

## Transfert de la résistance à la cécidomyie des sources de blé tendre h5, h11 et pi321644 au blé dur

Nsarellah N.<sup>1</sup>, Amri A.<sup>2</sup>, Nachit M. M.<sup>3</sup>, El Bouhssini M.<sup>4</sup>, et Lhaloui S.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Améliorateur de blé dur, Institut National de la Recherche Agronomique, B.P 589. Settat, Maroc

<sup>2</sup> Améliorateur, Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat B.P 415, Maroc

<sup>3</sup> Améliorateur blé dur, CIMMYT/ICARDA Alep, Syrie

<sup>4</sup> Entomologiste CIMMYT/ICARDA Alep, Syrie

<sup>5</sup> Entomologiste Institut National de la Recherche Agronomique, B. P. 589, Settat, Maroc

### Résumé

La cécidomyie ou mouche de Hesse *Mayetiola destructor* (Say) est un ravageur important des blés en Afrique du Nord, Amérique du nord, Europe de l'ouest et dans le bassin méditerranéen. Au Maroc, les pertes annuelles causées par ce ravageur ont été estimées à 36% en moyenne mais l'attaque peut occasionner la perte totale de la récolte si le semis est tardif et / ou si la saison est sèche. La résistance génétique est le meilleur moyen de lutte dans les zones pluviales. Chez le blé dur, aucune source de résistance aux populations marocaines n'a été trouvée bien que de nombreuses accessions de collections mondiales et régionales aient été évaluées. Plusieurs gènes de résistance ont été trouvés chez le blé tendre. Les gènes de résistance localisés sur les génomes A et B du blé tendre sont transmissibles au blé dur. L'objectif de ce travail était de transférer certains gènes de résistance du blé tendre dans des variétés de blé dur en sauvegardant les caractéristiques classiques du blé dur en terme d'adaptation et de qualité du grain. La méthode de rétrocroisement multiples a été utilisée. Commencé en 1989-90, ce programme a abouti à l'introgression de gènes H5, H11, et du gène de la source 'PI321644' de résistance à la cécidomyie dans des lignées de blé dur adaptées.

**Mots clés :** Blé dur, mouche de Hesse, introgression, résistance génétique

### Abstract :

Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say) is a serious pest of wheat in the world especially in North Africa, North America, Western Europe and the Mediterranean basin. In Morocco, yield

losses were estimated at 36% on average, but Hessian fly infestations may result in total crop failure if planting is late or if the season is dry. Genetic resistance is the best control mean. Genetic resistance to Moroccan Hessian fly populations has not been found in durum wheat although large numbers of durum accessions were screened. Several resistance genes were found in bread wheat genomes. Genes on the A and B genomes are transferable to durum wheat. The objective of this work was to transfer the resistance genes from bread wheat into durum varieties while conserving durum characteristics in term of adaptation and grain quality. The methodology applied is the multiple backcross breeding scheme. Started in the 1989-90 growing season, this program has resulted in the introgression of Hessian fly resistance genes H5, H11 and PI321644 source gene into adapted durum lines.

**Key words :** Durum wheat, hessian fly, introgression, genetic resistance

**ملخص :** إدخال مورثات المقاومة لذبابة هس (*Diptera cecidomyiidae*) من مصادر القمح الطري (*Triticum turgidum*. Var I. Durum) إلى القمح الصلب (*Triticum aestivum*) Pi 321664, H5, H11

نصر الله ن<sup>1</sup>، عمري أ<sup>1</sup>، نشيط م<sup>2</sup>، الحلوي س<sup>1</sup> و البوحسيني م<sup>2</sup>.

1 المركز الجهوي للبحث الزراعي بالمناطق الجافة ص.ب. 589، سطات، المغرب

2 - المركز الدولي للأبحاث الزراعية بالمناطق الجافة، ص.ب. 5466 و حلب، سوريا

تعتبر ذبابة هس (*Mayetiola destructor* say.) من أكثر الحشرات ضروا بالقمح في العالم. تسبب هذه الحشرة خسائر في المردودية قدرت ب 36% سنويا في المغرب. زيادة على هذا فإن الخسائر تزداد حدة تحت ظروف الجفاف و الزرع المتأخر. لم يتمكن البحث عن الموارد الوراثية من إيجاد مورثات للمقاومة في القمح الصلب. في المقابل، تم التعرف على عدة مورثات في القمح الطري وفي أصناف *Triticum* أخرى. جزء من هذه المورثات يمكن نقلها عبر التهجين إلى القمح الصلب. الهدف من هذا العمل كان هو نقل بعض المورثات لمقاومة ذبابة هس من القمح الطري إلى القمح الصلب عبر التهجين والتنقية المتواصلة. كانت بداية هذا العمل سنة 1989-1990، و قد أثمر هذا البرنامج عدة أصناف من القمح الصلب تحمل مورثات مقاومة من مصادر Pi321664, H5, H11.

**كلمات المفتاحية :** القمح الصلب، ذبابة هس، إدخال، مقاومة وراثية

## Introduction

Le blé dur est une céréale importante dans la région méditerranéenne et nord africaine du fait de ses utilisations traditionnelles spécifiques. Au Maroc, 1.3 millions hectares sont semés annuellement par cette culture et la consommation moyenne est de plus de 90 kg/personne/an. Au niveau des ménages ruraux, le blé dur est préféré par rapport au blé tendre pour la fabrication du pain. En ce qui concerne les superficies emblavées de blé dur, le Maroc est classé au troisième rang dans la région Méditerranéenne et au premier rang dans l'Afrique du Nord. Bien que la moyenne nationale du rendement grain a été améliorée, un manque à gagner important existe encore et principalement au niveau des pertes dues à la sécheresse et aux insectes ravageurs. Comme il a été établi que les contraintes biotiques et abiotiques présentent un synergisme positif pour la réduction du rendement, des gains substantiels en rendement peuvent être obtenus en améliorant la génétique de la tolérance et ou de la résistance aux stressés biotiques et abiotiques.

La cécidomyie ou mouche de Hesse, *Mayetiola destructor* (Say) est un insecte ravageur important dans la plupart des régions productrices de blé dans le monde. Cet insecte est aussi le plus préjudiciable au blé en Afrique du nord, Amérique du nord, Asie de l'ouest, et Europe du sud. Au Maroc, les dégâts causés par cet insecte sont les plus sévères de la région ; ceux ci ont été estimés à 36% en moyenne (Lhaloui et al., 1992), mais la perte totale de la récolte peut se produire si l'attaque arrive dans une étape précoce du développement de la culture ou pendant une période de sécheresse (Lhaloui 1986). Le mode erratique des précipitations pluviales est habituellement la cause de semis tardif et de stress hydrique sévère. Le semis tardif fait coïncider le stade plantule avec l'apparition de la deuxième génération de la mouche ce qui cause des niveaux extrêmes d'infestations avec une probabilité de perte totale de la récolte. Le contrôle chimique de l'insecte est disponible mais est cher et peu effectif sous conditions sèches dû à sa formulation granuleuse. De plus, dans les environnements secs, le rendement moyen espéré est naturellement bas et le seuil de rentabilité économique pour le traitement chimique n'est pas atteint. La résistance génétique reste la mesure de contrôle la plus adaptée sous les conditions d'agriculture pluviale (Hatchett et al. 1984).

De nombreux gènes de résistance à la cécidomyie ont été identifiés dans le blé et sources apparentées et sont désignés 'H1' à 'H29' (Ohm et al. 1997, MacIntoch et al. 1998). Au Maroc, 10 gènes de résistance et deux sources de résistance ont été trouvés efficaces contre la mouche de Hesse marocaine (El Bouhssini et al. 1988, 1997). Quatre variétés de blé tendre résistantes à la mouche de Hesse ont été enregistrées au catalogue officiel. Pour le blé dur, l'évaluation de plus de 7000 entrées de la collection mondiale a permis d'identifier une seule source résistante (El Bouhssini et al. 1999). Cette source blé dur a des caractéristiques agronomiques très pauvres et des essais pour l'utiliser dans l'amélioration génétique du blé dur sont en cours. Les gènes désignés H5, H11 et H14H15 sont sur le genome AA des blés tendres et pourraient être transférés au blé dur. Il a été admis par les scientifiques du blé dans la région que les gènes de résistance localisés sur les génomes A et B soient transférés au blé dur et que ceux localisés sur le génome D soient gardés pour le blé tendre. Parmi les gènes transférables au blé dur, le gène H5 a montré la meilleure efficacité du contrôle des biotypes de la mouche marocaine. Les espèces du genre *Triticum* peuvent aussi être source de gènes de résistance à la cécidomyie chez le blé dur.

L'objectif de ce travail était d'introduire des gènes de résistance à la cécidomyie à partir du blé tendre dans le blé dur en utilisant un schéma de rétrocroisements multiples et en essayant de maintenir ou améliorer les caractéristiques classiques du blé dur.

## Matériel et méthodes

### L'hybridation

Des variétés de blé dur adaptées à Maroc et à la région méditerranéenne ont été utilisées comme parents récurrents (réceptifs) dans un programme de rétrocroisements pour importer les gènes des parents blé tendres : *H5*, *H11*, et PI321644.

Les hybridations ont été faites à Settat et Rabat (INRA, Maroc) et au programme international CIMMYT/ICARDA (ICARDA, Syrie) depuis la saison 1989-90 jusqu'à la saison présente. Les croisements faits au Maroc ont été faits dans le contexte de programme d'amélioration conventionnel qui vise à produire du matériel résistant varié à partir des sources contenant les gènes *H5*, *H11*, et PI321644, et à concentrer la plupart des gènes du blé dur dans le matériel résistant à la cécidomyie. Les croisements fait par le programme CIMMYT/ICARDA à Alep visait l'introgression du gène *H5* dans des blés durs tolérants aux hautes températures et à la sécheresse et résistantes à la rouille.

Les variétés récurrentes de blé dur utilisées au Maroc étaient : 'Karim', 'Marzak', 'Isly', 'Tensift', 'Massa', 'Oum Rabia' et 'Tassaut'. Les variétés récurrentes de blé dur utilisées au programme CIMMYT/ICARDA, à Alep sont des lignées avancées tolérantes à la sécheresse et possédant une adaptation large dans la région méditerranéenne, ces lignées sont : 'Oum-Rabia-3', 'Omtel', 'Awalbit', 'Lahn', 'Belikh'.

Les plantes F1 produites au Maroc ont été conduites en condition contrôlées sous serre. Les plantes qui avaient un phénotype de blé dur ou de blé tendre stérile ont été rétrocroisées aux blés durs récurrents et conduites pour la production des graines F2. Dans la génération F2, les plantes ont été testées pour la résistance à la cécidomyie et celles trouvées résistantes ont été rétrocroisées aux parents blé dur récurrents. Les plantes non rétrocroisées ont été conduites normalement en vue de la production de grains F3. Les opérations de test contrôlé avec la cécidomyie et les rétrocroisements sur les plantes F1 et F2 étaient accomplies sous serre à Settat. Dans les saisons suivantes, une partie de la progéniture a été continuellement soumise aux rétrocroisements alors que le reste était avancé à la sélection aux champs.

Les plantes F2 produites par le programme CIMMYT/ICARDA ont été sélectionnés pendant une saison et rétrocroisées aux parents récurrents. La génération F3 a été envoyée et cultivées au domaine expérimental de Jemaa Shaim de l'INRA Maroc pour sélectionner des plantes résistantes à la cécidomyie. Depuis lors, ce matériel a été inclus dans les pépinières nationales relevant du même objectif.

## Technique de sélection

Les générations F3, 'BCs' et les générations plus avancées ont été cultivées dans le champ des stations expérimentales de l'INRA de Jemaa Shaim et Sidi El Aydi sous infestation naturelle par la cécidomyie. L'attaque par la mouche a été favorisée, autant que possible, par l'usage de semis tardif. Les dimensions des parcelles expérimentales étaient : 5 m long par 1.8 m large dans la station de Jemaa Shaim et de 0.6 à 1.8 m par 2.5 m dans la station de Sidi El Aydi. Les critères de sélection étaient par priorité : La résistance à la cécidomyie, suivi par la résistance aux maladies foliaires telles que la rouille brune, la tache bronzée et les maladies des racines et de l'épi causées par les complexes de pathogènes *Helminthosporium spp.* et *Fusarium spp.* Les caractéristiques de la plante tel que la vigueur aux premiers stades de croissance, l'architecture de la plante, la précocité à l'épiaison et à la maturité, la hauteur de la plante et les caractéristiques des épis ont été considérées dans le processus de la sélection. La qualité visuelle du grain a été évaluée sur les familles en ségrégations. La sélection du grain a été faite sur la base du vrac ou sur la base des grains d'épis séparés. La sélection a été dirigée contre la mélanose, l'échaudage, le mitadinage et les grains de très petite taille.

## Méthodologie d'avancement du matériel.

La méthodologie d'avancement du matériel était faite selon le modèle 'bulk amélioré' en F3 et F4 complétée par le modèle 'généalogique' à partir de la F4. Des variations ont été faites selon les nécessités et les conditions de chaque saison et station expérimentale. Les F2 des croisements simples et des rétrocroisements étaient totalement récoltées dans la serre et ont été semées en vrac dans la génération F3. La sélection a été faite dans les familles F3 résistantes et les épis des meilleures plantes ont été récoltées et battues en vrac. Une petite proportion de grains a été gardée pour la sauvegarde en irrigué. Dans les générations F4, la même procédure en vrac sélectionnée a été suivie mais a été associée avec la sélection linéalogique par épi-ligne : Dix à 50 épis de chacune des meilleures familles résistantes ont été récoltées et battues séparément. Les parcelles semées des graines issues des épis séparés sont de 1 m de longueur et distantes de 0.3 m. La sélection sur ce matériel s'est faite sur la base de la famille (la lignée dérivée à l'origine d'un seul épi). Les grains des lignées sélectionnées ont été utilisées comme source pour les essais multi sites et les essais de la confirmation de la résistance sous serre.

La génération F5 et les générations plus avancées ont aussi été cultivées dans la station expérimentale de Marchouch pour sélectionner des plantes avec les types agronomiques représentatifs des zones plus favorables. Les stations expérimentales irriguées 'Deroua Beni-Mellal' et 'Tassaout' ont été utilisées, en plus des stations précédemment citées, pour assurer la continuité de toutes les populations en cas de sécheresse terminale. La sélection n'a pas été pratiquée dans ces stations irriguées. La méthodologie d'avancement du matériel a été orientée autant que possible de façon à soumettre le matériel à la sélection au moins une saison dans chacune des trois stations expérimentales avant de finir en lignées avancées homogènes.

Les lignées avancées avec une résistance acceptable à la cécidomyie observée au champ (F5s, F6s et F7s, dérivés d'épi simples en F4 à F5) ont été soumis à l'infestation contrôlée sous

serre. La résistance à la cécidomyie devait être confirmée par observation de larves mortes au laboratoire. Les lignées qui se sont révélées être résistantes ont été soumises aux tests multilocaux pour lignées avancées. Ces lignées avancées étaient alors testées pour leur aire d'adaptation. Une partie de ces lignées étaient passées dans des essais de rendement placés dans les mêmes stations expérimentales et le reste était gardé avec la pépinière des lignées avancées. Les essais de rendement ont été conduits selon un plan en blocs aléatoires complets randomisés avec deux blocs dans l'étape préliminaire et quatre blocs à l'étape avancée. Le potentiel de rendement des meilleures lignées a été évalué dans la station irriguée de Tassout.

## Résultats et discussions

Dans la période allant de 1989-90 à 1999-2000, un total de 1091 croisements et rétrocroisements ont été effectués, 958 de ces croisements ont donné des graines. Ces croisements ont intéressé tous les gènes de la résistance utilisés. Mille sept cents quarante huit populations F1, F2 et RCi ont été conduits sous serre pendant la même période et une partie de celles ci a été soumise aux tests contrôlés à la cécidomyie. Neuf cent quatre-vingts et une familles en vrac ont été évaluées dans le champ. Plus de neuf milles familles épi lignées ont été évalués dans le champ et dans la serre et ont produit 1434 lignées avec résistance prouvée. Celles ci se trouvent actuellement dans différents stades d'avancement (Tableau 1). Plus de 700 de ceux-ci ont une adaptation adéquate et sont considérés convenables pour les essais de rendement ou sont déjà inclus dans ces essais.

**Tableau 1.** Nombre d'entrées par pépinière et saison

Saison	Hybrid RCs	F1 & RCs	F2	F3	F4	F5	F6	F7&LA	Essai de rdmt
89-90	152								
90-91	170	152							
91-92	165	165	152						
92-93	140	132	123	68					
93-94	97	102	133	122	66				
94-95	94	89	76	110	121	550			
95-96	87	76	64	50	86	2250	209		
96-97	48	67	68	49	43	1809	1270	209	12
97-98	65	45	66	47	38	636	1108	988	42
98-99	73	64	44	56	37	438	412	1354	50
99-00	64	66	64	43	45	436	289	1434	50
Total	1091	958	790	545	436	6119	3629	1434	-

Hybrid & RCs : Hybridations et rétrocroisements.

Fi : Génération de matériel en ségrégation .

LA : Pépinière de lignées avancées multisite pour l'étude de l'adaptation.

Les pépinières de la résistance à la cécidomyie ont été mises au champ à partir de la saison 1992-93 et les tests et la sélection au champs ont été maintenus jusqu'à présent. La sécheresse était présente dans la plupart des saisons et seule une saison avait vu la chute de quantités de

pluie adéquates. Même si certaines saisons n'avaient pas été marquées par un faible total de précipitations, la sécheresse aura été observée au moins pour certaines périodes de ces saisons

Les précipitations durant les saisons 1992-93 à 1994-95 étaient inférieures à la moyenne de long terme. Le matériel qui a été semé à Sidi El Aydi a reçu des irrigations de supplément de 50 mm chacune pour mener à terme le cycle de croissance et obtenir graines des familles sélectionnées. La saison 1994-95 était la plus sèche de la décade avec moins d'un tiers des précipitations annuelles totales normales. La quantité reçue n'était pas suffisante pour la germination des graines dans Jemaa Shaim. Le matériel à Sidi El Aydi a été irrigué avec approximativement 150 mm. Les pépinières semées à Jemaa Shaim ont été toutes perdues pour cette saison 1994-95. La saison 1995-96 avait connu des précipitations de pluies suffisantes pour une bonne conduite et récolte du blé et la sélection a été effectuée essentiellement pour la résistance aux maladies foliaires et racinaires observées cette saison. Les saisons 1996-97, 1997-98, 1998-99 et 1999-2000 étaient sèches dans le milieu et à la fin de la saison. La pluviométrie totale était moindre que la moyenne de long terme. Cependant, cela a été utilisé pour sélectionner du matériel végétal résistant à la fois à la cécidomyie et à la sécheresse. Les températures observées pendant toutes les saisons ont varié de 2°C (minima hivernaux) à 40 °C maximums des fins de saisons. Les vents chauds étaient communs (chergui) dans la plupart des fins de saisons.

Les caractéristiques des plantes dans les différentes étapes d'avancement du matériel ont varié selon l'origine des familles. Quelques anomalies de plantes (albinos et plantes faibles, stérilité de l'épi) ont été obtenues dans les F1 et F2 et éliminés par la suite. L'épi relâché et la forme des glumes ressemblant à celle des blés tendres ont fréquemment été observés. Les maladies observées étaient semblable à celles des autres blé durs issus de hybridations conventionnelles: La tache bronzée, la rouille brune et les pourritures racinaires étaient prédominantes. Cependant, les sévérités des maladies foliaires étaient plus importantes sur les population en ségrégation provenant des croisement interspécifiques que dans les autres pépinières conventionnelles. Une grande variabilité dans la hauteur de la plante, la précocité à l'épiaison et à la maturité, aussi bien que dans la structure de la plante a été observée. Une grande proportion de plantes se sont révélé être inadaptées aux conditions adverses, surtout à la sécheresse. La qualité du grain était au dessous de la moyennes des blé durs conventionnels mais aussi variable dans toutes ses caractéristiques visuelles : couleur rouge ou sombre de l'embryon, mélanose, échaudage, et mitadinage. Le taux de mitadinage et la couleur du grain ont été une cause principale de rejet des familles lors de la sélection visuelle du grain. L'attaque par la cécidomyie, qui est le principal sujet de sélection de ce matériel était importante durant toutes les saisons et la sélection pour la résistance a pu être conduite efficacement toutes les années.

Durant le processus d'avancement et de sélection, deux groupes principaux de matériels génétiques ont été produits : le premier groupe est adapté seulement aux zones sèches et le second est adaptée à des zones plus variées incluant des zones plus favorables. Cette distinction est due aux parents initiaux utilisés pour donner ou recevoir la résistance génétique (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre de lignées obtenues par source de résistance utilisée, et résistance à la cécidomyie des sélections les plus avancées de blé dur

Source de résistance et caractéristiques principales	Nombre de lignées	Résistance moyenne à la cécidomyie (% des plantes)
Groupe I :		
H5 avec tolérance à la sécheresse.	55	92
Groupe II :		
H11. Bonne Adaptation .	2	79
PI321644 Adaptation large	10	72.25
H5. Adaptation large	195	80.9
Divers, Adaptation large	45	72.8
Total	307	-

Le premier groupe est composé de plantes semi hautes, modérément précoces mais pouvant avoir un cycle plus court en cas de sécheresse. Cette sélection a été pratiquée surtout dans le matériel créé par le programme CIMMYT/ICARDA. La résistance à la cécidomyie dans ce matériel est basée sur le gène *H5*, provenant de la lignée 'SD8036', 'Arthur' ou 'Ribeiro'. Les variétés 'Arthur' et 'Ribeiro' sont des variétés tardives. Les parent récurrents sont très adaptés à la sécheresse et aux hautes températures et de ce fait plus tardives et plus hautes que les variété utilisées pour le deuxième groupe. De 152 croisements effectués au départ pour ce groupe, seulement trois croisements ont donné des sélections adaptées dérivées en 55 lignées, les autres croisements ayant été éliminés durant la sélection au champs (Tableau 3).

Tableau 3. Nombre de lignées F8 tolérantes à la sécheresse et aux hautes températures sélectionnées et leur pourcentage de plantes résistantes à la cécidomyie

Nom des familles	Nombre de lignées	% des plantes résistantes à la cécidomyie
SD8036/Omtel-1//Awalbit-3	45	93
Arthur 71/Lahn//Blk2/Lahn	4	100
Saada 3/Dades//Omtel-1	6	75
Total	55	92

Le deuxième groupe est composé de matériel à paille plus courte, modérément précoce à très précoce. Ce sont des familles avec un meilleur potentiel de rendement pouvant être utilisés dans des zones plus favorables. La tolérance à la sécheresse est néanmoins incluse dans le potentiel génétique de ces matériels vu le nombre de sélections qu'il a subi sous sécheresse. Ce groupe de matériel est dérivé des hybridations effectuées par l'INRA et la résistance à la cécidomyie dans ce groupe est basée sur les gènes *H5*, *H11*, et du gène de la source PI321644 (Tableaux 4 et 5).

Le matériel issu des croisements avec le gène *H5* a produit le plus grand nombre de lignes et familles adaptées. La gamme de variation dans les caractères morphologiques et phénologiques de ce matériel sont acceptables pour la majorité des zones céréalières pluviales du Maroc et de la Méditerranée (hauteur de la plantes variant de 80 à 110 centimètre, nombre de jours à l'épiaison de 90 à 100). Le potentiel de rendement a atteint 107 Qx/ha avec une moyenne de



groupe de 65Qx/ha. Le niveau de résistance à la cécidomyie dans ce matériel a été élevé et persistant (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4. Nombre de lignées obtenues, et résistance à la cécidomyie des sélections les plus avancées de blé dur disponibles provenant du croisement avec le gène de résistance H5

Famille	Nom du croisement d'origine	Nombre de lignées	Résistance moyenne à la cécidomyie (% des plantes)
CF4JS 72	Bdrh (H5) / Karim // Karim	5	82
CF4JS 76	Karim / H5 // Cocorit	7	79
CF4JS 77	Vitron / H5 // Cocorit	2	100
CF4JS 89	F1hfr# (H5) / Karim // Sebou	6	80
CF4JS 109	E21 / Bt#41 (H5) // Sebou	12	78
CF4JS 110	F1#49 (H5) / Bd#8 // Sarif	8	81
CF4JS 114	Jori / Saada (H5) // Isly	2	66
CF4JS 115	1727 / Bt#18 (H5) // Sebou	13	83
CF4JS 122	H.Mouline / Saada (H5) // Karim	1	40
CF4JS 124	E21 / Bt#41 (H5) // O.Rabia	4	64
CF4JS 128	Sarif / Saada (H5) // O.Rabia	12	90
CF4JS 137	O.Rabia / Bt#38 (H5) // Sebou	2	87
CF4JS 146	B.Bachir / Saada (H5) // O.Rabia	10	99
CF4JS 149	B.Bachir / Saada (H5) // Isly	25	82
CF4JS 151	E21 / Saada (H5) // Acsad 65	1	100
CF4JS 155	Ardant / Saada (H5) // O.Rabia	7	78
CF4JS 163	1718 / Saada (H5) // Isly	9	89
CF4JS 176	1726 / Saada (H5) // Isly	7	80
CF4JS 180	1715 / Bt#40 (H5) // Sarif	9	98
CF4JS 184	E44 / Bt#6 (H5) // Isly	22	80
CF4JS 191	B.Bachir / Bt#38 (H5) // Sebou	7	97
CF4JS 204	1718 / Bt#24 (H5) // Sebou	18	99
CF4JS 210	H.Mouline / Bt#5 (H5) // 2777	1	100
CF4JS 40	BD1715 / Saada (H5)	3	100
CF4JS 43	BD1718 / Saada (H5)	1	43.7
CF4JS 56	Cocorit / Saada (H5)	1	90

Le matériel issu des croisements avec le gène H11 a produit seulement deux lignes dérivées d'un même croisement. Ce matériel est caractérisé par une capacité du rendement et une adaptation inférieures (Tableau 5). Le matériel issu des croisements avec le gène PI321644 a produit moins de lignées adaptées mais la capacité du rendement est importante et la plante a des caractéristiques agronomiques convenables (Tableau 5).

Le rendement potentiel de plusieurs lignées avancées a été évalué sous conditions d'irrigation dans la station expérimentale de Tassaout (INRA, Maroc). Les rendements ont été variables entre les lignées des différentes familles aussi bien qu'entre les lignées des mêmes familles. Les rendements ont varié de 30 à 83 Qx/ha et ont été similaires à ceux des meilleures variétés utilisées au Maroc (Tableau 6).

Tableau 5. Nombre de lignées avancées, et résistance à la cécidomyie des sélections provenant du croisement avec les sources de résistance H11, PI321644,

Famille	Noms des croisement	Nombre de lignées	% des plantes résistantes à la cécidomyie
CF4JS 9	Jori / H11 // Sarif	2	79
CF4JS 11	PI321644 / M8 // Marzak	1	100
CF4JS 57	PI321644 / Achar / Marzak	1	7.7
CF4JS 22	PI321644 / M8 // Marzak / 3 / Marzak	1	100
F5/11	PI 321644 / M8 // Marzak	7	82
F5/57	Tillila / U1275 // Karim	1	20

Tableau 6. Rendement grain potentiel, et résistance des meilleurs lignées F9 disponibles Toutes sources de résistance incluses

Famille	Noms des Croisements	Nbr de lignées	Rdt	Rend	Rend	% plantes résistantes
			Min	Max	moy	
CF4122	H.Mouline / Saada (H5) // Karim	1	83	83	83	100
CF4176	1718 / Saada (H5) // Isly	1	68	68	68	100
CF4180	1715 / Bt#40 (H5) // Sarif	9	33	93	63	100
CF4184	E44 / Bt#6 (H5) // Isly	1	81	81	81	100
CF418	Karim / Cit / Rs Mor 2bc1 F1 (H5)	10	52	83	67	100
CF421	Fc 623 / Bd#7 // Lican.Inia	2	59	96	77	100
CF423	PI321644 / M8 // Marzak	2	47	105	76	100
CF4166	Lloyd // P2#05/Shi / 3 / Karim	1	69	69	69	100
CIM/ICA	SD8036/Omtel-1//Awalbit-3	12	42	87	55	93
CIM/ICA	Arthur 71/Lahn//Blk2/Lahn	2	28	35	30	100
CIM/ICA	Saada 3/Dades//Omtel-1	3	35	72	52	75

## Conclusions

Les gènes de résistance à la cécidomyie *H5*, *H11*, et le gène de l'accession PI321644, ont été transférés au blé dur et ont produit des lignées avancées prometteuses.

Les hybridations avec toutes les sources de gènes ont produit des matériels de blé dur améliorés ou agronomiquement acceptables avec des nombres variables de lignées sœurs. Les caractéristiques des plantes des progénitures ont fortement dépendu des parents blé dur et des sources de résistance utilisés.

Les perspectives pour la continuation de ce travail sont d'améliorer la qualité du grain, les caractères morpho-physiologiques et phénologiques reliés à l'adaptation et à la tolérance aux stress abiotiques et biotiques. Aussi la recherche de gènes nouveaux de résistance à la cé-

cidomyie dans des espèces apparentées au blé devrait réduire la menace de changement de biotypes de l'insecte.

## Remerciements

Essadate M., Kamar M., Zaizaa M, and Rabah E. techniciens des stations experimentales de l'INRA Maroc ; et à Tony H., technicien, ICARDA, Aleppo, Syria

## Références bibliographiques

- El Bouhssini, M., A. Amri et J. H. Hatchet, 1988. Wheat genes conditioning resistance to the Hessian fly (Diptera: Cecidomyiidae) in Morocco. *Journal of Economic Entomology*. 81 : 709-712.
- El Bouhssini M., A. Amri, J. H. Hatchett and S. Lhaloui. 1992. New sources of resistance in wheat to Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say), (Diptera : Cecidomyiidae) In Morocco. *Al Awamia* 77 : 88-107.
- El Bouhssini M., N. Nsarellah, M. M. Nachit, A. Bentika, O. Benlhabib and S. Lhaloui. 1999. First source of resistance in durum wheat to Hessian fly (Diptera: Cecidomyiidae) in Morocco. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 46 : 107-109.
- Hatchett, J. H., D. L. Keith, J. H. Hill, J. E. Foster, and G. E.. 1984. assessment of cereal pests in Morocco. Incidence and damage, research priorities, needs and recommendations. MIAC project report, pp 24.
- Lhaloui S. 1986. Effect of plant resistance, insecticide treatments, and planting dates on Hessian fly infestations in wheat in Morocco. (M.S. Thesis), University of Nebraska 126 p.
- Lhaloui S., Bushman L., El Bouhssini M., Starks, K., Keith, D. and El Houssaini, K., 1992. Control of *Mayetiola* species (Diptera : Cecidomyiidae) with Carbofuran in bread wheat, durum wheat and barley with yield loss assessment and its economic analysis, *Al Awamia*, 77 : 55-73.
- McIntosh R. A., Hart G. E., Devos K. M., Gale M. D., and W.J. Rogers. 1998. Genes for pathogenic disease / pest reaction. Catalogue of Gene Symbols for wheat. Proceeding of the 9th International Wheat genetic symposium. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 2-7 August 1998.
- Ohm, H., W., R. H. Ratcliffe, F. L. Patterson and S. E. Cambron. 1997. Resistance to Hessian fly conditioned by genes H19 and proposed genes H27 of durum wheat lines PI422297. *Crop science* 37 : 113-115.