

Effet de la température sur l'expression de la résistance à la mouche de hesse (diptère : cecidomyiidae) chez le blé tendre (*Triticum Aestivum L.*)

L. Khalifi¹, M. El Bouhssini², A. Amri² et S. Lhaloui²

¹ La Faculté des sciences Cadi Ayyad de Marrakech, Maroc

² Centre aridoculture, Inra, BP. 589, Settat, Maroc

Résumé

L'expression de certains gènes de résistance à la mouche de Hesse, *Mayetiola destructor* (Say), est affectée par les températures élevées. Au Maroc, les températures pendant le début et la fin du cycle de développement du blé peuvent dépasser 24 °C. L'objectif de cette étude était de déterminer l'effet des températures élevées sur l'expression des gènes de résistance efficaces contre la mouche de Hesse au Maroc. Cette étude a été réalisée dans des chambres de croissance réglées à des températures constantes de 18, 24 et 28 ± 2 °C et une photopériode de 12 : 12 heures (J : N). Les résultats montrent que les gènes H11, H23 et les lignées L254 et PI321644 ont été les plus stables sous les 3 régimes de températures. L'expression des gènes H13, H14, H15 et de la lignée L222 n'a été affectée qu'à 28 °C; le niveau de résistance a diminué d'environ 25 %. L'expression de la résistance des gènes H7, H8 et des lignées BT 880401, BT 90I112, BT 92P205 et BT92P1-20 était faible même à 18 °C. A l'exception de la variété Seneca (H7, H8) qui a gardé 5 % de résistance, les autres lignées étaient 100 % sensibles à 24 et à 28 °C. Le type de croissance a affecté la sensibilité des gènes H5 et H22; l'expression de ces 2 gènes a été plus stable dans les variétés de printemps que dans les variétés d'hiver. On recommande que toute nouvelle source de résistance soit triée sous différents régimes de température afin de faire un déploiement régional approprié des variétés résistantes.

Mots-clés : *Mayetiola destructor*, *Triticum aestivum*, résistance, température

Abstract

The expression of certain genes for resistance to Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say), is affected by high temperatures. In Morocco, temperatures at the beginning and at the end of the growing cycle of wheat can exceed 24 °C. The objective of this study was to determine the effect of high temperatures on the expression of resistance genes that are effective against Hessian fly in Morocco. This study was carried out in growth chambers set at 18, 24 and 28 ± 2 °C and a 12 : 12 h (L : D) photoperiod. The results show that the genes H11, H23, and the lines L254 and PI321644 were the most stable under the three temperature regimes. The expression of the genes H13, H14, H15 and the line L222 was affected only at 28 °C; the level of resistance was reduced by about 25 %. The expression of H7, H8 genes and that of the lines BT880401, BT90I112, BT92P205 et BT92P1-20 was low even at 18 °C. Except the variety Seneca that

had 5 % of resistant plants, the other lines were 100 % susceptible at 24 and 28 °C. The growth habits also affected the expression of resistance genes under the different temperature regimes; H5 and H22 were more stable in spring than in winter background. We recommend that any new source of resistance be screened under different temperature regimes so that appropriate regional deployment of resistant varieties be made.

Key words : *Mayetiola destructor*, *Triticum aestivum*, resistance, temperature

ملخص

تأثير الحرارة على مقاومة القمح الطري (*Triticum aestivum*)
لذبابة هس (*Diptera cecidomyiidae*)

ل. الخلفي 1، م. البوحسيني 2، أ. العمري 2 و س. الحلوي 2
1 : كلية القاضي عياض، مراكش، المغرب
المركز الجهوي للبحث الزراعي، ص.ب. 589، سطات، المغرب

تتأثر فعالية بعض مورثات المقاومة لذبابة هس، (*Mayetiola destructor* Say) بالحرارة المرتفعة. بالمغرب قد تتعدى الحرارة في بداية ونهاية تطور القمح 24 درجة م. كان الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى فعالية مورثات المقاومة لذبابة هس بالمغرب تحت الحرارة المرتفعة. أجريت هذه التجربة داخل بيوت مكيفة بدرجات الحرارة : 18، 24 و 28 درجة م. مع 12 ساعة ضوء و 12 ظلام. أظهرت النتائج على أن المورثات H11، H23 و السلالات L254 و PI321644 أكثر مقاومة تحت الحرارة الثلاث. تأثرت فعالية المورثات H13، H14H15 و السلالة L222 خاصة بحرارة 28 درجة م. فانخفضت نسبة مقاومتهم ب 25 % . نسبة مقاومة المورثات H7H8 و السلالات BT90I112، BT8800401 و BT92P1-20 كانت ضعيفة حتى تحت درجة الحرارة 18 درجة م. باستثناء الصنف "Seneca" (H7H8) الذي حافظ على نسبة 5% من المقاومة، فقد كانت نسبة الإصابة للسلالات الأخرى 100% تحت 24 و 28 درجة م. طريقة النمو أثرت كذلك على عدم فعالية المورثات H5 و H22 لأن مقاومة هذين المورثين كانت أكثر استقرارا في الأصناف الربيعية. لذا ننصح بإخضاع كل صنف جديد مقاوم لتجربة تحت الحرارة المرتفعة، و هذا يمكننا من استعمال جهوي فعال للأصناف المقاومة.

الكلمات المفتاحية : *Mayetiola destructor*، القمح الطري، المقاومة، الحرارة

Introduction

La mouche de Hesse est le ravageur le plus redoutable du blé dans plusieurs régions céréalières du monde, notamment en Afrique du nord, au sud de l'Europe et en Amérique du nord.

Au Maroc, la répartition géographique de ce ravageur suit celle des cultures du blé, principalement sur le littoral atlantique. Cet insecte engendre des dégâts considérables qui dépendent des régions et des saisons agricoles. Les pertes en rendement du blé tendre, estimées par comparaison des variétés traitées ou non par le Furadan (5G) (Lhaloui *et al.* 1992) ou par comparaison des réactions de lignées isogéniques (Amri *et al.* 1992a), sont respectivement de 42 et 36 %. Par le biais de la méthode d'insecticide, les pertes de rendement du blé dur causées par cet insecte ont été estimées à 32 % (Lhaloui *et al.* 1992). Plusieurs efforts ont été déployés pour lutter contre la mouche de Hesse. Certaines méthodes de lutte chimiques ou culturales (enfouissement et incinération des chaumes) demeurent incompatibles avec les pratiques agricoles marocaines. Les rotations (céréale après une autre culture) et le semis de saison permettraient de réduire l'incidence et les dégâts causés par cet insecte. Cependant, l'utilisation de variétés résistantes reste la méthode la plus efficace et la plus économique pour contrôler ce ravageur.

Aux Usa, durant les 40 dernières années, les dégâts causés par la mouche de Hesse ont été considérablement réduits presque exclusivement par l'utilisation de variétés résistantes; vingt six gènes de résistance désignés H1 à H26 ont été identifiés et plus de 50 variétés résistantes ont été développées (Hatchett *et al.* 1987; Hatchett and Cox 1994). Le mécanisme principal qui gouverne la résistance du blé à ce ravageur est l'antibiosis; la larve du premier stade meurt après la prise de nourriture de la plante hôte.

Au Maroc, seuls les gènes H5, H7, H8, H11, H13, H14, H15, H21, H22, H23, H25 et H26 et les lignées L222, L254 et PI321644 sont efficaces contre la mouche de Hesse (Amri 1989, El Bouhssini *et al.* 1988; 1994; 1995a). Tous les gènes identifiés ont été incorporés par les améliorateurs dans des variétés de blé. Deux variétés résistantes à ce ravageur ont été inscrites au catalogue officiel, respectivement en 1989 et 1994; il s'agit de "Saâda" et "Massira" (Inra 1995). Saâda n'a pas connu beaucoup de succès auprès des agriculteurs à cause de ses caractères agronomiques moins appréciés (Riddle 1989; Jlibene 1994). Une Lignée ayant le gène H22 et la lignée L222 (gène non encore identifié) sont dans les essais catalogues depuis la saison 1994-95 (Jlibene, communication personnelle). Pratiquement, dans 2 à 3 ans, les agriculteurs pourront disposer des premières variétés résistantes à la mouche de Hesse, provenant des croisements entre les variétés marocaines adaptées et les lignées ayant les gènes de résistance.

L'interaction génétique entre le blé et la cécidomyie est très spécifique. La relation qui existe entre la résistance chez la plante et la virulence chez l'insecte est du type gène pour gène; pour chaque gène de résistance chez la plante correspond un gène de virulence chez l'insecte (Hatchett et Gallun 1970).

Selon des études faites aux Usa, l'expression de certains gènes de résistance est affectée par des températures élevées. L'expression du gène H5 dans la variété "Abe", infestée par le biotype B, a été affectée par la température après exposition.

d'une journée à 27 °C (Sosa 1979). Le gène H10 est sensible aux températures élevées, mais combiné avec le gène H9 dans le cultivar "Elva", sa résistance devient complète même à des températures supérieures à 27 °C (Maas *et al.* 1989). Tyler et Hatchett (1983) ont montré que la résistance des plantes homozygotes pour le gène H13 n'a été significativement réduite (diminution de 25 %) qu'à partir de 31 °C. Par contre une grande réduction de la résistance a été observée à 28 °C chez les plantes hétérozygotes. El Bouhssini (1995b) a trouvé que l'expression de la résistance chez les plantes hétérozygotes (H6h6, H22h22) a été significativement affectée à 28 °C. Ratanatham et Gallun (1986) ont trouvé que la résistance des variétés utilisées varie selon la température et le biotype utilisé; la résistance de la variété Abe contre les biotypes B et D a diminué, alors qu'elle est restée stable contre le biotype C à 25 °C. Amri *et al.* (1992a), en étudiant l'effet des températures fluctuantes sur l'expression des gènes H1 à H13, sauf H4, ont trouvé que H3, H6, H7H8, H9H10 et H13 avaient été les plus stables sous tous les régimes thermiques testés.

L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet des températures élevées sur l'expression des gènes de résistance efficaces contre la mouche de Hesse au Maroc.

Matériel et méthodes

Toutes les sources de résistance efficaces contre la mouche de Hesse marocaine ont été testées (Tableau I). Deux témoins sensibles : Nasma (blé de printemps) et Newton (blé d'hiver) ont été utilisées pour contrôler le niveau d'infestation. vingt cinq graines par lignée ont été semées dans des bacs en bois de dimension (54 x 36 x 8 cm) sur un mélange de sol, de vermiculite et de tourbe dans les proportions de 1/3 chacun. Ces bacs sont ensuite déposés dans des chambres de croissance réglées à 18 °C ± 2 °C et 12 : 12h (J : N) de photopériode. La méthode du triage des lignées pour la résistance à la mouche de Hesse est similaire à celle décrite par Cartwright et Lahue (1944). Toutes les plantes ont été infestées au stade d'une feuille. Pour que toutes les larves de premier stade puissent arriver au collet de la plante la même matinée, les femelles restent seulement 6 heures sur les plantes couvertes par une cage en mousseline. Une fois les oeufs éclosent et les larves arrivent au collet de la plante, Les bacs sont mis dans des chambres de croissance réglées à des températures de 18, 24 ou 28 °C et une photopériode de 12 : 12h (J : N). Le dispositif expérimental utilisé est le split-plot, avec les températures en grandes parcelles et les lignées en petites parcelles. L'essai a été répété trois fois dans le temps.

L'évaluation a été effectuée vingt jours après l'infestation, quand les larves ont atteint le stade puparium. Les mesures prises sont :

- le nombre de plantes sensibles (plantes rabougries et de couleur vert foncé) et de plantes résistantes (plantes normales de couleur vert clair);
- le nombre de larves vivantes par plante sensible.

Les données ont été analysées par l'Anova avec le logiciel Sas (Sas Institute, 1985) et les moyennes ont été séparées par la plus petite différence significative (PPDC; P<0.05).

Résultats et discussion

Les niveaux d'infestation par la mouche de Hesse étaient homogènes; les deux témoins Nasma et Newton ont été infestés à 100 % sous les 3 régimes de température.

D'après l'analyse de la variance du pourcentage des plantes résistantes, l'effet de la température, de la lignée ainsi que leur interaction était hautement significatif ($P < 0.001$). L'expression du gène H5 dans les variétés d'hiver "Arthur 71" et Abe, a été diminuée à partir de 24 °C où le pourcentage de sensibilité a augmenté approximativement de 20 % (Tableau I). Ces résultats corroborent ceux trouvés par Sosa et Foster (1976), Sosa (1979), Tyler et Hatchett (1983), Ratanatham et Gallun (1986) et Amri *et al.* (1992b). La résistance de ce gène dans la variété de printemps Saâda n'a pas été affectée par la température. Ceci est en accord avec les résultats trouvés par Amri *et al.* (1992b).

El Bouhssini *et al.* (1995c) ont trouvé que l'expression de la résistance du gène H5 a été efficace aussi bien dans les variétés de blé de printemps que dans les variétés d'hiver à travers toutes les températures. Cette différence d'expression du gène H5 dans les deux types de blé (printemps et hiver) peut être attribuée aux biotypes. El Bouhssini *et al.* ont utilisé le biotype GP, alors que nous avons utilisé une population de la cécidomyie marocaine. En effet, Ratanatham et Gallun (1986) ont montré que le gène H5 était sensible aux températures élevées quand il était testé contre les biotypes B et D, mais ne l'était pas contre le biotype C. La résistance du gène H11 a été maintenue élevée sous les 3 régimes de température (Tableau I). La réaction de ce gène confirme les résultats trouvés par El Bouhssini *et al.* (1995c). L'expression du gène H13 n'a été significativement affectée qu'à partir de 28 °C où sa résistance a diminué de 40 %, 36 % et 39 %, respectivement dans KS9889 (blé d'hiver), Potam*3//KS81261-5 et Nesma*2//KS811261-91 (blé de printemps) (Tableau I). Donc le type de croissance n'a pas affecté la sensibilité du gène H13 à la température, puisque la diminution de sa résistance à 28 °C était la même pour les deux types de blé (hiver et printemps). Cependant, plusieurs études ont conclu que ce gène avait conservé sa résistance à 27 °C. Tyler et Hatchett (1983) ont trouvé que les plantes homozygotes (H13 H13) n'ont perdu leur résistance qu'à partir de 31 °C, alors que les plantes hétérozygotes (H13H:3) étaient plus sensibles à 27 °C. La diminution de la résistance du gène H13 à 28 °C dans notre essai peut être expliquée par les différences de biotypes entre ceux des Usa et du Maroc. L'expression des gènes H14 H15 a été significativement réduite (par 23 %) à 28 °C. Le pourcentage de plantes résistantes dans le blé d'hiver (14-12B), ayant le gène H22, a été réduit de 33 % et 44 %, respectivement à 24 °C et 28 °C; alors qu'il est resté constant et élevé dans le blé de printemps (BT1615*3//14-2). Il semble donc que le type de croissance a un effet sur l'expression de la résistance des gènes H14 H15 sous des régimes de température élevées. El Bouhssini *et al.* (1992c) ont aussi trouvé que ce gène a été exprimé efficacement sous toutes les températures (18, 24 et 28 °C) dans les plantes homozygotes (H22 H22). Mais les plantes hétérozygotes (H22h22) ont été très affectées par les températures élevées où la perte de résistance a été de 47 % et 90 %, respectivement à 24 et à 28 °C. La résistance de la lignée (E.PRE.VII) ayant le gène H22 a diminué de 18 % à 28 °C; ceci peut être attribué au fait que cette lignée est encore en

ségrégation. L'expression du gène H23 a été maintenue efficace à travers les trois températures dans les lignées de printemps (BT1712/KS8-4) et BTFC#162, bien que cette dernière n'ait été qu'à 84 % résistante sous les trois régimes de température. Il se peut que cette dernière lignée soit encore en ségrégation et que la lignée (BT1712/KS8-4) est génétiquement plus stable. Les variétés L254 et PI321644, dont les gènes de résistance sont encore inconnus, ont maintenu un pourcentage de résistance élevé contre la mouche de Hesse sous les trois régimes de température. Par contre la variété L222 a perdu 28 % de sa résistance à 28 °C. La variété Seneca (H7H8) avait un faible pourcentage de résistance (27 %) même à 18 °C, de même pour les lignées BT880401 (14.3 %), BT90I112 (6.7 %), BT92P205 (Shi/Crow) (18.8 %) et BT92P1-20 (NS732/Her.) (15.6 %). A l'exception de la faible expression des gènes H7H8 à 24 °C (5 %) et à 28 °C (6 %), les autres lignées étaient 100 % sensibles à 24 et à 28 °C.

L'analyse de la variance du nombre moyen de larves par plante sensible montre que l'effet de la température ainsi que l'interaction entre température et lignée ne sont pas significatifs. Cependant, le nombre de larves par plante sensible a augmenté avec l'augmentation de la température (Tableau II). Les variétés Saada (H5), Arthur 71 (H5), Abe (H5), et les lignées Nasma*2//KS11261-9 (H13), L222 et PI3216444 avaient 0 larves par plante à 18 °C, alors qu'à 24 °C le nombre de larves a augmenté respectivement pour chaque lignée de : 1.8; 4.0; 5.9; 2.5; 0.7; 1.7. La variété Seneca (H7H8) et les lignées BT880401, BT90I112, BT92P205 et BT92P1-20 avaient le plus grand nombre de larves par plante, approchant celui sur le témoin sensible Nasma (10 larves/plante). L'augmentation du nombre de larves sur les plantes des lignées résistantes à 24 °C peut être expliquée par la diminution de l'expression de la résistance des gènes sous les températures élevées. Par contre, la légère diminution de ce nombre à 28 °C est probablement due à l'effet direct de la température sur l'insecte; cette diminution du nombre de larves par plante à 28 °C a été aussi observée chez les témoins sensibles.

Tableau 1. Effet de la température sur l'expression de la résistance, Settat-Morocco, 1991

Variétés ou Lignées	Température		
	18 °C	24 °C	28 °C
Saâda (H5)	a 100 A	a 95.2 ABC	a 96.7 AB
Arthur71 (H5)	a 100 A	ab 86.8 BCD	b 82.7 BCD
Abe (H5)	a 100 A	b 80.3 D	b 79.5 DC
Seneca (H7H8)	a 27.7 B	b 4.9	b 6.1 G
657CI23R (H11)	a 100 A	a 100 A	a 91.2 ABC
KS9889 (H13)	a 98 A	a 97 AB	b 60.1 EF
Potam*3/KS8 (H13)	a 95 A	a 91.9 ABCD	b 74.3 CDE
Nasma*2/KS8 (H13)	a 98.4 A	a 94.5 ABC	b 71.5 DEF
H14H15	a 98.2 A	a 97.4 AB	b 77.9 CD
14-12B (H22)	a 98.2 A	b 67 E	b 56.7 F
BT1615*/4-2 (H22)	a 100 A	a 100 A	a 100 A
E.PREVII. (H22)	a 100 A	a 100 A	a 82.3 BCD
BT17/KS8-4 (H23)	a 100 A	a 98.7 AB	a 100 A
FC#162 (H23)	a 84.4 A	a 84.7 DC	a 81.3 BCD
L254	a 96.8 A	a 90.1 ABCD	a 83.6 ABCD
L222	a 98.6 A	a 97.9 AB	b 72.7 DEF
PI321644	a 95.4 A	a 98.1 AB	a 87.1 ABCD
BT92P205	a 18.8 BC	b 2.6 F	b 0 G
BT88P0401	a 14.3 BCD	a 0 F	a 0 G
BT90I112	a 6.7 CD	a 0 F	a 0 G
BT92P1-20	a 15.6 BCD	a 0 F	a 0 G
Nasma	a 0 D	a 0 F	a 0 G
Newton	a 0 D	a 0 F	a 0 G

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes, PPDS à 5 %. Les PPDS sont 15.7, 12.2 et 16.9 pour les trois régimes de températures à travers les variétés (lettres en majuscules), respectivement et 15.7 à travers les températures (lettres en minuscules).

Tableau 2. Effet de la température sur le nombre de larves vivantes/plante sensible, Settât-Maroc, 1991

Variétés ou Lignées	Température		
	18 °C	24 °C	28 °C
Saâda (H5)	a 0 F	a 1.8 EFG	a 1.3 IJ
Arthur71 (H5)	a 0 F	a 4 CDEFG	a 3.9 FGH
Abe (H5)	a 0 F	b 5.9 BCDE	ab 4.1 FGH
Seneca (H7H8)	a 7.4 ABC	a 9.3 AB	a 7.3 BC
657CI23R (H11)	a 0 F	a 0 G	a 2.4 HIJ
KS9889 (H13)	a 1 EF	a 1.3 FG	a 4.3 EFGH
Potam*3/KS8 (H13)	a 6.7 ABCD	a 7.3 ABC	a 4.7 DEFGH
Nasma*2/KS8 (H13)	a 0.7 EF	a 2.5 DEFG	b 4.8 CDEFG
H14H15	a 2.3 DEF	a 2 DEFG	a 5.4 CDEFG
14-12B (H22)	a 5 BCDE	a 6.1 BCD	a 5 CDEFG
BT1615*/4-2 (H22)	a 0 F	a 0 G	a 0 J
E.PREVII. (H22)	a 0 F	a 0 G	a 3.3 GHI
BT17/KS8-4 (H23)	a 0 F	a 0.7 AB	a 0 J
FC#162 (H23)	a 8 AB	a 9 AB	a 6 CDEF
L254	a 4.3 BCDEF	a 5.3 BCDEF	a 4.3 EFGH
L222	a 0.7 EF	a 0.7 G	b 6.8 BCDE
PI321644	a 2.7 CDEF	a 1.7 FG	a 4.5 EFGH
BT92P205	a 8.1 AB	a 8.5 AB	a 7.1 BCD
BT88P0401	a 6.6 ABCD	a 8.6 AB	a 6.8 BCDE
BT90I112	a 7 ABCD	a 7.9 ABC	a 7.3 BC
BT92P1-20	a 7.9 AB	a 9.1 A3	a 8.9 AB
Nasma	a 10.1 A	a 10.8 A	a 9.7 A
Newton	a 7.3 ABC	a 8.4 AB	a 6.8 BCDE

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes, PPDS à 5 %. Les PPDS sont 4.91, 4.15 et 2.48 pour les trois régimes de températures à travers les variétés (lettres en majuscules), respectivement et 4.14 à travers les températures (lettres en minuscules).

Conclusion

Cette étude a permis de conclure que l'expression de certains gènes de résistance à la mouche de Hesse est affectée par les températures élevées. Les gènes H5, H11, H22 et H23 se trouvant dans les blés de printemps, ainsi que les lignées L254 et PI321644 se sont montrés stables même à 28 °C. Ces sources de résistance peuvent être utilisées dans toutes les régions du pays, y compris le sud où les températures sont relativement plus élevées. Malgré que les gènes H13, H14, H15 et la lignée L254 ont été affectées par les températures élevées, Leur utilisation pourrait aussi couvrir aussi bien les régions du nord que du sud du pays. Puisque leur sensibilité aux températures élevées n'est que partielle, la réduction de leur résistance ne permettrait pas des pertes de rendement significatives. En plus, du fait que l'expression de ces gènes ne soit que partiellement affectées par les températures élevées, leur déploiement

augmenterait l'effectif des populations des biotypes avirulents. Ceci permettrait la dilution de la virulence des populations de la mouche de Hesse et par conséquent augmenterait la durée de vie de la résistance des variétés ayant ces gènes.

Les résultats de notre étude corroborent ceux trouvés par d'autres chercheurs en confirmant que l'effet de la température sur l'expression de la résistance du blé à la mouche de Hesse dépend aussi des biotypes; cas du gène H5 qui était inefficace contre les biotypes C et D, mais efficace contre le biotype GP et les populations marocaines à 28 °C.

Puisque les températures au sud du Maroc peuvent généralement dépasser 24 °C, nous recommandons le triage de toute nouvelle source de résistance sous différents régimes de température. Ceci permettrait :

- l' élimination des sources de résistance très sensibles aux températures élevées avant leur utilisation dans le programme d'amélioration génétique;
- le déploiement des gènes partiellement efficaces dans les régions du sud du Maroc pour ralentir le développement de biotypes virulents.

Références bibliographiques

Amri A. (1989). Inheritance and expression of resistance to Hessian Fly (*Mayetiola destructor* (Say) in wheat. Ph.D. dissertation, Kansas State University, Usa. 122pp.

Amri A., El Bouhssini M., Lhaloui S., Cox T.S and Hatchett J.H., (1992a). Estimates of yield loss due to the Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) on Bread Wheat using near-isogenic lines. *Al awamia* 77 : 75-87.

Amri A., El Bouhssini M., Cox T.S. and Hatchett J.H. (1992b). Expression of genes for resistance to Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) at three temperature regimes. *Al awamia* 77 : 119-127.

Cartwright W.B. and Lahue D.W., (1944). Testing wheats in the greenhouse for Hessian fly resistance. *J. Econ. Ent.* 37 : 385-387.

Cartwright W.B., Caldwell R.M. and Compton LE. (1946). Relation of temperature to the expression of resistance in wheats to Hessian fly. *J.An. Soc.Agr.* 38 : 259-263.

El Bouhssini M., Amri A. and Hatchett J.H. (1988). Wheat genes conditioning resistance to Hessian fly (Diptera : cecidomyiidae in Morocco). *J. Econ. entomol.* 8 (2) : 709-712.

El Bouhssini M., Amri A., Hatchett J.H. and Lhaloui S. (1992). New sources of resistance in wheat to Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say) (Diptera : Cecidomyiidae in Morocco. *Al awamia* 77 : 89-107.

El Bouhssini M., Lhaloui S., Amri A., Jlibene M., Hatchett J.H., Nsarellah N. and Nachitt M. (1995a). Wheat genetic control of Hessian fly (Diptera : cecidomyiidae) in Morocco. Field crops research (in press).

El Bouhssini M. and Hatchett J.H. (1995b). Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) larval survival on wheat plants carrying resistance genes. *Journ. econo. entomol.* (Soumis).

- El Bouhssini M., Hatchett J.H. and Cox T.S. (1995c). Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) larval survival as affected by wheat allelic dosage, temperature and larval density. *Journ. envirn. entomol* (soumis)
- Gallun R.L. et Langston R. (1963). Feeding habits of Hessian fly larvae on P32 labeled resistant and susceptible wheat seedlings. *J. econ. ent.* 56 : 702-706.
- Hatchett. J.H. and Gallun R.L. (1970). Genetics of the ability of Hessian Fly, *Mayetiola destructor* (Say), to survive on wheats having different genes for resistance. *Ann. Ent. Soc. Am.* 63 (5) : 1400-1407.
- Hatchett J.H., Starks K.J. and Webster J.A. (1987). Insect and Mite pests of wheat. Wheat and wheat improvement. Agronomy monograph N°13 (2nd. Edition).
- Inra, (1995). Variétés des céréales inscrites au catalogue officiel. Programme des céréales d'automne (sous presse).
- Jlibene M. (1992). Agronomic evaluation of the Hessian fly resistant wheat cultivar Saada in Morocco. *Al awamia* : 77 : 147-159.
- Lhaloui S., Bushman L., El Bouhssini M., Starks K., Keith D et Houssaini K.E. (1992). Control of mayetiola species (Diptera : Cecidomyiidae) with carbofuran in Bread wheat, Durum wheat and barley with yield loss assesment and its economic analysis. *Al awamia* 77 : 55-73.
- Maas F.B., Patterson F.L., Foster J.E. and Ohm H.W. (1989). Expression and inheritance of resistance of wheat to Hessian fly biotype D. *crop. sci.* 29 : 23-28.
- Ratanatham S. and Gallun R.L. (1986). Resistance to Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) in wheat as affected by temperature and larval density. *Env. Ent.* 15 : 305-310.
- Raupp W.J., Amri A., Hatchett J.H., Gill B.S., Wilson D.L. and Cox T.S. (1992). Chromosomal location of Hessian fly-resistance genes H22, H23 and H24 derived from *T. tauschii* in the D genome of wheat. *J. Hered.* 84 : 142-145.
- Riddle R., (1989). Farmer evaluations of a new bread wheat variety : a survey of Saada promotion participants. Miac/Inra sociology bulletin 5, Aridoculture center, Settati, Morocco.
- Sosa. O.J.R. and Foster J.E. (1976). Temperature and the expression of resistance in wheat to the Hessian Fly. *env. ent.* 5 (2) : 333-336.
- Sosa O.J.R. (1979). Resistance of wheat as affected by temperature and duration of exposure. *Env. ent.* 8 : 280-281.
- Tyler J.M. and Hatchett J.H. (1983). Temperature influence on expression of resistance to Hessian (Dipteria : Cecidomyiidae) in wheat derived from *Triticum tauschii*. *J. econ. ent.* 76 : 323-326.