

Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach (Alger)
Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques
Département : Phytotechnie
Option : Phytopathologie

***Étude de la relation entre la diversité
génétique et le pouvoir pathogène chez
quelques écotypes d'Orobanche crenata
Forskall***

Présenté par :

Mme Medjani - Tebbakh Hassina

Directeur de thèse : M^r BOUZNAD Z. Professeur. ENSA El Harrach
28-06-2012

Jury Président: M^r. ABDELKRIM H. Professeur. ENSA El Harrach Examineurs: M^r HADJ MILOUD
D. Chargé de cours. ENSA. El Harrach M^{me} LOUANCHI M. Maître de conférences. ENSA. El Harrach

Table des matières

Résumé ..	5
Abstract ..	6
ص خ لم ..	7
INTRODUCTION ..	8
1- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ..	10
1-1- Description botanique de l'Orobanche crenata ..	10
1-1-1- L'appareil végétatif ..	10
1-1-2- L'appareil reproducteur ..	10
1-1-3- La graine ..	10
1-2- Taxonomie ..	11
1-3- Cycle biologique de l'Orobanche ..	11
1-3-1- La germination ..	12
1-3-2- La fixation ..	13
1-3-3- La pénétration ..	13
1-3-4- Le stade tubercule ..	13
1-3-5- Le Stade bourgeon ..	14
1-3-6- L'émergence ..	14
1-4- Répartition géographique d'O. Crenata ..	14
1-4-1- Dans le monde ..	14
1-4-2- En Algérie ..	15
1-5- Gamme d'hôtes d'O. crenata ..	15
1-6- Méthodes de lutte ..	16
1-6-1- Mesures visant à réduire le stock de graines dans le sol ..	16
1-6-2- Méthodes limitant l'augmentation de l'infestation ..	17
1-7- Variabilité chez O. crenata ..	19
1-7-1- Le polymorphisme génétique ..	19
1-7-2- Agressivité et virulence ..	19
1-7-3- Morphologie ..	20
2- MATERIEL ET METHODES ..	21
2-1- Provenance du matériel végétal ..	21
2-1-1- Les graines d'Orobanche ..	21
2-1-2- Les graines de légumineuses ..	21
2-2- Méthodes d'étude ..	21
2-2-1- Test de viabilité des graines d'Orobanche ..	21
2-2-2- Test de germination des graines d'Orobanche ..	22
2-2-3- Inoculation artificielle en pots ..	23
2-2-4- Essai en plein champ ..	24
2-3- Analyse statistique des résultats ..	25
3- Resultats et discussion ..	26
3-1- Présentation de la plante parasite ..	26

3-2- Taux de viabilité des graines d'Orobanche . . .	31
3-3- Taux de germination des graines . . .	31
3-3-1- Germination au GR 24 . . .	31
3-3-2- Germination des graines d'Orobanche <i>in vitro</i> en présence des racines de plantules de lentille . . .	33
3-4- Essai en pot . . .	36
3-4-1- Nombre d'Orobanches émergées par pot . . .	37
3-4-2- Nombre d'attachements sur le système racinaire . . .	37
3-4-3- Poids sec total d'Orobanche par pot . . .	37
3-4-4- Hauteur des plantes hôtes . . .	37
3-4-5- Poids sec des plantes hôtes . . .	39
3-4-6- La couleur de l'orobanche . . .	41
3-5- Essai en plein champ . . .	43
3-5-1- Nombre d'Orobanches par plant . . .	44
3-5-2- Poids sec d'Orobanche par plant . . .	44
3-6- Discussion . . .	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . .	51
ANNEXES . . .	57
Annexe 1 : analyse statistique des résultats des essais au laboratoire . . .	57
Annexe 2 : analyse statistique des résultats de l'essai de l'inoculation artificielle en pot. . .	57
Annexe 3 : analyse statistique des résultats de l'essai en plein champ . . .	63
Annexe 4 : champ infesté par O : crenata à El Eulma (wilaya de Setif). . .	65

Résumé

Parmi les *Orobanchaceae*, phanérogames holoparasites des dicotylédones, *Orobanche crenata* occasionne des dégâts de plus en plus importants sur les cultures de légumineuses. Afin de limiter ces dégâts, la connaissance de la diversité génétique de ce parasite est nécessaire.

La présente étude s'est intéressée à la différence de couleur existante chez ce parasite dans les parcelles infestées de l'ENSA. L'objectif principal de cette étude est de comparer deux types d'*Orobanche crenata*, l'une blanche et l'autre violette, du point de vue biologie et parasitisme.

Le second objectif, est de connaître l'origine de cette diversité de couleur existant au sein de la même espèce. A cet effet, une série d'expérimentations été réalisées *in vitro* et *in vivo*.

Les essais au laboratoire ainsi que l'infestation artificielle en pots, montrent que les différents types de graines testés ont réagi de la même façon à l'égard des trois espèces de légumineuses hôtes utilisées dans cette étude.

L'essai en plein champs nous a permis de constater que l'orobanche violette est plus fréquente que la blanche.

L'ensemble des résultats nous mène à conclure que la diversité de couleur chez *O. crenata* est d'origine génétique ; elle ne résulte pas de l'influence de l'hôte ou de l'environnement.

Mots clés : *Orobanche crenata*, plante parasite, diversité génétique, diversité de couleur, *Orobanche crenata* blanche, *Orobanche crenata* violette, légumineuses, parasitisme.

Abstract

Among *Orobanchaceae* which are obligate parasitic weeds attacking Dicotyledons, *Orobanche crenata* causes increasing damages in legume crops. To limit this damage, knowledge of the genetic diversity of this parasite is required. This study looked at the color difference which exists in this parasite in infested fields of ENSA.

The main objective of this study is to compare two types of *Orobanche crenata*, one white and one purple, from the perspective of biology and parasitism. The second objective is to know the origin of this diversity of color that exists within the same species. For this purpose, a series of experiments was conducted *in vitro* and *in vivo*.

Laboratory testing and the artificial infestation in pots show that different types of seeds tested have reacted the same way against three legumes hosts used in this study. The field test shows that the purple broomrape is more common than the white.

All of the results lead us to conclude that the diversity of colors in *O. crenata* is genetic; it does not result from the influence of the host or the environment.

Key words: *Orobanche crenata*, parasitic plant, genetic diversity, diversity of color, white *Orobanche crenata*, purple *Orobanche crenata*, legumes, parasitism.

ص خ لم

من بين النباتات المتطفلة كلياً التي تنتمي إلى عائلة *Orobanchaceae*، الهالوك أو جعجيل الغول *O. Crenata* بسبب أضرار كبيرة على محاصيل البقوليات. للحد من أضرار هذا الأخير، معرفة الاختلافات الجينية الموجودة عند هذا الصنف من النباتات الطفيلية ضروري.

اهتمت هذه الدراسة بالاختلاف في اللون الموجود لدى هذا النبات الطفيلي. الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو المقارنة بين نمطين من *O. Crenata* الأول بنفسجي اللون و الثاني أبيض من حيث البيولوجيا و التطرف.

الهدف الثاني هو معرفة مصدر هذا الاختلاف اللوني. لهذا الغرض تم إجراء سلسلة من التجارب، سمحت لنا هذه التجارب بملاحظة عدم وجود اختلاف بين النمطين المدروسين من حيث تعاملهما مع مختلف النباتات العائلة المستحقة في هذه الدراسة.

من خلال هذه الدراسة تبين لنا أن الاختلاف اللوني مصدره وراثي و ليس ناتج عن تأثير العائل أو البيئة

الكلمات المفتاحية : الهالوك، نبات طفيلي، اختلاف وراثي، اختلاف لوني *O. Crenata* بنفسجي، *O. Crenata* أبيض، البقوليات، التطرف.

INTRODUCTION

Les espèces du genre *Orobanche*, appartenant à la famille des *Orobanchaceae*, sont des Phanérogames qui parasitent les racines des plantes autotrophes. Dépourvues de pigments chlorophylliens, elles sont entièrement hétérotrophes, détournant à leur profit, via un organe d'absorption particulier, appelé haustorium, l'eau, les sels minéraux et les hydrates de carbones nécessaires à leur développement. Elles sont qualifiées d'holoparasites (Gibot-Leclerc, 2004).

Parmi plus de 100 espèces appartenant au genre *Orobanche* (Link et al, 1989), seulement sept d'entre elles (*O. crenata*, *O. aegyptiaca*, *O. cernua*, *O. minor*, *O. ramosa*, *O. cumana* et *O. minor*) parasitent des cultures économiquement importantes dans plusieurs régions du monde (Garcia Toress, 1994).

Ces plantes sont parmi les principaux facteurs biotiques limitant la production des légumineuses et des cultures de la famille des Solanacées et des Asteracées. Elles sont devenues de véritables fléaux agro- économiques, puisqu'elles occasionnent d'importants dégâts sur les cultures qu'elles parasitent.

Orobanche crenata Forsk se rencontre principalement dans les pays du bassin méditerranéen avec une extension en Afrique de l'Est, en Asie et en Europe. C'est l'une des plus importantes espèces du fait qu'elle a une large gamme d'hôtes. Ses principales plantes hôtes appartiennent à la famille des Fabacées comme la fève (*Vicia faba* L.), le pois (*Pisum sativum* L), la lentille (*Lens culinaris* Medik) et le pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Ces cultures, qui constituent une source importante de protéines végétales dans les pays du pourtour méditerranéen, subissent des pertes de rendement allant de 5 à 100% (Parker, 1994).

En Algérie, les légumineuses alimentaires revêtent une grande importance dans l'alimentation humaine. En plus de leur rôle dans la nutrition, elles jouent également un rôle important dans la fertilisation des sols.

Les surfaces infestées par *Orobanche crenata* en Algérie sont estimées à 10% de la surface totale des légumineuses (Abu-Irmailah, 1994). La fève, qui est la plus importante de ces cultures (50 % de la superficie totale réservée aux légumineuses alimentaires), est confrontée à ce parasite depuis longtemps puisque sa présence a été signalée dès l'année 1923 par Ducelier, particulièrement dans les régions centres et Ouest du pays (Blanchard, 1952).

L'ampleur des dégâts occasionnés par ce parasite et la difficulté d'établir une méthode de lutte efficace, empêchent les producteurs d'envisager la culture de fève pour le grain dans les zones infestées. Cette difficulté réside dans le fait que l'orobanche est intimement associée à la racine de la plante hôte, que la majeure partie de son cycle biologique est souterraine et surtout que les graines minuscules produites en très grand nombre conservent leur pouvoir germinatif dans le sol pendant au moins dix ans (Link et al. 1989).

La lutte contre ce parasite a fait l'objet de quelques études réalisées à l'Institut National Agronomique d'El Harrach et à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures de Oued Smar (Roumili, 1993 ; Ait Abdallah et Hamadache, 1996 ; Zermane, 1998 ; Hamadache et Fetih, 2001 ; Tebbakh, 2003).

Lors de ces essais, l'effet du retard de semis, de la tolérance variétale, de l'application du glyphosate et de l'arrachage manuel ainsi que quelques méthodes de lutte biologique notamment l'utilisation des plantes pièges ou faux hôtes et des ennemis naturels (insectes et champignons pathogènes de l'orobanche), ont été évalués pour lutter contre *O. crenata*. Les résultats obtenus montrent que toutes ces méthodes de lutte ont permis la réduction de l'infestation par ce parasite, mais aucune de ces méthodes ne s'est révélée totalement efficace et applicable en grandes cultures.

En revanche, l'utilisation des variétés résistantes, pourrait être la méthode la plus prometteuse et la plus économique. Différentes sources de résistance ou de tolérance à l'égard d'*O. crenata* ont été identifiées chez la fève durant les dernières décennies (Bouhatous et Jacquard, 1994). Cependant, il s'est avéré qu'une telle résistance mono ou polygénique peut disparaître après un certain temps ; elle est souvent contournée par l'apparition de nouvelles races du parasite hautement virulentes (Verkleij et Piterse, 1994). Pour être efficace, la lutte par la sélection génétique nécessiterait donc une connaissance de la diversité génétique du parasite.

En Algérie, les travaux de recherche sur la diversité génétique chez les espèces d'*Orobanche* se sont limités à l'étude réalisée par Aouali, (2004) qui a mis en évidence le polymorphisme génétique chez *O. crenata* par l'utilisation des marqueurs moléculaires RAPD et AFLP ; cependant, aucun travail n'a été consacré à l'importante variation de couleur existante chez cette espèce.

L'observation de diverses couleurs de la hampe florale chez *O. crenata* dans les parcelles infestées par ce parasite à la station expérimentale de l'ENSA, a suscité notre attention et nous a motivé à réaliser ce travail qui a pour objectif :

1. de comparer les deux types d'*O. crenata* de couleur blanche et violette collectés au niveau de la station expérimentale de l'ENSA du point de vue biologie et parasitismes.
2. d'étudier la relation entre cette variabilité phénotypique et la virulence de ces deux types d'*Orobanche* à l'égard de trois espèces de légumineuses hôtes à savoir la fève, la lentille et le pois chiche.
3. de connaître l'origine de cette diversité de couleur.

1- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1-1- Description botanique de l'*Orobanche crenata*

1-1-1- L'appareil végétatif

La partie émergée d'*O. crenata* consiste en une tige simple, robuste, de couleur rouge brun, jaune blanchâtre, violette, rougeâtre, plus ou moins poilue (Ozenda, 1977). Sa hauteur peut atteindre 100 cm et parfois plus. Les feuilles, dépourvues de chlorophylle, sont réduites à des écailles ovales, allongées à lancéolées. L'inflorescence est habituellement dense. La tige est renflée à la base, simulant une sorte de bulbe qui se fixe par l'intermédiaire de suçoirs aux racines de la plante hôte (Fer et Thalouarn, 1997).

1-1-2- L'appareil reproducteur

Les fleurs sont insérées à l'aisselle d'une bractée lancéolée, de couleur brun noir, poilue et à pointe inclinée. La corolle mesure 2,5 à 3 cm de long (1 à 2 cm chez les petites plantes). Elle est tubul-campanulée, renflée au-dessous de l'insertion des étamines et légèrement poilue. La couleur de la corolle varie du blanc, blanc jaunâtre, mouchetée de rose ou de violet.

Les segments du calice sont bifides ou inégalement bidentelés ou encore totalement séparés, étroits et lancéolés à filiformes, nervurés, presque glabres, d'une longueur égale à celle de la corolle ou à ses deux tiers, de couleur jaunâtre à blanchâtre avec une marge violette ou totalement violette (Kreutz, 1995).

Les étamines, au nombre de quatre, sont insérées 2 à 5 mm au-dessus de la base de la corolle ; les filets sont très poilus à la base et moins poilus au-dessous des anthères ou rarement glabres. Les anthères sont souvent poilues. Le stigmate est constitué de deux lobes sphériques et allongés, de couleur blanche, blanc-jaunâtre, orange, rose ou violet clair (Zermane, 1998).

Le fruit est une capsule ovoïde qui s'ouvre par deux valves et contient un grand nombre de graines minuscules (Blanchard, 1952).

1-1-3- La graine

Les graines d'orobanche sont ovales ou pyriformes, dont l'extrémité la plus étroite correspond au micropyle, tandis qu'à l'opposé, la région chalazienne est reconnaissable par sa forme plus arrondie. Le testa, couche la plus externe du tégument séminal, montre un ensemble d'alvéoles qui sont, en fait, de volumineuses cellules desséchées plus ou moins pentagonales et qui sont alignées selon le plus grand axe de la graine. Le contenu cytoplasmique de ces cellules ayant disparu, la paroi externe effondrée, est si fortement accolée contre la paroi interne qu'elle en épouse des ponctuations plus ou moins circulaires. Les parois basales et latérales qui subsistent, sont imprégnées de substances phénoliques. (Aber et Sallé, 1983).

1-2- Taxonomie

En comparaison aux méthodes de lutte, les paramètres de germination et la physiologie de l'*Orobanche*, peu de travaux se sont intéressés à la taxonomie de cette plante parasite. Les problèmes de taxonomie rencontrés avec le genre *Orobanche* peuvent avoir plusieurs raisons. D'abord, il existe un important polymorphisme se traduisant par des variations morphologiques (de la taille des plantes, de la couleur de la corolle) et d'autres facteurs qui se reflètent dans de nombreux aspects de leur biologie, tels que les stratégies reproductrices et les aberrations chromosomiques (Musselman, 1994 ; Kroschel, 2001).

Ensuite, leur holoparasitisme entraîne une réduction du nombre de caractères utilisables à des fins taxonomiques (Mohamed et Musselman, 2007). Enfin, les hôtes peuvent influencer la morphologie de l'*Orobanche* ; *O. crenata* sur fève est plus grande et peut produire 10 fois plus de graines que sur lentille (Kroschel, 2001).

Pour ces différentes raisons, des méthodes modernes de taxonomie ont été utilisées ces dernières années. Ces méthodes sont basées sur les caractères micromorphologiques du pollen (Abu Sbaih et al, 1994), et de la graine (Abu Sbaih et Jury, 1994) et sur la chimiotaxonomie (Andray, 1994 ; Georgiva et Edreva, 1994). D'importantes informations concernant le polymorphisme des espèces sont également apportées par l'analyse des isoenzymes (Verkleij et Pieterse, 1994).

De nos jours, une attention particulière est accordée aux marqueurs moléculaires en tant que source de polymorphisme riche, fiable et stable. Puisque la séquence d'ADN de chaque individu est unique, elle peut donc être exploitée afin de distinguer des espèces très proches ou de mettre en évidence la variabilité entre les populations d'une même espèce (Gibot-Leclerc, 2004).

Bien que la taxonomie du genre *Orobanche* soit encore discutée, il est couramment admis que ce genre se divise en 4 sections :

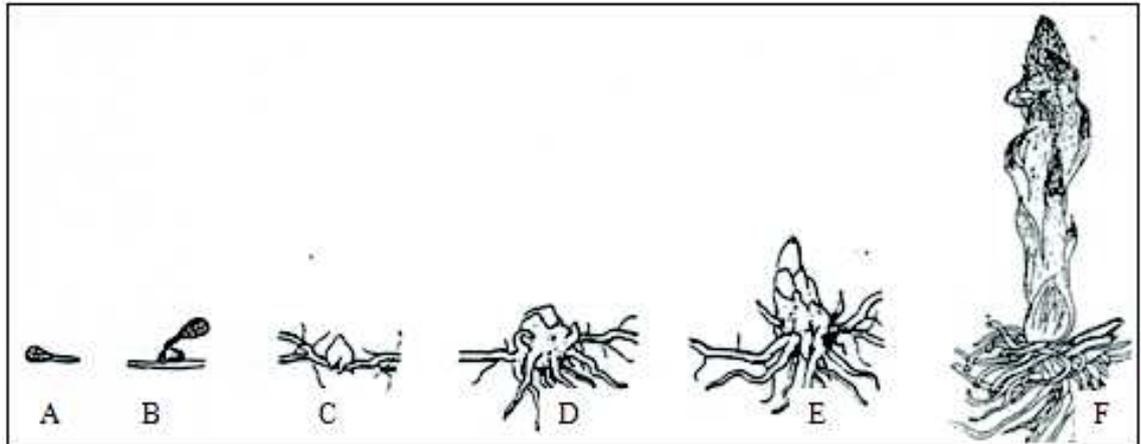
- *Gymnocaulys* Nutt. - *Mysorrhiza* (Phi.) G.Bec - *Osproleon* Walr. (= *Orobanche*) et *Trionychon* Walr (Zermane, 1998).

La distinction entre ces différentes sections repose sur la présence et la nature des bractéoles, des tiges aériennes ou souterraines, et sur le nombre de dents du calice. La plupart des espèces ayant un impact économique appartiennent aux sections *Trionychon* et *Orobanche*. Cette dernière, qui est caractérisée par l'absence de bractéoles et un calice fendu en deux (Musselman, 1994), renferme *O. crenata* qui est l'une des espèces les plus redoutables sur les cultures en Algérie.

1-3- Cycle biologique de l'Orobanche

Le cycle biologique du genre *Orobanche* se déroule en deux phases distinctes (fig 1) : la première est souterraine et dure 30 à 80 jours ; elle est initiée par la germination de la graine et se poursuit par la fixation sur la racine de l'hôte et la pénétration dans les tissus de ce dernier avec développement d'un système d'absorption ou suçoir. La seconde phase est aérienne et dure environ 30 jours, elle commence par l'émergence, se poursuit par la croissance de la hampe florale et se termine par la floraison et la fructification (Zermane, 1998).

Les graines d'orobanche sont produites en très grande quantité. On dénombre environ 4000 graines par capsule chez *O. crenata*, soit 1200000 graines par hampe florale (Blanchard, 1952). Elles ont aussi des dimensions et un poids très réduits : 350 à 450 μm de long sur 170 à 190 μm de large, pour un poids de 3 à 6 μg (Aber et Sallé, 1983). Par conséquent, elles sont aisément dispersées par le vent, l'eau, les animaux, le matériel agricole, et le transport de semences contaminées. De plus, elles ont la capacité de conserver leur viabilité dans le sol pendant plusieurs années.



A : germination ; B : fixation ; C : tubercule ; D : bourgeon ; E : jeune tige souterraine ; F : émergence.

Figure 1 : Stades de développement de l'orobanche : (Zermane, 1998).

1-3-1- La germination

Lorsque les graines d'orobanche parviennent à maturité, elles présentent souvent une période de dormance au cours de laquelle la germination ne peut pas avoir lieu' même si les conditions environnementales sont optimales. C'est la période de dormance primaire ou postmaturation (Fer et Thalouarne, 1997 ; Gibot-Leclerc, 2004).

Après la postmaturation, les graines d'orobanche doivent subir une période d'imbibition à une température suffisante. Pendant cette période, la graine subit des modifications internes qui lui permettent de devenir sensible à l'action des molécules signaux provenant des plantes hôtes (Fer et Thalouarne, 1997). Cette phase préparatoire à la germination est appelée préconditionnement.

Les graines d'orobanche sont incapables de germer spontanément même si toutes les conditions externes sont favorables. Une fois préconditionnées, elles ne germent que si elles reçoivent un signal chimique produit par le système racinaire d'un hôte situé à proximité (2 à 3 mm). La température est un facteur déterminant dans la germination. Une température de 15 à 20° est optimale pour *O.crenata* (Link et al, 1989). Lorsque les graines d'orobanche perçoivent le signal chimique, elles présentent une période de latence de 3 à 4 jours au cours de laquelle elles ne sont pas encore sensibles au stimulant de germination.

Lorsqu'elles le deviennent, elles émettent, au niveau de la zone micropylaire, un organe filamenteux constitué essentiellement de cellules parenchymateuses, dépourvu de d'éléments conducteurs se terminant par une zone méristématique (Aber et Sallé, 1983). Cet organe particulier, dont la structure ne rappelle en rien celle d'une racine d'une plante autotrophe, a été nommé différemment par les auteurs : germe, procaulôme, plantule,

radicule, germ tube like ou tube like organe. La longueur moyenne du procaulôme est d'environ 0,8 mm, avec un diamètre d'environ 0,08 mm (Aber et Sallé, 1983).

1-3-2- La fixation

Après la germination, le procaulôme se dirige vers la racine de l'hôte par chimiotropisme positif. Dès que le contact est établi, son élongation cesse. Les cellules superficielles, se transforment en papilles assurant l'adhérence via la production d'une substance mucilagineuse. A partir de ce moment, deux foyers organogènes se mettent en place : l'un, externe, qui donnera naissance au tubercule puis au bourgeon et l'autre, interne qui édifiera l'endophyte formé d'un seul haustorium (Aber et Sallé, 1983). Si le procaulôme n'arrive pas à atteindre les racines de l'hôte après quelques jours de la germination, il meurt (Link et al, 1989).

1-3-3- La pénétration

Au début de la pénétration, la prolifération des cellules méristématiques permet la progression de l'haustorium à travers les tissus de l'hôte (fig 2). Une fois les cellules apicales de l'haustorium sont entrées en contact avec les cellules du système vasculaire de l'hôte, leurs divisions cessent ainsi que leur progression dans l'hôte.

La pénétration des cellules haustoriales se fait, dans un premier temps, par action mécanique, puis par action mécanique associée à une action enzymatique lors des stades ultérieurs. Ces deux actions conjuguées permettent la progression des cellules « intrusives » jusqu'aux cellules conductrices de l'hôte, sans les traverser (Salé et Aber, 1986) in (Gibot-Leclerc, 2004).

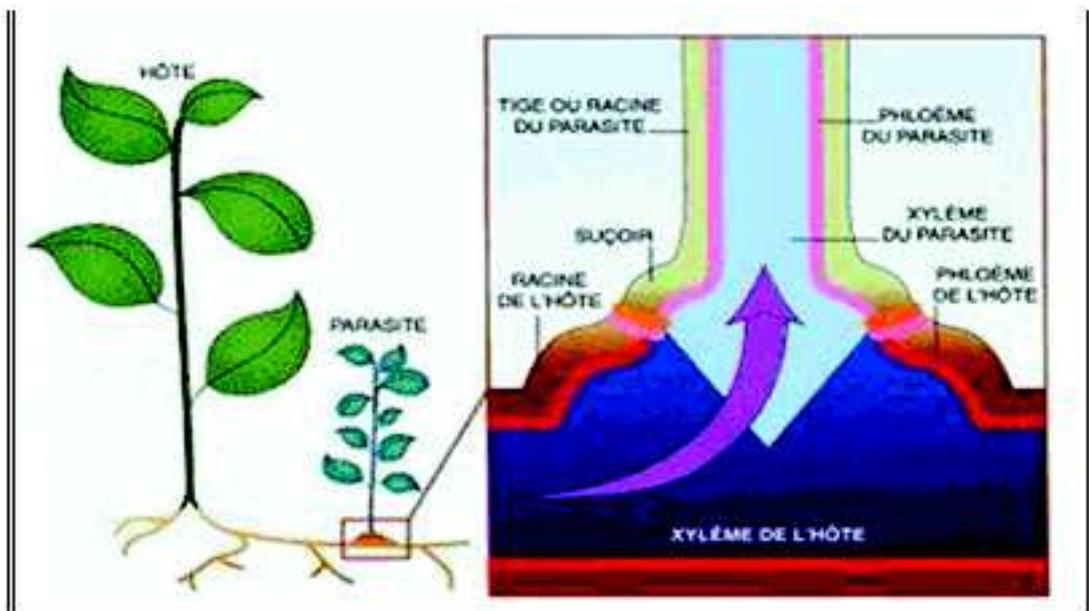


Figure 2 : Illustration du mécanisme du parasitisme.

(Source Mornet, 2008).

1-3-4- Le stade tubercule

Le tubercule est issu de la croissance de la partie externe du procaulôme. A ses débuts le jeune tubercule est essentiellement méristématique. Ses capacités histogènes s'expriment par la mise en place de tissus conducteurs et d'un parenchyme de réserve. Ses potentialités organogènes sont également considérables puisque, chez *O. crenata*, de multiples massifs méristématiques donnent naissance à plusieurs méristèmes racinaires et à un seul méristème caulinaire qui sera à l'origine de la hampe florale.

Ainsi, la prolifération des cellules situées à sa périphérie conduit à la mise en place d'une couronne de racines adventives qui peuvent, dans certains cas, entrer en contact avec d'autres racines hôtes et produire des suçoirs secondaires (Salé et Aber, 1986) in (Gibot-Leclerc 2004).

1-3-5- Le Stade bourgeon

Après la formation des racines adventives, le tubercule, par l'intermédiaire des cellules situées à son sommet, se transforme rapidement en bourgeon au sein duquel le méristème caulinaire est protégé par des écailles. A partir de cet instant, le bourgeon s'allonge verticalement et forme une jeune tige souterraine qui progresse dans la terre en direction de la surface du sol.

1-3-6- L'émergence

L'émergence de l'extrémité de la tige souterraine marque le début de la phase aérienne du cycle du parasite. Cet axe non chlorophyllien, pourvu d'écailles, se transforme ensuite rapidement en une hampe florale, après la fécondation, chaque fleur pollinisée évolue en une capsule qui libère un grand nombre de graines mûres à l'origine d'un nouveau cycle du parasite.

1-4- Répartition géographique d'*O. Crenata*

1-4-1- Dans le monde

Le principal centre de dissémination d'*O.crenata* est le bassin méditerranéen, elle s'étend seulement à quelques kilomètres vers le Sud en Afrique ou vers le Nord en Europe, à l'exception de quelques infestations isolées dans différents pays européens et vers l'Est en Iran (fig 3) (Parker, 1994).

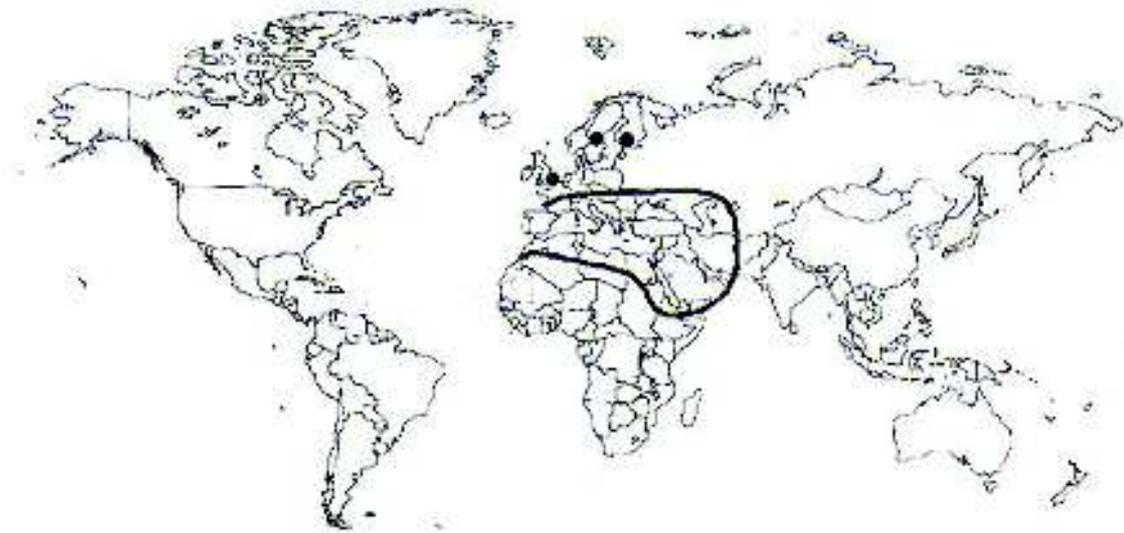


Figure 3 : Carte de répartition de l'*Orobanche crenata* dans le monde.

Source (Parker, 1994).

1-4-2- En Algérie

O. crenata est la principale plante parasite parmi les espèces du genre *Orobanche* en Algérie. Elle est répandue, surtout, dans les régions littorales à vocation maraîchère. Ducelier (1923) in Blanchard (1952) indique sa présence dans la Mitidja, le sahel d'Alger et le plateau d'El-Harrach (anc. Maison carrée).

En plus des localités mentionnées par ces auteurs, Bouznad (1991) in Roumili (1993) a signalé sa présence à l'Ouest à Ain Tolba dans la wilaya de Ain Temouchent et à Tiaret sur lentille. Zermane (1998) a également signalé la présence de cette *Orobanche* à Ain Dem (à la limite des communes de Boumedfa et d'Oamrie, wilaya d'Ain Defla) dans les cultures de fève et de pois.

D'après Saghir (1987), *O. crenata* ne se rencontre pas dans les cultures de légumineuses à l'Est du pays, mais nos prospections ont révélé sa présence dans la région d'El-Eulma dans la wilaya de Sétif parasitant une plante adventice de la famille des Asteracées.

1-5- Gamme d'hôtes d'*O. crenata*

O. crenata est la plus dangereuse et la plus répandue parmi les espèces d'orobanche signalées en Algérie, attaquant une large gamme d'hôtes. Elle est signalée aussi bien sur les plantes cultivées que sur les plantes ornementales et les plantes adventices. Sa gamme d'hôte inclue divers membres de familles botaniques différentes, mais c'est la famille des Fabacées qui est la plus représentée avec 7 espèces hôtes.

Familles	Espèces
Fabaceae	Fève (<i>Vicia faba</i> L) Lentille (<i>lens culinaris</i> Medik) Pois (<i>Pisum sativum</i> L) Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) Trèfle (<i>Trifolium alexandrinum</i>) Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>) Vesce (<i>Vicia sativa</i>)
Asteraceae	Carthame (<i>Carthamus tinctorius</i>)
Apiaceae	Carotte (<i>Daucus carota</i>)
Géraniaceae	Géranium cultivé (<i>Pelargonium sp</i>)
Dipsacaceae	<i>Dipsacus sp</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>

Tableau 1 : Principales plantes hôtes d'*O. crenata* en Algérie in Roumili (1993).

En plus des espèces citées dans le tableau 1, *O. crenata* a été trouvée sur d'autres espèces de la famille des Astéracées. Elle a été observée pour la première fois sur la laitue dans la région d'Al Arbaatache dans la wilaya de Boumerdes (Aouali et Feliachi, 2007). Elle a également été retrouvée, au cours de nos prospections, sur deux autres espèces adventices de la même famille (Asteracées) à Cheraga à l'Ouest d'Alger (*Sonchus sp*) et dans la région d'El Eulma dans la wilaya de Sétif (*Atractylis sp*).

1-6- Méthodes de lutte

Les moyens de lutte contre l'orobanche sont assez diversifiés, et sont répartis en deux catégories : les premiers visent à réduire le stock de graines dans le sol tandis que les secondes consistent à éliminer le parasite et à limiter l'augmentation de l'infestation.

1-6-1- Mesures visant à réduire le stock de graines dans le sol

1-6-1-1- La solarisation

C'est une méthode de désinfection du sol en utilisant l'énergie solaire. Il s'agit de couvrir le sol contaminé, préalablement humidifié, d'un film de polyéthylène pendant les périodes les plus chaudes de l'année (Link et al, 1989 ; Garcia Toress, 1994 ; Mauromicale et al, 2001). Cette technique est assez efficace pour contrôler l'orobanche dans diverses cultures. Néanmoins, le coût élevé de l'opération ne permet pas son utilisation à grande échelle (Kharrat et al, 1997).

1-6-1-2- La fumigation du sol

Certains fumigants tels que le bromure de méthyle et le dazomet se sont avérés efficaces contre l'orobanche. Cependant, l'utilisation de cette technique est difficilement envisageable à cause des risques d'intoxication humaine et du coût élevé de ces produits.

1-6-1-3- Culture des plantes pièges

Les plantes pièges ou faux hôtes ou « catch crops » sont des plantes dont les racines stimulent la germination des graines du parasite mais empêchent l'attachement et le développement normal de celui-ci (Zermane, 1998). L'utilisation de ces plantes contribue à la réduction du stock de graines dans le sol.

1-6-1-4- Les stimulants de germination

Les substances analogues du strigole permettent le contrôle de l'orobanche en induisant « la germination suicide » des graines en l'absence de plantes hôtes.

1-6-1-5- L'inondation

L'inondation du sol pendant des semaines tue les graines d'orobanche dans le sol.

1-6-2- Méthodes limitant l'augmentation de l'infestation

1-6-2-1- L'utilisation des herbicides

Plusieurs herbicides sont testés et utilisés comme moyens de lutte contre l'orobanche dont les meilleurs résultats sont obtenus avec le glyphosate et les imidazolines. L'application en pré-émergence du glyphosate s'est révélée très efficace pour contrôler *O. crenata* sur fève dans plusieurs pays, cependant, des symptômes de phytotoxicité en été ont été notés (Ait abdallah et Hamadache, 1996 ; Zemrag, 1999 et Tebbakh, 2003).

Les herbicides du groupe des imidazolines tels que l'imazéthapyr et l'imazaquin, ont donné des résultats satisfaisants en application au stade prélevée et post-levée (Kharrat et al, 1997).

1-6-2-2- Les méthodes culturales

1-6-2-2-1- La date de semis

Le semis tardif est une pratique couramment utilisée pour réduire les dégâts occasionnés par *O. crenata* sur les légumineuses dans les pays du bassin méditerranéen. Bien qu'efficace pour la réduction de l'infestation et du stock semencier du parasite, ce retard peut affecter le rendement (Ait abdallah et al, 1996 ; Tebbakh, 2003).

1-6-2-2-2- La fertilisation

Des essais ont montré qu'une fertilisation azotée et potassique élevée pourrait réduire le degré d'infestation du sol par l'orobanche. Cette réduction peut atteindre 33 à 50% (Zemrag, 1999). Toutefois, l'utilisation de fortes doses d'azote pose des problèmes sur le plan économique et écologique.

1-6-2-2-3- L'enfouissement

Un labour profond (50 cm) permet d'enfouir les graines d'orobanche en profondeur et réduire ainsi leur germination, puisque les racines de l'hôte ne parviennent pas à cette profondeur. Toutefois, l'utilisation de cette technique est controversée, car les graines enfouies peuvent revenir à la surface du sol quelques années plus tard (Fer et Thalourne, 1997).

1-6-2-2-4- L'arrachage manuel

L'arrachage manuel des plants d'orobanche avant leur fructification est la méthode la plus pratiquée par les agriculteurs depuis bien longtemps, mais elle n'est applicable que dans le cas d'infestations très limitées. Dans le cas d'une forte infestation, cette méthode devient longue et coûteuse d'autant plus qu'elle ne préserve pas le rendement puisque les dégâts sont commis en grande partie avant l'émergence (Garcia Tores, 1994 ; Fer et Thalourane, 1997; Tebbakh, 2003). Toutefois, cette pratique contribue à la diminution du stock semencier dans le sol.

1-6-2-3- La lutte génétique

L'utilisation de variétés résistantes à l'orobanche, sélectionnées par des méthodes classiques ou par manipulation génétique, s'avère être la technique la plus prometteuse et la moins coûteuse (Fer et Thalourne, 1997). Pendant de nombreuses années la recherche s'est focalisée sur l'obtention de plantes hôtes complètement résistantes. Cependant, l'évolution de la virulence des nouveaux écotypes du parasite présente un défi continu à l'améliorateur. Actuellement, la recherche se tourne vers l'étude de la variabilité génétique de la plante parasite.

1-6-2-4- La lutte biologique

La lutte biologique peut être un moyen de lutte efficace, durable et sans danger pour l'environnement puisqu'elle fait intervenir des champignons ou des insectes pathogènes pour le parasite uniquement.

L'intérêt accordé à la lutte biologique contre l'orobanche a connu un essor particulier durant les dernières années et les investigations sur les ennemis naturels de cette plante ainsi que les tentatives de leur utilisation pour une lutte biologique sont de plus en plus nombreuses.

Un total de 74 espèces de champignons et environ 50 espèces d'insectes furent isolés de diverses espèces d'orobanche. La mouche *Pythomyza orobanchia* est la plus importante parmi les insectes. C'est la seule espèce à la fois hautement spécifique et nuisible à l'orobanche (Zermane, 1998).

1-6-2-5- La lutte intégrée

Jusqu'à présent, aucune méthode de lutte contre l'orobanche utilisée séparément, n'a donné un contrôle total. Seule, une approche intégrée, associant plusieurs techniques ayant données des résultats satisfaisants lorsqu'elles ont été testés individuellement, permet un progrès significatif. Il est recommandé de considérer un programme de lutte intégrée en introduisant à la fois la lutte culturale (le semis tardif), la lutte génétique et la lutte chimique. Avec la combinaison de ces méthodes, on parviendra à avoir une lutte plus efficace (Zemrag, 1999).

1-7- Variabilité chez *O. crenata*

Si la plupart des programmes de lutte contre les plantes parasites se sont basés sur la sélection des variétés résistantes, les connaissances sur la variabilité génétique des espèces parasites sont encore limitées et devraient être étendues (Roman et al, 2002 ; Satovic et al, 2009).

Verkleidj et Pieterse (1994), indiquent que pour s'adapter aux nouvelles espèces hôtes, la plante parasite doit avoir une variabilité génétique appropriée, à partir de laquelle de nouveaux écotypes peuvent se développer.

L'étude de la variabilité des espèces d'*Orobanche* devrait se baser sur plusieurs approches .

1-7-1- Le polymorphisme génétique

La taxonomie moderne a aujourd'hui à sa disposition les méthodes les plus puissantes et les plus précises lui permettant de définir la structure du génome des plantes.

Durant les dernières décennies, plusieurs techniques de biologie moléculaire ont été mises au point pour compléter les méthodes traditionnelles de l'analyse génétique. Bien qu'un large éventail de marqueurs est disponible, seulement quelques techniques ont jusqu'à présent été appliquées à l'étude des populations d'*Orobanche* y compris les isozymes, la RAPD et l'ISSR (Satovic et al, 2009).

Roman (2002) rapporte que les premières études sur les populations d'*O. crenata* ont employé les isoenzymes pour mesurer le niveau de variabilité entre les populations de Syrie et d'Espagne par Verkleidj et al (1994). Les résultats de l'étude sur les populations syriennes ont révélé une très grande variabilité génétique au sein d'une même population, par contre aucune variation entre les populations. De même, chez les populations espagnoles, les résultats ont indiqué que la variation inter-population a été plus faible que la variation intra-population.

Par la suite, les études sur la diversité génétique chez *O. crenata* ont été poursuivies en utilisant les marqueurs moléculaires RAPD, AFLP et ISSR sur des populations d'Israël (Paran et al, 1997), d'Égypte (Zeid et al, 1997), d'Espagne (Roman et al, 2001,2002) et d'Algérie (Aouali, 2004).

Les études de Paran et al (1997), Zeid et al, (1997) et Roman et al, (2001) ont révélé peu de divergences entre les populations à l'intérieur de chaque pays. Par contre, Roman et al, (2001) et Roman et al, (2002) ont détecté une variabilité considérablement élevée entre les individus d'une même population.

Les résultats de l'analyse RAPD et AFLP de Aouali (2004), ont montré qu'il existe une variabilité génétique assez appréciable entre les différents écotypes algériens étudiés.

1-7-2- Agressivité et virulence

Plusieurs études ont montré que la virulence ou l'agressivité des populations d'*O. crenata* varie d'une région géographique à l'autre. Ainsi, Nassib et al (1978), et Cubero et Moreno(1979) in Aouali (2004)., ont émis l'hypothèse de l'existence de différentes races d'*O. crenata* sur le plant de la virulence. Dans le même contexte, Roman et al, (2002), indiquent que les conditions de l'environnement peuvent affecter le pouvoir pathogène du parasite.

En plus de la distance géographique et de l'environnement, l'hôte peut également avoir un effet sur la virulence du parasite. Abdallah et Darwich (1994) ont indiqué que la variabilité chez *O. crenata* n'était pas seulement morphologique, mais également associée au parasitisme et que les effets de l'interaction hôte- parasite peuvent aussi être impliqués et donner des effets quantitatifs sur la variabilité du parasite.

Plus récemment Benharrath et al (2005) ont rapporté l'existence de deux pathovars d'*O. ramosa*, l'un plus spécifique au colza et l'autre plus inféodé au tabac.

1-7-3- Morphologie

Le genre *Orobanche* comprend environ 170 espèces holoparasites. C'est l'un des genres les plus controversés d'autant plus que la caractérisation morphologique des espèces est difficile à établir et elle est loin d'avoir atteint le niveau désiré. Cette difficulté à caractériser les espèces est due à leur holoparasitisme qui entraîne une réduction du nombre de caractères utilisables à des fins taxonomiques (Musselman, 1994).

Cette caractérisation est basée en particulier sur les caractères des fleurs qui ont été difficiles à percevoir sans une longue expérience dans la matière sèche (herbiers). Aujourd'hui, en effet, la photographie en couleur a facilité la tâche (Carlson et al, 2002).

Musselman (1994) indique qu'il existe une variabilité inhérente au sein des populations d'*Orobanche* d'une même espèce sur le plan taille, couleur de la corole, degré de pubescence ainsi que d'autres caractères morphologiques.

Chez *O. crenata*, Cubero et Moreno (1979) ont noté que les populations sont hautement polymorphiques pour plusieurs caractères.

Par ailleurs, Parker et Riches (1993) attestent que l'*O. crenata* présente des variations morphologiques modérées dans la taille et la couleur des fleurs et qu'il n'y a pas de sub-espèces connues.

D'autre part, Musselman (1994) et Kroschel (2001) indiquent que les variations morphologiques sont soumises à l'influence des conditions de l'environnement et de l'hôte.

2- MATERIEL ET METHODES

2-1- Provenance du matériel végétal

2-1-1- Les graines d'*Orobanche*

Les graines d'*O. crenata* utilisées dans ce travail, ont été récoltées en juin 2009 à la station expérimentale de l'ENSA, dans une parcelle de fève et de petits pois naturellement infestée par ce parasite.

Nous avons constaté sur le terrain au cours de nos prospections dans différentes régions d'Alger, à la recherche de l'*O. crenata* blanche, que cette dernière est rare et n'existe que dans les parcelles infestées de l'ENSA. Pour cela nous avons mis en place une culture de fève et de pois dans la même parcelle où a été observé ce type d'*orobanche* durant les années précédentes.

Les hampes florales d'*O. crenata* blanche sont étiquetées avant la maturation. La collecte des hampes florales de l'*Orobanche* blanche et violette s'effectue lorsque les capsules du sommet sont encore immatures tandis que les fruits de la base sont déjà murs et déhiscent.

Après séchage à l'air libre, en prenant soin de mettre séparément les échantillons d'*Orobanche* blanche et violette ; ces derniers sont triturés à la main afin de briser les capsules et de libérer les graines. Celles-ci sont récupérées après passage au tamis et sont conservées dans des bocaux en plastique à température ambiante à l'abri de la lumière.

2-1-2- Les graines de légumineuses

Les graines de fève, de lentille et de pois chiche utilisées dans les différents essais, ont été achetées chez un grainetier. Les graines de fève sont de la variété Aguadulce qui est une variété connue pour sa sensibilité à l'égard de l'*O. crenata*, par contre les variétés sont inconnues concernant la lentille et le pois chiche.

2-2- Méthodes d'étude

2-2-1- Test de viabilité des graines d'*Orobanche*

Avant l'utilisation des graines du parasite dans notre expérimentation il est préférable de connaître leur viabilité. Le pourcentage de graines viables est établi par le test au Tetrazolium, selon les étapes suivantes :

1. Désinfecter les semences en les mettant dans une solution d'hypochlorite de sodium (NaO Cl) à 1% pendant 20 minutes avec agitation puis les rincer plusieurs fois à l'eau distillée stérilisée et les sécher.

2. Mettre 1000 à 3000 graines d'*O. crenata* blanche et violette séparément dans des tubes en verre et ajouter 5 ml d'une solution à 1% de TTC (2, 3,5 Triphenyl Tetrazolium Chloride) dans chacun et fermer les tubes pour éviter l'évaporation.
3. Mettre les tubes dans un incubateur à l'abri de la lumière à une température de 33° pendant 12 jours.
4. Après la période d'incubation, enlever l'excès de solution et ajouter 5 ml de NaO Cl à 5% et attendre 3 à 5 mn jusqu'à ce que les semences deviennent transparentes, puis enlever la solution.
5. Ajouter 5 ml d'eau, mélanger bien puis prélever des échantillons à l'aide d'une pipette et les mettre sur papier filtre pour les observer sous une loupe binoculaire.
6. Les graines dont les embryons sont colorés en rouge, en rose ou en jaune sont considérées comme viables ; celles dont les embryons ne sont pas colorés sont considérées comme mortes.

2-2-2- Test de germination des graines d'*Orobanche*

2-2-2-1- Pré conditionnement des graines

Le préconditionnement des graines d'orobanche est une étape indispensable pour les préparer à la germination. Après désinfection des graines d'orobanche blanche et violette (en utilisant la méthode citée précédemment), ces dernières sont disposées sur des carrés de papier Whatman (glass microfibre filter GF/A) de 1cm² à raison d'à peu près 100 graines par carré. Quatre carrés ainsi préparés sont ensuite déposés sur une feuille de ce même papier filtre au fond d'une boîte de Pétri. L'ensemble est hydraté avec 5 ml d'eau distillée stérilisée. Quatre boîtes ainsi préparées, pour chaque type de graines, sont placées dans un incubateur à l'abri de la lumière à une température de 22°C pendant 15 jours.

2-2-2-2- Test de germination au GR24

Après préconditionnement, les petits carrés de papier GF/A, portant les graines d'orobanche sont transférés, en conditions stériles, sur une feuille de papier GF/A au fond d'une boîte de Pétri dans laquelle sont ajoutés 5 ml d'une solution de GR24. Cette solution est préparée en dissolvant 1 mg de GR24 dans 1 ml d'acétone puis en ajoutant de l'eau distillée stérile jusqu'à l'obtention d'un volume de 100 ml. Les boîtes sont placées à l'obscurité, à l'étuve (22°C). La germination des graines est observée sous une loupe binoculaire et le comptage se fait sur les zones à proximité des racines (3 à 4 mm).

2-2-2-3- Test de germination *in vitro* en présence de plantules de lentille

Des graines d'orobanche désinfectées sont disposées sur une feuille de papier GF/A et sont préconditionnées. Une semaine après le début du préconditionnement, des graines de lentille sont désinfectées en surface et semées dans des petits pots remplis de sable.

Les feuilles de papier filtre contenant les graines d'orobanche préconditionnées sont transférées sur des boîtes de Pétri remplies de sable stérilisé et les plantules de lentille pré germées sont placées sur cet ensemble (le système racinaire sur la feuille de papier filtre et la partie aérienne à l'extérieure de la boîte à travers un orifice sur le côté).

Quatre répétitions sont effectuées pour chaque type de graines d'orobanche. Les boîtes sont fermées et recouvertes de papier aluminium afin que le système racinaire de la lentille soit à l'obscurité comme le montre la figure 4 (A, B).

Le dispositif ainsi préparé est placé verticalement sur un support (fig 4, C). Les observations sont effectuées une fois par semaine pendant 5 semaines. Cette expérience est réalisée en conditions stériles. Elle nous permet de calculer les fréquences de germination des graines des deux types d'*O. crenata* étudiés, et d'observer les premiers stades de développement de l'orobanche sur les racines de l'hôte.

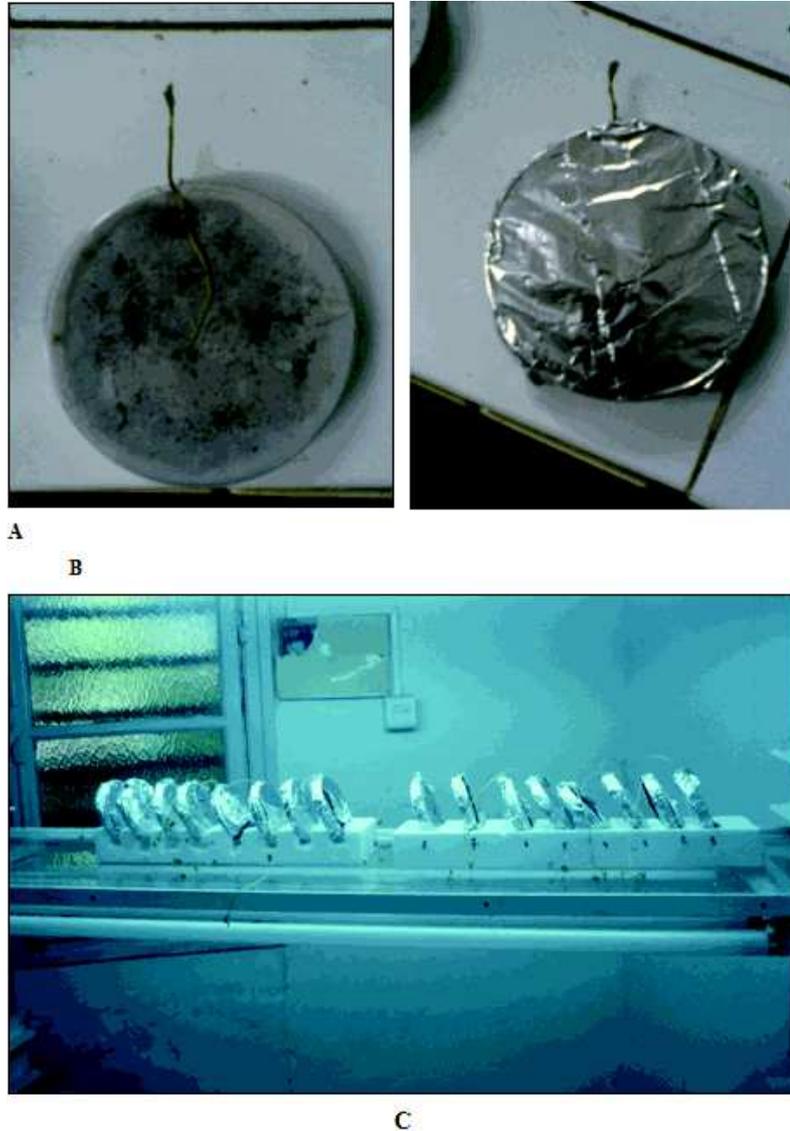


Figure 4 : Dispositif du test de germination en présence de plantules de lentille.

A : Racines de la plantule de lentille sur la feuille de papier contenant les graines d'orobanche.

B: Système racinaire couvert par du papier aluminium.

C: Emplacement des boîtes sur un support.

2-2-3- Inoculation artificielle en pots

Cet essai a été réalisé dans le but de produire des plants d'orobanche à partir des graines provenant des plants d'orobanche blanche et violette en infestant artificiellement, par ces

dernières, des pots contenant trois espèces de légumineuses (fève, lentille et pois chiche) comme plantes hôtes.

Pour cela, des pots en plastique de 13 cm de diamètre ont été remplis chacun d'environ 700 g de substrat constitué d'un mélange terre/ sable (2v/1v) stérilisé à l'étuve (105°C pendant 12h), (la terre provient d'une région de la wilaya de Tizi Ouzou non infestée par *O.crenata*). Une partie des pots a été infestée par des graines d'*O.crenata* blanche, une autre partie par la même quantité de graine d'*O. crenata* violette à raison de 0,01 g de graines d'orobanche/kg de terre, soit 0,007g/pot(Kroschel, 2001). Les pots restants ne sont pas infestés, ils ont servi de témoin.

Dans les pots infestés les graines sont parfaitement mélangées avec le substrat. Les graines des plantes hôtes ont été semées dans tous les pots à raison de trois répétitions par espèce pour chaque traitement. Les pots ont été disposés dans une serre en verre selon un dispositif en blocs aléatoires complet (fig 5) et arrosés une fois tous les deux jours.

Après la levée des plantes hôtes, une mesure hebdomadaire de la hauteur des plants a été effectuée. Après l'apparition de l'orobanche, des photos ont été prises et à la fin de l'expérimentation, les notations suivantes ont été effectuées.

- Nombre d'orobanches émergées par pot.
- Nombre de fixations sur le système racinaire de l'hôte.
- Poids sec total d'orobanche par pot.
- Poids sec des plantes hôtes.



Figure 5 : Dispositif expérimental de l'essai en pots.

2-2-4- Essai en plein champ

Dans cet essai trois espèces de légumineuses (fève, lentille et pois chiche) ont été semées dans une parcelle naturellement infestée par *O.crenata*, selon un dispositif en blocs aléatoires complets à trois répétitions, dans le but d'évaluer leur taux d'infestation par les deux types d'*O. crenata* blanche et violette.

Les critères d'évaluation étant le nombre et le pois sec d'Orobanche par plant de légumineuse.

2-3- Analyse statistique des résultats

L'ensemble des résultats obtenus dans les différents essais a été soumis à une analyse de la variance. La comparaison des moyennes ainsi que le test de Student - Newman et Keuls et le test de Tukey, ont été effectués en utilisant le logiciel SPSS 8.0

3- Resultats et discussion

3-1- Présentation de la plante parasite

Pour réaliser cette étude basée sur la différence de couler chez *O. crenata* (fig 6), nous avons effectué des prospections afin de nous procurer des gaines des deux types d'*O. crenata* étudiés. A l'issue de ces prospections, nous n'avons pas retrouvé le type blanc sur les champs de fève que nous avons visité ; pour cela nous avons été obligés d'effectuer un semis de fève et de petits pois à la station expérimentale de l'ENSA, dans la parcelle où a été observé ce type d'orobanche antérieurement, afin de reproduire l'*O. crenata* blanche. À l'issue de cette expérience nous avons pu obtenir des plants d'orobanche blancs (fig 7 et 8) d'où nous avons extrait les graines utilisées dans la suite des expérimentations.

En revanche, les prospections n'ont pas été sans intérêt puisqu'elles nous ont permis de découvrir de nouvelles plantes qui se rajoutent à la gamme d'hôtes d'*O. crenata* ; il s'agit de deux plantes adventices de la famille des Composées (fig 9 et 10).



Figure 6 : Diversité de couleur chez Orobanche crenat.



Figure 7 : Plante mère d'O. crenata blanche sur petit pois.



Figure 8 : Plante mère d'O. crenata blanche sur fève.



Figure 9 : *O. crenata* sur une plante adventice de la famille des Composées (*Sonchus* sp).



Figure 10 : *O. crenata* sur une plante adventice de la famille des Composées (*Atractylis* sp) de Setif.

3-2- Taux de viabilité des graines d'Orobanche

Le test de viabilité au TTC a révélé que les graines ont une viabilité élevée pour les différents lots de semences utilisés. Elle est de l'ordre de 98,5 % pour les graines d'orobanche blanche et de 92,5% pour les graines d'orobanche violette (fig 11); les graines viables se colorent en rouge, orange ou jaune orangé (fig 13) et se distinguent facilement des graines non viables qui restent transparentes. L'analyse de la variance montre que la différence entre les deux types est non significative. Ce résultat nous permet de confirmer que les graines d'orobanche récemment récoltées, ont une viabilité élevée lorsqu'elles sont récoltées à maturité et conservées dans de bonnes conditions.

3-3- Taux de germination des graines

3-3-1- Germination au GR 24

Le GR 24 induit la germination des graines à partir du 5^{em} jours. Après 10 jours, nous avons effectué le comptage des graines germées, comme le montre la figure 14, et les taux de germination obtenus sont de 27,5 % pour les graines d'orobanche blanche et de 12 %

pour les graines d'orobanche violette (Fig 12). L'analyse de la variance du pourcentage de germination des graines des deux types d'*O. crenata* étudiés révèle une différence significative.

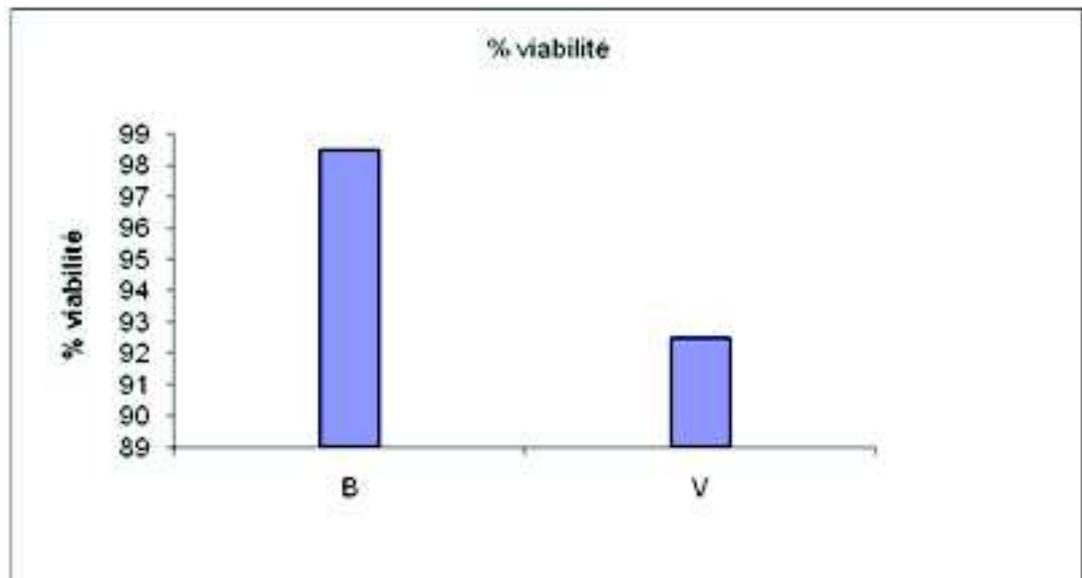


Figure 11 : Taux de viabilité des graines d'orobanche.

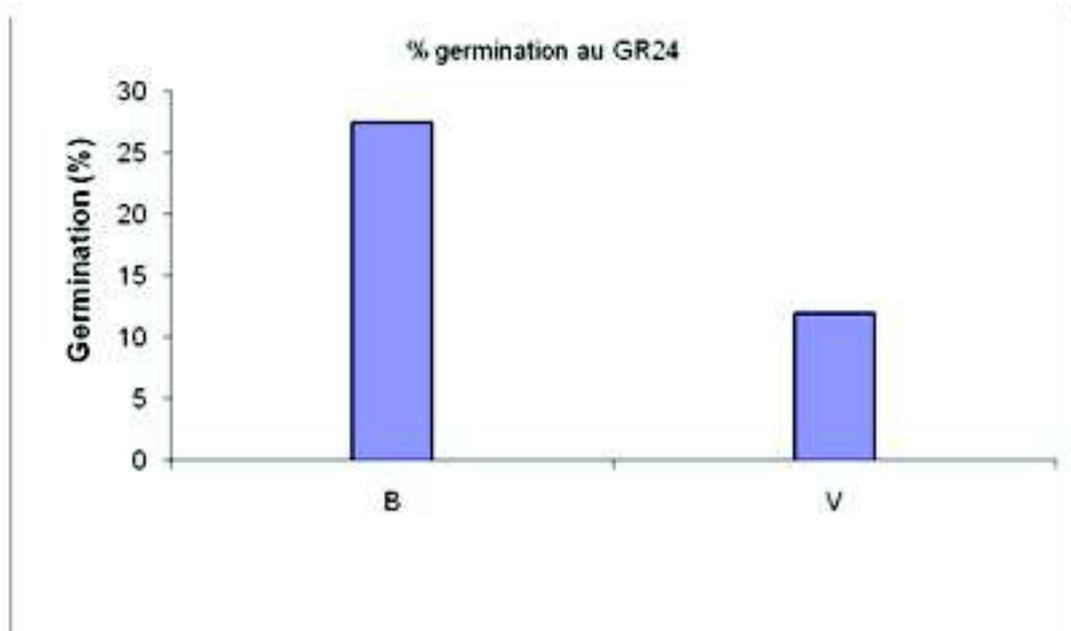


Figure 12 : Taux de germination au GR24.

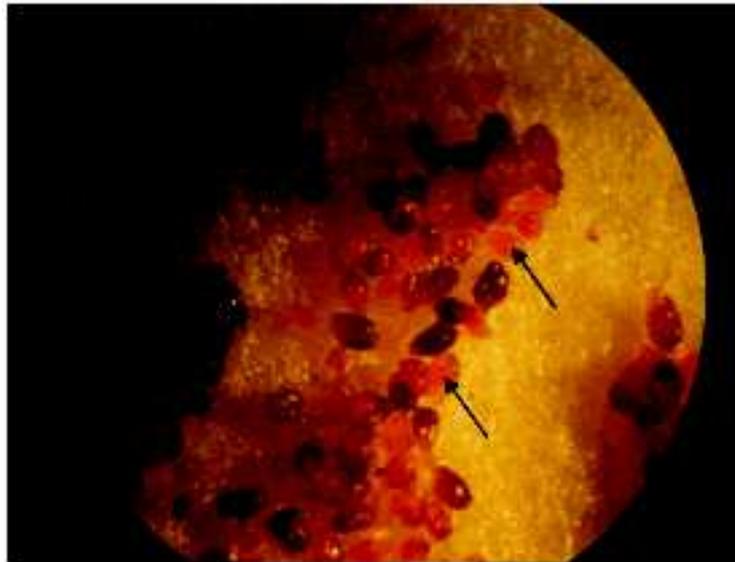


Figure 13 : Graines d'orobanche viables après traitement au TTC observées sous la loupe (x 40).



Figure 14 : Germination des graines d'orobanche après stimulation au GR24 observée sous la loupe (x 40).

3-3-2- Germination des graines d'Orobanche *in vitro* en présence des racines de plantules de lentille

En condition *in vitro*, les exsudats racinaires de la lentille induisent les premières germinations des graines d'orobanche trois jours après la mise en co-culture des deux partenaires. Au cinquième jour, le pourcentage de germination des graines de l'orobanche blanche est de 20 % et il est de 22% pour les graines de l'orobanche violette. Ce pourcentage

atteint son maximum 15 jours après la mise en co-culture, soit 82,3 % et 92,7 % pour les graines blanches et violettes respectivement.

La fixation du parasite sur la racine de l'hôte a été observée à partir du cinquième jour du début de la germination mais le pourcentage de procaulômes fixés reste faible pour les deux types étudiés. Il est de 3,25 % pour l'orobanche blanche et de 5 % pour la violette. Le stade tubercule n'est atteint que chez l'orobanche violette avec un très faible pourcentage de 0,25 %. L'analyse de la variance des résultats obtenus à la fin de l'expérimentation montre que la différence du pourcentage de germination, de fixation et de tubercules formés entre les deux types est non significative. La figure 15 et les graphes (fig 16, fig 17 et fig 18) représentent l'évolution des différents stades de vie souterraine des deux types d'orobanche étudiés.

Le résultat du test de germination au GR24 est proportionnel à celui du test de viabilité mais en présence des racines de la lentille on remarque que l'orobanche violette germe mieux.

Les résultats de ces deux tests montrent que les graines d'orobanche peuvent germer six mois après leur récolte alors que certains auteurs rapportent que la dormance primaire ou post maturation dure jusqu'à 2 ans (Gibot Leclerc, 2004).

Ces résultats montrent également que les deux types de graines d'orobanche étudiées réagissent de la même façon aux stimulants de germination.

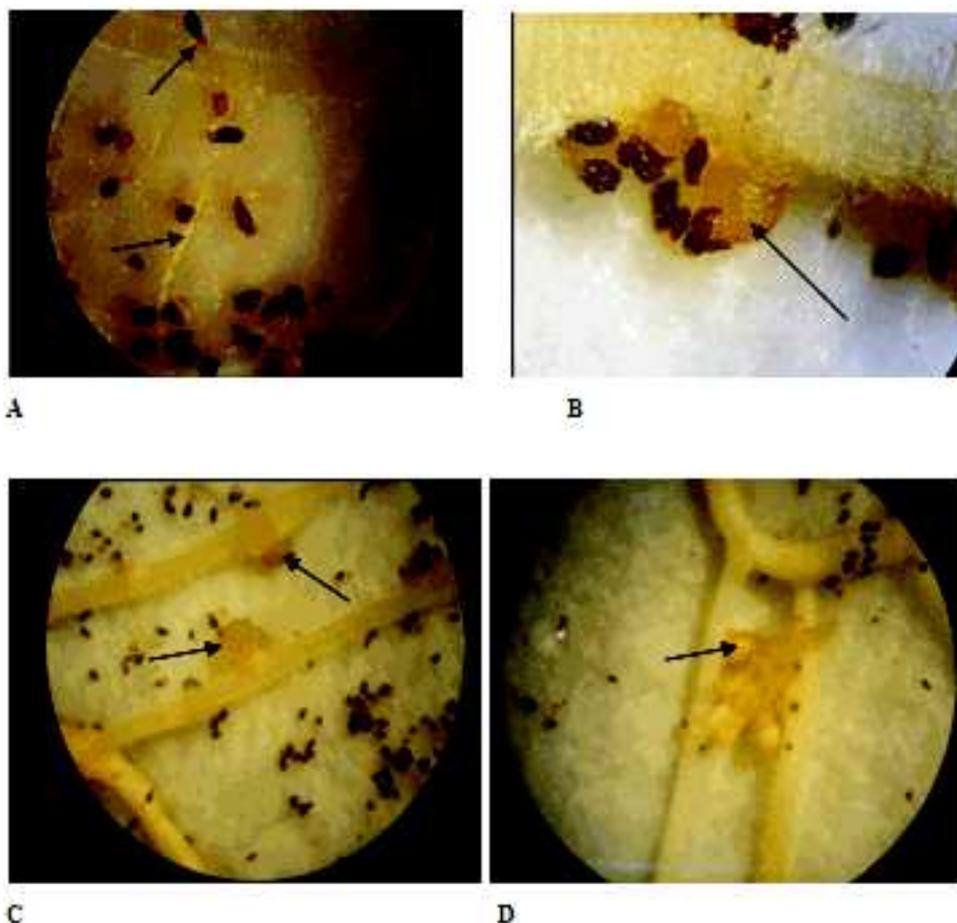


Figure 15 : Germination et stades de développement de l'orobanche sur les racines de lentille.

- A-Germination et fixation des graines d'orobanche sur les racines de lentille.
B-Formation tu tubercule.
C-Développement du tubercule.
D-Formation d'un bourgeon.

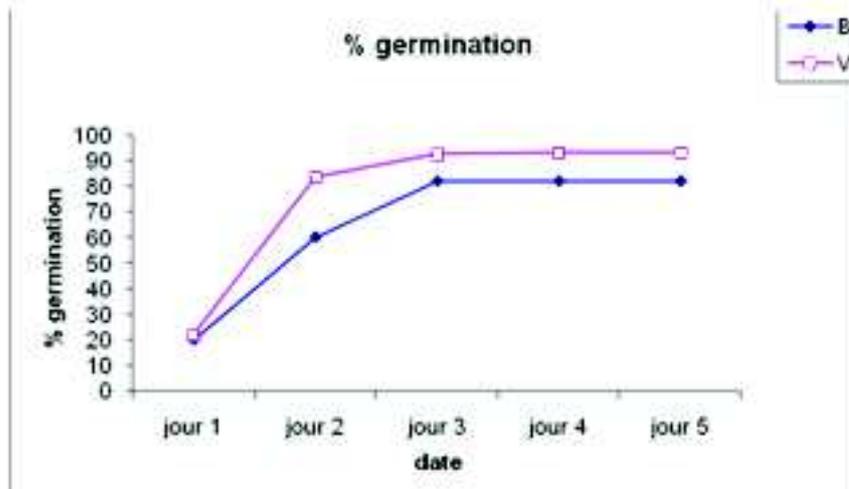


Figure 16 : Taux de germination des deux types d'orobanche en présence de la lentille.

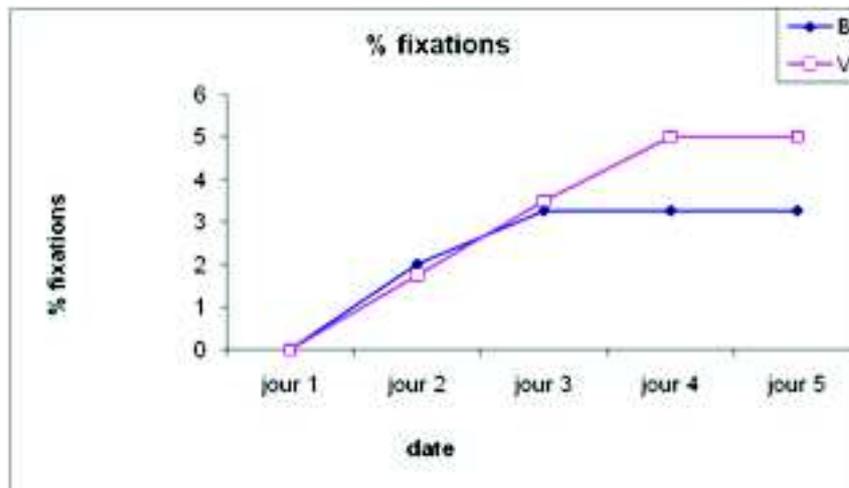


Figure 17 : Taux de fixation des deux types d'orobanche sur les racines de lentille.

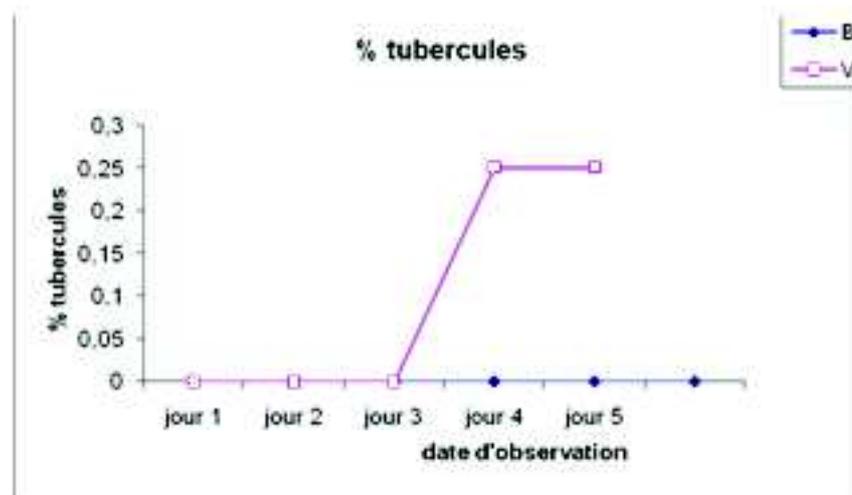


Figure 18 : Taux de tubercules formés.

3-4- Essai en pot

La première apparition de l'orobanche a été enregistrée 88 jours après le semis dans un pot de fève infesté par les graines de l'orobanche blanche. Cependant, dans les pots infestés par l'orobanche violette les plants d'orobanche sont apparus 12 jours après.

Les indicateurs de virulence de l'orobanche ou de résistance des plantes hôtes évalués dans cette étude sont relatifs au parasite et à la plante hôte. Les critères relatifs à la plante hôte que nous avons pris en considération représentent l'effet du parasitisme sur la croissance de l'hôte. Pour cela nous avons mesuré la hauteur des plantes hôtes une fois par semaine à partir de la sixième semaine du semis, puis nous avons pris le pois sec des plantes hôtes après séchage à l'étuve à 110° C pendant 24 h.

Les critères relatifs au parasite sont :

- Nombre d'orobanches émergés par plant de légumineuses.
- Nombre d'attachements au système racinaire.
- Poids sec d'orobanche par plant de légumineuses.

Le deuxième objectif important de cet essai est le caractère phénotypique. C'est à dire la couleur des plants d'orobanche obtenus par l'infestation des différentes légumineuses par les deux types d'orobanche testés de couleur blanche et violette.

Les résultats obtenus pour les différents critères quantitatifs résumés dans le tableau 2, et les figures 22, 23 et 24, montrent que le taux d'infestation obtenu est faible notamment celui de la fève pour lequel de meilleurs résultats étaient attendus, car la variété de fève utilisée (Aguadulce) est connue pour sa grande sensibilité à l'égard de *O. crenata*.

Les graines d'orobanche utilisées ne peuvent pas être à l'origine également (voir résultats des tests de viabilité et de germination de ces dernières ci-dessus). Par contre les conditions de l'expérimentation peuvent en être la cause (pas de serre équipée pour mener une expérimentation en pot).

Tableau 2 : Résultats des différents critères d'évaluation de la virulence des deux types d'orobanche.

traitement/ espèce	H h (cm)	Nbre Orob Eme	Nbre fixation	P S Orob (g)	P S hôte (g)
F B	46,00	0,67	1,67	1,33	10,80
FV	45,33	0,67	6,33	2,20	4,17
F T	46,17	0,00	0,00	0,00	12,03
L B	41,33	0,33	1,67	0,55	3,13
L V	39,50	0,00	0,67	0,05	3,43
L T	35,50	0,00	0,00	0,00	3,26
PC B	32,83	0,33	0,00	0,21	4,53
PC V	31,67	0,00	0,00	0,00	4,78
PC T	36,33	0,00	0,00	0,00	4,49

3-4-1- Nombre d'Orobanches émergées par pot

Le taux d'infestation le plus élevé a été enregistré dans les pots de fève où on a noté 0,67 pied d'orobanche/pot sur les pots infestés par les graines d'orobanche blanche et 0,67 pied d'orobanche/pt également dans les pot infestés par les graines d'orobanche violette (tableau 2). Cependant dans les pots de pois chiche et de lentille, l'infestation est faible, et par conséquent ces résultats nous permettent de constater qu'il n'y a pas de différence entre les deux types de graines testées pour les trois légumineuses hôtes.

L'analyse de la variance du nombre de plants d'orobanche émergés par plant de fève, montre une différence non significative entre les pots infestés par l'orobanche blanche et ceux infestés par la violette et les pots non infestés pour les trois espèces hôtes.

3-4-2- Nombre d'attachements sur le système racinaire

Ce paramètre nous renseigne sur le nombre de bourgeons et de tiges sous terraines enregistrés après avoir déterré les racines des plantes hôtes à la fin de l'expérimentation. Les résultats montrent encore une fois que le nombre le plus élevé a été enregistré chez la fève avec 6,33 fixations sur le système racinaire par pot, dans les pots infestés par l'orobanche violette et 1,67 pour les pots infestés par l'orobanche blanche.

L'analyse de la variance pour ce paramètre révèle une différence hautement significative concernant la fève. Pour le pois chiche et la lentille il n'y a aucune différence significative entre les trois traitements.

3-4-3- Poids sec total d'Orobanche par pot

Le poids sec total d'orobanche par plant représente le poids des plants d'orobanche émergés plus celui des bourgeons et tiges souterraines attachés aux racines. Il est de 2,20 g /pot pour les pots de fève infestés par l'orobanche violette et de 1,33 g pour les pots infestés par les graines d'orobanche blanche. L'analyse de la variance révèle ainsi une différence non significative de ce paramètre entre les trois traitements pour les trois légumineuses testées.

3-4-4- Hauteur des plantes hôtes

A la fin de l'expérimentation, la hauteur de tige des plantes hôtes dans les pots infestés par les graines des deux types d'orobanche est légèrement inférieure à celle des plants dans les pots témoins pour la fève et le pois chiche. Par contre chez la lentille c'est le contraire qui se produit. L'analyse de la variance montre que la différence entre les trois traitements est non significative pour les trois espèces de légumineuse par rapport à ce critère.

Les figures 19, 20 et 21 représentent les courbes de croissance des plantes hôtes. On remarque un léger ralentissement chez les plants de fève infestés par les graines d'orobanche blanche par rapport à ceux infestés par l'orobanche violette et les plants non infestés (fig 19).

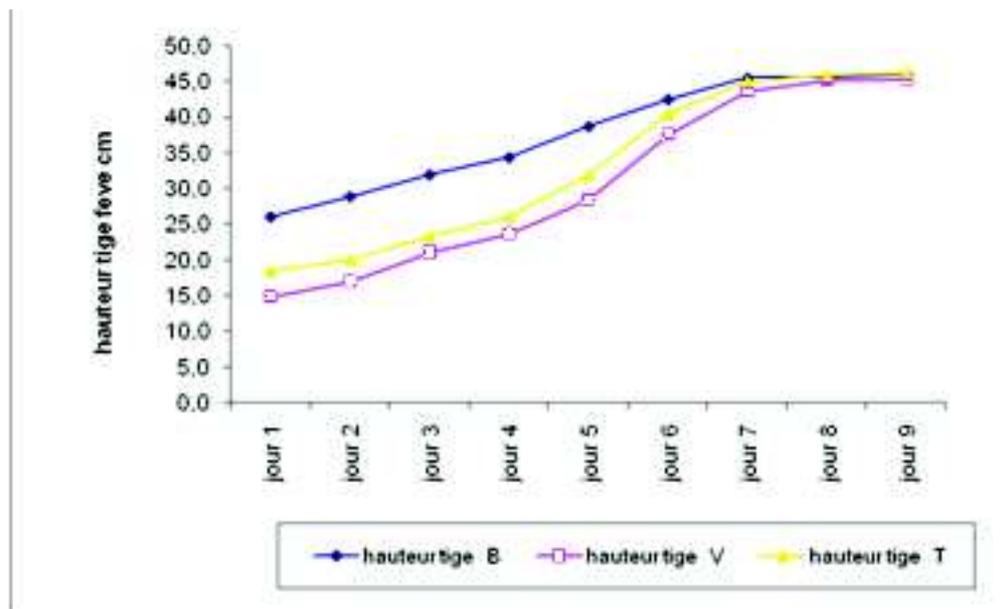


Figure 19 : Courbe de hauteur des plants de fève.

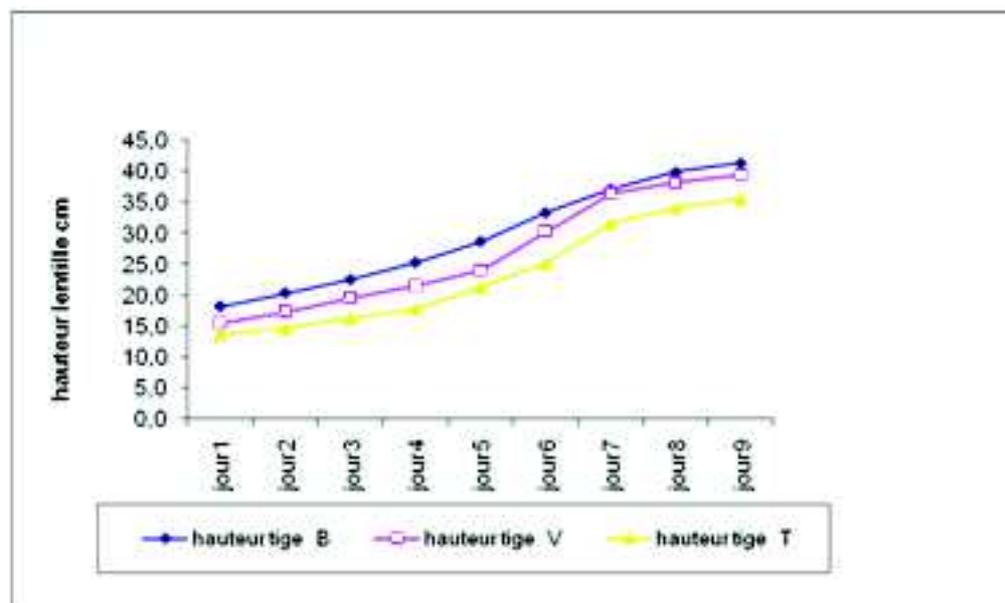


Figure 20 : Courbe de hauteur des plants de lentille.

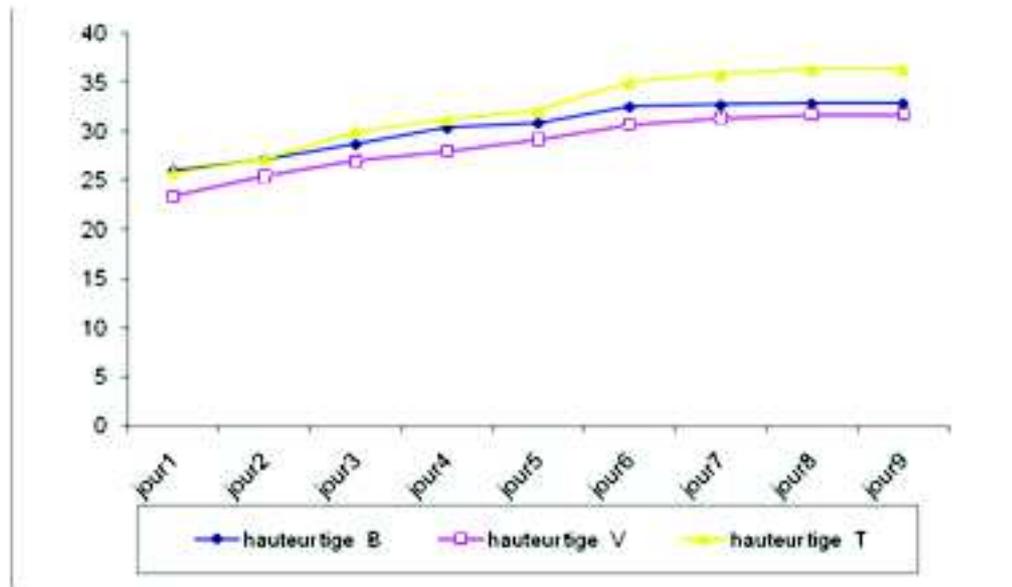


Figure 21 : Courbe de hauteur des plants de pois chiche.

3-4-5- Poids sec des plantes hôtes

Le poids sec de la fève obtenu dans les pots infestés par les graines d'orobanche violette (4,17 g) est nettement inférieur à celui du témoin (12,03 g). Celui des plants infestés par l'orobanche blanche étant de 10,8 g, est également inférieur au témoin. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative.

Le test de Student Newman et Keuls ainsi que le test de Tukey, permettent de classer le poids sec de la fève dans les pots infestés par l'orobanche violette dans un groupe différent des deux autres traitements.

La figure 22 et le tableau 2 montrent que le poids sec de la fève est inversement proportionnel au nombre et au poids sec d'orobanche par plant de fève par contre il est proportionnel à la hauteur de tige des plants de fève.

Chez le pois chiche et la lentille, les résultats (fig 22 et 23) ainsi que l'analyse de la variance montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les trois traitements.

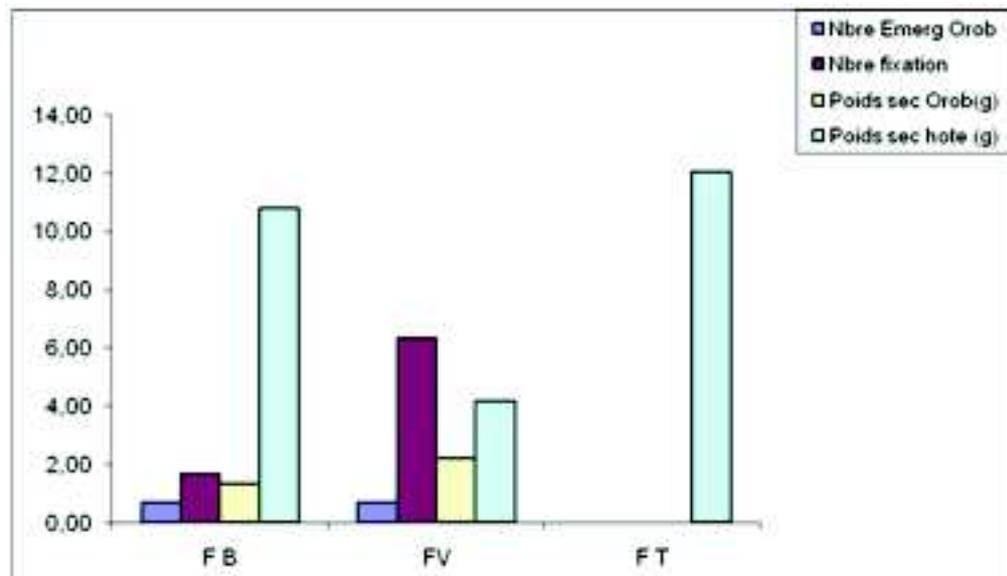


Figure 22 : Résultats des différents paramètres d'évaluation chez la fève.

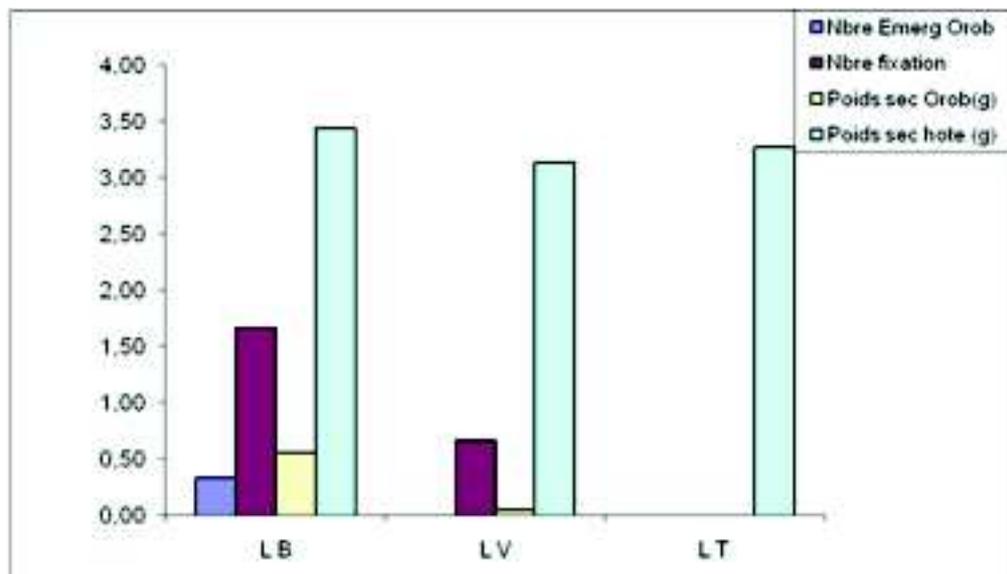


Figure 23 : Résultats des différents paramètres d'évaluation chez la lentille.

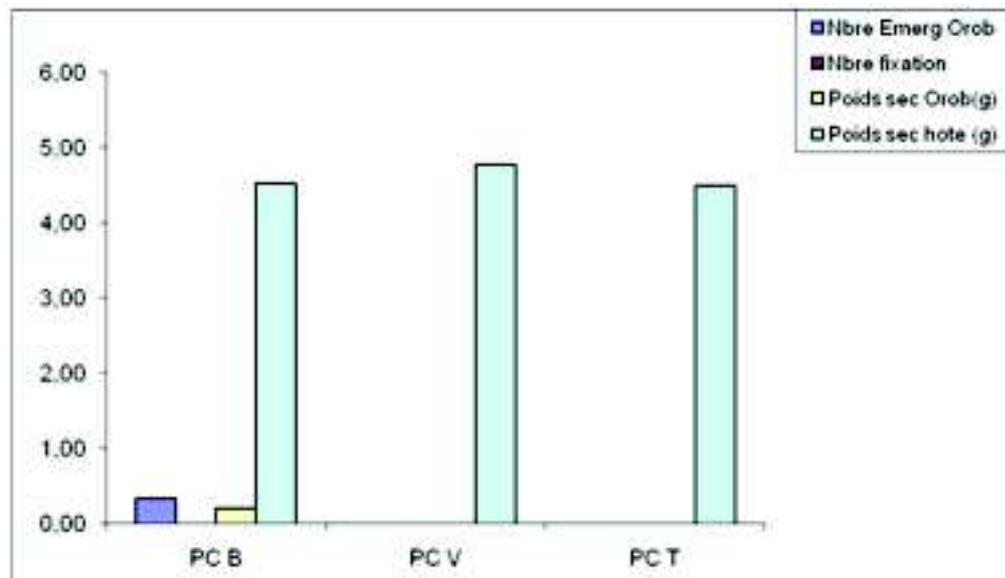


Figure 24 : Résultats des différents paramètres d'évaluation chez le pois chiche

3-4-6- La couleur de l'orobanche

Les figures 25 et 26 montrent que les orobanches obtenues sur la fève et le pois chiche infestés par les graines d'orobanche blanche sont différents des plantes mères (fig 7 et 8) ; celle sur la fève est de couleur violet clair. Par contre celle sur le pois chiche présente une tige marron et des fleurs violet clair.

Les graines d'orobanche violettes ont donné des plants d'orobanche violets clair (fig 27) différents des plants mères qui étaient violets foncé.



Figure 25 : Plant d'orobanche apparu dans un pot de fève infesté par l'orobanche blanche avant et après la floraison



Figure 26 : Plant d'orobanche apparu dans un pot de pois chiche infesté par l'orobanche blanche avant et après la floraison



Figure 27 : Plant d'orobanche apparu dans un pot de fève infesté par l'orobanche violette avant et après la floraison

3-5- Essai en plein champ

Dans cet essai, les critères pris en considération pour évaluer l'infestation des différentes légumineuses par les deux types d'orobanche sont le nombre et le poids sec d'orobanche par plant de légumineuse. Les résultats dans le tableau 3 montrent une fois de plus que le taux d'infestation le plus élevé est celui de la fève. En revanche, en remarque que sur les trois espèces de légumineuses, l'orobanche violette est plus abondante par rapport à la blanche (fig 28).

Tableau 3 : Taux d'infestation des différentes légumineuses par les deux types d'orobanche en plein champs.

Traitements	Nbre oro/plant	PS oro/plant (g)
F V	9,8	18,3
F B	0,37	1,3
L V	0,7	0,97
LB	0,02	0,02
Pc v	0,2	0,82
Pc B	0,02	0,18

3-5-1- Nombre d'Orobanches par plant

Nous avons noté une moyenne de 9,8 plants d'orobanche violette par plant de fève et seulement 0,37 orobanche blanche par plant de fève. Par contre chez la lentille et le pois chiche l'infestation est beaucoup moins importante avec seulement 0,7 orobanche violette et de 0,02 orobanche blanche par plant de lentille et 0,2 orobanche violette et 0,02 orobanche blanche par plant de pois chiche.

Ces résultats nous permettent de constater que le taux de l'orobanche violette est plus élevé que la blanche sur les trois légumineuses.

L'analyse de la variance pour le nombre d'orobanche par plant montre une différence hautement significative entre les deux types d'orobanche pour la fève et la lentille et non significative pour le pois chiche.

3-5-2- Poids sec d'Orobanche par plant

Nous avons noté 18,3 g d'orobanche violette par plant de fève contre seulement 1,3 g d'orobanche blanche ; le poids sec d'orobanche par plant est proportionnel au nombre d'orobanches par plant pour les trois légumineuses (fig 33, 34 et 35).

Ces résultats ainsi que nos observations sur le terrain nous permettent de constater que les plants d'orobanche blanche sont souvent chétifs et moins vigoureux que ceux de l'orobanche violette. Nous avons également constaté l'effet de l'hôte car sur la lentille les plants d'orobanche sont beaucoup plus petits que sur la fève et le pois chiche comme le montrent les photos (fig 29,30, 31 et 32).

L'analyse de la variance de ce paramètre montre une différence hautement significative entre les deux types d'orobanche pour la fève, par contre elle est non significative pour la lentille et le pois chiche.



Figure 28 : Abondance d'Orobanche crenataviolette par rapport à la blanche (à gauche) sur fève.



Figure 29 : Orobanche crenata violette sur pois chiche.



Figure 30 : *Orobanche crenata* blanche sur pois chiche.



Figure 31 : *Orobanche crenata* violette sur lentille.



Figure 32 : Orobanche crenata blanche (à gauche) et violette sur fève.

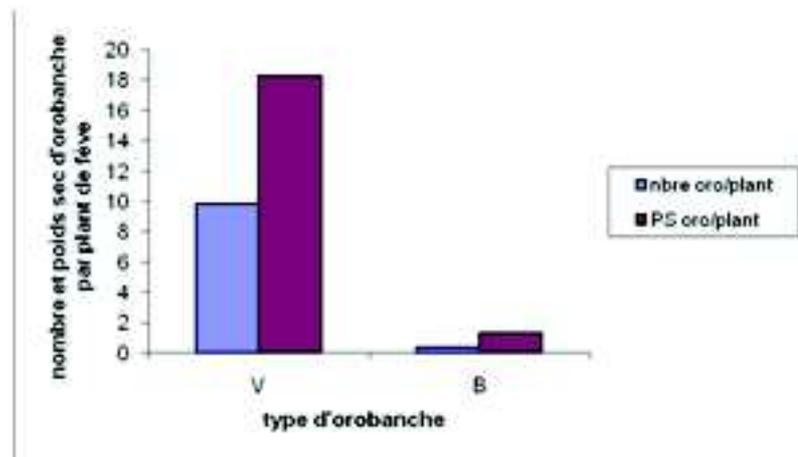


Figure 33 : Nombre et poids sec d'orobanche par plant de fève.

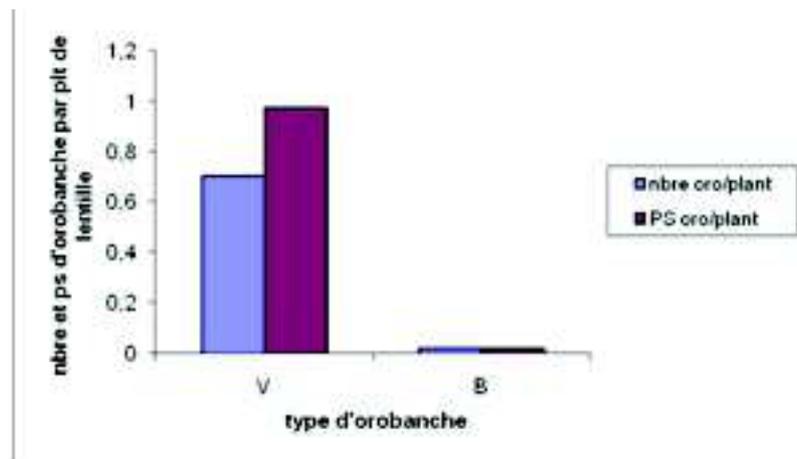


Figure 34 : Nombre et poids sec d'orobanche par plant de lentille.

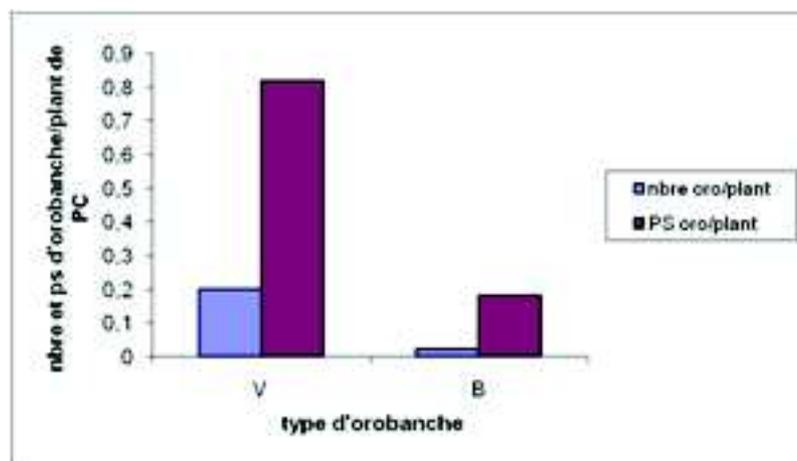


Figure 35 : Nombre et poids sec d'orobanche par plant de pois chiche.

3-6- Discussion

La variabilité génétique et sa relation avec le pouvoir pathogène a été étudiée dans cette recherche. Pour cela, une série d'expérimentations a été réalisée *in vitro* et *in vivo* sur des graines récoltées sur deux types d'*Orobanche crenata* différents par la couleur de la hampe florale, à savoir l'infestation artificielle des différentes légumineuses hôtes par ces deux types d'*Orobanche crenata*.

Dans leurs travaux, Abdallah et Darwich (1994) ont rapporté que la variabilité chez *Orobanche crenata* n'est pas seulement morphologique, mais également associée au parasitisme. Ils ont indiqué également que l'interaction hôte-parasite peut avoir des effets quantitatifs et induire la variabilité chez le parasite. Dans le même contexte, Musselman (1994) et Krochel (2001) ont évoqué l'influence de l'hôte sur la morphologie du parasite.

Nos résultats, notamment ceux de l'essai en plein champ, confirment ces hypothèses concernant la taille et la vigueur des plants d'*Orobanche* car les plants d'*Orobanche* obtenus sur fève et sur pois chiche sont plus grands et ont un poids sec plus élevé que ceux parasitant

la lentille. Néanmoins, le paramètre couleur, étudié dans cette recherche, n'est pas influencé par l'hôte puisque nous avons obtenu les deux couleurs violette et blanche sur un même plant de fève. La variation de couleur n'est également pas influencée par les conditions de l'environnement puisque les deux couleurs sont apparues dans les mêmes conditions.

Benharrath et al (2005) et Gibot- Leclerc et al (2009) ont discuté de deux pathovars chez *Orobancha ramosa* associés à des hôtes spécifiques. Cela nous permet peut être d'expliquer la faible infestation de la lentille et du pois chiche, sachant que la parcelle où a été menée l'expérimentation, a été occupé par la fève au moins deux années consécutives avant de réaliser notre essai.

Roman et al (2002) ont indiqué que la variabilité génétique devrait augmenter avec la distance géographique car cette dernière procure une barrière à l'échange des gènes.

L'étude d'Aouali (2004) a montré qu'il existe une relation proportionnelle entre la distance génétique et la distance géographique.

De nombreuses autres recherches ont étudiées la variabilité génétique chez *Orobancha crenata* en utilisant les marqueurs moléculaires et plusieurs ont trouvé peu de différenciation entre les populations provenant d'un même pays. Par contre, une grande variabilité a été détectée entre les individus de la même population (Paran et al, 1997, Zeid et al, 1997, Roman et al ; 2001 et Roman et al ; 2002).

Cette variabilité phénotypique existante dans la population d'*Orobancha crenata* d'El Harrach confirme ces résultats.

L'analyse des résultats par les différents critères d'évaluation dans la série d'expérimentations au laboratoire ainsi que l'essai en pots, ont montré qu'il n'y a pas de différence dans le comportement des deux types d'*Orobancha* étudiés (orobanche blanche et orobanche violette) à l'égard des différentes légumineuses hôtes.

D'autant plus que les plants d'*Orobancha* obtenus à partir de l'infestation des différentes légumineuses par les deux types d'*Orobancha* sont presque de la même couleur qui est intermédiaire entre celle des plants mères. Ce résultat peut être dû au mode de pollinisation de cette espèce d'*Orobancha*. Rappelons que Musselman et al, (1982) ont noté trois modes de pollinisation chez *Orobancha crenata*, l'allogamie obligatoire, l'autogamie et l'autogamie facultative.

Hoeniges et al, (2009) indiquent que chez les espèces allogames comme *O. crenata*, l'hybridation entre les génotypes induit la formation d'hybrides polymorphes, notamment pour la couleur.

La faible infestation enregistrée dans l'essai en pot ne nous permet peut être pas de se prononcer sur la relation entre le polymorphisme génétique intra-population et le pouvoir pathogène.

Toutefois, les résultats de l'essai en plein champ, particulièrement le nombre d'orobanches par plant pour chacune des espèces hôte, confirment ce que nous avons observé les années précédentes sur l'abondance de l'*Orobancha crenata* violette et la rareté de la blanche.

Ce qui nous permet de dire que cette dernière est moins virulente que la violette.

Krochel, (2001) a noté qu'il existe des variations morphologiques génétiquement fixées et des variations induites par les conditions de l'environnement.

L'ensemble des résultats nous emmène à déduire que cette variation de couleur chez *Orobancha crenata* peut être génétiquement fixée et que la couleur blanche et un caractère

récessif qui n'apparaît que rarement ; par contre le type violet est la couleur la plus dominante.

CONCLUSION

Notre étude s'est basée sur la variabilité de couleur existante chez *Orobanche crenata* qui infeste les parcelles expérimentales de l'ENSA d'El Harrach.

À travers cette dernière nous avons pour objectifs :

1. D'étudier et de comparer les stades sous terrains chez les deux types d'*O. crenata* blanche et la violette.
2. De comparer la virulence de ces deux types d'*O. crenata* à l'égard de trois espèces de légumineuses connues pour leur sensibilité à ce parasite (la fève, la lentille et le pois chiche) et cela, premièrement, par l'infestation artificielle en pots, puis en plein champ dans une parcelle où ont apparu antérieurement ces deux types d'*O. crenata*.
3. D'essayer de répondre à la question sur l'origine de cette diversité phénotypique de couleur.

Ainsi, les tests au laboratoire ont montré qu'il n'y a pas de différence entre la réaction des deux types de graines aux stimulants de germination naturels ou artificiels et l'évolution des stades sous terrains s'est déroulée de la même manière pour les deux types d'*O. crenata*.

Ces résultats sont confirmés lors de l'expérimentation en pots où on a constaté, en analysant les résultats des différents critères d'évaluation de la virulence, que les plants issus des graines d'*Orobanche* blanche et violette, ont montré le même niveau de virulence à l'égard des trois légumineuses testées. Toutefois nous avons noté que les deux types sont plus virulents sur fève que sur les autres légumineuses.

Nous avons également constaté que les plants obtenus dans les pots infestés par les graines des deux types d'*Orobanche* blanche et violette, sont de la même couleur. Cela est expliqué par le mode de pollinisation de cette espèce qui est principalement de nature allogamique.

Ces résultats nous ont permis donc de comprendre que les graines utilisées seraient issues d'un croisement entre des individus de phénotypes différents.

Si ce travail devait être poursuivi, il serait donc intéressant de tester des graines provenant de plants d'*Orobanche* autopollinisés des deux phénotypes blanc et violet. Ces graines peuvent être obtenues en couvrant les plants d'*Orobanche* avant la floraison pour empêcher l'échange du pollen entre les deux types.

En revanche, en plein champ, nous avons constaté que l'*O. crenata* violette est beaucoup plus fréquente et donc plus virulente que la blanche sur la fève et le pois chiche, alors que cette dernière est absente sur lentille.

Les résultats des expérimentations en pots et en plein champ nous permettent peut être de répondre à la question sur l'origine de cette variabilité phénotypique. En effet, on peut conclure qu'elle n'est pas soumise à l'influence de l'hôte ou de l'environnement, mais elle peut être d'origine génétique et qu'elle est soumise aux lois de génétique de l'hérédité des caractères.

Pour compléter cette étude, il serait intéressant d'étudier cette variabilité sur le plan moléculaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbes Z., Sellami F., Amri M. et Kharrat M. 2011.** Variation in the resistance of some faba bean genotypes to *Orobanche crenata*. *Pak. J. Bot.*, **43**(4): 2017-2021.
- Abdallah M.M.F. et Darwich D.S. 1994.** Breeding faba bean for orobanche tolerance at Cairo university. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 450-454.
- Aber M. et Salle G. 19183.** Graine et procaulum d'*Orobanche crenata* Forsk. Etude histologiques et cytologique. *Can. J. Bot.* **61** : 3302-3313.
- Abu Irmailah B.E. 1994.** Overview of the Orobanche problem in the Near East. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 667-683.
- Abu Sbaih H. et Jury S.L., 1994.** The seed micromorphologie of the genus *Orobanche* (Orobanchaceae) In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp 112-120.
- Abu Sbaih H., Keit- Lukas D.M., Jury S.L., Harborne J.B., et Tubaileh A.S. 1994.** Pollen morphology of the genus *Orobanche*. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 112-118.
- Ait Abdallah F., Hamadache A., Khedam M. et Maatougui M.E.H. 1998.** Le problème de l'*Orobanche* en Algérie : importance, synthèse des travaux de recherche. *Céréaliculture*. **32**:19-24
- Ait Abdallah F. et Hamadache A. 1996.** Effet de la période de semis, de la variété et du traitement au Glyphosate sur le contrôle de l'*Orobanche* chez la fève dans une zone subhumide. *Céréaliculture* **29**: 21-25.
- Amri M., Mlayeh O. et Kharrat M. 2009.** Pathogenecity of different broomrape populations on five host plant species. Proceeding IPPS. 10th word congress of parasitic plants. Kusadasi, Turkey.
- Andray C.1994.** Chemotaxonomical study of the genus *Orobanche*. In A.H. Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 121-130.
-

- Aouali S. 2004.** Etude du polymorphisme génétique chez l'*Orobanche* de la fève : *Orobanche crenata* Forskall. en Algérie, par l'utilisation des marqueurs moléculaires RAPD et AFLP. *Mémoire, magister*, INA. Alger. 101 p.
- Aouali, s. et Feliachi., K. 2007.** *Orobanche* management in Algeria In Labrada R., Progress on farmers training on parasitic weed management. FAO. Rome. pp31-37
- Arjona-Beral A. et Messa-Garcia J. 1987.** Phenology and growth of *Orobanche crenata* Fosk in four legume crops. *Weed research* 27: 349-360
- Benharrath H., Boulet C., Theodet C., et Thalouarne P. 2005.** Virulence diversity among branched broomrape (*O. ramosa* L) populations in France. *Agron. Sustain. Dev.* 25, 123-128.
- Blanchard M. 1952.** Contribution à l'étude de la biologie de l'orobanche et sa destruction *An. Ins. Agr. D'Alger*. PP1-29.
- Bouhatous B. et Jacquard P. 1994.** The effect of combination of hosts on infection capacity of *Orobanche crenata* forsk. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. *Biologie and management of Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp 320-331.
- Boulet C., Pineault D., Benharrath H., Bouzec D., Delavault P. et Simier P. 2007.** Adventices du colza et *Orobanche* rameuse. AFPP_ vingtième conférence du COLUMA. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon.
- Carlón L., Gomez Casares G., Lainz M., Moreno Moral G. et Sanchez Pedraja Ó. 2002** A propósito de algunas *Orobanche* (*Orobanchaceae*) del noroeste peninsular. *Jardín Botánico Atlántico* 1: pp 1-44.
- Colin J.M. 1999.** L'*Orobanche* rameuse. *Phytoma* 515. 15-20.
- Cubero J.I. et Moreno M.T. 1979.** Agronomique control and sources of resistance in *Vicia faba* to *Orobanche crenata*. in D.A. Bond, G.T. Scarascia-Mugnozza and M.H. Poulsen (eds). Pp 41-80.
- Dubé M.P., 2009** Étude de la diversité génétique au sein des génomes nucléaire et chloroplastique chez les cinq races connues du *Striga gesnerioides*, une plante parasite d'importance mondiale. *Thèse doctorat*, université Laval, Québec. 150 p.
- Elzein A. et Krosche J. 2005.** Progrès enregistrés dans la gestion des mauvaises herbes parasites. In Labrada R. *Gestion des mauvaises herbes pour les pays en développement Etude FAO production végétale et protection des plantes*. 120 tome 1. pp115-139.
- Esmat A.H. 1996.** Development of orobanche parasitism on faba bean and approach to control. *Rehabilitation of foba bean* Rabt. PP 107-111.
- Fer A. et Thalouarne P. 1997.** L'*Orobanche* une menace pour nos cultures. *Phytoma* 499 : 34-40
- Fernández-Aparicio M., Pérez-de-Luque A., Lozano M.D. et Rubiales D..2007.** Inoculation and growth with root parasitic weeds. *Medicago truncatula* handbook. pp1-11
- Foy C.L., Namdula V.K. et Orcutt D.M. 1999.** Glyphosate for *Orobanche aegyptiaca* control in *Vicia sativa* and *Brassica napus*. *Weed science* 47:486-491.

- Frong G. 1997.** Les plantes nuisibles à l'agriculture. *Encyclopédie agricole*.
- Garcia-Torres L. 1994.** Pre-emergence Herbicides for the control of broomrape in sunflower. *Weed research* **34**: 395-402.
- Garcia-Torres L. 1994:** Progress in *Orobanche* control. Biology and management of *Orobanche*. Proceeding of the third international workshop on orobanche and related striga research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. PP 391-397.
- Geipert S. Krochel J. et Sauerborn J. 1996.** Distribution and economic importance of *Orobanche crenata* in faba bean production of Maroco. *Rehabilitation of faba bean*. Rabat, Marco. Pp., 113-120.
- Georgiva et Edreva, 1994.** Chemotaxonomical study of the variability of *Orobanche* on tobacco in Bulgaria. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. Biologie and management of *Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 127-131.
- Gibot leclerc S., Charles J. et Desaint F. 2009.** Sensibilité d'hôtes potentiels vis-à-vis de deux pathovars d'*Orobanche ramosa*. XIIIème colloque international sur la biologie des mauvaises herbes. Dijon.
- Gibot-Leclerc S. 2004 .** Etude épidémiologique, écophysiole et agronomique du couple *Orobanche ramosa* L/*Brassica napus* L. *Thèse doctorat*, Université Pierre et Marie Curie, Paris. 182 p.
- Gibot-Leclerc S., Pinochet X., et Salle G. 2006 .** Orobanche rameuse (*Orobanche ramosa* L.) du colza : un risque émergent sous surveillance. *OCL* **13**. pp 200-205.
- Grenz J H., Manschadi A.d. M., DeVoil P., Meinke H. et Sauerborn J. 2005.** Assessing Strategies for *Orobanche* sp. Control Using a Combined Seedbank and Competition Model. *Agronomy Journal*, 97. Pp1551-1559.
- Hamadache A. et Ait Abdallah F. 1994.** Résultats des essais de luttés contre l'*Orobanche* et les adventices en Algérie. *Rapport annuel des activités du REMAFEVE* Pp., 30-42.
- Hamadache A. et Fetih S. 2002.** Comportement de 15 génotypes de fève en gousses fraîches et en graines sèches en conditions d'infestation du sol par l'orobanche. *Céréaliculture* **37** : 44-49.
- Hoeniges A., Ardelean A., Xie X; Yoneyaka K. et Wegmann K. 2009.** The secret of broomrape host-specificity. Proceeding IPPS. 10th world congress of parasitic plants. Kusadasi, Turkey.
- Jakobson R . 1987.** Effect of animal's digestive system on the infectivity of orobanche seeds. *Weed research* **27**: 87-90.
- Jakobson R. et Kelman Y. 1988.** Broomrape control with Ethylene dibromide and chloropicrin. *Weed research* **28**: 151-157.
- Jakobson R., Ben-Ghedalia D. et Marton K. 1989.** Recent approaches for chemical control of broomrape. *Weed. Sci. Soc. Am.* **4**: 123-152.
- Karrat M 2002.** Sélection de lignées de féveroles résistantes à l'orobanche foetida. *Proc. 2eme séminaires du REMAFEVE*.

- Karrat M., Halila M.H. et Ait Abdallah F. 1998.** Distribution, biologie et gestion de l'*Orobanche* sur les légumineuses alimentaires dans les pays du pourtour méditerranéen. *Les légumineuses alimentaires méditerranéennes*. INRA. Paris. 65-80
- Karrat M., Zouaoui M., Saffour K. et Souissi T. 2002.** Lutte chimique contre l'*Orobanche feotida* sur la fève. Proc.2eme Séminaires du réseau. REMAFEVE / REMALA.
- Kreutz, C.A.J. 1995.** Orobanche in central and Northern Europe. A field guide. Nature Historisch Genootschapp in Limburg Ed. Vol 1. 159 p.
- Krosche J. 2001.** A technical manual for parasitic weed research and extension. Kluwer Academic Publisher. London.256 p.
- Kroschel J., Sauerborn J. et Klein O. 1996.** The supra regional GTZ-project. Ecology and management of parasitic Weeds. *Rehabilitation of faba bean*. Rabat pp 95-105.
- Link K.H., Sauerborn J. 1990.** Biology and control of *Orobanche* in legume crops. *Training short course*; ICARDA-FLIP, Aleppo, Syria.p57.
- Link K.H., Sauerborn J. et Saxena MC. 1989. *Orobanche* field guide. ICARDA, Syria.42p.
- Lolas P.C. 1994.** Herbicide for control of broomrape "*Orobanche ramosa* L." In tobacco, *Weed research*. **34**: 208-209.
- Lutzeyer H.J., Kroschel J. et Sauerborn J. 1994.** *Orobanche crenata* in legume cropping: farmer's perception, difficulties and prospect of control. Biology and management of orobanche. *Proceeding of the third international workshop on orobanche and related striga research*. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp, 432-441.
- Mauromical G., Restuccia G. et Marches M. 2001.** Soil solarisation: a non chemical technique for controlling *Orobanche crenata* and improving yield of faba bean. *Agronomie* **21**: 757-765.
- Messa-Garcia J. et Garcia-Tores L. 1985.** *Orobanche crenata* control in *Vicia faba* with glyphosate as affected by herbicide rates and parasites growth stages. *Weed research* **25**: 129-134.
- Mohamed K. et. Musselman L. J.2007** . Taxonomy of Agronomically Important Striga and Orobanche Species. In Labrada R Progress on farmers training on parasitic weed management. FAO. Rome. pp7-14.
- Mornet F. 2008.**L'Orobanche rameuse. Rapport de l'association nationale interprofessionnelle et technique du tabac ANITA. France. 75 p.
- Musselman L.J. 1994.** Taxonomy and spread of Orobanche. Biology and management of Orobanche. *Proceeding of the third international workshop on orobanche and related striga research*. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp 27-35.
- Musselman L.J., parker C. et Dixon C. 1982.** Notes on autogamy and flowerstructure in agronomically important species of *Stiga* (Scophulariaceae) and *Orobanche* (Orobanchaceae). *Beitrag zur Biologie der pflanzen*, **56**: 329-343.
- Nassib A.M., Ibrahim A.A., et Saber H.A. 1978.** Broomrape (*Orobanche crenata*) resistance in broad bean. In proceeding ICARDA workshop "seed legumes". Aleppo, Syria, ICARDA. Pp 133-135.

- Ozenda P. 1977.** Flor du sahara septentrional et central. 1ere ed., C.N.R.S., Paris. Pp 180-192.
- Paran I., Giodoni D., et Jacobson R. 1997.** Variation between and within broomrape (*Orobanche*) species revealed by RAPD markers. *Heredity* 78: 68-74.
- Parker C. 1994.** The present state of *Orobanche* problem. Biology and management of *Orobanche*. *Proceeding of the third international workshop on orobanche and related striga research*. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp, 403-413.
- Parker C. et Riches C.R. 1993.** Parasitic weeds of the world: biology and control. 1st ed. Castelfield Press Limited, Kettering, Northants- Uk.
- Perez-de-Luque A., González-Verdejo C. I., Lozano D M., Dita M A., Cubero J' I., González-Melendi P., Risuen M C., et Rubiales D. 2006. Protein cross-linking, peroxidase and b-1,3-endoglucanase involved in resistance of pea against *Orobanche crenata*. *Journal of Experimental Botany*, 57, No. 6, pp. 1461–1469.
- Pujadas A et Gonzalez A L. 1997.** The genus *Orobanche* L. (OROBANCHACEAE) in the province of Almeria (se of the Iberian peninsula). *Lagascalia* 19(1-2).pp 873-880.
- Quezel P. et Santa S. 1963.** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S., Paris, 2 vol., 1170 p.
- Rispail N., Dita M. A., González-Verdejo C., Pérez-de-Luque A., Castillejo M.-A., Prats E. Román B., Jorrín J. et Rubiales D. 2006. Plant resistance to parasitic plants: molecular approaches to an old foe. *New Phytologist*. 173. pp703–712.
- Roman B., Rubiale D., Tores A.M., Cuber J.i. et Satovic Z 2001.** Genetique diversity in *Orobanche crenata* populations from southern Spain. *Theor App Genet* 103: 1108-1114.
- Roman B., Satovic Z., Rubiale D., Tores A.M., Cuber J.i., Katzir N. et Joel D.M. 2002.** Variation among and within of the parasitic weed *Orobanche crenata* from Spain and Israel revealed by Simple Sequence Repeat markers. *Phytopathology* 92:1262-1266.
- Román B., Torres, A M., Rubiales D., Cubero J I. et Satovic Z. 2002.** Mapping of quantitative trait loci controlling broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) resistance in faba bean (*Vicia faba* L.) *Genome* 45: 1057–1063.
- Roumili S. 1993.** Contribution à l'étude de l'*Orobanche* en Algérie. *mémoire ing*, INA. 74p.
- Saffou K., Karrat M., Souissi T., Boulache E M. et Bouyad D. 2002.** Efficacités comparées de certaines IMIDAZOLINES et résultats herbicides pour la lutte contre l'*Orobanche* dans la fève. *Proc. 2eme sem. REMAFEVE*. P91.
- Saghir A.R. 1987.** Le problème de la cuscute en Algérie. *FAO Report*. 21 p
- Saghir A.R., Foy C.L. et Hamed K.M. 1973.** Herbicide effect on parasitism of tomato by hamp broomrape. *Weed science* 21: 253-257.
- Sallé G. et Aber M. 1986.** Les phanérogames parasites : biologie et stratégie de lutte. *Bulletin de la société botanique de France. Actualité botanique* 133 : 235-263.
- Satovic Z., Joel D. M., Rubiales D., Cubero J. I. et. Román B. 2009.** Population genetics in weedy species of *Orobanche*. *Australasian Plant Pathology* 38, 228–234.

- Sauerborn J. et Link K. H. 1989.** Solarisation: a physical control method for weeds and parasitic plants in Mediterranean agriculture. *Weed research* 29: 391-397.
- Sauerborn J. et Saxena M. C. 1989.** Broomrape contrôle in faba bean with Glyphosate and Imazaquin. *Weed research* 29: 97-102.
- Saxena M.C., Link K.H. et Sauerborn, J. 1994.** Integrated control of *Orobanche* in cool season food legumes. Biology and management of *Orobanche*. Proceeding of the third international workshop on *orobanche* and related striga research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp 376-396.
- Sillero J.C. , Cubero J.I., Fernández-Aparicio M., et Rubiales D. 2005.** Search for resistance to crenate broomrape (*Orobanche crenata*) in *Lathyrus*. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 4 pp7-90.
- Tebbakh H. 2003.** Etude de l'orobanche de la fève, essai de méthodes de lutte. *Mémoire. Ing. INA. Alger* 63 p.
- Van Hezewij K. et Link K.H. 1994.** Seasonal changes in germination response of buried seeds of *Orobanche crenata*. Biology and management of *Orobanche*. Proceeding of the third international workshop on *orobanche* and related striga research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. Pp 376-396.
- Verkleij JAC., et Piterse A.H. 1994.** Genetic variability of *Orobanche* and *Striga* in relation to host specificity. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. Biologie and management of *Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 67-79.
- Wegman K. 1994.** Physiology of host- *Orobanche* interaction. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. Biologie and management of *Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 49-56.
- Westwood J. H. 2003.** Molecular aspect of host- parasite interaction: opportunities for engineering résistance to parasitic weeds. In Inderjit. *Weed biology and management*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. Pp177-198.
- Zaitoun F.M.F. et Ter Borg S. J. 1994.** Resistance against *Orobanche crenata* in Egyptian and Spanish faba bean. In A .H.Pieterse, J.A.C. Verkleidj and S. J. Ter Borg. Biologie and management of *Orobanche* . Proceeding of the third international workshop on *Orobanche* and related *Striga* research. Amsterdam, the Netherlands Royal Tropical Institute. pp. 264-275.
- Zeid M. , Madkour M., Koreim Y., Nawwar A., Souliman M. et Zeitoun F. 1997. Molecular study on *Orobanche*. *J. Phytopathology* 145 : 351-355.
- Zemrag A. 1999.** Caractérisation de la variabilité pathogénique de l'orobanche dans la culture des fèves au Maroc. Proceeding du 2eme symp. Reg sur les maladies des céréales et des L.A. Tunisie.Pp273-278.
- Zemrag A. 1994.** Essai de lutte contre l'orobanche et les adventices dans les fèves au Maroc. *Rapport annuel d'activité REMAFEVE*. Pp 74-85.
- Zermane N. 1998.** Contribution à l'étude phanérogame parasite de l'Algérie. *Mémoire. Magister, INA*.219p.

ANNEXES

Annexe 1 : analyse statistique des résultats des essais au laboratoire

Analyse de la variance du taux de viabilité des graines.

			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
viabilité% * traitements	Inter-groupes	Combiné	72	1	72	5,4	0,059
	Intra-classe		80	6	13,333		
	Total		152	7			

Analyse de la variance du taux de germination des graines au GR 24.

		Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	Combiné	480,5	1	480,5	6,281	0,046
Intra-classe		459	6	76,5		
Total		939,5	7			

Analyse de la variance des % de germination, fixation, formation des tubercules, sur les racines de lentille.

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Germination %	Inter-groupes	242	1	242	1,47936831	0,26954684
	Intra-groupes	981,5	6	163,583		
	Total	1223,5	7			
Fixation %	Inter-groupes	6,125	1	6,125	1,1221374	0,33022869
	Intra-groupes	32,75	6	5,4583		
	Total	38,875	7			
Tub %	Inter-groupes	0,125	1	0,125	1	0,35591769
	Intra-groupes	0,75	6	0,125		
	Total	0,875	7			

Annexe 2 : analyse statistique des résultats de l'essai de l'inoculation artificielle en pot.

Analyse de la variance des différents paramètres évaluée sur fève .

Étude de la relation entre la diversité génétique et le pouvoir pathogène chez quelques écotypes d'*Orobanche crenata* Forskall

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
hauteur tige fève	Inter-groupes	1,167	2,000	0,583	0,030	0,971
	Intra-groupes	116,833	6,000	19,472		
	Total	118,000	8,000			
poids sec fève	Inter-groupes	107,407	2,000	53,703	118,754	0,000
	Intra-groupes	2,713	6,000	0,452		
	Total	110,120	8,000			
nombre émergence orobanche/fève	Inter-groupes	0,889	2,000	0,444	0,800	0,492
	Intra-groupes	3,333	6,000	0,556		
	Total	4,222	8,000			
nombre fixation orobanche /fève	Inter-groupes	64,667	2,000	32,333	20,786	0,002
	Intra-groupes	9,333	6,000	1,556		
	Total	74,000	8,000			
poids sec orobanche/fève	Inter-groupes	7,345	2,000	3,673	4,656	0,060
	Intra-groupes	4,733	6,000	0,789		
	Total	12,078	8,000			

Sous ensembles homogènes.

hauteur tige fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1
Student-Newman-Keuls	V	3	45,33
	B	3	46,00
	Temoin+	3	46,17
	Signification		0,97
Test de Tukey	V	3	45,33
	B	3	46,00
	Temoin+	3	46,17
	Signification		0,97
B de Tukey	V	3	45,333
	B	3	46
	Temoin+	3	46,1667

PS fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1,00 2,00
Student-Newman-Keuls	V	3	4,17
	B	3	10,80
	Temoin+	3	12,03
	Signification		1,00 0,07
Test de Tukey	V	3	4,17
	B	3	10,80
	Temoin+	3	12,03
	Signification		1,00 0,14

nombre émergences orobanche/ fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,67
	V	3	0,67
	Signification		0,55
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,67
	V	3	0,67
	Signification		0,55

NB FIX ORO/fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
Student-Newman-Keuls	traitements		1,00 2,00

Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,67
	V	3	6,33
	Signification		0,15 1,00
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,67
	V	3	6,33
	Signification		0,30 1,00

PS OROB/fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,33
	V	3	2,20
	Signification		0,05
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,33
	V	3	2,20
	Signification		0,05

Analyse de la variance des différents paramètres évalués sur lentille.

Étude de la relation entre la diversité génétique et le pouvoir pathogène chez quelques écotypes d'*Orobanche crenata* Forskall

				Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
nombre émergence orobanche/lentille	Inter-groupes	(Combiné)		0,22	2	0,11	1,00	0,4219
		Terme linéaire	Contraste	0,17	1	0,17	1,50	0,2666
			Ecart	0,06	1	0,06	0,50	0,5060
	Intra-groupes			0,67	6	0,11		
	Total			0,89	8			
nombre fixation orobanche /lentille	Inter-groupes	(Combiné)		4,22	2	2,11	2,38	0,1739
		Terme linéaire	Contraste	4,17	1	4,17	4,69	0,0736
			Ecart	0,06	1	0,06	0,06	0,81
	Intra-groupes			5,33	6	0,89		
	Total			9,56	8			
poids sec orobanche/lentille	Inter-groupes	(Combiné)		0,56	2	0,28	2,01	0,2145
		Terme linéaire	Contraste	0,46	1	0,46	3,31	0,1189
			Ecart	0,10	1	0,10	0,72	0,4293
	Intra-groupes			0,83	6	0,14		
	Total			1,39	8			
hauteur tige lentille	Inter-groupes	(Combiné)		53,39	2	26,69	0,56	0,5991
		Terme linéaire	Contraste	51,04	1	51,04	1,07	0,3412
			Ecart	2,35	1	2,35	0,05	0,8319
	Intra-groupes			286,67	6	47,78		
	Total			340,06	8			
poids sec lentille	Inter-groupes	(Combiné)		0,14	2	0,07	1,37	0,3242
		Terme linéaire	Contraste	0,04	1	0,04	0,84	0,3956
			Ecart	0,10	1	0,10	1,90	0,2176

Sous-ensembles homogènes .

hauteur tige fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1
Student-Newman-Keuls	V	3	45,33
	B	3	46,00
	Temoin+	3	46,17
	Signification		0,97
Test de Tukey	V	3	45,33
	B	3	46,00
	Temoin+	3	46,17
	Signification		0,97
B de Tukey	V	3	45,333
	B	3	46
	Temoin+	3	46,1667
PS fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1,00 2,00
Student-Newman-Keuls	V	3	4,17
	B	3	10,80
	Temoin+	3	12,03
	Signification		1,00 0,07
Test de Tukey	V	3	4,17
	B	3	10,80
	Temoin+	3	12,03
	Signification		1,00 0,14
nombre émergences orobanche/ fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,67
	V	3	0,67
	Signification		0,55
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,67
	V	3	0,67
	Signification		0,55
NB FIX ORO/fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1,00 2,00
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,67
	V	3	6,33
	Signification		0,15 1,00
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,67
	V	3	6,33
	Signification		0,30 1,00
PS OROB/fève			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
	traitements		1
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,33
	V	3	2,20
	Signification		0,05
Test de Tukey	Temoin+	3	0,00
	B	3	1,33
	V	3	2,20
	Signification		0,05

Analyse de la variance des différents paramètres évalués sur pois chiche.

Étude de la relation entre la diversité génétique et le pouvoir pathogène chez quelques écotypes d'*Orobanche crenata* Forskall

				Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
hauteur tige PC	Inter-groupes	(Combiné)		35,39	2	17,69	2,83	0,136
		Terme linéaire	Contraste	18,38	1	18,38	2,94	0,137
			Ecart	17,01	1	17,01	2,72	0,150
	Intra-groupes			37,50	6	6,25		
	Total			72,89	8			
poids sec pois chiche	Inter-groupes	(Combiné)		0,14	2	0,07	1,05	0,406
		Terme linéaire	Contraste	0,00	1	0,00	0,03	0,858
			Ecart	0,14	1	0,14	2,07	0,200
	Intra-groupes			0,41	6	0,07		
	Total			0,56	8			
nombre émergence orobanche/PC	Inter-groupes	(Combiné)		0,22	2	0,11	1,00	0,422
		Terme linéaire	Contraste	0,17	1	0,17	1,50	0,267
			Ecart	0,06	1	0,06	0,50	0,506
	Intra-groupes			0,67	6	0,11		
	Total			0,89	8			
nombre fixation orobanche/PC	Inter-groupes	(Combiné)		0,00	2	0,00	.	.
		Terme linéaire	Contraste	0,00	1	0,00	.	
			Ecart	0,00	1	0,00	.	
	Intra-groupes			0,00	6	0,00		
	Total			0,00	8			
poids sec orobanche/PC	Inter-groupes	(Combiné)		0,	2	0,04	1,00	0,422
		Terme linéaire	Contraste	0,06	1	0,06	1,50	0,267
			Ecart	0,02	1	0,02	0,50	0,506
	Intra-groupes			0,26	6	0,04		
	Total			0,34	8			

Sous-ensembles homogènes.

hauteur tige PC			
traitements		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	V	3	31,67
	B	3	32,83
	Temoin+	3	35,33
	Significaton		0,13
Test de Tukey	V	3	31,67
	B	3	32,83
	Temoin+	3	35,33
	Significaton		0,13

poids sec pois chiche			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	Temoin+	3	4,48
	B	3	4,53
	V	3	4,78
	Significaton		0,43
Test de Tukey	Temoin+	3	4,48
	B	3	4,53
	V	3	4,78
	Significaton		0,43

nombre émergences orobanche/PC			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,33
	Significaton		0,48
Test de Tukey	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,33
	Significaton		0,48

nombre fixation orobanche /PC			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	B	3	0,00
	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	Significaton		1,00
Test de Tukey	B	3	0,00
	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	Significaton		1,00

poids sec orobanche/PC			
		N	Sous-ensemble pour alpha = .05
			1
Student-Newman-Keuls	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,21
	Significaton		0,48
Test de Tukey	V	3	0,00
	Temoin+	3	0,00
	B	3	0,21
	Significaton		0,48

Annexe 3 : analyse statistique des résultats de l'essai en plein champ

Analyse de la variance des différents paramètres évalués sur fève.

Étude de la relation entre la diversité génétique et le pouvoir pathogène chez quelques écotypes d'*Orobanche crenata* Forskall

			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
nombre d'orobanche / plant de feve	Inter-groupes	Combiné	134,427	1	134,427	32,057	0,005
	Intra-classe		16,773	4	4,193		
	Total		151,200	5			
poids sec orobanche / plant de feve	Inter-groupes	Combiné	433,160	1	433,160	44,488	0,003
	Intra-classe		38,946	4	9,737		
	Total		472,106	5			

Analyse de la variance des différents paramètres évalués sur lentille.

			Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
nombre d'orobanche / plant de lentille	Inter-groupes		,783	1	,783	17,784	0,014
	Intra-groupes		,176	4	4,401E-02		
	Total		,959	5			
poids sec orobanche / plant de lentille	Inter-groupes		1,342	1	1,342	4,938	0,090
	Intra-groupes		1,087	4	,272		
	Total		2,430	5			

Analyse de la variance des différents paramètres évalués sur pois chiche.

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
nombre d'orobanche / plant de pois chiche	Inter-groupes	3,345E-02	1	3,345E-02	0,2251	0,326
	Intra-groupes	,107	4	2,673E-02		
	Total	,140	5			
poids sec orobanche / plant de pois chiche	Inter-groupes	,621	1	,621	1,686	0,264
	Intra-groupes	1,473	4	,368		
	Total	2, 3	5			

Annexe 4 : champ infesté par *O. crenata* à El Eulma (wilaya de Setif).

