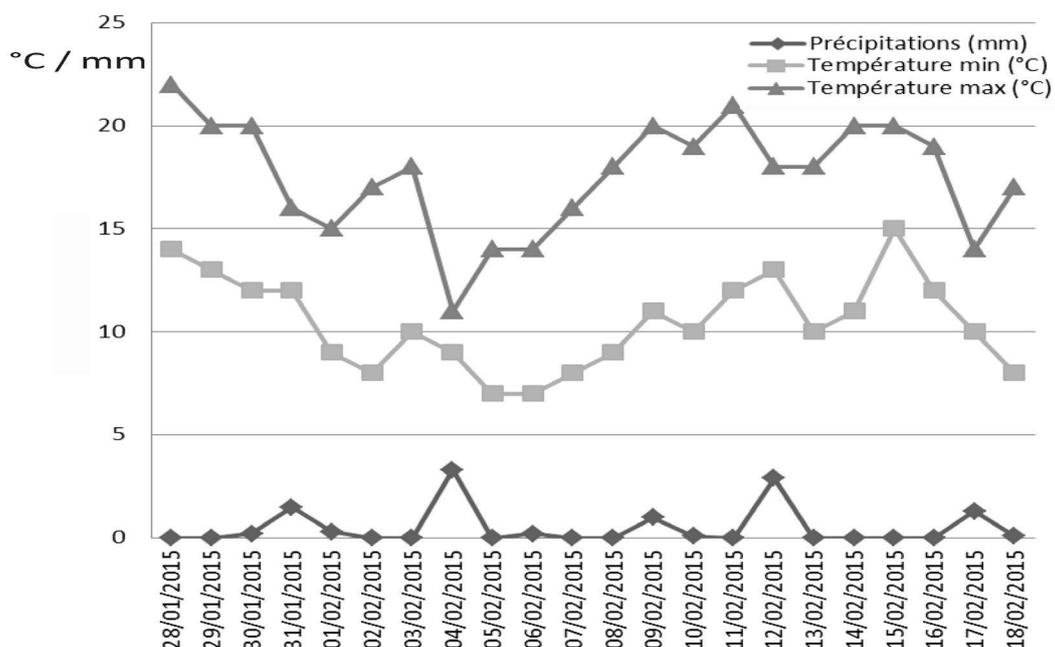


Figure 2: Conditions climatiques avant et après les traitements de post levées

visuelles ont été effectuées 60 jours après traitement (JAT). La réduction de la matière sèche aérienne a été mesurée à 120 jours après traitement (JAT) dans un quadra de 0,5 m x 0,5 m placé au milieu de la parcelle élémentaire. Les pieds rencontrés dans ces quadrats ont été coupés au ras du sol, mis dans un sachet en papier, séchés dans une étuve à 80 °C pendant 48 heures et ensuite pesés.

A la maturité, lorsque l'humidité des graines est de 35%, le rendement grain a été mesuré en prélevant les plants sur un mètre linéaire de la ligne centrale de chaque parcelle élémentaire.

Analyse statistique

Préalablement, les conditions d'applications de l'ANOVA ont été vérifiées. L'hypothèse de normalité a été rejetée. Par conséquent, la méthode paramétrique de l'ANOVA ne pourrait être appliquée dans notre cas. Comme alternative, la méthode non-paramétrique de Friedman, qui utilise les rangs au lieu des valeurs observées, a été utilisée (Siegel et Castellán, 1988). Dans le cas du rejet de l'hypothèse nulle, une comparaison multiple des rangs moyens a été réalisée en utilisant le test de Nemenyi (Siegel et Castellán, 1988). Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel statistique SAS 2004.

RÉSULTATS

Importance de la flore adventice rencontrée

Les relevés floristiques au niveau des deux sites expérimentaux ont permis d'inventorier 37 espèces appartenant à 14 familles botaniques dont 89,2% sont des thérophytes, les dicotylédones ont représenté 86,5% et les monocotylédones 13,5%. De toutes les familles recensées, les Astéraceae, les Poaceae les Fabaceae et les Apiaceae contribuent à plus des deux tiers de la diversité spécifique au niveau des deux sites (Tableau 4).

L'importance et la nature des adventices rencontrées dans les deux sites sont données dans le tableau 4. Pour le site de Sidi El Aïdi, il y'avait une infestation forte de : *Bromus rigidus*, *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Cichorium endivia*, *Centaurea diluta*, *Emex spinosa*, *Papaver rhoeas*. Pour le site d'Ouled Saïd, l'infestation par les graminées est dominée par *Avena sterilis* alors que *Plantago afra*, *Chrysanthemum coronarium*, *Centaurea diluta*, *Sonchus oleraceus* et *Silybum marianum* dominent les dicotylédones. Il est important de noter que dans le site Ouled Saïd dans la culture de féverole il y'avait une faible densité de *Ridolfia segetum*, cependant cette espèce a gêné l'opération de récolte dans les parcelles infestées.

Sélectivité des traitements

Des symptômes de phytotoxicité ont été observés sur pois chiche et féverole dans les parcelles traitées au niveau des deux sites expérimentaux. Cette phytotoxicité a causé le jaunissement, la nécrose et la mortalité de quelques pieds de la féverole et du pois chiche. Les observations effectuées sur le pois chiche ont montré des phytotoxicité de 6% causé par « Prowl Aqua + Basagran ». Les autres séquences ont engendré des

symptômes de phytotoxicité sur le pois chiche variant de 17% à 32% (Tableau 5). La séquence la plus nocive sur le pois chiche a été enregistrée par «Toyoto + Toyoto». Par ailleurs, la sélectivité des séquences testées vis-à-vis de la féverole a été également faible puisque 16 séquences ont enregistré des phytotoxicités variant de 17% à 37% (Tableau 5) et seulement deux séquences à savoir «Prowl Aqua + Basagran» et «Guardian + Basagran» ayant causé respectivement 2% et 5% de phytotoxicité sur la féverole.

Tableau 5: Phytotoxicité des traitements sur le pois chiche et la féverole.

Traitements	Pois chiche (Sidi El Aïdi)	Féverole (Ouled Saïd)
Guardian +Toyoto 24 EC	25 ab*	22 abc
Guardian + Betanal Expert	20 ab	27 abc
Guardian + Basagran	23 ab	5 c
Toyoto 24 EC + Toyoto 24 EC	32 a	37 ab
Toyoto 24 EC + Betanal Expert	18 ab	23 abc
Toyoto 24 EC + Basagran	21 ab	25 abc
Sencor 70 WG + Betanal Expert	18 ab	26 abc
Sencor 70 WG + Basagran	17 ab	27 abc
Sencor 70 WG + Toyoto 24 EC	22 ab	22 abc
Dual Gold +Toyoto 24 EC	21 ab	22 abc
Dual Gold +Betanal Expert	21 ab	25 abc
Dual Gold +Basagran	18 ab	28 abc
Lafaloune +Betanal Expert	22 ab	17 bc
Lafaloune +Basagran	31 a	27 abc
Lafaloune +Toyoto 24 EC	20 ab	25 abc
Prowl Aqua +Toyoto 24 EC	18 ab	21 abc
Prowl Aqua +Betanal Expert	21 ab	22 abc
Prowl Aqua +Basagran	6 b	2 c
$P\alpha=0,05$	<,0001	<,0001

* Les chiffres, dans une même colonne, suivis d'une même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Nemenyi à 5%.

Efficacité des traitements herbicides

Les traitements de pré levée à base de Prowl Aqua, Sencor 70WG et Guardian ont assuré un bon contrôle de l'ensemble des mauvaises herbes présentes dans les deux sites d'expérimentation à l'exception d'*Arisarum vulgare* qui a été très peu contrôlée par ces produits. Sencor a contrôlé la majorité des espèces présentes dans les deux sites à l'exception du *Galium spp.* dans le site Sidi El Aïdi (Tableau 8). Prowl Aqua a manifesté une bonne efficacité supérieures à 86% sur la majorité des espèces malgré un faible contrôle d'*Astagalus boeticus* dans le site de Sidi el Aïdi (Tableau 8). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre Prowl Aqua et Dual Gold mais sans différence significative entre le reste des traitements. Lafaloune, Dual Gold et Toyoto ont montré des efficacités moyennes sur l'ensemble des adventices dans le site de Sidi El Aïdi puisque les efficacités enregistrées n'ont pas dépassé 71%. A Ouled Saïd, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les efficacités enregistrées par Sencor et Dual gold mais pas de différence significative entre

leurs efficacités et celles des autres traitements (Tableau 6). En effet, la sensibilité des espèces adventices étaient différentes en fonction des traitements (tableau 8). Ainsi, les constatations suivantes sont dégagées:

• *Galium sp*: peu sensible à Sencor mais très sensible à moyennement sensible au reste des traitements.

• *Astragalus baeticus*: peu sensible à Prowl Aqua et Basagran mais très sensible au reste des traitements.

• *Papaver rhoeas* : peu sensible au Basagran mais sensible à très sensible au reste des traitements.

• *Silybum marianum*: sensible au Basagran et moyennement sensible au reste des traitements.

Tableau 4: Inventaire de la flore adventice dans les deux sites expérimentaux

Noms scientifiques*	Noms en français	Famille	Type biologique	Sidi El Aidi	Ouled Said
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Mouren bleu	Primulaceae	Annuelle	+**	+
<i>Arisarum vulgare</i> Targ.-Tozz.	Gouet à capuchon	Araceae	Vivace	-	++
<i>Astragalus baeticus</i> L.	Astragale de bétique	Fabaceae	Annuelle	++	-
<i>Avena sterilis</i> L.	Avoine stérile	Poaceae	Annuelle	++	++
<i>Bromus rigidus</i> Roth	Brome rigide	Poaceae	Annuelle	+++	+
<i>Bupleurum lancifolium</i> Hornem.	Buplèvre	Apiaceae	Annuelle	+	-
<i>Calendula arvensis</i> L.	Souci des champs	Asteraceae	Annuelle	+	+
<i>Centaurea diluta</i> Aiton	Centaurée élançée	Asteraceae	Annuelle	++	++
<i>Centaurea eriophora</i> L.	Centaurée laineuses	Asteraceae	Annuelle	-	+
<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	Chrysanthème des jardins	Asteraceae	Annuelle	+	++
<i>Cichorium endivia</i> L.	Chicorée sauvage	Asteraceae	Annuelle	++	+
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	liseron des champs	Convolvulaceae	Vivace	+	+
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Chiendent pied de poule	Poaceae	Vivace	-	+
<i>Diplotaxis catholica</i> (L.) Dc.	Diplotaxe catholique	Brassicaceae	Annuelle	+	+
<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	Émex épineux	Polygonaceae	Annuelle	++	+
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbe réveil matin	Euphorbiaceae	Annuelle	+	+
<i>Galium spp</i>	Gaillet	Rubiaceae	Annuelle	+	-
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Ivraie raide	Poaceae	Annuelle	+++	+
<i>Medicago polymorpha</i> L.	Luzerne à gousses hérissées	Fabaceae	Annuelle	-	+
<i>Melilotus sulcatus</i> Desf.	Mélilot à fruits sillonnés	Fabaceae	Annuelle	-	+
<i>Papaver hybridum</i> L.	Pavot hybride	Papaveraceae	Annuelle	+	-
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Coquelicot	Papaveraceae	Annuelle	++	+
<i>Phalaris brachystachys</i> Link	Alpiste à épi court	Poaceae	Annuelle	++	+
<i>Plantago afra</i> L.	Plantain herbe aux puces	Plantaginaceae	Annuelle	-	+++
<i>Rhagadiolus stellatus</i> Gaertn.	Rhagadiole étoilée	Asteraceae	Annuelle	-	+
<i>Ridolfia segetum</i> Moris	Aneth des moissons	Apiaceae	Annuelle	-	+
<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	Peigne de Vénus	Apiaceae	Annuelle	+	-
<i>Scolymus maculatus</i> L.	Scolyme maculé	Asteraceae	Annuelle	++	-
<i>Scorpiurus muricatus</i> L.	Chenillette épineuse	Fabaceae	Annuelle	+	-
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garecke	Silène enflée	Caryophyllaceae	Vivace	-	+
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Laiteron maraicher	Asteraceae	Annuelle	+	++
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	Chardon de Marie	Asteraceae	Annuelle	+	++
<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	Torilis glomérulé	Apiaceae	Annuelle	+	-
<i>Tragopogon geropogon</i> Rouy	Herbe de bouc	Asteraceae	Annuelle	-	+
<i>Urospermum picroides</i> L.	Urosperme faux picris	Asteraceae	Annuelle	+	-
<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) R.	Saponaire	Caryophyllaceae	Annuelle	-	+
<i>Vicia spp</i>	Vesce	Fabaceae	Annuelle	+	+

** +: Espèce peu abondante, ++: espèce abondante, +++: espèce très abondante, -: espèce absente.

* Nomenclature est celle de l'index synonymique des taxons présents dans les milieux cultivés ou artificialisés du Maroc occidental et central (Boulet et al., 1989).

- *Ridolfia segetum*: peu sensible à Prowl Aqua, moyennement sensible au Basagran alors qu'elle est sensible au reste des traitements.
- *Sinapis arvensis*: très sensible à tous les traitements.
- *Torilis nodosa*: peu sensible à Lafaloune mais sensible à très sensible au reste des traitements.
- *Plantago afra*: peu sensible à Basagran, sensible à Dual Gold et très sensible au reste des traitements.
- *Scolymus maculatus*: moyennement sensible à lafaloune, sensible à très sensible au reste des traitements.

Pour les traitements de post levée, Basagran a manifesté une bonne efficacité sur les adventices dans les deux sites en maintenant la parcelle propre jusqu'à la fin de cycle, toutefois, il a très peu contrôlé *Astagalus boeticus*, *Papaver rhoeas* et *Plantago afra*.

La mesure du taux de réduction de la biomasse des mauvaises herbes à 120 jours après traitement (Tableau 7) a révélé que les séquences herbicides ayant enregistré les meilleurs taux de réduction de biomasse sont: «Prowl Aqua + Basagran», «Prowl Aqua + Betanal Expert», «Sencor + Basagran» et «Gardian + Basagran» dans le site de Sidi El Aidi. L'analyse statistique a révélé une différence significative des efficacités de ces séquences et celle de «Lafaloune + Toyoto» ayant enregistré les faibles taux de réduction de la biomasse des mauvaises herbes (36%). Par ailleurs, les meilleures séquences dans le site d'Ouled Saïd sont: «Prowl Aqua + Basagran»,

«Prowl Aqua + Betanal Expert», «Gardian + Basagran» et «Sencor + Betanal expert». L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les efficacités de ces séquences et celles de «Toyoto+ Betanal expert» et «Sencor + Toyoto» ayant enregistré des taux de réduction faibles respectivement de 38% et 38% (Tableau 7).

Tableau 6: Efficacité des traitements de pré levée à 60 jour après application (notation visuelle)

Traitements	Pois chiche (Sidi El Aidi)	Féverole (Ouled Saïd)
Guardian	81 ab*	80 ab
Toyoto 24 EC	70 ab	78 ab
Sencor	85 ab	83 a
Dual gold	66 b	67 b
Lafaloune	71 ab	71 ab
Prowl Aqua	86 a	81 ab
P α =0,05	<,0001	<,0001

* Les chiffres, dans une même colonne, suivis d'une même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Nemenyi à 5%.

Tableau 7: Taux de réduction de la biomasse des mauvaises herbes à 120 jours après application.

Traitements	Pois chiche (Sidi El Aidi)	Féverole (Ouled Saïd)
Guardian +Toyoto 24 EC	68 abc*	79 abc
Guardian + Betanal Expert	79 ab	78 abc
Guardian + Basagran	84 a	90 a
Toyoto 24 EC + Toyoto 24 EC	60 abc	51 abc
Toyoto 24 EC + Betanal Expert	58 abc	38 bc
Toyoto 24 EC + Basagran	60 abc	70 abc
Sencor 70 WG + Betanal Expert	69 abc	82 ab
Sencor 70 WG + Basagran	86 a	74 abc
Sencor 70 WG + Toyoto 24 EC	64 abc	38 bc
Dual Gold +Toyoto 24 EC	51 abc	57 abc
Dual Gold +Betanal Expert	70 abc	58 abc
Dual Gold +Basagran	53 abc	68 abc
Lafaloune +Betanal Expert	59 abc	69 abc
Lafaloune +Basagran	62 abc	57 abc
Lafaloune +Toyoto 24 EC	36 bc	41 bc
Prowl Aqua +Toyoto 24 EC	72 abc	73 abc
Prowl Aqua +Betanal Expert	88 a	88 a
Prowl Aqua +Basagran	94 a	91 a
P α =0,05	<.0001	<.0001

*Les chiffres, dans une même colonne, suivis d'une même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Nemenyi à 5%.

Tableau 8: Sensibilité de quelques espèces problématiques aux herbicides testés.

	<i>Galium spp.</i>	<i>Astragalus baeticus</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Silybum marianum</i>	<i>Ridolfia segetum</i>	<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Torilis nodosa</i>	<i>Plantago afra</i>	<i>Scolymus maculatus</i>
Guardian	S	TS	TS	MS	S	TS	TS	TS	TS
Toyoto 24 EC	MS	TS	TS	MS	S	TS	TS	TS	TS
Sencor 7T WG	T	TS	TS	MS	S	TS	TS	TS	TS
Dual Gold	S	TS	TS	MS	S	TS	TS	S	S
Lafaloune	S	TS	S	MS	S	TS	T	TS	MS
Prowl Aqua	TS	T	MS	MS	T	TS	TS	TS	TS
Betanal Expert	S	TS	S	MS	S	TS	TS	TS	TS
Basagaran	MS	T	T	S	MS	TS	S	T	S

TS: Très sensible (95 à 100%); S: Sensible (80 à 95%), MS: Moyennement sensible (60 à 80%); T: Tolérante (0 à 60%).

Effet des traitements sur le rendement grain

Les rendements obtenus avec les différents traitements sont donnés dans le tableau 9. Dans le témoin non désherbé, les pertes de rendement sont estimées à 65% pour le pois chiche au site de Sidi El Aïdi et de 53% pour la féverole au site d'Ouled Saïd. Le coefficient de corrélation montre une corrélation positive et significative entre l'efficacité des traitements et le rendement grain. Cependant, une corrélation négative et significative entre la phytotoxicité d'une part et les rendements grain et l'efficacité d'autre part (Tableau 10). En effet, les traitements ayant manifesté les meilleures efficacités sur les mauvaises herbes et une bonne sélectivité vis-à-vis des cultures ont donné les meilleurs rendements. Ainsi, les séquences «Prowl Aqua + Basagran» et «Guardian + Basagran» ont donné les meilleurs rendements dans la féverole respectivement de 30,7 et 32,7 qx/ha. Alors que seules les parcelles de pois chiche traitées avec « Prowl Aqua + Basagran» ont donné le meilleur rendement (13,4 qx/ha). Plusieurs séquences ont donné des rendements égaux ou inférieurs à ceux enregistrés dans les témoins non traités (Tableau 9).

Tableau 9: Rendement grain (qx/ha) de pois chiche et féverole

Traitements	Pois chiche (Sidi El Aïdi)	Féverole (Ouled Saïd)
Guardian +Toyoto 24 EC	5,0 abc*	16,8 abc
Guardian + Betanal Expert	4,4 c	15,4 abc
Guardian + Basagran	6,8 ab	32,7 a
Toyoto 24 EC + Toyoto 24 EC	6,0 abc	16,0 abc
Toyoto 24 EC +Betanal Expert	5,7 abc	15,8 abc
Toyoto 24 EC + Basagran	5,0 bc	18,8 ab
Sencor 70 WG + Betanal Expert	5,3 abc	14,1 abc
Sencor 70 WG + Basagran	4,9 bc	14,6 abc
Sencor 70 WG+ Toyoto 24 EC	5,8 abc	15,1 abc
Dual Gold +Toyoto 24 EC	5,7 abc	17,1 abc
Dual Gold +Betanal Expert	5,5 abc	18,1 abc
Dual Gold +Basagran	5,8 abc	17,5 abc
Lafaloune +Betanal Expert	5,1 abc	14,0 bc
Lafaloune +Basagran	5,1 abc	12,6 bc
Lafaloune +Toyoto 24 EC	5,9 abc	13,0 bc
Prowl Aqua +Toyoto 24 EC	5,9 abc	12,3 c
Prowl Aqua +Betanal Expert	6,3 abc	19,6 a
ProwlAqua +Basagran	13,4 a	30,7 a
Témoin non désherbé	4,7 abc	15,4 abc
Pα=0,05	<.0001	<.0001

*Les chiffres, dans une même colonne, suivis d'une même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Nemenyi à 5%.

Tableau 10: Coefficients de corrélation entre les efficacités et le rendement et la sélectivité des traitements

	Rendement grain	Efficacité sur la biomasse	Phytotoxicité des traitements
Rendement grain	1,00	0,35 *	-0,3*
Efficacité sur la biomasse	0,35*	1,00	-0,73**
Sélectivité des traitements	-0,3*	-0,73**	1,00

*: hautement significative, **: très hautement significative

DISCUSSION

Au niveau des deux sites, les familles botaniques dominantes sont représentées principalement par les Astéraceae, les Poaceae et les Fabaceae. La nature des adventices rencontrés dans les deux sites montrent une forte infestation des graminées au site de Sidi El Aïdi, alors qu'au niveau du site d'Ouled Saïd les dicotylédones dominent le cortège floristique. En effet, ces infestations sont un peu similaire d'une part à celles des parcelles de la Chaouïa en semis direct caractérisées par la dominance des espèces graminées (Hajjaj et al., 2015) et d'autre part aux relevés floristiques effectués dans les céréales au Maroc (Taleb et al., 2000) qui ont montré la dominance de six familles botaniques (Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Brassicaceae, Apiaceae et Caryophyllaceae) qui contribuent, à elle seules, à la hauteur de 58% de l'effectif spécifique total de la flore nationale.

Il est important de mentionner que la parcelle de Sidi El Aïdi est conduite depuis 30 années en semis direct alors que celle d'Ouled Saïd est seulement depuis deux années. En effet, le semis direct peut favoriser à long terme l'invasion des graminées si les méthodes de lutte adoptées ne permettent pas leur meilleur contrôle (Aibar, 2006; El Mrabet et Brahli, 2000; Streit et al., 2003; Vulioud et al., 2006). Par ailleurs, El Brahli et Mrabet (2000) ont trouvé que sous jachère chimique en semis direct, il y a une diminution relative du taux d'infestation des espèces annuelles au profit des plantes vivaces comme *Echium elaterium*, *Anchusa azurea*, *Convolvulus arvensis*, *Convolvulus althoides* et *Cynodon dactylon*.

Ces infestations ont engendré des pertes de 65% et 53% respectivement sur pois chiche et féverole. Ceci montre que les mauvaises herbes diminuent considérablement les rendements. D'ailleurs, Baye (2012) avait mentionné que les pertes des rendements au niveau des essais de désherbage des légumineuses ont dépassé 90% à cause des fortes infestations de la moutarde des champs et les repousses de blé.

Dans les deux sites, la phytotoxicité de la majorité des traitements a été apparente. En effet, les séquences « Prowl Aqua + Basagran » et « Guardian + Basagran » ont enregistré respectivement des phytotoxicités de 2% et 5% sur la féverole. Par ailleurs, la séquence « Prowl Aqua + Basagran » a affiché une phytotoxicité de 6% sur le pois chiche. Le reste des combinaisons a enregistré des phytotoxicités variant de 17% à 37% dans les deux essais. Les phytotoxicités causées par la majorité de ces associations d'herbicides sont un sérieux problème puisque qu'elles affectent la croissance de ces deux cultures ainsi que leurs rendements. Les phytotoxicités enregistrées sont vraisemblablement dues à la dose d'application des herbicides de prélevée qui n'auraient pas été suffisamment adsorbés par les colloïdes du sol et ainsi se trouvant présentes au niveau des racines du pois chiche et de la féverole. En effet, le principe de la sélectivité de position se base sur le faible déplacement des herbicides, car ils restent en dehors de la zone explorée par les racines des cultures (Gauvrit, 1996). Cependant, dans certaines conditions pédo-climatiques cette sélectivité pourrait être cassée car dans le cas d'un sol sablonneux, les pluies peuvent

rendre certains herbicides de prélevée disponibles au niveau des racines (Bouhache et Benmansour, 2014). Ces deux derniers auteurs ont testé en prélevée sur féverole Prowl, Lafaloune, Sencor et Dual Gold, les résultats obtenus montrent qu'à l'exception de Sencor les autres traitements n'ont pas affecté la croissance de la féverole. Cette phytotoxicité a été observée à Sefrou mais pas à Meknes ou Rommani. Tandis que dans notre essai, Lafaloune et Dual Gold ont affecté sévèrement la culture, cette phytotoxicité s'est manifestée par un jaunissement suivi par une nécrose et finissait par une mortalité de quelques pieds de la féverole. La phytotoxicité de la métribuzine vis-à-vis de la fève a été observée par Baye (2012) et Bouhache et Benmansour (2014) mais pas par Tanji (2012). Ce dernier a utilisé une dose réduite (175g/ha) que celle utilisée dans nos essais et ceux de Bouhache et Benmansour (2014) et Baye (2012). Ceci révèle, que la réaction de ces herbicides diffère d'une région à l'autre.

Par ailleurs, le résultat de la tolérance de la féverole au Bentazone est un peu similaire à celui trouvé dans des essais menés à Tadla, Meknès, Sefrou, Roumani, Doukkala et Abda (Baye, 2012; Tanji, 2012; Bouhache et Benmansour, 2014). En revanche, dans Doukkala et Abda, le Basagran appliqué sur le pois chiche en post levée à 2l/ha a détruit totalement un essai de pois chiche (Tanji, 2012). Alors qu'au Tadla, ce même herbicide appliqué à 2,5 l/ha a causé 20% de phytotoxicité sur cette culture (Baye, 2012). Dans notre essai, une phytotoxicité de 6% a été enregistrée pour la séquence « Prowl Aqua + Basagran » avec une dose d'application de Basagran de 2 l/ha. Cette phytotoxicité est jugée très faible par rapport aux travaux de ces deux chercheurs, ceci pourrait être expliqué par la survenue des pluies juste après l'application du Basagran ce qui a affecté le contact de l'herbicide sur les feuilles de la culture et par conséquent sous-estimer sa phytotoxicité vis-à-vis du pois-chiche. La sélectivité d'un herbicide est une condition obligatoire lorsqu'on procède à une opération de désherbage afin d'empêcher la destruction de la culture et rater l'objectif du désherbage. Ainsi, avant de recommander l'application du Basagran en post levées sur pois chiche, il est nécessaire de mener davantage d'essais sur cette culture pour une meilleure connaissance de la phytotoxicité du Bentazone et les conditions de son application notamment le stade de la culture et les conditions climatiques qui suivent le traitement car la phytotoxicité des traitements est en générale corrélée négativement avec les rendements grain avec un coefficient de corrélation de « -0,3 » hautement significatif (Tableau 10). Ceci signifie que les rendements sont d'autant plus faibles que la phytotoxicité des traitements augmente.

Par ailleurs, la sélectivité des traitements de pré levée n'est pas seulement une histoire de dose, c'est en outre en relation avec la nature du sol et la quantité des précipitations qui suivent les traitements. Des essais, dans plusieurs sites dans différentes années climatiques permettront une meilleure connaissance de l'activité de ces herbicides.

Deux meilleures séquences d'herbicides ont permis un bon contrôle des mauvaises herbes sur la féverole. Ainsi il est recommandé d'appliquer Prowl Aqua ou Guardian en pré levée suivi de Basagran en post levée. Cependant,

certaines espèces adventices comme l'astragale ou l'aneth des moissons sont faiblement contrôlées par ces herbicides. Pour remédier à ce problème Bouhache et Benmansour (2014) avaient testé l'application du Paraquat en dirigé entre les lignes de la féverole ce qui a permis d'obtenir des efficacités excellentes sur les dicots et les graminées avec la nécessité d'un cache buses lorsqu'on traite à grande échelle. Tanji (2015) avait mentionné que le désherbage mécanique peut être associé au chimique de prélevé. Ceci est en contradiction avec le principe du semis direct qui consiste à la non perturbation du sol, ainsi cette recommandation est strictement à non prescrire. Parmi les composantes principales du semis direct, il y a la sauvegarde des résidus des cultures précédentes. Par conséquent, les herbicides appliqués en prélevée peuvent être interceptés par des résidus de culture (Sadeghi et al., 1998). Cependant, dans notre essai, les herbicides de pré levée entrent en contact direct avec le sol non travaillé malgré la présence de peu de résidus de la culture précédente. D'ailleurs, les agriculteurs de la Chaouia négligent toujours de garder ces résidus afin de les utiliser comme aliment de bétail.

Le désherbage chimique permet un gain de rendement mais aussi une solution au désherbage manuel (arrache manuel en cas du semis direct) qui nécessite beaucoup de main d'œuvre de plus en plus rare et chère. La rareté et le coût de la main d'œuvre ont poussé plusieurs agriculteurs à abandonner les légumineuses alimentaires importantes dans la rotation avec les céréales (Hajjaj, 2010). En effet, le coût de «Prowl + Basagan» est de 868 dhs/ha (Bouhache et Benmansour, 2014), alors que le coût la main d'œuvre pour réaliser le désherbage des légumineuses peut atteindre 2000 dhs (Tanji, 2013). Ceci montre l'économie offerte par le désherbage chimique et son indépendance de la main d'œuvre. Dans les deux sites d'essais un gain minimum de 8 qx/ha de pois chiche et 15 qx/ha de féverole ont été offerts par le désherbage chimique. Ainsi, ce gain dépasse considérablement le coût de cette opération.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'amélioration des rendements des légumineuses en semis direct est en relation étroite avec la maîtrise du désherbage chimique. L'alternance des herbicides dans une rotation permettrait de retarder le phénomène de résistance en élargissant l'éventail des herbicides appliqués. Les résultats de ce travail, permettent de contribuer au développement du désherbage chimique des légumineuses. En effet, certaines séquences ont permis un meilleur contrôle des mauvaises herbes, une tolérance acceptable des cultures et une augmentation des rendements. Ainsi, les séquences «Guardian + Basagan» et «Prowl Aqua + Basagan» sont recommandées dans la féverole alors que la séquence «Prowl Aqua + Basagan» sur pois chiche nécessite d'être tester davantage avant sa recommandation aux agriculteurs afin d'avoir une meilleure connaissance sur la phytotoxicité du Bentazone vis-à-vis du pois chiche et les conditions de son application. L'étude du comportement des traitements dans différentes régions pédo-climatiques ainsi que l'impact de la présence des résidus des cultures précédentes en semis direct sur l'action des herbicides de pré levée sont des voies de

recherche nécessaires afin de réussir et soutenir l'adoption de cette technologie prometteuse.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Dr. Berradi Touban, agriculteur à Ouled Saïd, pour avoir mis à leur disposition toutes les facilités pour la conduite de cet essai.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aibar J. (2006). La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct, Principaux problèmes. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens* 69: 19-26.
- Alaoui A.C. (2000). Mécanisation de la culture des légumineuses alimentaire au Maroc. *Bulletin de Transfert de Technologie en agriculture* 64.
- Baye Y. (2012). Possibilités de désherbage chimique des légumineuses alimentaires en irrigué. Proc. 8^{ème} Congrès de l'AMPP, Rabat: 445-454.
- Baye Y. (2015). Mauvaises herbes des légumineuses alimentaires: Espèces rencontrées, Impact sur le rendement et Moyens de lutte. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des céréales et des légumineuses alimentaires: 54-56. Editeur: INRA-Maroc.
- Bouhache M., Benmansour S. (2014). Possibilités de désherbage chimique de la féverole (*Vicia faba* var. minor) conduite en irrigué et en bour. *Revue Marocaine de Protection des Plantes* 6: 51-62.
- Boulet C., Tanji A., Taleb A. (1989). Index synonymique des taxons présents dans les milieux cultivés ou artificialisés du Maroc occidental et central. *Actes de l'Inst. Agron. Vét.* 9: 65-94.
- Bourarach E.H. (2001). Le semis direct, une technologie avancée pour une agriculture durable. *Bulletin de Transfert de Technologie en agriculture* 76.
- Dorado J., Lopez-fando C. (2006). The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed Research* 46: 424-431.
- El Brahli A., Mrabet R. (2000). La jachère chimique: Pour relancer la céréaliculture non-irriguée en milieu semi-aride marocain. *Proc. Journée nationale sur le désherbage des céréales*. Centre aridiculture de Settat. Association Marocaine de Malherbologie: 133-145.
- El Gharras O., El Hantaoui N., El Brahli A. (2010). Le semis direct dans la Chaouia, perspective de développement dans le cadre du PMV. *Agriculture du Maghreb* 46: 88-93.
- Gauvrit C. (1996). Efficacité et sélectivité des herbicides. INRA Editions, Paris, France. pp.29.
- Hajjaj B. (2010). «Diagnostic de la situation du désherbage chimique des céréales et légumineuses dans la région de Sidi El Aidi (chaouia) et Jemaa shaim (Abda)». *Proc. 7^{ème} congrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes*: 357-364.
- Hajjaj B., Bouhache M., Mrabet R., Taleb A. (2015). Enquête sur le désherbage des céréales en semis direct dans la région de la Chaouia, Maroc. Séminaire national sur l'agriculture de conservation: semis direct pour le système blé et alley-cropping pour le système orge parcours. INRA-CRRA de Settat.

- Index phytosanitaire Maroc (2015). Association marocaine de protection des plantes. Rabat, Maroc, 304p.
- Labbaci T., Dugué P., Kemoun H., Rollin D. (2015). Innovation et action collective: le semis direct des cultures pluviales au Moyen Sebou (Maroc). *Cahiers Agricultures* 24: 76-83.
- Meskine M., Andaloussi F.A., Saffour K. (2007). Guide de reconnaissances des principaux ennemis des légumineuses alimentaires au Maroc et moyens de lutte. INRA-Maroc, Rabat, 80p.
- Mohammadi G., Javanshir A., Khooie F., Mohammadi S., Salmasi Z. (2005). Critical period of weed interference in chickpea. *Weed Research* 45: 57-63.
- Mrabet R. (2007). No-tillage systems for sustainable dryland agriculture in Morocco. INRA-Maroc, Rabat, 154p.
- Paolini R., Faustini F., Saccardo F., Crino P. (2006). Competitive interactions between chick-pea genotypes. *Weed Research* 46: 335-344.
- Sadeghi A.M., Isensee A.R., Shelton D.R. (1998). Effect of tillage age on herbicide dissipation: a side by-side comparison using microplots. *Soil Science* 163: 883-890.
- Siddique K., Krishnamurthy L. (2014). Chickpea production technology. *Legume Perspective Journal* N° 3, juin 2014 : 29-32.
- Siegel S., Castellan N.J. (1988). Non parametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Streit B., Rieger S.B., Stamp P., Richner W. (2003). Weed populations in winter wheatas affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Research* 43:20-32.
- Taleb A., Bouhache M., Rzozi S.B. (2000). Les mauvaises herbes des céréales au Maroc. *Proc. Journée nationale sur le désherbage des céréales*, Settat, pp. 1-10.
- Tanji A. (2012). Contribution au désherbage chimique des légumineuses alimentaires. *Proc. 8^{ème} Congrès de l'AMPP*, Rabat: 409-419.
- Tanji A. (2013). Légumineuses alimentaires, gestion intégrée des adventices. *Agriculture du Maghreb* 71: 60-61.
- Tanji A. (2015). Guide de lutte contre les mauvaises herbes dans l'agriculture de conservation au Maroc. INRA-Maroc, Rabat 169p.
- Vullioud P., Delabays N., Frei P., Mercier E. (2006). Résultats de 35 ans de culture sans labour à Changins. *Revue suisse Agric.* 38: 81-87.