

Utilisation de l'imazapic et du glyphosate pour  
le contrôle de l'orobanche (*Orobanche  
crenata* Forsk.) dans la fève et la lentille

*Saffour K.<sup>1</sup>, Bouya D.<sup>2</sup> et Bouhache M.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> INRA, Centre Régional du Saïs et Moyen Atlas, B.P 578, Meknès, Maroc,

<sup>2</sup> Faculté des Sciences, Dhar Mehraz, Fès, Maroc.

<sup>3</sup> Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B. P. 6202, Rabat Instituts,  
Maroc,



## ملخص

لمقارنة فعالية الإمزيك (imazapic) والكليفوسات (glyphosate) ضد الهالوك بزراعة الفول والعدس، قمنا بتجارب بالبث الزجاجي سنتي 1998-1999 و1999-2000، حيث استعمل الإمزيك. في مرحلة تأكل الهالوك ثم أسبوعين بعد ذلك بمقدار 5+5، و10+0 و10+10 غ.م.ف./هـ كما استعمل الكليفوسات بمقدار 60 غ/هـ في بداية إزهار النبات و 15 و 30 يوما بعد ذلك. أظهرت النتائج أن الإمزيك قاوم الهالوك بفعالية 86 إلى 89% بالمقارنة مع الشاهد الموبوء، عند استعمال 10 غ/هـ و 95 إلى 100% عند استعمال 10 غ/هـ لمرتين و 64 إلى 28% عند استعمال 5 غ/هـ لمرتين. كما ان فعاليته بالعدس كانت من 90 إلى 100% لكل الجرعات. وتمكن الكليفوسات من تسجيل فعالية جيدة بالفول وجيدة إلى ممتازة بالعدس عند استعمال 2 أو 3 رشاشات على التوالي. أحسن مردود الفول حصل بالأصص المعالجة بالإمزيك 10x10 غ/هـ أو الكليفوسات 60x3 غ/هـ بينما مكن الإمزيك العدس من إنتاج مردود يفوق أو يساوي ما أنتج بفضل الكليفوسات 60x3 غ/هـ. أما الجرعة المرجعية (كليفوسات 60x2 غ/هـ) فقد مكنت من إنتاج مردودي يساوي ما أنتجه الشاهد الغير الموبوء. أما تسمم النبات بالمبيدين فقد كان ضعيفا إلى منعدم على العموم.

الكلمات المفتاحية : إمزيك، كليفوسات، الفول، العدس، الهالوك

## Résumé

*L'efficacité de l'imazapic a été comparée à celle du glyphosate contre l'orobanche dans la fève et la lentille dans un essai en pots sous serre en 1998-99 et 1999-2000. L'imazapic a été appliqué au stade formation de tubercules de l'orobanche et deux semaines après avec les doses de 5+5, 10+0 et 10+10 g.m.a./ha. Pour le glyphosate, deux modes d'apport ont été utilisés, l'un consiste en l'application de 60 g.m.a./ha au stade formation des tubercules d'orobanche et 60 g.m.a./ha après 15 jours, l'autre en trois applications (3 x 60 g.m.a./ha) à partir du stade début floraison des deux cultures et 15 et 30 jours après. L'imazapic a efficacement contrôlé l'orobanche dans la fève à raison de 86 à 89 % et 95 à 100 % pour une et deux applications de 10 g.m.a./ha, respectivement et 64 à 82 % pour la dose de 5+5 g.m.a./ha par rapport au témoin non traité. Cette efficacité a été de 90 à 100 % pour 5 et 10 g.m.a./ha, respectivement dans la lentille. Le glyphosate a aussi assuré une bonne efficacité sur l'orobanche dans la fève et bonne à excellente efficacité dans la lentille pour l'application respective de deux et trois apports de 60 g.m.a./ha. Le meilleur rendement grain produit par la fève est celui réalisé après traitement à l'imazapic à la dose de 10+10 g.m.a./ha et au glyphosate 3 x 60 g.m.a./ha. Dans la lentille, l'imazapic a engendré un rendement grain supérieur ou égal à celui obtenu par le traitement au glyphosate 3 x 60 g.m.a./ha. Le traitement de référence (glyphosate 2 x 60 g.m.a./ha) a permis une production égale au témoin non infesté. La phytotoxicité des herbicides a été négligeable à légère dans l'ensemble de traitements.*

**Mots clés :** imazapic, glyphosate, fève, lentille, orobanche

## Abstract

*Broomrape control with Imazapic and glyphosate in faba bean and lentil crops has been compared in greenhouse during 1998-99 and 1999-2000 cropping seasons. Imazapic was used at three different rates : 5 g.a.i./ha at orobanche tuber stage and 5 g.a.i./ha two weeks later, 10+0 and 10+10 g.a.i./ha. Glyphosate was used twice at 60+60 g.a.i./ha or three times at 60 g.a.i./ha at beginning flowering stage, 15 and 30 days after. Compared to the control, imazapic has efficiently controlled orobanche in faba bean by 86 to 89 % and 95 to 100 % at one and two applications of 10 g.a.i./ha, respectively and 64 to 82 % at the rate of 5 + 5 g.a.i./ha. The efficiency in lentil was 90 to 100 % at 5 and 10 g.a.i./ha, respectively. Glyphosate has also insured a good efficiency in faba bean and a good to excellent efficiency in lentil by the application of 60 g.a.i./ha two or three times, respectively. The higher faba bean grain yield was produced by imazapic treatment 10+10 and glyphosate 3x60 g.a.i./ha while in lentil, imazapic has allowed a grain yield higher or equal of that of glyphosate 3x60 g.a.i./ha. Glyphosate 2x60 g.a.i./ha was not significantly different from the non-infested control. The phytotoxicity of the two herbicides was negligible to slight on the two crops.*

**Key words :** imazapic, glyphosate, faba bean, lentil, orobanche

## Introduction

Les légumineuses alimentaires tiennent la seconde place après les céréales dans les emblavements au Maroc. Ces cultures ont depuis longtemps constitué un élément important dans le plat traditionnel, particulièrement des populations les moins favorisées. Elles procurent ainsi, une masse calorifique et protéique non négligeable à cette population chez qui, la viande n'est consommée qu'une à deux fois par semaine (Geipert, 1995). La sole légumineuse ne cesse toutefois de diminuer depuis 1985 (11 % par an). Les rendements connaissent aussi une régression de 7 % par an (El Mir et al., 1998). Cette faiblesse de rendement est due essentiellement aux aléas climatiques, au mode de culture traditionnel et à la sensibilité aux maladies et ravageurs et aux mauvaises herbes, particulièrement l'attaque par l'orobanche.

L'orobanche est un holoparasite obligatoire des racines de nombreuses dicotylédones. Il est largement distribué dans le bassin méditerranéen et l'Asie de l'Ouest (Parker, 1986). L'orobanche (*Orobanche crenata* Forsk.) est l'espèce la plus nuisible et la plus dévastatrice des légumineuses alimentaires (Rubiales, 2001). Au Maroc, elle parasite principalement la fève (*Vicia faba* L.), la lentille (*Lens culinaris* Medic.), le petit pois (*Pisum sativum* L.) et à moindre mesure le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) ainsi que d'autres cultures et adventices. Elle est plus ou moins importante dans presque toutes les régions où les légumineuses alimentaires sont cultivées (Aber, 1983 et 1984; Bouhattous, 1987; Zemrag, 1994 et 1996 b; Geipert et al., 1996). Les pertes de rendement peuvent aller de 5 à 100 % (Lelièvre et Rebillard, 1978; Shmitt, 1979; Aber, 1983; Sauerborn, 1991; Zemrag, 1996 a et b; Saffour et al., 1999) et abouti dans certains cas à l'abandon de la culture par les agriculteurs (Bouhattous, 1987; Hay, 1998; Kharrat, 1999). Une telle situation pourrait porter préjudice non seulement au secteur des légumineuses alimentaires mais aussi au secteur céréalier, voire même l'accentuation de l'exode rural vers les villes.

Différentes méthodes de lutte ont été utilisées ou recommandées contre l'orobanche au Maroc ou dans d'autres pays touchés par ce fléau. Néanmoins, l'utilisation des herbicides contre l'orobanche reste le moyen incontournable. A cet effet, la première molécule inscrite à cette fin fût le glyphosate, recommandé à la dose de 60 g.m.a./ha au stade tubercule de l'orobanche et répété à la même dose après 2 semaines. Cette technique, mise au point à la station de Douyet (Maroc) par Janati (1976) et Schmitt et al. (1978) est confirmée par plusieurs travaux au Maroc (Fadli, 1989; Zemrag, 1994 et 2001; Lahyayni, 1996; Habib, 1997; Mohsine, 1998; El idrissi, 1998; Geiepert, 1999; Chahid, 2002) en Egypte par Zahran et al. (1980) et en Espagne par Messa-Garcia et al. (1984). Malgré sa bonne efficacité, ce produit est cependant, peu adopté par les agriculteurs à cause de la non maîtrise de son apport, particulièrement la période optimale et les techniques de son application. Pour surmonter ce dernier problème, certains agriculteurs du Saïs ont opté pour trois applications de ce produit sur la fève (Saffour et al., 1999). D'autres travaux ont rapporté l'efficacité d'autres matières actives, dont les imidazolinones (Garcia-Torres et al., 1987; Sauerborn et al., 1989; Garcia-Torres et Lopez-Granados, 1991; El Antri, 1999). L'imazapic a été testé avec succès sur la lentille (Úlugag et al., 1998), le tabac et le tournesol (Ozge et al., 1998). Il est recommandé en Turquie sur ces trois dernières cultures (Ozge, 1999). Ainsi, l'objectif de ce travail est de vérifier l'efficacité de la technique adoptée dans certaines régions du Maroc consistant en l'apport du glyphosate en deux et trois applications ainsi que celle de l'imazapic dans le contrôle de l'orobanche dans la fève et la lentille.

## Matériel et méthodes

Les essais ont été conduits durant les campagnes agricoles 1998-1999 et 1999/2000 en pots de 6 kg, au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès au Maroc. Les pots ont été remplis par le sol provenant d'une parcelle, caractérisée par un sol argilo-limoneux, bien pourvu en matière organique (3,08 %) et un pH de 7,5. L'infestation des pots par l'orobanche (900 graines par kg de sol, soit environ 5400 à 6000 grains/pot) a été faite manuellement sur la base du poids de 1000 grains, d'environ 3,5 mg (Lopez-Granados et Garcia-Torres, 1989). Les graines d'orobanche ont été soigneusement mélangées au sol en même temps qu'un apport d'engrais de 0,30 g/pot d'azote (sous forme d'urée 46%), de 0,6 g/pot de phosphore (sous forme de superphosphate triple 45%) et de 0,6 g/pot de potassium (sous forme de sulfate de potasse 48 %). Cinq grains de lentille (variété L56) ou trois graines de fève (variété Aguadulce) ont été semés le 19 octobre 1998 et le 21 octobre 1999. Les pots ont été rangés en blocs aléatoires complets à 5 répétitions ; chaque bloc comportait aussi un témoin non infesté (TNI) et un autre infesté (Ti), mais non traités aux herbicides. Tous les pots ont été irrigués en cas de besoin. Une infestation des deux cultures par les pucerons a nécessité l'intervention par le Méthomyl 20 à la dose de 40 g.m.a./l ainsi que par le Mancozèbe à la dose de 36 g.m.a./l contre le botrytis sur la fève (*Botrytis fabae*).

Les herbicides utilisés sont l'imazapic "2-[4,5- dihydro-4-méthyl-4- (1-méthylethyl)-5-oxo-1h-imidazol-2-yl]-5-méthyl-3-pyridine" et le glyphosate " N-(phosphonométhyl) glycine " (Tableau 1). Les traitements ont été réalisés au moyen d'un pulvérisateur à dos réglé à une pression constante, équipé d'une buse à jet plat et délivrant une bouillie de 500 l/ha.

**Tableau 1.** Herbicides et doses appliquées pour la lutte contre l'orobanche dans la fève et la lentille en pots.

Culture	Herbicides	doses (g.m.a./ha)
Fève	Glyphosate	60+60+ 60 *
	(produit commercial: Round up)	60+60 **
	Imazapic	5 + 5 **
	(produit commercial: Oraban)	10 + 0 ** 10 + 10 **
lentille	glyphosate	60+ 60+ 60
		60+ 60
	imazapic	5 + 5
		10 + 0 10 + 10

\* la première application est faite au stade début floraison des cultures (5 à 10 %) sans tenir compte du stade que pourrait avoir l'orobanche dans le sol. La 2ème et 3ème application sont faites 15 et 30 jours après le premier traitement.

\*\* la première application est faite au stade formation des tubercules d'orobanche au niveau des racines observées sur des pots témoins préparés à cette fin. La 2ème application est faite 15 jours après le premier traitement.

L'efficacité des herbicides a été évaluée à la récolte des cultures par le nombre de tiges et de tubercules d'orobanche et par leur matière sèche. Cette dernière est obtenue par passage à l'étuve

à 70°C pendant 48 h. L'efficacité a été exprimée en pourcentage de réduction du nombre ou de la matière sèche de l'orobanche par pot de fève ou de lentille par rapport au témoin infesté. Les valeurs de l'efficacité obtenues ont été jugées selon l'échelle suivante: 95-100 %: très bonne efficacité; 80-95 %: bonne efficacité; 60-80 %: efficacité moyenne; 40-60 %: efficacité faible; < 40 %: efficacité sans intérêt pratique.

Les observations ont aussi porté sur la matière sèche aérienne et le rendement grain par pot de la culture. Les résultats ont été soumis à l'analyse de variances. Les moyennes ont été comparées selon le test de Newman et Keuls à une probabilité de 5 %.

La phytotoxicité des herbicides sur les plantes a été réalisée selon une échelle allant de 0 à 10, où 0 indique une phytotoxicité nulle; 1 à 3: légère phytotoxicité; 4 à 6: phytotoxicité modérée; 7 à 9: sévère phytotoxicité et 10: mort de la plante. La phytotoxicité a été évaluée visuellement 15 jours après chaque traitement.

## Résultats et discussion

### Fève

#### Infestation par l'orobanche

L'orobanche a fortement infesté les pots témoins avec une moyenne de 19 tiges par pot de fève en 1998/99 et 14 tiges en 1999/2000. Un maximum de 61 tiges par pot est atteint à la récolte en 1998/99.

L'emploi de l'imazapic dans la fève a efficacement contrôlé l'émergence des tiges d'orobanche durant les deux campagnes. Cette efficacité a été de 90 et 95 % pour une et deux applications de 10 g.m.a./ha, respectivement et 82 % pour la dose de 5+5 g.m.a./ha en 1998/99. Elle a également été de 86; 100 et 64 % pour les trois traitements respectifs en 1999/2000 (Tableau 2). L'efficacité du glyphosate sur l'orobanche a été de 86 et 94 % dans la fève après deux et trois apports de 60 g.m.a./ha en 1998/99, respectivement et de 79 et 91 % en 1999/2000. Cette dose de 60 + 60 g.m.a./ha a permis la réduction de l'infestation dans la fève dans les parcelles d'agriculteurs de 80 à 99 % dans cinq sites au Maroc (El idrissi et al., 1996) et 97 % dans deux sites en Espagne (Ramirez Ortega et al., 1992). De même que Nadal et al. (2001) ont constaté que l'émergence de l'orobanche dans la fève décroît en augmentant la dose dans chaque apport du glyphosate, de 60 à 201 g.m.a./ha en deux applications. Elle s'annule complètement avec deux apports de 336 g.m.a./ha chacun.

Le nombre de tubercules d'orobanche ou de bourgeons non émergés a été significativement réduit par l'emploi des herbicides. Le glyphosate en trois applications de 60 g.m.a./ha chacune et l'imazapic en deux applications de 10 g.m.a./ha chacune ont permis une réduction de 92 et 94 % des tubercules en 1998/99 et de 84 à 95 % en 1999/2000 dans les pots de fève. L'imazapic 10+0 g.m.a./ha, a eu le même effet que le glyphosate 60+60 g.m.a./ha sur ces tubercules. La matière sèche totale d'orobanche par pot de fève a sensiblement suivi la même tendance que le nombre de tubercules. Dans cette culture, plus de 70 % des tubercules étaient noirs ou nécrosés sous l'effet des herbicides.

Les herbicides utilisés n'ont cependant pas pu contrôler complètement le développement de l'orobanche malgré les doses utilisées qui sont relativement fortes.

**Tableau 2.** Effet des traitements herbicides sur le nombre et la matière sèche des tiges et des tubercules d'orobanche par pot de fève à sa récolte

traitements	Tiges d'orobanche											
	Matière sèche totale (1)						tubercules					
	1998/1999		1999/2000		1998/1999		1999/2000		1998/1999		1999/2000	
g/pot	%	g/pot	%	Nombre	% <sup>(2)</sup>	Par pot	Par pot	Nombre	%	Par pot	Par pot	
glyphosate 60+60 i	3 b <sup>(3)</sup>		86		3 c		79		64		8 b	
58	25 b	36	13 c	51								
glyphosate 60+60+60	1 c		94		1 d		91		79		2 d	
89	3 c	91	2 d	91								
imazapic 5+5	3 b		82		5 b		64		66		2 d	
89	22 b	42	18 b	31								
imazapic 10+0	2 bc		90		2 cd		86		70		5 c	
76	13 bc	68	10 cd	62								
imazapic 10+10	1 c		95		0 e		100		84		2 d	
89	6 c	84	1 e	96								
TI (ii)	19 a		-		14 a		-		24 a		19 a	
-	39 a	-	27 a	-								

i : dose appliquée en g.m.a./ha, ii: traitement infesté

1 : matière sèche totale des tiges et des tubercules ou bourgeons d'orobanche/ pot de fève

2 : pourcent par rapport au traitement de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha)

3 : Les chiffres d'une même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman et Keuls

à un niveau de probabilité de 5 %.

4 : Erreur standard

## Impact des traitements herbicides sur la culture de fève

### Matière sèche aérienne

L'imazapic (10+10 ou 10+0 g.m.a./ha) a permis la production de la même quantité de matière sèche aérienne que le glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha de fève durant les deux campagnes. La quantité produite par les traitements à l'imazapic a ainsi représenté 139 à 158 % en 1998/99 et 112 à 116 % en 1999/2000 celles produites par l'herbicide de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha) durant ces deux campagnes. La dose de 5+5 g.m.a./ha, moins performante, a cependant amélioré de 177 et 176 % la production de la matière sèche aérienne des témoins infestés en 1998/99 et 1999/2000 respectivement.

Le traitement au glyphosate en trois apports de 60 g.m.a./ha a permis la production de la même quantité de matière sèche que le témoin non infesté durant les deux campagnes malgré la légère phytotoxicité observée sur les plantes. Cette production a représenté 122 et 113 % celle du traitement classique au glyphosate (60+60 g.m.a./ha) en 1998/99 et 1999/2000 respectivement (Tableau 4)

### Rendement grain

Les meilleurs rendements grains produits par les pots de fève sont ceux réalisés avec les traitements à l'imazapic 10+10 et au glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha. Ces rendements ont été de 42 et 36 g/pot en 1998/99 et 38 et 36 g/pot en 1999/2000. Ils ont représenté 181 et 155 % celui produit par le témoin non infesté (TNI) en 1998/99 et 135 et 129 % en 1999/2000 respectivement. Ramirez-Ortega et al (1992) ont également obtenu un rendement grain de la fève équivalent à 100 et 120 % celui du témoin non infesté par l'emploi du glyphosate à 60 et 120 g.m.a./ha respectivement. L'imazapic 10+0 ou 5+5 g.m.a./ha a permis un rendement significativement égal au traitement de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha) durant les deux campagnes. Le rendement du témoin infesté a été nul à très faible (Tableau 4).

Il s'avère donc que l'imazapic à 10 +10 ou 10 +0 g.m.a./ha et le glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha peuvent être utilisés efficacement contre l'orobanche dans la fève, particulièrement pour les fortes infestations et les semis précoces.

### Phytotoxicité des herbicides sur la culture de fève

Les symptômes de phytotoxicité sur la fève ont été plus visibles dans les pots traités avec le glyphosate 60+60+60 et l'imazapic 10+10 g.m.a./ha (Tableau 4). Cette phytotoxicité a été caractérisée par des chloroses et l'enroulement de l'apex foliaire. Néanmoins, elle a été négligeable à très légère dans son ensemble. Mesa-Garcia et al. (1984) rapportent en effet que la phytotoxicité dans la fève due au glyphosate est surtout observée à une dose élevée (360 g.m.a./ha). Nadal et al.(2001) ont également constaté l'absence de phytotoxicité sur la fève (variété Retaca) par le glyphosate utilisé en deux apports de 60 à 201 g.m.a./ha chacun. Ramirez-Ortega et al.(1992) ont par contre constaté une phytotoxicité dans la fève allant de 27 à 35 % (sur une échelle de 0 à 100) par l'emploi de 120 g.m.a./ha de glyphosate.lentille

## Infestation des pots par l'orobanche

L'infestation des pots témoins de lentille par l'orobanche a été légèrement moins importante que celle des pots de fève. Elle a été de 13 et 10 tiges par pot en moyenne en 1998/99 et 1999/2000, respectivement. Un maximum de 28 tiges par pot a été atteint à la récolte dans les pots de lentille en 1998/99.

L'imazapic a contrôlé efficacement l'émergence des tiges d'orobanche dans la lentille durant les deux campagnes (Tableau 3). Son efficacité a été de 92 et 100 % pour les doses de 5 et 10 g.m.a./ha, respectivement en 1998/99 et 90 à 100 % en 1999/2000. Ozge et al.(1998) ont rapporté que ce produit a totalement contrôlé l'orobanche dans le tournesol avec deux traitements à 2,5 g.m.a./ha et dans le tabac avec trois applications de 10 g.m.a./ha. L'efficacité du glyphosate a été évaluée à 87 et à 89 % pour deux et trois apports respectifs de 60 g.m.a./ha en 1998/99. Elle a été en 1999/2000 de 88 et 100 %. Arjona-Berral et al.(1988) ont également rapporté un taux de réduction de l'orobanche de 75 à 80 % dans la lentille avec l'emploi du glyphosate à la dose de 60+60 g.m.a./ha.

D'autre part, quelque soit la dose des deux herbicides appliqués, le nombre de tubercules d'orobanche ou de bourgeons non émergés a été significativement réduit. Ainsi, le glyphosate 60+60 ou l'imazapic 5+5 ou 10+0 g.m.a./ha ont réduit le nombre de tubercules d'orobanche par pot par 64 à 70 % par rapport au témoin infesté en 1998/99 et par 58 à 76 % en 1999/2000. Ce taux s'élève de 79 à 89 % pour les applications du glyphosate 60+60+60 ou l'imazapic 10+10 g.m.a./ha durant les deux campagnes. La matière sèche totale d'orobanche n'était pas par contre significativement différente entre les traitements à l'imazapic 10+10 g.m.a./ha et le glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha. De même que pour la fève, 73 % des tubercules présents dans les pots de lentille traités, étaient noires ou nécrosés sous l'effet des herbicides.

Les herbicides utilisés n'ont cependant pas pu contrôler complètement le développement de l'orobanche malgré les doses utilisées qui sont relativement fortes. Garcia-Torres et Lopez-Granados (1991) ont également noté que d'une façon générale, l'efficacité des traitements est largement dépendante de la durée et de l'importance de l'infestation par l'orobanche. Nos essais ont, en effet, été semés relativement tôt ce qui a abouti à un allongement de la durée d'infestation par l'orobanche. De même que le taux d'inoculation des pots par les semences d'orobanche lors de l'installation a été jugé assez élevé, ce qui a abouti à une forte infestation des pots. Dans ces conditions, la translocation du glyphosate dans la plante n'augmente pas en conséquence, et la quantité transloquée est distribuée au grand nombre de parasites attachés. L'accumulation de l'herbicide dans chaque parasite est ainsi faible et son efficacité sera moindre (Sauerborn et al., 1989).

**Tableau 3.** Effet des traitements herbicides sur le nombre et la matière sèche des tiges et des tubercules d'orobanche par pot de lentille à sa récolte

traitements	Tiges d'orobanche				tubercules				Matière sèche totale (1)			
	1998/1999		1999/2000		1998/1999		1999/2000		1998/1999		1999/2000	
	Nombre Par pot	% <sup>(2)</sup>	Nombre Par pot	%	Nombre Par pot	% <sup>(3)</sup>	Nombre Par pot	%	g/pot	%	g/pot	%
glyphosate 60+60 i	2 b <sup>(3)</sup>	87	1b	79	9 b	64	8 b	58	25 b	36	13 c	51
glyphosate 60+60+60	1b	89	1d	91	5 c	79	2 d	89	3 c	91	2 d	91
imazapic 5+5	1 bc	92	5 b	64	8 b	66	2 d	89	22 b	42	18 b	31
imazapic 10+0	0 d	100	2 cd	86	7 b	70	5 c	76	13 bc	68	10 cd	62
imazapic 10+10	0d	100	0 c	100	4 c	84	2 d	89	6 c	84	1 e	96
TI (ii)	13 a	-	14 a	-	24 a	-	19 a	-	39 a	-	27 a	-
ES <sup>4</sup>	0,29		2,54		0,33		9,17		1,86		8,60	

i : dose appliquée en g.m.a./ha, ii: traitement infesté

1 : matière sèche totale des tiges et des tubercules ou bourgeons d'orobanche/ pot de fève

2 : pourcent par rapport au traitement de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha)

3 : Les chiffres d'une même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman et Keuls à un niveau de probabilité de 5 %.

4 : Erreur standard

**Tableau 4:** Phytotoxicité et effets des traitements herbicides sur la matière sèche aérienne et le rendement grain par pot de fève

Traitements (g.m.a./ha)	Phytotoxicité		Matière sèche aérienne				Rendement grain					
	1998/99		1999/2000		1998/99		1999/2000		1998/99		1999/2000	
			g/pot	% <sup>1</sup>	g/pot	%	g/pot	%	g/pot	%	g/pot	%
glyphosate 60+60 i	1-2		1-2	35 b(2)	-	45 b	-	18 b	-	28 b	-	
glyphosate 60+60+60	2-3		1-2	43 a	122	51 a	113	36a	200	36 a	130	
imazapic 5+5	0		0	34 b	96	29 c	65	17 b	96	26 b	93	
imazapic 10+0	1		1	49 a	139	52 a	116	20 b	111	23 bc	81	
imazapic 10+10	1-2		2-3	56 a	158	51 ab	112	42 a	233	38 a	136	
TNI (ii)	-		-	50 a	142	54 a	119	23 ab	129	28 b	101	
TI (iii)	-		-	19 c	53	17 d	37	0 c	0	7 c	25	
E.S (3)	-		-	10,2	-	7,3	-	9,6	-	10,3	-	

i : dose appliquée en g.m.a./ha, ii: traitement non infesté, iii: traitement infesté.

1: pourcent par rapport au traitement de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha)

2: Les chiffres d'une même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman et Keuls à un niveau de probabilité de 5 %.

3: Erreur standard

## Impact des traitements herbicides sur la culture de lentille

### Matière sèche aérienne

La production de la matière sèche aérienne de lentille dans le témoin infesté n'a représenté que 50 à 51 % de celle des témoins propres respectifs en 1998/99 et 1999/2000 (Tableau 5). Celle produite par les pots traités avec l'imazapic 10+10, 10+0 et 5+5 g.m.a./ha a respectivement représenté 169; 224 et 109 % de celle produite par les pots traités au glyphosate 60+60 g/ha en 1998/99 et 117; 142 et 86 % en 1999-2000. L'utilisation du glyphosate en trois apports a été également meilleure que son utilisation en deux apports (162 et 120 % pour les deux campagnes respectivement). Ce dernier a permis la production de la même quantité de matière sèche par pot que l'imazapic 5+5. L'imazapic, particulièrement à la dose de 10 ou 10+10 g.m.a./ha, a été donc plus efficace contre l'orobanche dans la lentille que la fève.

### Rendement grain

L'emploi de l'imazapic à la dose de 10+10 ou 10+0 g.m.a./ha a engendré le meilleur rendement grain de lentille pour les deux campagnes. L'application de cet herbicide à la dose de 5+5 a permis l'obtention d'un rendement grain significativement égal à celui obtenu par le traitement au glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha. Le traitement de référence a permis une production égale au témoin non infesté (Tableau 5), mais inférieure à celle des autres traitements. Khalil et al. (2001) ont proposé un paquet technologique incluant l'imazapic 5+5 g.m.a./ha. Ce paquet a été développé à l'ICARDA et confirmé sur une grande échelle en Syrie et en Egypte pour la lutte contre l'orobanche dans la lentille. D'autre part, Arjona-Berral et Garcia-Torres (1983) ont rapporté que l'application du glyphosate à 40 g.m.a./ha en un ou deux apports a produit des effets positifs sur la lentille non infestée par l'orobanche. Il a ainsi engendré l'augmentation de rendement grain de l'ordre de 107 à 153 % par rapport au traitement non traité. L'imazapic à 10 +10 ou 10 +0 g.m.a./ha et le glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha peuvent ainsi être utilisés efficacement contre l'orobanche dans la lentille, particulièrement pour les fortes infestations et les semis précoces. La dose de 10 g.m.a./ha en un seul apport de cet herbicide semble être plus rentable dans la lentille que 10+10 g.m.a./ha, étant donnée la faible différence de rendement engendré par les deux.

### Phytotoxicité des herbicides sur la culture de lentille

La phytotoxicité des herbicides sur la culture de lentille a été plus marquée dans les pots traités au glyphosate 60+60+60 g.m.a./ha et à l'imazapic 10+10 g.m.a./ha que dans le cas des autres doses appliquées (Tableau 5). A l'instar de la fève, cette phytotoxicité a été caractérisée par des chloroses et l'enroulement de l'apex foliaire mais elle a été négligeable à très légère dans son ensemble. Ceci est en accord avec les résultats d'Arjona-Berral et al. (1988).

**Tableau 5.** Phytotoxicité et effets des traitements herbicides sur la matière sèche aérienne et le rendement grain par pot de lentille.

Traitement	Phytotoxicité		Matière sèche aérienne			Rendement grain		
	1998/99	1999/2000	1998/99	1999/2000	1998/99	1999/2000	1998/99	1999/2000
			g/pot	% (1)	g/pot	%	g/pot	%
glyphosate 60+60 i	2-3	1	12bc	-	22 bc	-	6 c	8 c
glyphosate 60+60+60	3	2-3	20 ab	162	26 ab	120	9 b	136
imazapic 5+5	0	0	13 bc	109	19 c	86	8 b	130
imazapic 10+0	1	1-2	27 a	224	31 a	142	10 ab	163
imazapic 10+10	1-2	2-3	21 ab	169	25 ab	117	14 a	217
TNI (ii)	-	-	22 ab	177	25 b	113	6 c	100
TI (iii)	-	-	11 c	89	12 d	57	0 d	2
E.S (4)	-	-	11,2	-	6,2	-	8,7	10,1

i: dose appliquée en g.m.a./ha, ii: traitement infesté, iii: traitement non infesté.

1: pourcent par rapport au traitement de référence (glyphosate 60+60 g.m.a./ha)

2: Les chiffres d'une même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman et Keuls à un niveau de probabilité de 5 %.

3: Erreur standard

## Conclusion

L'imazapic et le glyphosate ont été faiblement à très légèrement phytotoxiques aux doses élevées vis à vis de la fève et de la lentille.

L'imazapic utilisé à 10+0 g.m.a./ha a présenté une bonne efficacité contre l'orobanche dans la fève et la lentille. Son emploi à 10+10 g.m.a./ha a été par contre très efficace contre l'orobanche dans la lentille, comparable à celle du glyphosate utilisé à la dose de 60 g.m.a./ha en trois applications. Le glyphosate semble être plus efficace dans la fève alors que l'imazapic a été plus efficace dans la lentille.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Cyanamid Co. pour la mise à notre disposition d'un échantillon de l'imazapic pour nos essais, comme ils remercient Driss Belarbi qui a aidé à la réalisation de ces essais. Nos remerciements vont également au Dr Meskine pour la lecture du manuscrit.

## Références bibliographiques

- Aber M., 1983. Orobanche crenata Forsk. distribution et dégâts au Maroc. Compte rendu de 12ème Conf. du COLUMA, Tome I: 187-194.
- Aber M., 1984. Les orobanches: distribution, dégâts et modalité de lutte. Pages: 284-291. In Proceeding of the 3rd Symp. on Weed Problems in the Mediterranean Area, EWRS.
- Arjona-Berral L. et L. Garcia-Torres., 1983. Broomrape control in lentils with glyphosate. Lens Newsletter, 10 (2): 20-22.
- Arjona-Berral L., J. Mesa-Garcia et L. Garcia-Torres., 1988. Herbicide control of broomrape in peas and lentils. FAO Plant Prot. Bull. 36 (4): 175-178.
- Bouhattous B., 1987. Broomrape parasitism : Situation and perspectives in Morocco. Pages: 198-219. In Kamal M., M. B. Solh et M. C. Saxena (eds) Légumineuses alimentaires au Maroc, Proceeding du séminaire du 7 au 9 avril 1978 à Settat. INRA/ICARDA.
- Chahid Y., 2002. Essais de lutte chimique contre l'orobanche sur fève, petit pois et lentille et diagnostic de l'état actuel sur le terrain. Mémoire de 3ème cycle, ENA, Meknès.
- El Antri M., 1999. Utilisation du glyphosate et de l'imazaquin pour la lutte contre l'orobanche des fèves (Orobanche crenata Forsk.). Pages: 29-35. In Proceeding de la Journée Nationale sur les Plantes Parasites, AMM, Meknès, Maroc.
- El idrissi R.M., M. Oufkir et M. Ouammou, 1996. Suivi et évaluation de la lutte chimique au glyphosate sur fève. in Journée de présentation des résultats du projet. DPV/ GTZ, Projet ACLA: 51-55.

- El idrissi R.M., 1998. Les acquis de la Recherche Développement en matière de contrôle de l'orobanche sur fève dans les régions du Saïs et Zaer. Mémoire pour l'obtention du grade d'ingénieur en chef /INRA: 6 p.
- El Mir M., A. El Harti , R. El Mezroui et Y. Berri., 1998. Analyse de l'évolution des prix des légumineuses alimentaires depuis 1960 en relation avec les niveaux de production et les orientations du MAMVA. Pages: 1-32. In Commercialisation des légumineuses alimentaires au Maroc. O.N.I.C.L/ DPV- GTZ. Rabat.
- Fadli M., 1989. Contribution à la lutte contre l'orobanche des légumineuses (*Orobanche crenata* Forsk.). Mémoire de l'ENA, Meknès.
- Garcia-Torres L. et F. Lopez-Granados., 1991. Control of broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) in broad bean (*Vicia faba* L.) with imidazolinones and other herbicides. *Weed Research*, 31: 227-235.
- Garcia-Torres L., F. Romero-Munoz et J.Mesa-Garcia., 1987. Agronomic problems and chemical control of broomrape (*Orobanche* spp.) in Spain, a studies review. Pages: 241-248. In Proc. of the 4th International Symposium on Parasitic Flowering Plants, Marburg, Germany.
- Geipert S., 1995. Ökonomie integrierter Anbauverfahren von Ackerbohne (*Vicia faba* L.) zur Kontrolle von *Orobanche crenata*. Internal. Report, supra-regional GTZ project "Ecology and Management of Parasitic Weeds". University of Hohenheim, Germany.
- Geipert S., 1999. Efficacité et évaluation économique des mesures de lutte contre *O. crenata* dans la culture des fèves et développement d'un modèle de simulation pour l'évaluation des mesures à long terme. In Klein O. et Kroschel J. (ed). Rapport final d'activités du projet supra-régional Ecologie et Gestion des Plantes Parasites 1992-1999. Description du Projet, résumé des activités, recommandations et liste de publications. Projet supra-régional Ecologie et Gestion des Plantes Parasites. Fès, Maroc:18-22.
- Geipert S., J. Kroschel et J. Sauerborn., 1996. Distribution and economic importance of *Orobanche crenata* in faba bean production of Morocco: 113-120. In Bertenbreiter W. et M. Sadiki (eds.) Rehabilitation of Faba bean. Actes Editions, Rabat, Morocco.
- Habib A., 1997. Lutte chimique contre l'orobanche chez la fève dans la région de Taounate. In Journée de présentation des résultats du projet 1996/97. MARA-GTZ projet 'Amélioration de la Culture des Légumineuses Alimentaires' (ACLA). p: 106.
- Hai H., 1998. Lutte chimique contre l'orobanche sur fève: 92-93. In Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes / GTZ-ACLA (eds), Journées de présentation des résultats du projet, octobre 1997.
- Janati A., 1976. Orobanche des légumineuses alimentaires: 83-85. In Maladies et ravageurs des plantes cultivées au Maroc. Tome 1, MARA/ DRA- Rabat.
- Khalil S., M. A. El Borai, A. Sarker, B. Bayaa, W. Erskine et R.S Malhotra., 2001. Controlling orobanche in faba bean and lentil. In symposium of LEGUMED, Grain Legumes in the Mediterranean Agriculture, IAV Hassan II, Rabat, Morocco. (abstracts).
- Kharrat M., 1999. Orobanche research activities on faba bean in Tunisia. Pages: 77-81. In Junta de Andalucía /Espagne (eds) Resistance to Orobanche: The state of art. Congressos y Jornadas 51/99.
- Lahyayni A., 1996. Approche des connaissances, attitude et pratiques des agriculteurs, vulgarisateurs et chercheurs: Cas de la stratégie de lutte chimique contre l'orobanche dans la région du Saïs . Mémoire de 3ème cycle de l'ENA, option vulgarisation agricole. 160 p.
- Lelièvre F. et J. Rebillard., 1978. Analyses de rendements de la fève pendant deux campagnes dans la région de Meknès. *Homme, Terre et Eaux*, 28: 29-40.

- Lopez-Granados F. et L. Garcia-Torres., 1989. Estimation of *Orobanche crenata* seeds production. Pages: 92-98. In Wegmann et Musselman (eds). Progress in Orobanche Research, Proceeding of the International Workshop on Orobanche Research. Obermarchtal, FRG.
- Mesa-Garcia J., A. De Haro et L. Garcia-Torres., 1984. Phytotoxicity and yield response of broad bean (*Vicia faba*) to glyphosate. *Weed Sciences*, 32: 445-450.
- Nadal S., D. Rubiales, M.T. Moreno et J.T. Cubero., 2001. "Retaca", a faba bean cultivar for green pod consumption of determinate growth habit that escape from broomrape attack and tolerate higher glyphosate doses. p: 292. in A. Fer, P. Thalouarn, D.M. Joel, L.J. Musselman, C. Parker et J.A.C. Verkleij (eds) Proceedings of the 7th Intern. Parasitic Weeds Symp. Nantes, France.
- Özge N., 1999. Oraban 10 SL. New and unique control of orobanche. Cyanamid Turk. 10 pages.
- Özge N., H. N. Mehmrt, H. Büyük et S. Dag., 1998. Investigations on the effect of imazapic on broomrape (*Orobanche* spp.) in sunflower and tobacco fields. Page: 269. In Y. Nemli et H. Demirkan (edt), Türkiye II. Herboloji Kongresi, Izmir & Ayvalik, 1997. Ege üniversitesi Basimeci, Bornova-Izmir. (abstract).
- Parker C., 1986. Scope of agronomic problems caused by *Orobanche*. Pages: 11-17. In : Proc. of the workshop on Biology and Control of *Orobanche*. LH/VPO : 11-17. Wageningen, The Netherlands.
- Ramirez-Ortega R., F. Lopez-Granados et L. Garcia-Torres., 1992. Enhancement effect of N, P and K on glyphosate for Broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) control in faba bean (*Vicia faba* L.). *Fabis Newsletter*, 31: 37-39.
- Rubiales D., 2001. Parasitic plants: an increasing threat. "Grain Legumes". N°33, 3rd quarter. P: 10.
- Saffour K., M. Bouhache et D. Bouya., 1999. Evolution de l'infestation des champs par l'orobanche et pertes de rendement de la fève au Maroc. Pages: 123-133. In 2ème Symposium Régional sur les Maladies des Céréales et des Légumineuses Alimentaires, PNUD. Tunis.
- Sauerborn J., 1991. Parasitic Flowering Plants: Ecology and Management. Weikersheim, Germany: Josef Margraf. 132 p.
- Sauerborn J., M. Saxena et A. Meyer, 1989. Broomrape control in faba bean (*Vicia faba* L.) with glyphosate and imazaquin. *Weed Research*. 29 : 97-102.
- Schmitt U., 1979. Distribution and importance of *Orobanche crenata* on broad beans in Morocco. p: 103-108. In Musselman, L.J. et al. (eds) Proc. 2nd Intern. Symp. on Parasitic Weeds, North Carolina State Univ., Raleigh, USA.
- Schmitt U. M., K. Schlüter et P. A. Boorsma., 1978. Lutte chimique contre *Orobanche crenata* sur fève: Réalisation d'une technique efficace, pratique et économique. *Bull. de la Prot. des Cult.* 5: 3-9.
- Ulugag A., H. Buyuk et S. Dag, 1998. Weed control trials with imazethapyr and imazapic in lentil (*Lens culinaris*) in the southeastern Anatolian region of Turkey, page 9. In Weed Science Society Of America (Abstracts).
- Zahran M.K., T. Ibrahim, F.M. Farag et M.A. Korollos, 1980. Chemical control of *Orobanche crenata* in *Vicia faba*. *Fabis Newsletter*, 2: 47- 49.
- Zemrag A., 1994. Orobanche problem and management in Morocco. p: 635-638. in A.H.Pieterse, J.A.C. Verkleij and S.G. ter Borg, Biology and management of orobanche, Proceeding of the Third International Workshop on Orobanche and related Striga research. Amsterdam, The Netherlands, Royal Tropical Institute.

Zemrag A., 1996 a. Lutte intégrée contre l'orobanche dans la culture des fèves 10ème Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes, Dijon, France.

Zemrag A., 1996 b. Prospection sur l'orobanche des légumineuses alimentaires au Maroc. Pages: 57-61. In Symposium Régional sur les Maladies des Céréales et des Légumineuses. Projet Maghrébin PNUD/RAB/91/007, Maroc.