

Royaume du Maroc

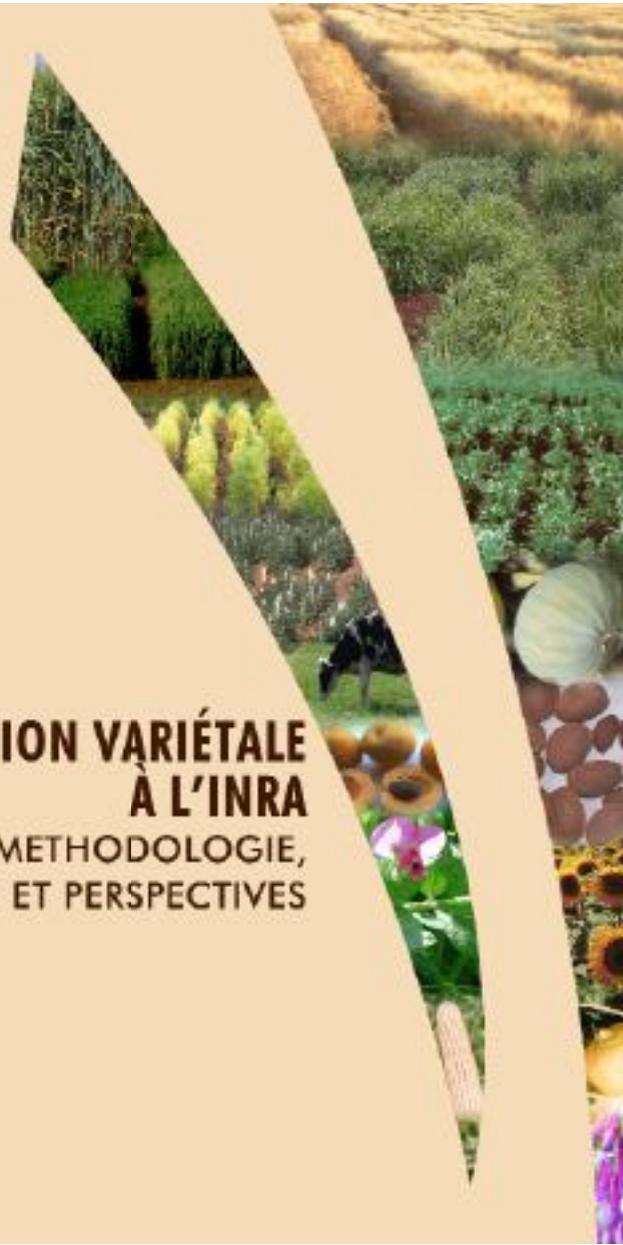


المعهد الوطني للبحوث الزراعية  
Institut National de Recherche Agricole

LA CRÉATION VARIÉTALE À L'INRA  
METHODOLOGIE, ACQUIS ET PERSPECTIVES

# LA CRÉATION VARIÉTALE À L'INRA

METHODOLOGIE,  
ACQUIS ET PERSPECTIVES





Royaume du Maroc



المعهد الوطني للبحث الزراعي  
Institut National de la Recherche Agronomique

# LA CRÉATION VARIÉTALE À L'INRA

## METHODOLOGIE, ACQUIS ET PERSPECTIVES

*Edité par*

**Fouad ABBAD ANDALOUSSI**

**Abdalhaq CHAHBAR**



**EDITION INRA**

**-Décembre 2005-**

Avenue de la Victoire B.P.: 415 - Rabat principal • Maroc

Tél.: 212 37 77 09 55 - Fax: 212 37 77 00 49

Dépot légal : 2006/0228

ISBN : 9954-0-6651-9

Nadacom Design



# Sommaire

<b>PRÉFACE</b>	.....	<b>5</b>
<b>CHAPITRE I : AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ DUR</b>		
Nsarellah N., Amri A, Nachit M. ....		<b>7</b>
<b>CHAPITRE II : AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ TENDRE</b>		
Jlibene M. ....		<b>57</b>
<b>CHAPITRE III: AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE L'ORGE</b>		
Saidi S., Jilal A., Amri A., Grando S. Ceccarelli S. ....		<b>97</b>
<b>CHAPITRE IV : AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA FÈVE ET FÉVEROLE</b>		
Fatemi Z. E. A., Sakr B., Abbad Andaloussi F. ....		<b>139</b>
<b>CHAPITRE V : AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA LENTILLE</b>		
Sakr B. ....		<b>161</b>
<b>CHAPITRE VI: AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES CULTURES FOURRAGÈRES</b>		
Alfaïz C., Thami Alami I., Lahlou <sup>*</sup> A., Benbrahim N. ....		<b>181</b>
<b>CHAPITRE VII : AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU TOURNESOL</b>		
Nabloussi A., El Asri M., Akhtouch B., Gosset H, El Fechtali M., Al Ghoum M. ....		<b>237</b>
<b>CHAPITRE VIII : AMÉLIORATION ET SÉLECTION VARIÉTALE CHEZ LES ARBRES FRUITIERS</b>		
Oukabli A., Mamouni A., Laghezali <sup>*</sup> M., Chahbar A. ....		<b>253</b>

*\* Auteurs décédés*



## PRÉFACE

L'amélioration génétique des espèces cultivées est une composante fondamentale du progrès technique dans le domaine agricole. Depuis sa création, l'Institut National de la Recherche Agronomique du Maroc n'a cessé d'œuvrer pour la diversification des cultures introduites et la mise au point de nouveaux cultivars productifs et adaptés aux conditions agro-climatiques du pays, accompagnant ainsi les différentes politiques agricoles visant l'autosuffisance alimentaire, la sécurité alimentaire et enfin la promotion d'une agriculture compétitive. Le présent ouvrage constitue un bilan des travaux de la création variétale des principales cultures céréalières (blé tendre, blé dur, orge), légumineuses alimentaires (Fève, féverole et lentille), fourragères (Avoine, lupin, Vesce, Pois fourrager et Maïs), oléagineuses (tournesol) et arboriculture fruitière (Amandier, Figuier, Abricotier, Grenadier et Pêcher).

En plus de la description succincte des programmes de sélection de ces espèces, le lecteur trouvera aussi dans cet ouvrage des renseignements utiles et inédits sur l'évolution et l'organisation de la recherche en matière de création variétale au Maroc depuis plusieurs décennies. Par souci de synthèse et pour ne pas embrouiller le lecteur, il n'a pas été possible de mettre en lumière tous les efforts consentis par nos chercheurs, avec leur part respective de succès et d'échec, pour aboutir à une nouvelle variété.

Comme l'amélioration des plantes est une œuvre de synthèse, il a été utile de présenter quelques généralités sur les éléments de la biologie des différentes espèces, les principales contraintes biotiques et abiotiques propres à chacune d'elles ainsi que l'approche adoptée en matière d'amélioration génétique. Celle-ci, nécessairement pluridisciplinaire, exige, pour sa mise en œuvre une organisation parfaite tout au long du processus de sélection et de croisement.

S'il est un constat qui ressort de la lecture du présent ouvrage, c'est bien l'ampleur du progrès réalisé et les acquis de la recherche agronomique dans le domaine la création variétale. En effet, le bilan actuel à l'actif des chercheurs de l'INRA s'élève à environ 355 cultivars inscrits au catalogue officiel répartis entre 31 espèces végétales. A cela s'ajoute, un nombre important d'accessions, soit environ 13 000, stockées dans la banque de gènes des ressources génétiques domiciliée au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat.

Cet ouvrage nous offre l'opportunité de rendre hommage à tous les chercheurs, techniciens et agents qui ont contribué, depuis plusieurs décennies, par leur effort et leur dévouement au processus de la création variétale à l'INRA. Il en est de même de nos agriculteurs qui ont su conserver une bonne partie du patrimoine génétique sur lequel travaillent les sélectionneurs du monde entier.

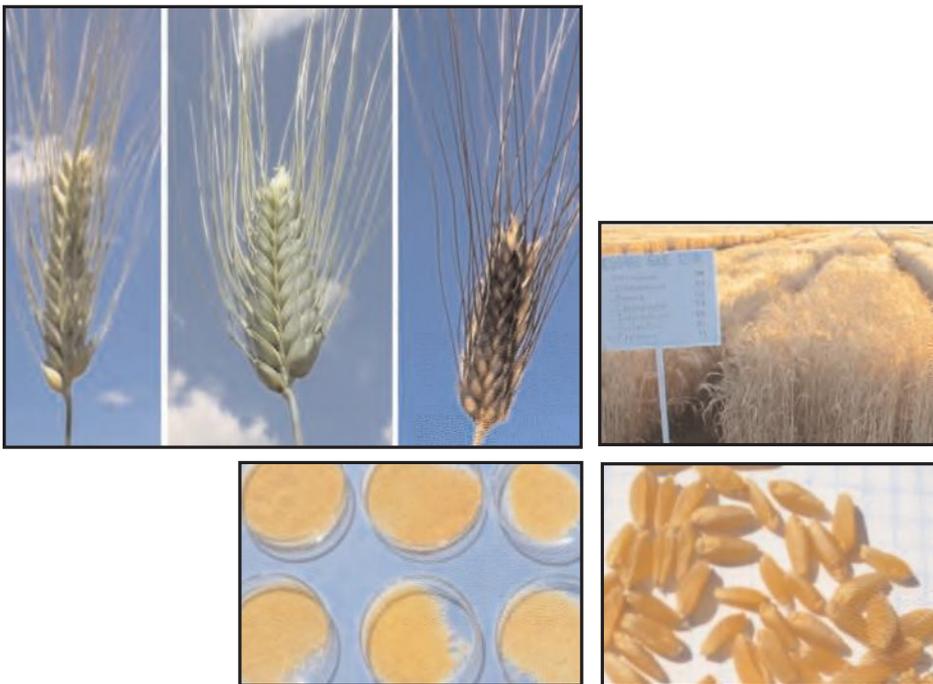
Je ne saurais terminer sans présenter mes sincères remerciements aux auteurs pour l'excellent travail accompli, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué par leurs remarques constructives à l'enrichissement de cet ouvrage.

**Pr. Hamid NARJISSE**

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL  
DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE



# CHAPITRE 1



## AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ DUR



# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ DUR

Nsarellah<sup>1</sup> Naserlhak, Amri<sup>2</sup> Ahmed et Nachit<sup>3</sup> Miloudi

*1: Institut National de la Recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat,  
B.P. 589, Settat, Maroc*

*2: Centre International de Recherche Agronomique  
pour les Régions Arides, Programme Régional Asie Ouest,  
BP 950764, Amman 11195, Jordanie*

*3: Centre International de Recherche Agronomique  
pour les Régions Arides, BP 5466, Alep, Syrie*

## Introduction

Le blé dur *Triticum turgidum* var. *Durum* Desf. est une culture traditionnelle au Maroc. Elle est très appréciée par le consommateur marocain, principalement pour la préparation du pain, du couscous et des pâtes alimentaires. D'autres mets traditionnels tels que «Lharcha», «herbel», «Msemmen» sont fabriqués par les ménages à partir de cette céréale. La principale particularité du blé dur réside dans la composition chimique du grain qui donne un produit ferme après la cuisson. C'est cette caractéristique qui destine le blé dur à la fabrication des produits finis du genre pâtes alimentaires et couscous alors que le blé tendre est meilleur pour le pain et les biscuits. A la différence des pays du reste du monde, les marocains utilisent le blé dur pour la fabrication du pain moyennant un ajout de farine de blé tendre. Au Maroc le blé dur est cultivé sur une superficie variant de 1 à 1,2 millions d'hectares annuellement. La grande majorité des emblavures de blé dur est située en zone pluviale et environ la moitié se situe dans les régions bour défavorables (Belaid et al., 2003). La sélection variétale constitue l'un des plus importants facteurs de l'amélioration de la productivité et de la qualité de cette culture. Les rendements des variétés de blé dur ont été nettement améliorés au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle, mais restent encore dépendants des conditions environnementales difficiles et de la conduite technique de la culture (Anonymes, 1996). Bien que la qualité technologique du grain est très prisée par le consommateur, les prix pratiqués sur le marché marocain ne tiennent pas compte de cette caractéristique puisqu'ils ne différencient pas entre blé dur pour le pain et celui pour les semoules. Cette situation n'encourage pas le développement de l'aspect qualité du blé dur. La qualité technologique des variétés marocaines de blé dur varie de moyenne à très bonne pour les produits traditionnels mais reste insuffisante pour la fabrication industrielle des pâtes alimentaires.

Avec l'appui du Ministère de l'agriculture, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) entreprend un programme d'amélioration génétique du blé dur depuis le début du vingtième siècle. D'autres recherches d'accompagnement sont effectuées par plusieurs autres institutions nationales de recherche et d'enseignement. Les variétés actuellement disponibles ont certainement répondu aux attentes du planificateur, de l'agriculteur et du consommateur du point de vue productivité et rentabilité. Cependant le travail d'amélioration doit être continué pour élever cette culture au rang des standards internationaux de qualité et de rentabilité tout en assurant une adaptation optimale aux conditions marocaines.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le travail d'amélioration génétique du blé dur au Maroc pour servir le développement agricole et contribuer à l'économie marocaine.

## 1. Aspects de la biologie de la plante du blé dur

Le blé dur (*T. durum* ou *T. turgidum* var. *L. durum*) est une espèce cultivée de la classe des céréales à petites graines. Le blé dur est très proche, morphologiquement et physiologiquement du blé tendre (*T. aestivum* L.). Cependant, les deux espèces présentent certaines différences génétiques: Le génome du blé dur est constitué des génomes de deux espèces sauvages (AABB, 28 chromosomes) alors que celui du blé tendre est constitué de trois génomes (AABBDD, 42 chromosomes).

Au Maroc comme dans la plupart des pays tempérés de la région méditerranéenne, le blé dur est semé en automne, se développe en hiver et mûrit en fin de printemps ou en début d'été. Les variétés de blé dur cultivées au Maroc ne nécessitent pas de vernalisation, ce sont des variétés de printemps. Les stades de croissance à partir de la germination sont la levée, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison et la maturité physiologique. La majorité des stades de croissance sont eux mêmes subdivisées en plusieurs sous étapes. La germination a lieu juste après le semis, l'embryon situé à l'extrémité du grain reprend vie sous l'effet de l'humidité environnante et développe des racines primaires et un coléoptile. Les racines primaires poussent vers le bas et le coléoptile pousse vers le haut pour percer la surface du sol: c'est la levée. Le coléoptile devient le point de départ des premières feuilles qui vont fournir les premiers produits de la photosynthèse à la plantule. Le plateau de tallage est lui aussi formé sur le coléoptile à un niveau inférieur à la surface du sol et sera le point de départ de plusieurs talles. Des racines secondaires se forment à la base du plateau de tallage, elles serviront à nourrir la plante en eau et en éléments nutritifs. Le tallage et le développement des racines vont continuer au gré des conditions favorables de la période hivernale (basses températures, photopériode et conditions hydriques). Lorsque les températures commencent à augmenter, la montaison des plantes est marquée par la croissance des talles en hauteur. Ensuite quand les besoins de la plante en photopériode et en température (un certain nombre de degrés x jours est requis par les différentes variétés) sont satisfaits, l'apparition d'un épi sur chaque talle est rapidement suivie par la floraison. Un épi de blé dur est constitué de plusieurs épillets eux mêmes contenant trois fleurets au moins (3 à 5 fleurets en fonction des conditions environnementales). Après fécondation des fleurs, la formation du grain se fait en plusieurs étapes (stade laiteux, pâteux et grains mûrs).

La maturité physiologique est atteinte lorsque les matières organiques ne migrent plus vers le grain. Chacun de ces stades de croissance est largement tributaire des conditions environnantes et le résultat final chez une variété donnée peut présenter une large gamme de variations. La plante de blé présente une grande variabilité dans ses composantes de rendement (nombre de talles, nombre d'épillets par épi, de grains par épillets, ou grain par épi, et poids moyen des grains). La plante de blé est la plante la plus adaptée et la plus productive sous les conditions naturelles des zones méditerranéennes. Le blé peut aussi être adapté aux conditions de production intensives et inductives d'une bonne qualité et profitabilité économique.

## 2. Importance du blé dur au Maroc

L'importance économique de la culture du blé dur découle de la grande superficie allouée à cette céréale et de la valeur marchande de la production au niveau de l'exploitation agricole. Les statistiques des années 1960 à 2000 du Ministère de l'Agriculture, indiquent que le blé dur est semé sur une superficie moyenne de 1,2 millions d'hectares avec une fluctuation allant de 0,8 à 1,4 million d'ha selon les années. Dans cette même période, la production nationale moyenne en grain a varié de 0,43 à 23,4 millions de quintaux selon les années, soit une moyenne de 13,4 millions de quintaux. Le rendement moyen durant cette période est de 11,4 q/ha mais les rendements moyens annuels par zone ont varié entre 5,2 à 18,2 qx/ha (Tableau 1).

**Tableau 1:** Statistiques long terme (1970-1999) sur les superficies emblavées de blé dur sur la production totale et les rendements grains par zone agro écologique.

Zones	Superficie (000xha)		Production (000.T)		Rendement (T/ha)	
	Moyenne ± SD	Intervalle	Moyenne ± SD	Intervalle	Moyenne ± SD	Intervalle
Favorable	502.57	214.40	692.09	142.23	1.37	0.39
	± 110.56	- 714.8	± 269.92	- 1241.9	± 0.44	- 2.01
Semi-aride	271.12	159.90	233.30	18.73	0.88	0.10
	± 84.05	- 430.00	± 165.64	- 716.90	± 0.59	- 2.27
Aride sud	184.93	96.70	183.85	24.80	0.98	0.13
	± 51.78	- 285.5	± 104.79	- 487.02	± 0.37	- 1.71
Montagnes	145.86	83.60	155.25	51.97	1.07	0.56
	± 46.68	- 238.9	± 62.10	- 286.04	± 0.34	- 1.63
Aride Oriental	63.06	28.80	43.71	14.84	0.69	0.25
	± 18.92	- 91.00	± 19.23	- 76.66	± 0.23	- 1.23
Oasis	13.95	8.00	24.19	8.83	1.71	0.88
	± 3.07	- 22.20	± 8.95	- 52.14	± 0.43	- 2.35
TOTAL	1168.3	820.1	1342.7	438.7	1.14	0.52
	± 128.51	- 1399.8	± 483.38	- 2010.0	± 0.24	- 1.88

Source: Ministère de l'Agriculture. Rabat, Maroc. (D'après Belaid et al

La valeur monétaire de la production du blé dur payée à l'exploitation agricole est proche de 3,5 milliards de dirhams. Les statistiques récentes montrent que dans une année normale, les besoins du Maroc en blé dur sont de 16,5 millions de quintaux. Le pays en produit 14,4 millions de quintaux et en importe 0,21 millions. Le Maroc exporte aussi 0,7 millions de quintaux. Les produits importés et exportés sont des produits semis finis ou finis: (spaghettis, semoules ou couscous).

En ce qui concerne les zones de culture du blé dur au Maroc, le bour favorable et le semi aride sont les zones les plus intéressées avec respectivement 43% et 23% des superficies emblavées, suivies par les zones arides sud, les zones montagnes et l'aride oriental. La variabilité inter annuelle des superficies emblavées, des productions et des rendements est plus élevée dans les zones semis arides et arides (Tableau 2).

**Tableau 2:** Contribution des différentes zones agro écologiques à la production de blé dur et coefficients de variation (Statistiques de 1970-1999).

Zones	Superficie % national	Superficie CV %	Production % nationale	Production CV %	Rendement CV %
<b>Favorable</b>	43	22	52	39	32
<b>Semi-aride</b>	23	31	17	71	67
<b>Aride sud</b>	16	28	14	57	38
<b>Aride Oriental</b>	05	30	03	44	34
<b>Montagne</b>	12	32	12	40	32
<b>Oasis</b>	01	22	02	37	35

Source: Ministère de l'Agriculture. Rabat, Maroc. (D'après Belaid et al. (2003))

Le blé dur étant une culture majoritairement pluviale, la productivité et la rentabilité de cette spéculacion sont directement liées aux quantités de pluies reçues. La pluviométrie annuelle par zone est très variable. Sa distribution (au long de la saison) est également très irrégulière. Il est à noter que les statistiques des dernières quatre décennies montrent que la pluviométrie annuelle a diminué de 100 à 150 mm par an selon les régions depuis le début des années 1980, soit approximativement, une diminution du quart des pluviométries totales (Figure 1). L'impact de la diminution et de l'irrégularité croissante de la pluviométrie est surtout visible sur les niveaux de rendements et l'évolution des rendements et sur l'intéressement des agriculteurs à cette spéculacion. La diminution de la pluviométrie a eu un impact négatif sur l'évolution de la superficie totale emblavée qui a diminué en moyen de 3000 ha par an durant les trente dernières années. Cependant, et malgré la baisse des quantités de pluies reçues la production nationale a augmenté en moyen de 20000 q/an avec une augmentation moyenne des rendements de 2,5 kg/ha par an durant la même période. Si on exclut les années à sécheresse catastrophique, les statistiques montrent que le taux moyen de l'augmentation annuelle de la production est de 333000 q/ha et que le taux moyen d'augmentation des rendements au niveau national est de 24,7 kg/ha /an.

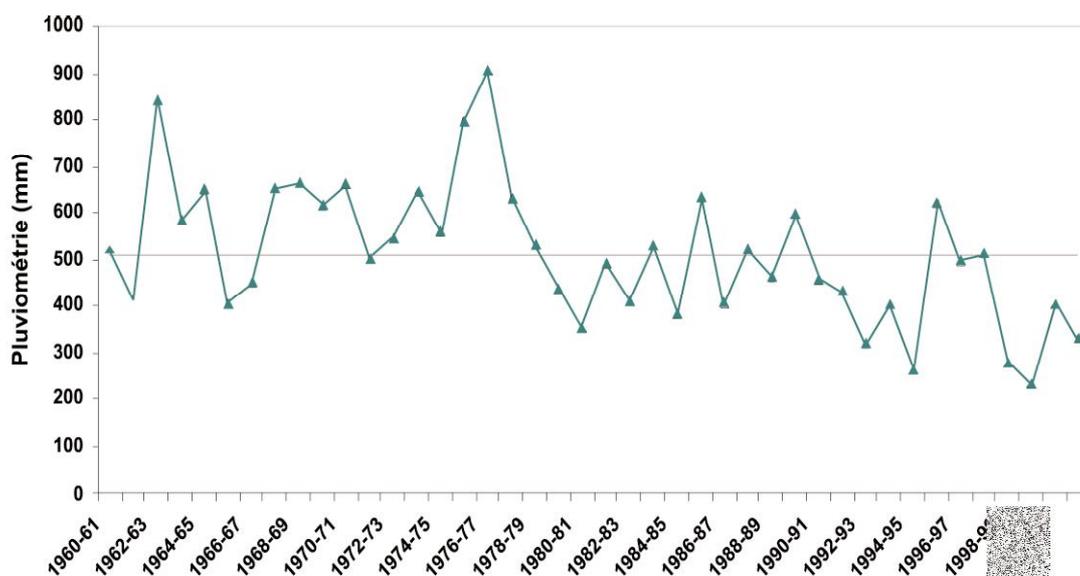


Fig. 1 : Evolution de la pluviométrie par campagne agricole (septembre à juillet) à Meknès (D'après Balaghi, 2000, modifiée).

Ces données montrent, que des améliorations techniques ont bien eu lieu et que malgré la diminution drastique de la pluviométrie et l'augmentation de la fréquence des sécheresses, le rendement et la productivité ont constamment augmenté. Les études de terrain ont montré que le potentiel des rendements en grain des variétés nouvelles a augmenté par plus de 30q/ha en la période de trente années d'amélioration génétique (Tableau 3).

**Tableau 3:** Potentiel de rendement grain en irrigué pour les principales variétés de blé dur enregistrées par l'INRA.

Variétés	Potentiel de rendement en q/ha
<i>Zeramek, O.Zenat, Selbera, Kypernda</i>	<b>40</b>
<i>H Mouline, Cocorit, Jor.i</i>	<b>50</b>
<i>Acsad 65, Belbachir, Sarif, Tensif Irden, Chaoui, Marouane, Isly, Tomouh</i>	<b>60</b>
<i>Marzak, Karim, , Sebou, Oum.Rabia, Massa, Tassaout, Jawhar, Anouar, Yasmine, Amjad, Tarek, Ouregh, Mar</i>	<b>75</b>

### **3. Historique de l'amélioration génétique du blé dur au Maroc**

L'amélioration génétique a été initiée au Maroc depuis la création des premières institutions responsables du développement agricole au temps du protectorat. L'objectif principal visait l'amélioration et la stabilisation par la voie génétique de la productivité et de la qualité du blé dur. L'amélioration génétique du blé dur a connu différentes étapes, définies par les contraintes, les objectifs, les acquis et par l'évolution du paquet technologique au Maroc et dans le monde.

#### **3-1 Avant l'indépendance**

Cette première phase a été caractérisée par la combinaison des essais de sélection avec des essais agronomiques. Durant cette période, la production du blé dur marocain était destinée en partie à l'exportation. En conséquence, les efforts de l'amélioration génétique du blé dur entrepris par les français ont été concentrés sur l'augmentation de la productivité par une meilleure réponse aux conduites techniques améliorées. Une collecte généralisée des populations de blé dur dans les principales régions du royaume a été effectuée et a été suivie par une évaluation principalement pour la qualité technologique et pour la productivité. La totalité des populations locales étaient tardives, de haute taille et avaient un très faible potentiel de rendement. Plusieurs variétés ont été mises en culture depuis 1930 dont les plus connues sont: BD-272, BD-1658, BD-2909 et BD-2777. Ces variétés étaient plus productives que les populations locales mais elles se caractérisaient toujours par un cycle végétatif long et par une paille haute, les prédisposant à la verse. Ces variétés continuent à être utilisées dans certaines régions montagneuses du pays.

#### **3-2 Depuis l'indépendance jusqu'aux années 1970**

Pendant cette étape, le travail a été orienté principalement vers l'amélioration de la productivité et la résistance aux maladies par le biais des croisements interspécifiques avec le blé tendre et aussi avec les autres espèces de la même famille. Les maladies visées par ces croisements étaient les rouilles et la cécidomyie. Les croisements interspécifiques avaient aussi pour objectif de modifier la morphologie de la plante du blé dur en agissant sur les composantes du rendement. Le travail sur les hybridations inter spécifiques et intra spécifiques n'a pas abouti à des variétés notables en raison de l'étroitesse de la variabilité génétique chez les parents utilisés. La qualité technologique des blé durs était encore plus affectée par les croisements interspécifiques.

#### **3-3 Début de la collaboration avec les centres internationaux**

A partir des années 1970s, la collaboration avec le CIMMYT (Centre International d'Amélioration du blé et du maïs) et plus tard avec l'ICARDA (Centre International de la Recherche Agronomique dans les Régions Arides) a permis l'introduction de germoplasme et de variétés renfermant les gènes de réduction de la hauteur et de précocité. Ces deux caracté-

ristiques ont permis d'augmenter et de stabiliser la productivité de l'espèce. L'apport de la diversité génétique qui faisait défaut durant l'étape précédente a eu un effet important sur le programme marocain d'amélioration du blé dur et a permis de trouver l'alternative aux variétés marocaines traditionnelles qui étaient plutôt des variétés de montagne. Durant cette phase, trois variétés de blé dur, Cocorit, Jori et Haj-Mouline, ont commencé à être cultivées. Elles se caractérisent par un cycle végétatif relativement court et par une paille semi naine leur conférant la résistance à la verse dans les conditions favorables. Ces variétés étaient bien plus productives et plus adaptées que les anciennes variétés mais la qualité de leur grain était inférieure. Ce handicap a freiné leur diffusion dans les zones rurales profondes et dans les montagnes.

A partir de 1980, l'amélioration génétique du blé dur est axée sur la création de variétés productives, précoces, résistantes aux maladies et surtout ayant une bonne qualité technologique. Cette phase se caractérise d'une part par le renforcement des échanges du matériel végétal avec les centres internationaux, et avec les instituts de recherche nationaux et internationaux. Cette phase est caractérisée par l'établissement du plan directeur de l'INRA, définissant les objectifs et les priorités en matière d'amélioration des céréales ainsi que par l'assouplissement de la procédure de l'inscription des variétés au Catalogue Officiel National. Plusieurs nouvelles variétés ont été ainsi inscrites il s'agit des blés durs Marzak, Karim, Acsad-65, Bel-Bachir, Sebou, Oum-Rabia, Sarif, Tensift, Massa, Isly et Tassaout. Certaines variétés ont été sélectionnées sur les introductions à partir des centres internationaux. Ces variétés se distinguent par leur précocité, leur taille semi-naine, leur productivité élevée et surtout leur bonne qualité technologique. La sélection pour la tolérance à la sécheresse et aux hautes températures a été abordée durant les années 1984 à 1990.

### 3-4 Etape actuelle

L'étape récente (années 1990-jusqu'à présent) a connu une évolution majeure dans l'orientation du programme national de l'amélioration génétique du blé dur. Cette réorientation est basée sur les acquis des étapes précédentes. En effet, le patrimoine constitué de plus de vingt variétés modernes ayant une très large adaptation agronomique et ayant un bon niveau de tolérance ou de résistance aux stressés biotiques et abiotiques devrait être le point de départ d'un matériel à adaptation spécifique pour les principales zones de production du blé dur (montagne, Nord Ouest, bour favorable et bour défavorable). Grâce au travail de sélection, les ressources génétiques ont été accumulées et un large choix des parents ayant les caractéristiques recherchées pouvait être utilisé pour les différents sous programmes régionaux.

En ce qui concerne le germoplasme produits durant cette phase, l'introgession de gènes de résistance ou de tolérance à des stressés particuliers (notamment à la cécidomyie, la rouille brune, les pourritures racinaires) était entrepris pour toutes les zones. La tolérance aux stressés abiotiques (sécheresse et hautes températures) a été rehaussée dans la liste des objectifs d'amélioration. Les efforts ont été concentrés sur l'introduction de ces gènes en maintenant les qualités déjà assimilées par l'amélioration génétique précédente.

Les premières variétés résistantes à la cécidomyie et à la sécheresse ont été produites en 1997 et enregistrées en 2003. Les premières variétés résistantes à la fois à la cécidomyie et à la rouille ont été proposées à l'inscription en 2004. Plusieurs génotypes prometteurs (résistance à la cécidomyie combinée à la productivité, qualité et résistance ou tolérance aux autres maladies) sont en cours d'essais.

Durant cette phase, les contacts avec les utilisateurs ont été institués et ont permis de mieux planifier les objectifs. Ainsi, la couleur extra jaune du blé dur a été identifiée comme objectif prioritaire et les ressources génétiques correspondantes ont été utilisées dans les croisements. La qualité technologique conforme aux standards des industriels modernes est maintenant proposée à une amélioration de premier plan.

## 4. Le programme actuel d'amélioration génétique du blé dur

Pour bien appréhender les orientations et les actions du programme d'amélioration génétique, il est nécessaire de définir certains concepts de base liés notamment aux contraintes adressées, à la stratégie et à la méthodologie de travail.

### 4-1 Contraintes de production relevant de l'amélioration génétique

L'analyse des contraintes à la production est une étape majeure dans la définition d'un programme d'amélioration génétique. Les contraintes à la production qui peuvent être surmontées par les techniques de l'amélioration génétique du blé dur peuvent être divisées en deux groupes: contraintes abiotiques et biotiques.

#### *a. Les contraintes abiotiques*

Les contraintes abiotiques sont dues à des facteurs physiques environnementaux, principalement le sol et le climat. Ainsi on distingue les stress hydrique, thermique et minéralogique.

**Le stress hydrique:** la culture du blé dur est sensible au stress hydrique à l'instar des autres céréales à petites graines. Dans la plupart des zones de production du Maroc, les précipitations sont rares et à distribution irrégulière. Dans les zones semi arides, où se trouvent la moitié des emblavures par le blé dur, la majorité des sols sont peu profonds, érodés et offrent une faible capacité de rétention d'eau. Le climat marocain présente une forte variabilité et une énorme imprédictibilité. La sécheresse peut se produire au début, au milieu ou à la fin de la saison. La sécheresse de fin de saison est plus commune et limite fréquemment la production. Les sécheresses de début et du milieu de cycle sont moins fréquentes mais peuvent causer plus facilement la perte totale de la récolte.

**Le stress thermique:** les blés sont semés en automne qui connaît des températures très variables. Des températures trop hautes, à l'occasion d'une sécheresse précoce, risquent d'endommager les plantules récemment levées. En hivers, des températures hautes accompagnant une sécheresse de mi cycle risquent d'affecter gravement, voire d'anéantir la culture. Les gelées tar-

dives peuvent se produire en début de printemps et causer des dégâts importants au niveau de la fertilité de l'épi et du rendement. La sécheresse de fin de cycle est généralement accompagnée par des températures extrêmement hautes. Les vents chauds et secs (Sirocco) sont fréquemment observés et causent un dessèchement intempestif des plantes alors que les grains sont encore immatures. Parmi les dégâts causés par les hautes températures de fin de cycle on peut citer l'échaudage du grain, leur cassure lors de la récolte et la baisse du pouvoir de germination des semences. La contrainte par les hautes températures a été partiellement levée grâce à l'avènement des variétés précoces. Mais la tolérance aux hautes températures reste encore à améliorer dans les futures variétés. L'interaction entre l'effet variétal et les contraintes abiotiques liées à la constitution minéralogique des sols est peu étudiée chez le blé dur. Cependant, les sols marocains ne présentent pas de toxicités ni de carences minéralogiques excessives qui nécessitent le développement des variétés particulières (Anonymes, 1996).

### **b. Les contraintes biotiques**

Les stresses biotiques sont ceux causés par des facteurs vivants tels les insectes ravageurs, les champignons, les bactéries et les virus. Les insectes les plus redoutables pour le blé dur sont la mouche de Hesse ou cécidomyie, le puceron russe, et la mouche grise. Le cèphe du blé est présent mais les dégâts ne sont pas importants. Sous certaines conditions particulières, des attaques de pucerons peuvent devenir très importants par la transmission de maladies virales (Anonymes, 1991, Boulmane et al., 1994, El Bouhssini et Nachit, 2000).

Les pourritures racinaires sont causées par des champignons pathogènes présents dans le sol. Les agents causaux appartiennent aux familles des *Fusarium sp.* et *Helminthosporium sp.*. Le blé dur est le plus sensible de toutes les céréales aux dégâts causés par les pourritures racinaires. Les attaques de ces agents pathogènes peuvent être importants dans les deux extrêmes: conditions sèches (pourritures sèches) et conditions humides (fonte de semis).

Les maladies des parties aériennes sont nombreuses et la plupart sont causées par des champignons. Les plus importantes sont les rouilles (la rouille brune est plus importante que les rouilles noire et jaune) la tache helminthosporienne ou tache bronzée, la tache septorienne, la tache fusarienne. Les symptômes de ces maladies sont différents et sont observés selon le cas, sur les feuilles, les tiges ou les épis (Ezzahiri, 1995, Mergoum et al., 1995, Mergoum et al., 1998). Ces maladies causent des pertes de rendement importantes et des détériorations de la qualité du grain (échaudage, mélanose, dégradation chimique ou physique).

La jaunisse nanisante est la plus importante maladie virale sur les céréales au Maroc. Les plantes atteintes sont sujettes à un jaunissement progressif suivi de la nécrose des tissus foliaires. Ces symptômes sont accompagnés par un rabougrissement de la plante. Les pertes sont variables selon les conditions.

### **c. La qualité du grain**

Lors de l'établissement des programmes d'amélioration après l'indépendance, le rendement grain était considéré comme largement prioritaire par rapport à la qualité technologique. De nos jours, force est de constater qu'avec l'ouverture progressive du marché national, la qualité est

devenue aussi importante que le rendement. Plusieurs problèmes dus aux insuffisances de la technicité de production (techniques de conduite culturale, variétés, stockage) peuvent endommager la qualité du produit. L'échaudage du grain est important sous des conditions de production stressées (maladies, sécheresse, températures extrêmes). Des conduites techniques inadéquates (fertilisation azotées et irrigation) peuvent causer un excès de mittadinage du grain et une baisse de la qualité technologique du grain. Dans ce sens, le blé dur est plus sensible (en terme de qualité du grain) que le blé tendre à la fertilisation azotée. Une fin de saison excessivement humide peut entraîner une élévation du taux d'attaque par les agents pathogènes et par la mélanose de l'endosperme ou le noircissement du germe (Anonymes, 1996).

Le grain du blé dur est très sensible aux conditions de récolte (température, hygrométrie, degré de maturité, réglage de la moissonneuse batteuse, stockage..). La cassure du grain, surtout des variétés à grain très dur et vitreux, peut provoquer une détérioration rapide et une baisse du pouvoir germinatif. Les caractéristiques technologiques et organoleptiques optimales recherchées varient avec les utilisations (pain ou pâtes/semoules), avec les préférences des utilisateurs des différentes régions. La vulgarisation et la commercialisation des semences des variétés ne tiennent pas compte de la caractérisation des variétés marocaines. Ceci risque de causer de mauvaises appréciations et diffusions des nouvelles variétés améliorées. Toutes ces contraintes peuvent être partiellement ou totalement éliminées par la sélection de variétés et de techniques de productions particulières.

## 4-2 Objectifs du programme d'amélioration génétique du blé dur

Le but final du programme est de développer de nouvelles variétés répondant aux besoins et aux nécessités du consommateur, du transformateur et de l'agriculteur et pouvant maximiser les bénéfices de leur activité sous les conditions marocaines. Les objectifs pratiques peuvent être divisés en plusieurs sous objectifs visant à pérenniser l'obtention du produit final. Les objectifs du programme national actuel de l'amélioration génétique du blé dur sont :

### *a. Développer des variétés adaptées aux différentes zones agroclimatiques du Maroc :*

- Du point de vue potentiel et stabilité de la productivité.
- du point de vue adaptation agronomique (Hauteur moyenne, précocité à la floraison et à la maturité, vigueur de départ, port et structure de la plante, rendement potentiel, stabilité inter-sites et inter-annuelle, résistance à la verse, etc.);
- du point de vue résistance et tolérance aux stress biotiques communs au Maroc: Cécidomyie, rouilles brunes, noires, pourritures racinaires, taches helminthosporiennes et septoriennes, virus de la jaunisse nanisante, fusariose de l'épi;
- du point de vue tolérance aux sécheresses et températures extrêmes fréquentes dans les différentes zones agroclimatiques.

*b. Améliorer la qualité technologique du grain (grosseur et remplissage du grain, poids à l'hectolitre, absence de mittadinage, vitrosité, et de mélanose, couleur de l'endosperme), le taux de protéines et la qualité des protéines.*

*c. Développer un germoplasme parental pour les opérations futures d'amélioration génétique, collections de blés durs anciens et étrangers, évaluation du germoplasme exotique, collection des sources de résistance.*

### 4-3 Procédure générale :

Les hybridations entre lignées ou variétés adaptées et lignées sources de caractères nouveaux sont effectuées chaque année. La progéniture ou matériel ségrégant sont cultivées d'abord sous serre (première génération) et puis dans les stations expérimentales. Les stations expérimentales sont choisies selon les objectifs de sélection (adaptation à une zone donnée ou résistance à un stress particulier). Les stations utilisées par l'INRA sont Sidi El Aidi, Jemaa Sahim, Marchouch, Sidi Allal Tazi, Douyet, Annoceur, Beni Mellal et Tassaout. Ces stations représentent les différents environnements cibles au Maroc. Après une étape de sélection qui dure 4 à 6 ans, on obtient du matériel avancé (non ségrégant et homogène). Ce matériel avancé et sélectionné est cultivé dans les mêmes sites en utilisant des parcelles plus grandes pour évaluer le potentiel de rendement (schéma 4). La sélection pour l'adaptation dans les champs est parfois couplée à la sélection sous serre pour la tolérance aux stress biotiques.

### Schéma du processus d'amélioration génétique du blé dur au Maroc (Institut National de la Recherche Agronomique)

Temps	Opérations	Taille
Travail précédent	Etude des contraintes et problématiques. Recherche et évaluation des ressources génétiques	Variable
1 <sup>ère</sup> saison	Hybridations suivant objectifs	100 - 200
2 <sup>ème</sup> saison	génération F1, évaluation, et rétro-croisement	100 - 200
3 <sup>e</sup> à la 8 <sup>ème</sup> saison	F2 à F7. Sélection 'généalogique' ou 'selected bulk'; rotation du matériel sur 3 à 4 stations expérimentales. Possibilité de rétro-croisement.	5000 - 10000
9 <sup>ème</sup> saison	lignées avancées dérivées par épi-ligne, et matériel international sur 6 stations expérimentales représentatives. Parcelles de 2 rangs 2,5 m, plus témoins.	600 - 1000
10 <sup>ème</sup> saison	Essais préliminaires de rendement et d'adaptation, 20 nouvelles lignées avancées et 4 témoins, 2 blocks, 4 sites . 9 m2 plots par essai.	100
11 <sup>ème</sup> et 12 <sup>ème</sup> saisons	Essais de rendements intermédiaires et avancés. 20 nouvelles lignées et 4 témoins, 4 blocks, 5 sites. 9 m2 multiplication par épis ligne.	40
13 <sup>ème</sup> à la 14 <sup>ème</sup> saison	Essai catalogue multi-site pendant 2ans. Test de l'homogénéité de stabilité. Inscription de la nouvelle variété	1-5
15 <sup>ème</sup> à la 18 <sup>ème</sup> saison	Multiplication, démonstration Vente de semences	1-3

#### 4-4 Utilisation des ressources génétiques

Lorsqu'une caractéristique génétique est requise pour contrôler une contrainte particulière, le sélectionneur devra identifier, puisant dans les collections de germplasm appropriées, les ressources génétiques renfermant les gènes qui confèrent à la plante cette caractéristique. Cette ressource est alors utilisée dans des croisements avec plusieurs variétés adaptées pour incorporer et récupérer, par sélection, de nouvelles variétés combinant toutes les caractéristiques requises. Le programme d'amélioration génétique est toujours à l'affût de nouveaux gènes qui peuvent être utiles. Au Maroc, grâce à la longue histoire du programme de sélection et surtout grâce aux liens et aux échanges avec les organismes étrangers (CIMMYT, ICARDA), les acquis en sources parentales possédant plusieurs des caractères requis sont importants.

Les ressources génétiques introduites par l'INRA à partir des institutions internationales ont apporté une bonne variabilité génétique pour la plupart des caractéristiques génétiques de la plante exigées pour la plupart des régions cibles. Cette variabilité génétique a été raffinée par hybridation et sélection. Cependant, la combinaison intégrée de ces caractéristiques reste l'une des grandes difficultés à surmonter.

#### 4-5 Les environnements cibles et les idiotypes correspondants

La gamme des variétés disponibles doit présenter une certaine variabilité génétique pour répondre aux besoins spécifiques de différentes régions du Maroc. Cette gamme de variabilité est constituée d'idiotypes optimaux pour les zones cibles. Les caractéristiques de ceux-ci peuvent être résumées en fonction des zones cibles:

- a. le nord ouest et l'irrigué nord:** matériel demi tardif à l'épiaison et à la maturité, résistance à la verse, faible hauteur, haut potentiel de rendement. Bonne qualité du grain, résistance aux rouilles, aux taches helminthosporiennes et septoriennes. Tolérance à la fusariose.
- b. les zones montagnes:** matériel demi tardif à l'épiaison et à la maturité. Hauteur moyenne, résistance à la verse. Bonne qualité du grain, résistance aux rouilles, aux taches helminthosporiennes et septoriennes. Tolérance à la fusariose. Tolérance aux hautes températures à la sécheresse et au gel.
- c. les zones bour favorable:** Bonne précocité à l'épiaison et à la maturité, hauteur moyenne, haut potentiel de rendement, bonne qualité du grain. Résistance aux rouilles, aux taches helminthosporiennes et septoriennes. Tolérance à la fusariose. Résistance à la cécidomyie. Tolérance aux hautes températures à la sécheresse et au gel.
- d. bour défavorable:** Bonne précocité à l'épiaison et à la maturité, hauteur moyenne, Bonne qualité du grain, résistance aux rouilles, aux taches helminthosporiennes et septoriennes. Tolérance à la fusariose. Résistance à la cécidomyie. Tolérance aux hautes températures à la sécheresse et au gel.



- e. **P'irrigué sud:** Précocité moyenne, paille courte, bonne qualité technologique du grain (Résistance au mittadinage). Résistance aux rouilles, et aux taches helminthosporiennes. Tolérance à la fusariose. Potentiel de rendement. Résistance à la cécidomyie. Tolérance aux hautes températures.

#### 4-6 Combinaison des caractéristiques génétiques

La stratégie de combinaison de caractères, appliquée au programme marocain est actuellement introgressive. En se basant sur les performances des variétés nouvelles et du matériel en amélioration et sur les objectifs du programme, les parents du bloc de croisement sont choisis pour pouvoir répondre aux problèmes les plus urgents en introduisant des caractéristiques recherchées dans du matériel déjà adapté, productif, stable et de bonne qualité. L'amélioration ou le maintien du potentiel de rendement et de l'adaptation est toujours souhaitable sachant que les meilleurs parents sont utilisés comme récipients.

Les principes suivants sont importants à prendre en considération :

- a. Le parent récipient devrait être choisi parmi les plus adaptés et posséder le plus de caractéristiques génétiques bénéfiques: haut potentiel de rendement, stabilité, qualité du grain (protéines, couleur) et résistance ou tolérance aux stresses biotiques et abiotiques prévalant.
- b. Les caractéristiques génétiques les plus urgentes à être incorporées ou combinées dans le matériel en amélioration sont la résistance à la mouche de Hesse, la résistance à la rouille brune, et la résistance ou la tolérance aux pourritures racinaires. La couleur jaune du grain est aussi une composante urgente à côté des autres critères de qualité du grain.
- c. La sélection de parents plus tolérants à la sécheresse et aux hautes températures se fait par sélection sous conditions réelles.
- d. La méthode de sélection peut varier avec l'objectif pour chaque matériel en sélection: Croisement en retour est appliqué en partie au cas résistance de la mouche de Hesse tandis que la sélection généalogique (plante ou épi seul) est utilisée pour les caractéristiques à faible héritabilité. La sélection en vrac (bulk selection) est appliquée dans les conditions où les autres types de sélection ne sont pas praticables.

#### 4-7 Techniques de sélection et d'évaluation

**Etapes précoces:** l'essai aux champs est la technique de la sélection ultime pour les caractéristiques de la plante qui sont affectées par les facteurs environnementaux. Des caractéristiques telles que la vigueur au début de cycle, la capacité au tallage, la hauteur de la plante, la structure de la plante, la précocité à l'épiaison et à la maturité varient avec chaque environnement. L'adaptation est fonction des sites de la sélection et la gamme de variation dans ces caractéristiques est assez grande pour permettre une sélection visuelle satisfaisante.

**Etape des tests de performance:** cette étape est surtout concernée par la sélection pour des caractéristiques génétiques qui ont un déterminisme génétique complexe mais qui possèdent un effet direct sur le rendement (le potentiel de rendement, la tolérance à la sécheresse et aux températures extrêmes). Cette étape de sélection est difficile dû à une hérédité polygénique et à l'importance des interactions entre le génotype et l'environnement. Le seul remède pratique pour ces caractéristiques est la multiplication des sites d'expérimentation et la pratique des répétitions. Les méthodes de sélection au laboratoire pour évaluer de grands nombres d'entrées pour la tolérance à la sécheresse et aux hautes températures ont été mises au point mais ne sont pas souvent appliquées. L'association entre le test de laboratoire et les essais aux champs, quand c'est possible, présente une meilleure alternative pour optimiser les résultats.

**Toutes étapes confondues:** Pour les caractéristiques à déterminisme génétique plus simple et qui affectent le rendement potentiel et sa stabilité, la sélection directe est très utilisée. En effet certaines stations expérimentales sont bien connues pour la prévalence des stress particuliers (rouille brune, cécidomyie, tache brune ...) alors que la pratique du semis tardif (ou précoce) peut augmenter le degré de prévalence des maladies. La sélection sous inoculation artificielle pour la résistance aux principales maladies (Rouille brune, tache bronzée, septoriose...) ou infestations contrôlées par les insectes (cécidomyie..) sont maintenant des pratiques bien développées et couramment utilisées.

## 5. Acquis en amélioration génétique du blé dur au Maroc.

La variété est le produit fini qui est mis à la disposition de l'agriculteur et qui est susceptible d'extérioriser les bénéfices du progrès génétique accompli. Une variété nouvelle enregistrée au catalogue national est une sélection qui a émergé parmi des milliers de produits intermédiaires qui sont les lignées fixes et les familles en ségrégation. Les acquis du programme d'amélioration génétique peuvent donc être présentés sous deux formes de produits: a) les variétés finies et b) le germoplasme constitué, qui est un produit intermédiaire et qui constitue une base pour le développement variétal futur.

### 5-1 Acquis en matière de variétés disponibles

Les variétés produites par l'INRA peuvent être caractérisées par la période pendant laquelle elles ont été produites et par leurs caractéristiques agro-morphologiques. Ainsi, parmi les variétés enregistrées par l'INRA on peut distinguer trois groupes:

- a. Le premier groupe est constitué de variétés produites entre 1949 et 1980. Parmi celles-ci, les variétés Zeramek, Oued Zenati, Selbera et Kyperounda sont des re-sélections faites à partir de populations locales marocaines, Elles sont toutes hautes, tardives sensibles à la verse et aux maladies. Cependant, elles ont une bonne qualité technologique selon les standards locaux marocains. Les variétés Haj Mouline, Cocorit et Jori ont été produites soit par hybridation locale ou par introduction du CIMMYT. Elles ont une paille et un cycle plus courts, un meilleur potentiel de rendement, une meilleure adaptation agronomique mais une faible qualité du grain (Tableau 5).

**Tableau 5 : Variétés anciennes de blé dur**

Variété	Ann Ins.	Res. Verse	Adaptation	Maladies		Qualité technologique				
				Rb	Tb S	TP%	Mitt	VB	VS	VP
<i>Zeramek</i>	1949	S	Nord montagne	S	S	13,5	MR	M	B	S
<i>O.Zenati</i>	1949	S	Nord montagne	S	S	14,7	MR	F	M	S
<i>Selbera</i>	1949	S	Nord montagne	S	S	15,7	S	M	B	S
<i>Kypernda</i>	1956	S	Nord montagne bour favorable	S	S	14,0	MR	B	B	S
<i>H Mouline</i>	1974	S	bour favorable.	S	S	12,0	S	M-B		
<i>Cocorit</i>	1975	MR	large.	MR	MR MS	11,7	S	B		
<i>Jori</i>	1976	MR	Nord, Large.	MR	S	13,3	S			

*S* : sensible ; *MRMS* : moyennement résistante ou moyennement sensible ; *AM* : Altitudes moyennes ; *B* : Bonne ; *F* : Faible ; *S* : Supérieure. *Rb* : Rouille brune ; *Tb* : Tache brune ; *TP* : Taux de protéines ; *Mitt* : Mittadinage ; *VB* : Valeur boulangère ; *VS* : Valeur semoulière ; *VP* : Valeur Pâtière.

- b. Le deuxième groupe de variétés est représenté par les variétés inscrites entre 1980 et 2000. Ces variétés sont toutes à cycle et à paille courts. Elles sont très productives et présentent une adaptation large qui convient aux différentes zones agro écologiques du Maroc. Elles présentent aussi des améliorations en termes de résistance aux maladies foliaires (Rouilles, taches helminthosporiennes et septoriennes.) et, en terme de qualité du grain. Ces variétés ont aussi une meilleure tolérance aux stress hydrique et thermique. Cependant, à l'exception de la variété Tomouh, elles ne sont pas encore adaptées aux zones de montagne (Tableau 6).

**Tableau 6 : Variétés récentes de blé dur**

Variété	Ann Ins.	Res. Verse	Adaptation	Maladies		Qualité technologique				
				Rb	Tb S	TP	Mitt	VB	VS	VP
<i>Marzak</i>	1984	S	Large,	MS	MR MR	13,2	MS	M	M	S
<i>Karim</i>	1985	MR	Large, irrigué	S	R MR	12,7	MR	B	M	F
<i>Acs.65</i>	1984	MS	SA,	S	MS S	12,7	S	M	B	S
<i>Belbachir</i>	1987	MS	Large, Irrigué	S	S	12,8	MR	M	M	S
<i>Sebou</i>	1987	MR	Large. SA.	S	Mr MR	13,3	MS	F	B	S
<i>O.Rabia</i>	1988	MR	Large. SA.	S	Mr mr	14,2	S-MS	B	B	S
<i>Sarif</i>	1988	R	Large.	R	R MR	12,7	S	B	M	F
<i>Tensift</i>	1988	R	Large.	R	S s	13,2	S	F	M	F
<i>Massa</i>	1988	R	Large, BF. AM	MR	MR S	13,7	MR	B	B	S
<i>Isly</i>	1988	R	Large.	R	MS R	14,7	MS	B	B	S
<i>Tassaout</i>	1988	R	Large. Bf	MS	S MR	12,7	MS	B	B	M
<i>Jawhar</i>	1993	R	Large, Irrigué	MR	MR	13,1	MR	B	B	B
<i>Anouar</i>	1993	R	Large	MR	MR	12,4	MR	B	B	S
<i>Yasmine</i>	1993	R	Large	MR	MS	13,2	MR	B	B	B
<i>Anjad</i>	1995	R	Large	MRMS	MS	13,0	MRMS	B	B	B
<i>Tarek</i>	1995	R	Large	MRMS	MS	13,1	MRMS	B	B	B
<i>Ouregh</i>	1995	R	Large	MRMS	MS	13,5	MR	B	B	B
<i>Marjana</i>	1996	R	Large	MRMS	MSS	13,0	MR	B	B	B
<i>Tomouh</i>	1997	MR	Large, Nd. AM	MR	MR S	13,4	MS	B	B	B

*S* : sensible ; *MRMS* : moyennement résistante ou moyennement sensible ; *AM* : Altitudes moyennes ; *B* : Bonne ; *F* : Faible ; *S* : Supérieure. *Rb* : Rouille brune ; *Tb* : Tache brune ; *TP* : Taux de protéines ; *Mitt* : Mittadinage ; *VB* : Valeur boulangère ; *VS* : Valeur semoulière ; *VP* : Valeur Pâtière.

- c. Le troisième groupe est constitué de variétés résistantes à la cécidomyie et par des variétés résistantes à la fois à la cécidomyie et à la rouille brune, les deux principaux fléaux du blé dur au Maroc. Ces variétés sont basées sur des croisements marocains incluant comme parents des variétés déjà adaptées au Maroc et des génotypes sauvages importées. La collaboration internationale a permis de disposer des ressources génétiques nécessaires à l'opération d'introgression de la résistance dans les nouveaux blés durs (Tableau 7).

**Tableau 7 : Variétés nouvellement inscrites (Résistantes à la cécidomyie)**

Variété	Ann Ins.	Res. Verse	Adaptation	Maladies		Qualité technologique				
				Rb	Tb / S	TP	Mitt	VB	VS	VP
<i>Irden</i>	2003	R	SA.	MS	MS / S	13,5	MR	B	B	B
<i>Nassira</i>	2003	MR	SA.	MS	MS / S	13,5	MR	B	B	B
<i>Chaoui</i>	2003	R	SA.	MS	MS / S	13,3	MR	B	B	B
<i>Amria</i>	2003	R	SA.	MRMS	MS / MS	13,3	MR	B	B	B
<i>Marouane</i>	2003	S	SA.	MS	MS / S	13,1	MR	B	B	B

*Ann.Ins* : Année d'inscription ; *Res.Verse* : Résistance à la verse ; *S.A.* : Semi aride ; *R* : Résistante ; *S* : sensible ; *MRMS* : moyennement résistante ou moyennement sensible ; *AM* : Altitudes moyennes ; *B* : Bonne ; *F* : Faible ; *S* : Supérieure. *Rb* : Rouille brune ; *Tb* : Tache brune ; *TP* : Taux de protéines ; *Mitt* : Mittadinage ; *VB* : Valeur boulangère ; *VS* : Valeur semoulière ; *VP* : Valeur Pastière.

Les dernières variétés et lignées avancées (élites) ont aussi une bien meilleure qualité technologique (en termes de protéines, couleur et utilisation finale). Comme l'amélioration génétique est un processus cumulatif, le matériel végétal récemment produit sera la base d'un nouveau matériel qui aura de plus en plus de qualités recherchées. Aussi, l'adaptation aux zones montagneuses est contemplée dans les nouvelles gammes de variétés.

## 5-2 Progrès en matière de développement de germoplasme

### a. Incorporation de la résistance génétique à la Cécidomyie

La Cécidomyie ou la mouche de Hesse (*Mayetiola destructor* Say.), est le ravageur le plus dévastateur des blés. Elle cause 35% de perte de rendements en moyenne mais peut souvent causer une perte totale de rendement pendant les années favorables aux fortes attaques (Pluviométrie qui retarde le semis, hivers chauds et sécheresse de mi-cycle). Pour le blé dur aucune résistance n'a été trouvée et les pertes ont continué à être importantes durant le vingtième siècle. Une accession de la collection mondiale du blé dur a été trouvée résistante mais elle avait des caractéristiques agronomiques très défavorables à la productivité, en plus de l'efficacité moyenne de sa résistance. L'introgression de la résistance à partir du blé tendre ou d'autres espèces était nécessaire. Ainsi, depuis les années 1980s, les objectifs du programme étaient :

- La recherche de sources de résistance dans les blés (tendres et durs) qui peuvent être utilisées dans les génotypes adaptés de blé dur et la recherche de gènes inconnus dans les espèces apparentées au blé dur (cas du *Triticum araraticum*).
- L'introgression de gènes de résistance disponibles sur les génomes A et B des blés tendres résistants et des gènes de résistance trouvés dans les accessions de *T. araraticum* dans les blés durs Marocains.

Des collections de blé dur et tendre ont été testées dans les champs des stations expérimentales à forte infestation en appliquant la pratique du semis tardif. Les sélections ont été réévaluées sous infestation artificielle dans les serres. Dans le programme des parents sauvages, six génotypes de *T. araraticum* ont été trouvés résistants et on été croisés pour donner des blés durs résistants. Ces hybrides contiennent des gènes inconnus et donnent des blés durs à faible productivité.

Un programme de rétro-croisement interspécifique a été entamé. Les blés tendres portant la résistance ont aussi été croisés avec les blés dur marocains. La génération F2 est alors soumise à l'infestation artificielle sous serre et les plantes résistantes sont recroisées aux blés durs. Ce cycle a été répété quatre fois pour obtenir des blés résistants ayant récupéré le plus de gènes de blé dur. Ce programme a duré plus de 10 ans et a produit plus de 3000 familles résistantes portant une résistance confirmée sous serre. Des essais ont eu lieu dans les domaines expérimentaux et dans les champs d'agriculteurs et ont donné des rendements doubles sous conditions d'infestations moyennes. La résistance ainsi développée a été combinée avec la résistance à la rouille et avec la tolérance aux pourritures racinaires. Ce germoplasme est le premier au monde à porter une résistance à la mouche méditerranéenne et à fournir des lignées aptes à être inscrites comme variétés (El Bouhssini et al., 1996, El Bouhssini et al., 1999, El Bouhssini et Nachit, 2000, Lhaloui et al., 1998, Nsarellah et al., 2003).

#### **b. La résistance à la rouille brune chez le blé dur**

La rouille brune est la maladie foliaire la plus répandue sur le blé dur au même titre que la tache helminthosporienne. Il n'y a pas de données sur les pertes occasionnées au Maroc. Cependant, au niveau international des pertes supérieures à 12% (pouvant atteindre les 100%) sont rapportées pour des conditions similaires à celles du Maroc. A partir de 1980s, plusieurs centaines de ressources génétiques de blé dur ont été évaluées en serre et sous inoculation par les pathotypes les plus virulents et les plus présents en Afrique du Nord. Parallèlement, tout le matériel génétique du programme national d'amélioration génétique du blé dur est évalué dans des stations expérimentales à haute persévérance de la rouille brune. Une vingtaine de lignées introduites du programme de l'ICARDA se sont révélées hautement résistantes. Leur résistance a été confirmée pour plusieurs années successives. Les sources de résistance à la rouille ont été massivement croisées avec le matériel résistant à la cécidomyie et en conséquence, plusieurs lignées résistantes aux deux fléaux sont actuellement disponibles (Ezzahiri, 1995, Ezzahiri et al., 1998).

### **c. La tolérance aux pourritures racinaires**

Les pourritures racinaires des blés sont causées par un complexe d'agents pathogènes. L'objectif à long terme du programme est de sélectionner des génotypes de blé dur plus tolérants aux pourritures racinaires. Une partie de la collection mondiale du blé dur a été testée en parcelles inoculées artificiellement en présence de témoins non inoculés. Les accessions tolérantes sont très tardives et ont une paille très haute ce qui les rend sensibles à la verse. Depuis 1990, un criblage systématique est conduit sur les lignées avancées du programme d'amélioration génétique du blé dur. Les génotypes prometteurs sont identifiés: 32 lignées avancées moyennement tolérantes (Mergoum et al., 1995, Mergoum et al 1997, Mergoum et al.,1998).

### **d. La résistance à l'helminthosporiose des blés**

L'helminthosporiose des blés causée par *Pyrenophora tritici-repentis* est une maladie importante au Maroc. L'évaluation des pertes occasionnées par cette maladie a montré que les pertes moyennes de rendement sont de l'ordre de 18%. Les pertes en terme de qualité de grain peuvent être aussi importantes puisque cette maladie contribue au problème de la mélanose du grain qui déprécie la valeur marchande du blé dur. Les études sur la génétique du pathogène ont montré que la spécialisation physiologique est faible et les études sur la résistance du blé dur est associée au cycle long et à la hauteur excessive de la paille, deux caractéristiques néfastes pour l'adaptabilité et la productivité du blé dur. Durant les saisons 1990s, les pépinières de blé dur marocaines et internationales (CIMMYT/ICARDA) et une partie de la collection mondiale ont été évaluées pour la résistance à la tache bronzée et pour les critères agronomiques. Le matériel résistant était tardif et avait une paille longue. La variété « Tomouh » récemment inscrite est prometteuse: elle a une meilleure résistance que les autres tout en gardant un potentiel de production élevé.

### **e. La tolérance à la sécheresse et aux hautes températures**

La sécheresse de milieu et de fin cycle et les hautes températures de fin de cycle constituent des facteurs importants réduisant les rendements des blés. Comme le programme marocain faisait appel essentiellement à la sélection aux champs pour identifier les génotypes tolérants à la sécheresse, il a été décidé depuis 1996, de faire subir aux 20 lignées les plus avancées des tests de champs et de laboratoire pour déterminer leur capacité à tolérer les sécheresses et les hautes températures. Pour la tolérance à la sécheresse, la méthode 'line source' qui permet de simuler les conditions des sécheresses en milieu réel et de mesurer les relations hydriques au sein de la plante sous les différents régimes a été adoptée. Pour la tolérance aux hautes températures, la méthode de semis différés et l'évaluation du rendement grain et paille (et de l'indice de récolte) en plus d'autres caractéristiques morphologiques et physiologiques sont comparées entre les deux régimes de semis. Les lignées étudiées sont aussi installées en essais de rendement de quatre blocs dans cinq stations expérimentales de l'INRA en vue d'évaluer leur potentiel de rendement et leur stabilité. Ce programme de recherche est toujours conduit en vue d'améliorer la tolérance aux stress abiotiques (El Hafid et al.,1998, Ouabbou et. Nsarellah., 1998).

### f. La qualité du grain

Avant les années 1990s, la qualité du grain était moins prioritaire que les contraintes d'adaptation, de productivité et de résistance aux maladies et aux insectes tant ces derniers étaient prohibitifs de toute vision claire. Cependant, des progrès significatifs dans le domaine de la qualité du grain ont été faits durant les années de sélection et d'hybridation. Le problème de l'amélioration de la qualité est complexe. D'une part, l'apport de germoplasme semi nain a toujours apporté avec lui une mauvaise qualité et d'autre part, l'objectif de la qualité pour l'utilisation finale doit être clarifié (qualité pour la panification ou pour les semoules). Selon l'ancienne législation en vigueur, une variété ne pouvait être inscrite au catalogue que si elle apportait un gain dans les deux aspects, ce qui est biologiquement impossible. Ceci a beaucoup freiné l'amélioration de la qualité: une variété doit être destinée à la panification ou aux semoules et les pâtes alimentaires. Les toutes dernières lignées élites rassemblant la résistance à la cécidomyie et à la rouille ont une très bonne qualité du grain pour les semoules. Aussi, des géniteurs ayant une bonne couleur et une bonne composition protéique pour les semouleries ont été identifiés pour les hybridations futures.

## 6. Collaboration nationale et internationale

La collaboration nationale et internationale a toujours été importante dans les programmes d'amélioration génétique. Le processus d'amélioration génétique est un processus multidisciplinaire et doit faire appel à plusieurs laboratoires et plusieurs expertises.

### 6-1 La collaboration nationale

Le laboratoire d'entomologie du CRRA de Settat est responsable de l'identification des parents résistants à la cécidomyie et l'évaluation finale des lignées avancées produites par hybridation. Les informations de ce laboratoire sur l'évolution des virulences et des gènes de résistance sont des atouts pour l'améliorateur. Plusieurs laboratoires de phytopathologie ont été responsables de l'étude des maladies et de l'évaluation de géniteurs ou d'hybrides. Le laboratoire de technologie alimentaire du CRRA de Rabat est responsable de l'évaluation finale des lignées avancées en terme de qualité technologique. Le laboratoire de développement de germoplasme a effectué plusieurs croisements interspécifiques pour élargir la base génétique du programme d'amélioration et a exploré les nouvelles méthodologies d'avancement du germoplasme en amélioration. Les méthodes des haploïdes doublés et de la sélection assistée par les marqueurs moléculaires ont été envisagées et plusieurs résultats sont disponibles.

### 6-2 La collaboration internationale

La collaboration internationale a eu un impact majeur sur le développement variétal au Maroc. En fait Il n'y aurait pas eu de variétés meilleures que les premières populations locales si le matériel étranger n'était pas introduit, évalué et utilisé dans des hybridations au Maroc. Les centres internationaux, l'ICARDA et le CIMMYT ont pour tâche de rassembler des ressources génétiques de toutes les régions du monde et de développer des populations par croisement, et

de les envoyer aux pays en développement pour utilisation en sélection. Ce matériel comprend des ressources génétiques qui serviront aux hybridations locales et des lignées avancées directement utilisables dans les stades avancés du processus d'amélioration. Plusieurs variétés marocaines ont été directement sélectionnées sur ce matériel avancé. Les centres internationaux ont aussi fourni la formation technique et la conduite de projets de recherche conjoints avec les programmes nationaux pour les objectifs communs. La collaboration avec d'autres universités ou instituts de recherche étrangers a été d'un grand secours dans le développement de nouvelles expertises ou l'identification de matériel végétal de valeur. Le programme marocain a envoyé plusieurs ressources génétiques importantes aux centres internationaux et à des pays aussi variés que les USA, le Canada l'Italie, la France, l'Espagne, l'Australie et le Mexique.

## 7. Perspectives pour l'avenir

Le programme d'amélioration génétique du blé dur a été conduit durant des décades par plusieurs chercheurs et techniciens pour délivrer un groupe de variétés qui ont accompagné le développement de cette culture au Maroc. Les progrès d'un programme d'amélioration génétique sont cumulatifs. Afin de tirer profit des acquis disponibles, certaines stratégies s'imposent:

- a. Continuer le programme de sélection hybridation classique et améliorer la gamme des objectifs à atteindre. La qualité technologique pour les semouleries doit primer en mettant l'accent sur la couleur, le taux de cendre et sur la qualité de la cuisson.
- b. Développer des réseaux multidisciplinaires en mettant l'accent sur les nouvelles disciplines de laboratoire tels que le marquage moléculaire les techniques de physiologie analytique et le développement des ressources génétiques.
- c. Renforcer les liens avec l'agriculteur et l'utilisateur final et intermédiaire. Le blé dur qui était un produit pour les ménages traditionnels est en train de devenir une culture pour l'industrie dont la plus value est susceptible d'être importante. L'exportation de blé dur biologique est facilement envisageable pour le Maroc. Aussi, la préparation de pain à partir du blé dur, une alternative ignorée partout dans le monde peut avoir un succès si elle est promue.

## Références

- Anonymes, 1991 – 1998. *Surveillance des maladies et développement de germoplasme résistant aux maladies des céréales et des légumineuses alimentaires. Projet Maghrébin: Rabat 1991 – 1998.*
- Anonymes, 1996. *Programme céréales, programmation par objectifs. Institut National de la Recherche Agronomique. Rabat.*
- Belaid, A. 2000. *Durum wheat in WANA: Production, trade, and gains from technological exchange. In: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges, ed. Royo, C., Nachit, M.M., Di Fonzo and Araus, J.L. INO Reproducciones, S.A., Zaragoza, Spain. Pp 35-49.*
- Belaid A., N. Nsarellah, A. Laamari, M. Nachit and A. Amri. 2003. *Assessing the economic impact of durum wheat research in Morocco. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. PP. 51.*
- Boulmane H., M. El Bouhssini, S. Lhaloui, A. Sekkat, M. El Yamani, B. Bencharki, M. Mergoum, A. Amri and N. Nsarellah. 1994. *Evaluation of Cereal Germplasm for Resistance to Russian wheat Aphid. p: 123. In Résumés-Abstracts, Conférence sur le thème "acquis et perspectives de la recherche agronomique dans les zones arides et semi-arides", Rabat, 24-27, Mai 1994, Maroc.*
- El Bouhssini M., Lhaloui S., Amri A., Jlibene M., Hatchett J. H., Nsarellah N. and M. Nachit. 1996. *Wheat genetic control of Hessian fly (Diptera : Cecidomyiidae) in Morocco. Field crops research 45 , 111-114.*
- 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.*
- El Bouhssini M. and M. M. Nachit. 2000. *New sources of resistance in durum wheat and wild relatives to Russian wheat aphid (Homoptera : aphididae). In: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges, ed. Royo, C., Nachit, M.M., Di Fonzo and Araus, J.L. INO Reproducciones, S.A., Zaragoza, Spain. Pp 393-395.*
- El Hafid R., M. Karrou and N. Nsarellah. 1998. *Use of morphological and physiological traits in screening of drought resistant varieties of durum wheat. West Asia and North Africa Durum dry-land improvement project, 1996-1998 annual reports. CIMMYT/ICARDA, Aleppo, Syria.*
- Ezzahiri B. 1995. *Situation of durum diseases in the Maghreb. In Nachit, M. M., M. Baum, E. Porceddu, P., Monneveux and E. Piccard (ed.) 1998. Proceeding of the SEWANA (South Europe, West Asia and North Africa) Durum research workshop, 20-23 March 1995, ICARDA Aleppo, Syria. International Center for Agricultural Research in the dry areas. (ICARDA), Aleppo, Syria. VII + 354 pp.*
- Ezzahiri B., Mzada L. and N. Nsarellah. 1998. *Inheritance of leaf rust resistance in three durum cultivars from Morocco. In the 9th International Wheat Genetics Symposium. August 2 - 7th 1998, Univ. of Sask. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.*

Lhaloui S., El Bouhssini, M., Nachit M. M., Nsarellah N. and A. Amri. 1998. New sources of resistance to Hessian fly in wheat in Morocco. In the 9th International Wheat Genetics Symposium. August 2 - 7th 1998, Univ. of Sask. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.

Mergoum M., A. Lyamani and N. Nsarellah. 1995. Root Rot of Wheat. *Al Awamia* 98: 1-25.

Mergoum, M., N. Nsarellah and M. Nachit (1997). Evaluation of durum wheat germplasm resistance to root and foot rot disease complex (*Fusarium culmorum* and *Cochliobolus sativus*) in Morocco. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 109: 11-14.

Mergoum M., J. S. Quick, J. Hill, N. Nsarellah M. Nachit and W. H. Pfeifer. 1998. Root Rot of Wheat : Inoculation and Screening Techniques, Yield Loss Assessment and Germplasm Evaluation. In Duveiller, E. , H. J. Dubin, J. Reeves, and A. McNab (eds). *Helminthosporium Blights of Wheat : Spot Blotch and Tan spot*. Mexico, D.F. : CIMMYT.

Nsarellah N. and M. Boulif. 1997. Evaluation of tan spot research in Morocco. In *International Workshop on Helminthosporium Blights of Wheat (Spot Blotch and Tan Spot)* Feb. 9-14, 1997, El Batan, Mexico.

Nsarellah N., A. Amri, M. M. Nachit, M. El Bouhssini, and S. Lhaloui. 2003. New durum wheat with Hessian fly resistance from *triticum araraticum* and *t. Carthlicum* in morocco, *Plant Breeding*. 122. 435-437.

Nsarellah N., A. Amri, M. M. Nachit, M. El Bouhssini, et S. Lhaloui. 2003. Transfert de la résistance à la cécidomyie des sources De blé tendre H5, H11 et Pi321644 au blé dur. *Al awamia*. *Al-Awamia* 103.

Ouabbou H. and N. Nsarellah. 1998. Physiological evaluation of selection criteria for performance of wheat cultivars during high temperature stress in the field. *West Asia and North Africa Durum dryland improvement project, 1996-1998 annual reports*. CIMMYT/ICARDA, Aleppo, Syria.

## Blé dur Zeramek

Date d'inscription : **1949**

Origine :

**Sélection dans une ancienne population locale marocaine**

Caractéristiques principales :

**Rustique, peu productive, haute, Tardive.**

Zones de culture préconisées :

**Zone nord et montagneuse**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Sensible**

**Rouille brune : Sensible**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Sensible**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Haut**

**Poids hectolitrique : Haut**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,5%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Oued Zenati

Date d'inscription : **1949**

Origine :

**Sélection dans une ancienne population locale marocaine**

Caractéristiques principales :

**Rustique, peu productive, haute, Tardive.**

Zones de culture préconisées :

**Zone nord et montagneuse.**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Sensible**

**Rouille brune Sensible**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Sensible**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : élevé**

**Poids hectolitrique : élevé**

**Taux de protéines : élevé (14,7%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Faible**

**Valeur semoulière : Moyenne.**



## Blé dur Selbera

Date d'inscription : **1949**

Origine :  
**Sélection dans une ancienne population locale marocaine**

Caractéristiques principales :  
**Peu productive, haute, Tardive.**

Zones de culture préconisées :  
**Zone nord et montagneuse.**

Comportement vis à vis des stressés :  
**Verse : Sensible**  
**Rouille brune Sensible**  
**Tache bronzée : Moyennement sensible**  
**Septoriose : Sensible**  
**Cécidomyie : Sensible**  
**Sécheresse : Sensible**



Qualité technologique :  
**Poids de mille grain : élevé**  
**Poids hectolitrique : élevé**  
**Taux de protéines : élevé (15,7%)**  
**Mittadinage : Sensible**  
**Valeur boulangère : Moyenne**  
**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Kyperounda

Date d'inscription : **1956**

Origine :

**Sélection dans une ancienne population locale marocaine**

Caractéristiques principales :

**Peu productive, haute, Tardive.**

Zones de culture préconisées :

**Bour favorable, Zone nord et montagneuse.**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Sensible**

**Rouille brune Sensible**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Sensible**

Recommandations particulières :

**Variété encore très appréciée pour la préparation de pain traditionnel de qualité.**



Qualité technologique :

**Poids de mille grain : élevé**

**Poids hectolitrique : élevé**

**Taux de protéines : 14,8**

**Mittadinage : Moyennement résistant**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Marzak

Date d'inscription : **1984.**

Origine :

**Croisement marocain avec matériel CIM-MYT.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, Hauteur moyenne, précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation sauf en haute altitude.**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,2%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Moyenne à bonne**

**Valeur semoulière : Moyenne**

**Valeur pastière : Moyenne**



## Blé dur Karim

Date d'inscription : **1985**

Origine :

**Sélection parmi des lignées du CIMMYT  
(lignées sœurs de Yavaros, Vitron..).**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne,  
Précocité moyenne port érigé.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation, adaptée à l'irrigué**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible.**

**Tache bronzée : Résistante**

**Septoriose : Moyennement résistante**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Moyen à élevé**

**Poids hectolitrique : Moyen à élevé**

**Taux de protéines : Moyen à élevé (12,7%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Moyenne à bonne**

**Valeur semoulière : Bonne.**



## Blé dur Sebou

Date d'inscription : **1987**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne  
Précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation. Semi aride**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : M. résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible**

**Tache bronzée : Moyennement Résistante.**

**Septoriose : Moyennement résistante.**

**Cécidomyie : Sensible.**

**Sécheresse : Moyennement résistante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Moyen**

**Poids hectolitrique : Moyen**

**Taux de protéines : Moyen à élevé (13.3%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Moyenne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Oum Rabia

Date d'inscription : **1988**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne  
précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Bour favorable semi aride**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Moyennement résistante  
Rouille brune: Moyennement sensible  
Tache bronzée : Moyennement résistante  
Septoriose : Moyennement résistante.  
Cécidomyie : Sensible  
Sécheresse : Moyennement tolérante.**

Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Moyen  
Poids hectolitrique : Moyen  
Taux de protéines : Moyen à élevé (14.2%)  
Mittadinage : Moyennement sensible  
Valeur boulangère : Bonne  
Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Sarif

date d'inscription : **1988**

Origine :

**Sélection marocaine sur matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne, précocité moyenne, résistante à la rouille brune.**

Zones de culture préconisées :

**large adaptation,**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Résistante**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : Moyennement résistante**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement résistante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Moyen**

**Poids hectolitrique : Moyen**

**Taux de protéines : Moyen (12,7%)**

**Mittadinage : Sensible.**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Moyenne**



## Blé dur Massa

Date d'inscription : **1988**

Origine :

**Sélection marocaine dans un matériel introduit du CIMMYT.**

Caractéristiques principales :

**Hautelement productive ; Hauteur moyenne  
précocité moyenne**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation.**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante.**

**Rouille brune : Moyennement résistante.**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : sensible**

**Cécidomyie : sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : Moyen à élevé (13,7%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Isly



## Blé dur Jawhar

Date d'inscription : **1993**

Origine :

**Sélection dans hybridation avec matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne  
précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation, Irrigué.**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante.**

**Rouille brune : Moyennement résistante.**

**Tache bronzée : Moyennement résistante.**

**Septoriose : Moyennement sensible.**

**Cécidomyie : Sensible.**

**Sécheresse : Moyennement tolérante.**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,1%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Anouar

Date d'inscription : **1993**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne, précocité moyenne**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement résistante**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : Haut**

**Poids hectolitrique : Haut**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,5%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : Bonne**

**Valeur semoulière : Bonne**



## Blé dur Yasmine

Date d'inscription : **1993**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne, précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement résistante**

**Tache bronzée : Sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement résistante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : 13,2**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Amjad

Date d'inscription : **1995**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne  
précocité moyenne**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Tarek

Date d'inscription : **1995**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne  
précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement résistante**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement résistante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,1%).**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Ourgh

Date d'inscription : **1995**

Origine :

**Croisement et sélection marocains sur matériel introduit**

Caractéristiques principales :

**:Hautement productive hauteur moyenne précocité moyenne**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement résistante**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,5%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Marjana

Date d'inscription : **1996**

Origine :

**Sélection dans population hybride entre matériel marocains et matériel introduit.**

Caractéristiques principales :

**Hautelement productive hauteur moyenne précocité moyenne**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : résistante**

**Rouille brune : Moyennement résistante**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Sensible**

**Sécheresse : Moyennement tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13.2%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Tomouh

Date d'inscription : **1997**

Origine :

**Sélection marocaine sur matériel introduit (Oum Rabia 6 de l'ICARDA)**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne à supérieure (100 à 115cm), précocité moyenne.**

Zones de culture préconisées :

**Large adaptation (zones arides et plateaux).**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Moyennement résistante**  
**Rouille brune : Moyennement résistante**  
**Tache bronzée : Moyennement résistante**  
**Septoriose : Moyennement sensible**  
**Cécidomyie : Sensible**  
**Sécheresse : Tolérante**

Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**  
**Poids hectolitrique : moyen**  
**Taux de protéines : Moyen à élevé (13,4%)**  
**Mittadinage : Moyennement résistante**  
**Valeur boulangère : bonne**  
**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Irden

Date d'inscription : **2003**

Origine :

**Croisement et sélection marocaine**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive, hauteur moyenne, précoce. Parmi les premières variétés marocaines résistantes à la cécidomyie.**

Zones de culture préconisées :

**Zones semi arides avec infestation par la cécidomyie.**

**Exclusivement pour les zones semi arides.**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible**

**Tache bronzée : Moyennement sensible**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Résistante**

**Sécheresse : Tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : Moyen à élevé (13,5)**

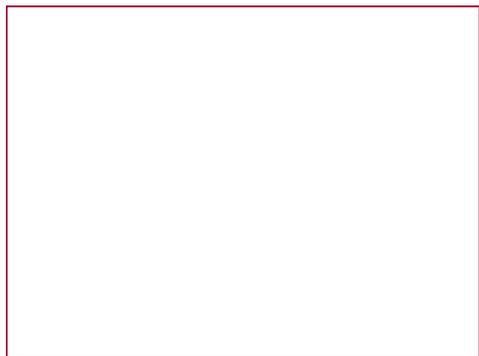
**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Nassira



## Blé dur Chaoui 1807

Date d'inscription : **2003**

Origine :

**Croisement et sélection marocains**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive hauteur moyenne  
précocité moyenne Parmi les premières  
variétés marocaines résistantes à la céci-  
domyie.**

Zones de culture préconisées :

**Zones semi arides avec infestation par  
la cécidomyie.**

**Exclusivement pour les zones semi arides.**

Comportement vis à vis des stressés :

**Verse : Résistante**

**Rouille brune : Moyennement sensible**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Résistante**

**Sécheresse : Tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,5%)**

**Mittadinage : Moyennement résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Amria

Date d'inscription : **2003**

Origine :

**Croisement et sélection marocains**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive hauteur moyenne  
précocité moyenne Parmi les premières  
variétés marocaines résistantes à la  
cécidomye.**

Zones de culture préconisées :

**Zones semi arides avec infestation par  
la cécidomye.  
Exclusivement pour les zones semi arides.**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Résistante  
Rouille brune : Moyennement sensible  
Tache bronzée : Moyennement sensible  
Septoriose : Moyennement sensible  
Cécidomye : Résistante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen  
Poids hectolitrique : moyen  
Taux de protéines : Moyen à élevé (13,4%)  
Mittadinage : Moyennement résistant  
Valeur boulangère : bonne  
Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur Marouane

Date d'inscription : **2003**

Origine :

**Croisement et sélection marocains**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive hauteur moyenne  
précocité moyenne Parmi les premières  
variétés marocaines résistantes à la  
cécidomyie.**

Zones de culture préconisées :

**Zones semi arides avec infestation par  
la cécidomyie.  
Exclusivement pour les zones semi arides.**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Moyennement résistant  
Rouille brune : Moyennement sensible  
Tache bronzée : Moyennement sensible  
Septoriose : Moyennement sensible  
Cécidomyie : Résistante  
Sécheresse : Tolérante**

Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen  
Poids hectolitrique : moyen  
Taux de protéines : moyen à élevé (13,1%)  
Mittadinage : résistante  
Valeur boulangère : bonne  
Valeur semoulière : bonne**



## Blé dur ICAMOR

Date d'inscription : **2006 (prévue)**

Origine :

**Croisement de parents Maroc - ICARDA et sélection Maroc ICARDA**

Caractéristiques principales :

**Hautement productive hauteur moyenne précocité moyenne Parmi les premières variétés marocaines résistantes à la fois à la rouille et à la cécidomyie.**

**Tolérante au froid.**

Zones de culture préconisées :

**Zones semi arides avec infestation par la cécidomyie.**

Comportement vis à vis des stresses :

**Verse : Moyennement résistant**

**Rouille brune : Résistante**

**Tache bronzée : Moyennement résistante**

**Septoriose : Moyennement sensible**

**Cécidomyie : Résistante**

**Sécheresse : Tolérante**



Appréciations sur la qualité technologique :

**Poids de mille grain : moyen**

**Poids hectolitrique : moyen à élevé**

**Taux de protéines : moyen à élevé (13,1%)**

**Mittadinage : résistante**

**Valeur boulangère : bonne**

**Valeur semoulière : bonne**







## CHAPITRE II



## AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ TENDRE



# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU BLÉ TENDRE

Jlibene Mohammed

*Institut National de la Recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique,  
B.P. 578, Meknès*

## 1. Bref historique

### 1-1 Période 1921-1949

Le blé tendre est une culture ancienne au Maroc, traditionnelle des oasis (Deghaïss, 1996). C'est un blé à épi compact et velu, qui ne réussit pas à l'intérieur du pays, à cause de sa vulnérabilité aux maladies foliaires. Ces dernières sont absentes dans les oasis en raison des hautes températures. Il a fait l'objet d'une collecte par Meunier au début des années 80, mais dont on n'a plus de trace actuellement. A l'intérieur du pays, dans les grandes plaines, le blé tendre se trouvait en mélange avec le blé dur, sous forme d'impureté. Les cultures céréalières étaient dominées par l'orge (*Horeum vulgare*) et le blé dur (*Triticum durum Desf.*), bien que d'autres formes étaient cultivées au Nord comme le seigle (*Secale cereale*), *Triticum monococcum*, *T. dicoccum*, ou *T. polonicum L.*, souvent en mélange avec le blé dur (Grillot, 1948). *T. dicoccum* a aussi été signalé au Maroc en 1924 (Miège, 1924).

L'utilisation du blé tendre en grande culture n'a réellement commencé qu'au début du vingtième siècle, avec l'installation des premiers colons vers 1912 (Grillot, 1948). Il s'est développé en conjonction avec les périodes de guerre qui ont ravagé l'Europe. Durant les années de guerre et les années d'après, il n'y avait aucune restriction sur le blé marocain à pénétrer le marché Français, durant les années de paix, seuls les blés de force étaient autorisés. Il s'agit d'un blé dont le travail (W) exercé par une force de pression sur la pâte dépasse 150 W exprime la faculté de la pâte à s'étendre (élasticité) et à résister à la rupture (ténacité). A cause de la première guerre mondiale (1914-1918), la superficie en blé tendre a progressé, pour atteindre 252 594 ha en 1929, dont 82 294 ha en cultures européennes (Grillot, 1948). Vers la fin des années 40, la superficie se situait entre 300 000 et 400 000 ha, contre 1 000 000 ha de blé dur. Les superficies vont se stabiliser autour de 500 000 ha pour les quatre décades qui suivent.

Un programme de sélection a été mis en place en 1921 pour accompagner le développement de cette espèce. Les premiers travaux de sélection ont concerné l'exploitation de la variabilité existante.

tante au sein des champs et des variétés importées de la région méditerranéenne (Tunisie, Algérie) et d'autres régions du Monde (Inde, Australie, Etats Unis, France, Italie). Cette stratégie a permis des gains constants de rendement d'environ un quintal par an. La stratégie suivante consistait à exploiter la variabilité créée par hybridation entre les variétés testées et identifiées comme performantes.

Ce fut tout d'abord les blés barbus importés d'Algérie ou indirectement d'Espagne: Tuzelle barbue d'Oranie, blé barbu d'Oran, blé de Bel Abbès, blé de Mahon, tous des blés assez tardifs, mais relativement rustiques, avec des rendements moyens de 8 à 12 q/ha (Grillot, 1948).

Entre 1924 et 1930, trois variétés Indiennes (Pusa 4 (284), Pusa 62 (422), Pusa 66 (426)), deux Australiennes (Cadet 335, Florence 386) et trois Méditerranéennes (Mahon 382, Grinia de Missoloughi 353, Bel Abbès 397) ont été mises à la disposition des agriculteurs. La lignée n°386, connue des agriculteurs du Maroc est une sélection de Florence, un croisement effectué par Farrer en Australie (Caillot, 1937).

En 1930, seuls les blés de force ( $W > 150$ ), sont autorisés à franchir la douane française, entraînant une disparition chez les colons des variétés Méditerranéennes de qualité non conforme à la norme requise comme Mahon 382, Grinia de Missoloughi 353 et Bel Abbès 397. Pusa-4 (284), Pusa-62 (422) et Florence-386 ont conservé leur place parmi les variétés cultivées (Grillot, 1948). De la descendance Nord africaine d'un croisement réalisé par Schribaux en France entre les variétés australiennes Florence et Aurore est née la lignée 588, un croisement qui était d'abord apprécié en Tunisie. En 1939, les colons ne cultivaient plus que des variétés sélectionnées, notamment de force Florence x Aurore 588, et Pusa-62 (422). Cette dernière, bien que d'excellente qualité fut abandonnée pendant la guerre à cause de sa disposition à l'égrenage. Juste avant la deuxième guerre, la variété Baroota Wonder (982 ou 52), un blé australien commence à se répandre au Nord du Maroc où les blés de force ont donné quelques déceptions (Grillot, 1948), à côté de deux hybrides créés à Rabat le 1611 (Gharflor = Rharb x Florence) et 1812 (Matah = Mahon x Baroota Wonder). Rharb est un pied de blé tendre sélectionné à partir d'un champ de blé dur dans la région du Gharb. La Florence x Aurore 588 sera plus tard remplacée par la sœur d'origine tunisienne Florence x Aurore 588C ou 2511 ('C' en référence à Cailloux). Outre la qualité, la rusticité était aussi recherchée, avec le caractère épi barbu comme critère essentiel. On retrouve souvent cette variété dans les croisements qui ont donné naissance aux variétés du centre international d'amélioration du blé et du maïs (CIMMYT).

## 1-2 Période 1950-1969

En 1960, la liste des variétés en culture selon Grillot (1960) inclut :

- a. Pinyte 2306 = (BT0507 du Gharb x Florence) x Cadet, qui est un hybride entre un génotype issu d'une plante choisie dans un champ de blé dur avec une variété australienne, sur hybridé à la variété Cadet;

- b. Florence x Aurore C 2511 de Cailloux qui a remplacé la 588;
- c. Avril 3268 qui est une sélection dérivant de Florence / Aurore
- d. Seafoam 2635, qui est une variété australienne;
- e. Indexa 2970 issue d'un croisement entre Indian Pearl et Extrême sud Algérien sur hybridé à Pusa 66 qui aussi indienne;
- f. Vinkaflaur 3102, issue d'un croisement entre une variété russe Novinka et la variété Florence / Aurore 588.

Cette période a aussi connu l'introduction à travers la coopération américaine des variétés mexicaines, précoces, semi-naines, très productives, mais sensibles à la septoriose. Un programme de multiplication à grande échelle de ces variétés en 1969 a été mis en œuvre sans tests préalables. Leur culture a coïncidé avec une année pluvieuse favorable au développement de la septoriose. Les pertes ont été évaluées à plus de 80%, une vraie catastrophe. Cette maladie a été identifiée très tôt au Maroc, en 1928, mais passait inaperçue en s'attaquant uniquement aux feuilles de base des variétés antérieures de taille haute et tardives. La progression de la septoriose vers les étages supérieurs de la plante était plus rapide sur ces variétés courtes. Les spores sont transportées par les éclaboussements de pluie vers les étages supérieurs de la plante. Les variétés introduites incluaient Siete Cerros, Potam, Super X, Inia 66, Tobari, Norteno 67, Penjamo 67. Comme on verra ci-dessous, ces variétés descendent des ancêtres originaires de l'Afrique du Nord. Parmi les variétés mexicaines, ce sont Siete Cerros et Potam qui vont s'imposer en grande culture, la première dans le périmètre de Tadla où la septoriose est absente et la deuxième en semi-aride surtout pour les semis tardif en raison du cycle court.

Les variétés vedettes qui continuaient à être cultivées avant l'arrivée des variétés mexicaines, étaient, Mara et BT908, deux variétés d'origine italienne. BT908 est une variété semi-naine, résistante à la septoriose. Dans sa généalogie (N/MARROQUI//KENYAC9906/MENTANA) on remarque deux arrières grands parents Marroqui 588 et Mentana qui étaient cultivés au Maroc dans les années 40.

La variété Marroqui n'est autre que la variété cultivée en Afrique du nord Florence x Aurore 588 de Grillot (1948), qui a été utilisée par Borlaug en 1968 (Deghaïs, 1996) pour la production des variétés mexicaines: Yaqui 48 (Newthatch / Marroqui 588); Mayo 48 (Marroqui 588 / Newthatch); Chapingo 48 (Marroqui 588 / Newthatch); Nazas 48 (Newthatch / Marroqui 588); Chapala (Marroqui 588 / Thatcher); Leon (Marroqui 588 / Thatcher // Egypte); Anahuac (Timstein / Hope // Marroqui 588 / Thatcher) et Constitucion (Marroqui 588 / Thatcher // Egypte / Timstein).

A partir des lignées Yaqui, descendent une nouvelle génération de génotypes: Chapingo 52, Chapingo 53, Bonza 55, Toluca 53, Toluca 54, Pitic 62, Lerma Rojo 64, Sonora 63, Sonora 64, Inia 66, Jaral 66, Penjamo 62, Corre Caminos, Pato, Tobari 66, Narino 59, Nainari 60, Nadadores 63, Ciano 67, Bluebird, Gallo, Torim, Anza, Azteca 67, Bajio, Cajeme 71, Chanate, Chenab 70, Choti Lerma, Veery, et autres (Deghaïs, 1996). Ces variétés sont dans la plus part à l'origine de la révolution verte.

La variété Mentana 1513, une ancienne variété (Grillot, 1942) est probablement apparentée à la Mentana tunisienne (659) une obtention de Mr. Nazareno Strampelli (Italie) que le programme CIMMYT au Mexique aurait utilisée durant les années 40 comme source d'insensibilité à la photopériode et comme source de semi-nanisme, dans les variétés Gabo, Lerma, Kentana, Frontana, dont descendent Inia 66, Lerma Rojo 64, Penjamo 62 et d'autres (Deghaïs, 1996).

Ainsi, ce n'est pas un hasard si les génotypes d'origine CIMMYT sont adaptés aux conditions environnementales d'Afrique du Nord.

### 1-3 Période 1970-1979

Cette période a connu la découverte de la variété Nasma (BT149) par Tegyeey en 1973, dans la descendance d'un croisement entre BT1149 et Florence x Aurore C. C'est une variété précoce, semi-naine, résistante à la verse et à la rouille brune, de grain de gros calibre très apprécié par le consommateur. Egalement de bonne qualité boulangère. Son adoption par les agriculteurs a été si rapide qu'en moins de 10 ans, elle a occupé les trois quarts de la superficie. Cette ascension rapide a eu d'autres conséquences non désirables, en particulier le changement de virulence de la population du pathogène de la rouille brune. D'autres variétés ont vu le jour, notamment la Tegyeey-9 et la Tegyeey-32, deux lignées sœurs issues d'un croisement à trois parents dont l'un est un blé dur (Mara / BD Zeramek // Siete Cerros). La première a été éliminée du circuit de multiplication pour cause d'instabilité des caractères morphologiques. La deuxième a connu un succès au niveau du Saïs, avant de s'étendre plus au sud. Sa qualité boulangère n'est cependant pas appréciée.

L'objectif de ce document est de faire le point sur les réalisations en matière de sélection variétale de blé tendre, ainsi que la stratégie et les méthodes déployées pour y parvenir durant les 25 dernières années (entre 1980 et 2005).

## 2. Environnement cible de culture

L'environnement cible est pris dans son sens large, à savoir le milieu dans lequel la variété évolue. Il inclut:

- a. la position géographique du site qui détermine l'intensité lumineuse, la photopériode;
- b. le sol avec ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques;
- c. le climat avec ses principales composantes la température et l'humidité;
- d. les facteurs biologiques particulièrement les parasites de la plante, dont le développement est souvent lié au climat;
- e. le mode de conduite de la culture, qui varie selon l'agriculteur et selon les systèmes de production intensifs et extensifs.

Le génotype, lors de sa croissance et de son développement dans un environnement spécifique, entre en interaction avec les composantes de cet environnement. L'importance de cette interaction 'génotype x environnement' (G x E) peut être évaluée par la mesure des performances de la variété et de l'environnement. Généralement, le rendement est le critère qui est utilisé, aussi bien comme indicateur du génotype que de l'environnement. Le changement de comportement du génotype vis à vis de l'environnement est évaluée par plusieurs techniques statistiques dont l'analyse de variance. La décomposition de l'environnement en composantes simples permet de comprendre la source majeure de l'interaction G x E.

Les zones de production agricole au Maroc se situent entre les chaînes de montagnes (Rif et Atlas) et l'océan atlantique. Elles sont caractérisées par un gradient d'humidité croissant du sud vers le nord, et un gradient décroissant de l'ouest vers l'est. Dans les régions montagneuses, la pluviométrie augmente avec l'altitude mais la température diminue. Certaines régions disposent d'eau d'irrigation, permettant la culture du blé en irrigué. On distingue cinq grandes zones agro-écologiques, (1) l'aride et le semi-aride au sud, (2) le sub-humide au centre, et (3) l'humide au nord, puis (4) l'irrigué dans toutes ces zones et (5) la montagne en altitude. Le niveau d'intrants, particulièrement la fertilisation azotée et le traitement phytosanitaire augmente avec les conditions d'humidité.

Les régions arides et semi-arides souffrent du déficit hydrique et des problèmes associés au régime de pluviométrie défavorable comme la pourriture racinaire et la cécidomyie. Les régions humides souffrent de l'excès d'eau, et des problèmes de maladies foliaires qui sont favorisées par l'humidité. Dans ces régions la sécheresse permet d'enregistrer des rendements records (Gharb et Loukkos). Les régions sub-humides sont intermédiaires et connaissent des problèmes de sécheresse, de cécidomyie et des maladies foliaires. Les problèmes des régions irriguées sont surtout les maladies foliaires et ceux de la montagne comprennent le froid et la sécheresse dans les moyennes altitudes. Les régions limitrophes des montagnes connaissent du froid en hiver. Les parasites responsables de la cécidomyie et des pourritures racinaires sont associés aux conditions de sécheresse. La septoriose et l'helminthosporiose préfèrent l'humidité, la rouille jaune l'humidité et les températures basses. La rouille brune est favorisée par les conditions intermédiaires d'humidité.

L'essentiel de l'interaction G x E, semble s'expliquer par les variations de la cécidomyie, de la septoriose, et de la rouille jaune. La cécidomyie est retrouvée dans les régions semi-arides du sud du pays et en semis tardifs dans toutes les régions. La septoriose est répandue dans les régions du nord du pays et en conditions humides quelque soit la région et la rouille jaune est rencontrée au voisinage des montagnes.

### 3. Objectifs de sélection

L'objectif de sélection a tout le temps été de mettre au point des variétés plus productives que les variétés cultivées (utilisées comme témoins), souples vis à vis des fluctuations environnementales et de bonne qualité.

Si l'objectif est constant, les critères de sélection changent en fonction de l'état d'avancement des connaissances, des méthodes de travail et du niveau d'amélioration génétique du matériel végétal.

La productivité est mesurée directement par le rendement à l'hectare, dans les générations avancées et indirectement durant les premières générations à travers le nombre d'épis, le nombre de grain par épi, la taille de la plante, le cycle de culture et d'autres critères morpho-physiologiques (port, feuilles, cires, barbes).

La stabilité est assurée par les principales caractéristiques suivantes:

- a. Cycle court et durée de remplissage du grain courte à moyenne;
- b. Réponse aux intrants, moins que la moyenne pour le semi-aride, moyenne pour les zones sub-humides ou plus que moyenne pour les zones humides;
- c. Résistance aux maladies (rouilles, septoriose) et insectes (cécidomyie), propreté du feuillage;
- d. Tolérance à la sécheresse et aux hautes températures.

La rouille brune a été considérée en premier (1980) suivie de la résistance à la septoriose (1987), de la cécidomyie (1989) puis la tolérance à la chaleur (1992) et à la sécheresse (1995).

La qualité est appréciée par des tests directs ou indirects:

- Les tests indirects sont réalisés durant les premières générations qui ne disposent pas suffisamment de semences, à travers les critères grains bien remplis, propres sans moucheture, de couleur blanche ou ambre, à texture dure ou semi-dure, à faible fente. La taille importe peu.
- Les tests directs concernent les critères de panification dans les générations avancées, les tests sur la farine et d'autres sur la pâte.
- Des tests intermédiaires sont aussi effectués, à savoir, le taux de protéine, la nature des protéines (sous unités gluténiques), le taux de cendre et d'autres critères.

## 4. Stratégies d'amélioration

### 4-1. Création et adaptation

En raison de l'interaction du génotype avec le milieu une variété mise au point dans un environnement particulier peut ne pas s'adapter à un autre environnement. La variété appropriée doit être développée localement dans son environnement.

De l'expérience de la collaboration avec le CIMMYT, nous avons découvert que le matériel génétique introduit de cet organisme présente une adaptation satisfaisante aux conditions maro-

caines. Il possède la précocité requise, insensible à la photopériode, de type printemps et résistant aux rouilles. Un nombre important de génotypes de ce matériel, au début des années 80, contenait un patrimoine génétique méditerranéen dans les pedigrees. Mais, ils souffrent d'autres carences comme la sensibilité à la septoriose (*Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*) et à la cécidomyie (*Mayetiola destructor* (Say)). Ce matériel a été exploité comme solution rapide pour l'identification de variétés adaptées, en lui faisant subir des tests intensifs dans le réseau de sites expérimentaux.

Les problèmes spécifiques comme la septoriose et la cécidomyie ou la sécheresse doivent être solutionnés à travers un programme de création variétale. Les géniteurs ont été des génotypes sélectionnés d'origine CIMMYT. Des corrections du matériel introduit étaient nécessaires pour la résistance par voie de croisement et sélection. L'approche de croisement inter-spécifique, adoptée par Tegye, a été délaissée car elle aurait pris énormément de temps.

#### 4-2. Rendement et stabilité en priorité

Devant le déficit croissant de la production face à la demande de plus en plus forte en blé tendre, l'amélioration du rendement le plus rapidement possible devient une priorité. Les tests de qualité sur la farine et la pâte ont été légués à des stades avancés de sélection, tout en s'appuyant sur des tests indirects sur le grain. Les travaux sur la qualité auraient consommé des ressources sans aucune plus value en contre partie. De plus, le matériel originaire du CIMMYT ou CIMMYT/ICARDA est de bonne qualité.

A part l'irrigué, quelque soit l'environnement cible au Maroc, de grandes fluctuations inter-annuelles du climat provoquent l'instabilité de la production, surtout pour les variétés spécifiquement productives en conditions favorables. En liaison avec le climat, un éventail de parasites se développe sur la culture fragilisant davantage la stabilité de la production.

La variété à développer doit être souple et s'adapter à ces fluctuations climatiques, qu'elles soient d'origine thermique (chaleur et froid), hydrique (sécheresse) ou biotique (parasites).

Aussi, le réseau très étoffé de stations expérimentales existant, a-t-il été exploité pour identifier les variétés adaptées à une large gamme d'environnements. L'accumulation de gènes de résistance aux stress biotiques et abiotiques, pour améliorer davantage le rendement et réduire ses fluctuations inter-annuelles (stabilité), a été érigée en objectif prioritaire. La septoriose et la cécidomyie étaient les principaux stress biotiques considérés. La rouille brune était aussi une maladie importante, mais le matériel provenant d'origine CIMMYT était doté de résistance génétique. Le programme CIMMYT avait déjà inclus la résistance à la septoriose parmi les critères de sélection, suite à la déception causée par l'introduction en Afrique du Nord des premières variétés semi-naines qui étaient vulnérables à cette maladie. La taille courte, la précocité, les niveaux élevés d'azote et l'humidité élevée, étaient responsables de l'explosion de cette maladie, pourtant sans conséquence sur les anciennes variétés plus hautes et plus tardives. Les premiers résultats du programme CIMMYT vont apparaître vers la fin des années 80. La cécidomyie par contre n'était pas considérée dans le programme de sélection du blé du CIMMYT, ni même celui de l'ICARDA ou ACSAD. L'ICARDA va s'y intéresser vers le début des années 90.

### 4-3. Coopération nationale et internationale

Le Centre International d'Amélioration du Blé et du Maïs (CIMMYT) nous a régulièrement approvisionné en matériel végétal qui répondait généralement à nos objectifs du moment, à savoir cycle court, taille courte, tolérance à la verse et résistance à la rouille brune (*Puccinia recondita*), bien que comportant des carences en matière de résistance à la septoriose, à la céciomyie et à la sécheresse. Grâce au réseau de stations expérimentales mis en place à l'INRA, il a été possible d'identifier dans ce matériel des génotypes à adaptation large. Plusieurs variétés ont été repérées suite à des évaluations intensives.

Le matériel génétique provenant du Centre International de Recherche Agricole pour les Régions Arides (ICARDA) était au début tardif peu adapté à la réalité marocaine; il s'est amélioré au cours des années.

Le Centre Arabe pour le Développement des Zones Semi-Arides (ACSAD) a également fourni du matériel végétal au programme marocain. Il a également mis en oeuvre un projet de recherche-développement qui a eu un impact favorable sur le transfert des variétés aux agriculteurs.

### 4-4. Les environnements de test et d'évaluation

Des sites représentatifs des grands groupes d'environnements ont été identifiés (Tableau 1). L'INRA dispose d'un réseau d'une trentaine de stations expérimentales dont neuf ont été choisies pour l'amélioration du blé tendre. Tassaout dans le Haouz (Marrakech), Afouzer ou Deroua dans le Tadla (Beni Mellal) représentent l'irrigué, Annoceur au Moyen Atlas représente la montagne (Sefrou), Sidi Allal Tazi dans la plaine du Gharb représente l'humide (Kenitra). Le semi-aride est représenté par Jemaa Sahim dans le Abda (Safi), Khemis Zemamra dans le Doukkala (El Jadida), Sidi El Aydi dans la Chaouia (Settat). Le sub-humide est représenté par Marchouch dans les plateaux de Zaer (Khemisset), Douyet dans le plateau du Saïss (Fès). Les contraintes majeures rencontrées dans ces environnements sont citées au tableau 1.

**Tableau 1:** Environnements des tests les plus utilisés par le programme de sélection du blé tendre.

Agro-système	% Superficie	Région	Province	Site de test	Stress majeurs
Irrigué	10%	Haouz	Marrakech	Tassaout	Rouilles brune et jaune, chaleur
		Tadla	Beni Mellal	Afourer/Deroua	Rouilles brune et jaune, chaleur
Montagne	10%	Moyen Atlas	Sefrou	Annoeur	Froid, sécheresse, cécidomyie, helminthosporiose
Humide	10%	Gharb	Kenitra	Sidi Allal Tazi	Septoriose, rouille brune, verse, engorgement
Sub-humide	30%	Zaer	Khemisset	Marchouch	Septoriose, rouille brune, cécidomyie, sécheresse, chaleur
		Saïss	Douyet	Fès	Rouille jaune et brune, chaleur, septoriose, cécidomyie,
Semi-aride	40%	Abda	Safi	Jemaa Sahim	Cécidomyie, sécheresse, chaleur, rouille brune, septoriose
		Doukkala	El Jadida	Khemis Zemamra	Cécidomyie, sécheresse, chaleur, rouille brune, septoriose, sécheresse
		Chaouia	Settat	Sidi El Aydi	Sur,

La décision concernant la variété à présenter à l'inscription au Catalogue Officiel, tient compte de la moyenne nationale, en l'absence de Catalogue régional. Le comportement de la variété vis-à-vis des fluctuations de l'environnement, sur le plan rendement et résistance aux parasites, a été utilisé pour faire des recommandations sur son aire d'adaptation (environnement cible). Par exemple, une variété dont la moyenne nationale dépasse celle des témoins et dont la réponse à l'environnement est supérieure à la moyenne et qui est résistante aux maladies sera recommandée pour l'humide. Une variété à rendement national élevé, à réponse à l'environnement moyenne ou moins que la moyenne et résistante à la cécidomyie sera recommandée pour le semi-aride.

A partir de 1987, la sélection a été principalement dirigée pour deux environnements cibles, le semi-aride et le sub-humide, avec comme objectifs majeurs la résistance à la cécidomyie et à la rouille brune pour le premier et la résistance à la septoriose et la rouille brune pour le second.

Le programme semi-aride a débouché sur trois variétés résistantes à la cécidomyie et le programme sub-humide a abouti à deux variétés résistantes à la septoriose.

En 1997, un nouvel environnement cible a été considéré, la montagne, suite à des résultats favorables obtenus par les blés facultatifs provenant du programme Turquie/CIMMYT/ICARDA, en collaboration avec l'ICARDA et le CIMMYT. Le programme de montagne remonte à plus loin, avec le test du matériel issu des croisements entre le blé d'hiver et le blé de printemps, recroisé au blé d'hiver par Dr. McCuiston (Oregon State). Avec trois quart de blé d'hiver, ce matériel n'a pas été fructueux.

En 1999, des essais d'adaptation ont été réalisés dans le Loukkos, un environnement humide du nord-ouest, des variétés résistantes à la septoriose et aux rouilles brune et noire et valorisant les intrants, ont été ainsi identifiées (Jlibene et Chafai, 2000).

#### 4-5. Environnement de sélection

L'environnement de sélection où les générations disjonctives (F2 à F7) subissent la sélection, a été tout le temps maintenu dans l'agro-système sub-humide, en raison du caractère intermédiaire de ce système, entre le semi-aride et l'humide, car les stress prévalant dans les deux systèmes s'y manifestent (Tableau 1).

Au début des années 80, pour des raisons historiques, Rabat-Guich jouait le rôle de site de sélection. Sachant qu'il ne représente qu'une faible partie de l'environnement cible (sol sablonneux et à humidité relative élevée, niveau de mer), il sera remplacé par Marchouch jusqu'à 1991, à sol très profond et situé en plateau. Le site de sélection du sub-humide reste Marchouch et le nouveau site du semi-aride, est Sidi El Aydi (Settat). Les critères majeurs à améliorer ont été la résistance à la septoriose à Marchouch et la résistance à la cécidomyie à Sidi El Aydi. En 1991, le programme d'amélioration génétique est transféré à Meknès. L'environnement de sélection deviendra le siège du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès. Ce site se distingue des autres sites par la présence de presque tous les stress possibles, en plus du froid en hiver et de la chaleur et chergui au printemps. C'est un site du sub-humide où se manifestent la cécidomyie, la septoriose, la rouille brune, la rouille jaune, la sécheresse et le chergui. La rouille jaune se développe dans ce site, ce qu'on ne pouvait pas avoir à Marchouch. Le chergui est fréquent dans ce site permettant de sélectionner pour la tolérance aux hautes températures. De plus, l'hiver est froid, ce qui fait qu'il représente même une partie de la montagne. Le semis tardif (1 à 1,5 mois de retard), a été pratiqué, pour accentuer ces stress, particulièrement la cécidomyie, les rouilles, la septoriose, la sécheresse et la chaleur. La rotation céréale sur céréale a été pratiquée pour augmenter la pression des maladies et des insectes. Un minimum de fertilisation a été appliqué pour pouvoir créer un environnement nutritif stressant, permettant la sélection en faveur de l'efficacité d'utilisation des intrants. Les premières pluies font germer les graines de la récolte précédente, qui seront éliminées avant le semis, par un outil aratoire ou par traitement chimique.

## 5. Méthode

### 5-1 Réformes de gestion

Le matériel génétique dont disposait le programme de sélection de blé tendre en 1980, comportait plusieurs générations, allant jusqu'à F13. La méthode utilisée jusqu'à 1984, était la méthode de Pedigree, efficace mais génératrice de plusieurs lignées. Cette méthode a été inspirée de celle utilisée au CIMMYT, car plusieurs techniciens et cadres marocains ont effectué des stages dans ce centre. Elle sera remplacée vers la deuxième moitié des années 80, par d'autres méthodes.

Dès la première année de la prise en charge du programme de sélection, tout le matériel sensible à la rouille au niveau de la station Guich à Rabat a été éliminé. Environ 80% du matériel génétique a été écarté. Les protocoles d'essais et les livrets de champs, les analyses et les rapports ont été standardisés pour faciliter la gestion du programme tant au niveau du siège qu'au niveaux des domaines.

A partir de 1982, des projets d'amélioration de la résistance génétique à la septoriose (*S. tritici*), d'une part et à la cécidomyie (*M. destructor*) d'autre part, ont été initiés. Par nécessité de formation, le Projet MIAC (Dr. E. Smith) et l'ICARDA (Dr. M. Mekni) ont pris la relève de 1984 à 1987.

### 5-2 Méthodes de sélection

Le programme de sélection comporte trois groupes d'activités: la sélection proprement dite, le test d'adaptation et les tests de productivité. La phase de sélection a évolué en fonction des objectifs fixés et des moyens mis en œuvre pour les réaliser, alors que les phases adaptation et de productivité sont restées relativement inchangées.

La sélection est réalisée sur des populations hétérogènes importées ou créées par voie de croisements, dans le site de sélection. Après croisement, les générations successives subissent des pressions de sélection vis-à-vis des stress dominants dans l'environnement de sélection (Tableau 1), jusqu'à l'uniformité. Une pression de sélection de 8 à 10% est exercée sur la plante au champ et sur le grain au laboratoire. Cette phase peut prendre 5 à 7 ans. Les génotypes sélectionnés seront testés dans les environnements de test (6 à 9) pour l'adaptation pendant une campagne. Le matériel introduit comme étant fixe, fait l'objet d'une année de quarantaine et de sélection, avant sa considération pour le test d'adaptation. Entre 10 à 15% des génotypes testés sont promus aux tests supérieurs. Les génotypes adaptés, environ 120, font l'objet de test de productivité dans les environnements de test pendant quatre campagnes (Tableau 1). Les 120 génotypes sont testés la première année dans 4 sites. Ce nombre sera réduit à 40 l'année suivante puis à 20 les deux années ultérieures. Les génotypes des essais internationaux de rendement subissent une année de quarantaine avant leur considération pour les tests de productivité. Un à trois génotypes, les plus performants parmi les 20, sont retenus pour présentation à l'inscription au Catalogue Officiel. Une analyse combinée des données des quatre campagnes et des dif-

férents sites est effectuée. Sur la base de cette analyse, les variétés à présenter au Catalogue Officiel sont arrêtées.

La méthode Pedigree consiste à sélectionner des plantes ou des épis individuels à chaque génération d'autofécondation commençant en F2 et à les évaluer au niveau de leurs descendances. Un croisement est fait entre deux parents complémentaires pour les caractères recherchés, le résultat F1 est laissé pour autofécondation pour donner F2. A ce niveau, le maximum de ségrégation est exprimé, donnant lieu à des plantes génétiquement différentes. Des plantes individuelles, répondant aux critères désirés, sont sélectionnées, récoltées individuellement, puis évaluées sur leur descendance. C'est donc la famille F3 issue d'une plante ou un épis F2 par autofécondation qui sera évaluée. Les familles F3 qui ne répondent pas aux critères désirés sont écartées. Des plantes ou épis sont prélevés à l'intérieur des familles retenues. Le même processus est suivi au niveau F4, F5 et F6. A chaque génération d'autofécondation, le taux de plantes hétérozygotes est réduit de moitié, de sorte qu'en F6, près de 97% de plantes sont homozygotes; les caractères désirés sont considérés fixés à ce stade. La sélection intra-famille est faite sur des plantes individuelles pour des caractères à hérédité élevée comme la hauteur, la forme de l'épi, le port du tallage, la résistance aux maladies. La sélection inter-famille est faite au niveau d'une population, ce qui permet d'évaluer des caractères plus complexes comme la précocité, le nombre d'épis, la fertilité de l'épi, en plus de la résistance aux maladies comme la rouille brune, la rouille jaune, la septoriose. Une évaluation quantitative pourrait être faite à ce niveau. Pour la résistance aux maladies, par exemple, un niveau de sévérité ne dépassant pas un seuil fixé par le sélectionneur, pourrait être toléré. Cette méthode a été abandonnée en 1987.

La méthode 'Bulk' modifiée: Au lieu d'évaluer la descendance des plantes désirables, c'est toute la population qui est reconduite la campagne suivante. Un échantillon de la population F2 est prélevé, puis semé en vrac en tant que F3, puis F4, F5 et F6. L'échantillon en question est choisi de sorte à répondre aux critères désirés. C'est une sélection intra-famille. La sélection inter-famille est faite lorsque la population est suffisamment homogène au vu du sélectionneur. Des épis sont prélevés et récoltés individuellement et leur descendance évaluée en F7. Depuis 1995, les épis sont prélevés au niveau F4, lorsqu'on juge que la population est suffisamment homogène ou au niveau parfois F5. Il est tout à fait possible d'atteindre l'homogénéité en F4 si les parents ne sont pas génétiquement diversifiés.

Croisement retour: cette méthode a été utilisée pour introduire des gènes de résistance aux parasites à partir du parent donneur, généralement peu productif et non adapté, au parent récurrent adapté et productif. Cette méthode est utilisée pour incorporer la résistance à la cécidomyie ou à la rouille. Un premier croisement est fait entre le parent récurrent et le parent donneur donnant lieu à F1 dont le génotype est constitué de 50% du récurrent et 50% du donneur. La F1 est ensuite rétro-croisée au parent donneur résultant en une descendance BC1F1 dont le génotype est constitué de 75% du récurrent et 25% du donneur. Après évaluation, des plantes BC1F1 résistantes sont croisées au parent donneur une deuxième fois pour avoir BC2F1 dont le génotype est constitué de 87,5% du donneur et 12,5% du récurrent. Après évaluation des plantes BC2F1, un troisième croisement peut être réalisé avec le parent donneur, puis un quatrième, et un cinquième, ainsi de suite, résultant en BC3F1, BC4F1, BC5F1, BCnF1. A chaque rétro-

croisement au parent récurrent, le parent donneur cède 50% de son matériel génétique au profit du parent récurrent, jusqu'à reconstitution de ce dernier. Avec cette méthode, le résultat final est au plus égal au parent récurrent. Pour pouvoir disposer de génotypes supérieurs, des autofécondations sont réalisées avant le rétro croisement, pour bénéficier des recombinaisons génétiques (ségrégation transgressive). Ainsi, on pourrait avoir des génotypes BCnF2, BC2F2, BC3F2; F2 indique qu'il y a eu autofécondation.

Les contraintes budgétaires ont amené à changer de méthodes. La méthode pedigree a été remplacée par la méthode 'bulk' mais modifiée selon nos moyens, le nombre d'années de tests a été augmenté au dépend du nombre de sites, le matériel en ségrégation n'était plus géré sur de longues générations, passant progressivement de F13 au début des années 80 à F4, le nombre de croisements réduit de quelques centaines au début des années 80 à quelques dizaines actuellement. Cependant, les croisements étaient ciblés, avec des parents bien choisis, de moins en moins génétiquement distants. Le nombre de critères à améliorer, a été réduit au minimum pour réduire le nombre de génotypes à tester, un critère à la fois après avoir fixé d'autres, le nombre et l'intensité des stress augmentés au fur et à mesure des améliorations apportées.

## 6. Résultats

Les variétés inscrites au Catalogue officiel figurent au tableau 2. D'autres variétés n'ont pas été inscrites pour des raisons d'hétérogénéité observée au niveau du test DHS du service catalogue relevant de la Direction de la Protection Végétale, du Contrôle Technique et de la Répression des Fraudes (DPVCTRF). Le test DHS signifie distinction du génotype, homogénéité des parcelles et stabilité de caractères morphologiques et physiologiques.

### 6-1 Variétés inscrites (Tableau 2)

De 1980-1986, en l'absence du catalogue, les variétés qui ont franchi le dernier test, se trouvaient tassées dans un essai appelé Essai National de Rendement. Un nombre important de données était disponible sur leur performance dans plusieurs sites du pays. Il a fallu quelques tests supplémentaires et une analyse des données existantes pour identifier les premières variétés performantes à recommander pour les agriculteurs, à savoir Marchouch et Jouda. Ces variétés ont été testées chez les agriculteurs dans plusieurs localités du pays.

Etant donné qu'il n'y avait pas de catalogue pour enregistrer les nouvelles variétés, un réseau d'agriculteurs a été mis en place, initialement conçu par Dr. Ouassou, chef de la Station Centrale des Céréales d'Automne et Baghati H., de la Direction de Production Végétale relevant du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire. Les agriculteurs, dans la plus part, des adhérents à des coopératives de la réforme agraire, ont testé les nouvelles variétés, qu'ils ont apprécié. Cette action, associée à celle du Projet ACSAD de diffusion des variétés, a eu un impact rapide sur l'adoption des nouvelles variétés. Les signes apparents incluent la manifestation d'une forte pression de la demande sur les semences, l'évaluation du programme de sélection (Schaller et al., 1982, 1986), la mise en place du Catalogue Officiel, le renforcement du

programme de multiplication de semence avec l'aide de la FAO, la mise en place d'un comité national d'amélioration des céréales au niveau du ministère, la re-dynamisation des services de vulgarisation, la mise en place du plan semencier, etc. C'est avec ces variétés et d'autres qui ont suivi que des records successifs de rendement et de production ont été par la suite battus durant les années 80 et 90.

Marchouch (KAL/CIANO//8156\_/3/BT908) est une variété dont le croisement a été effectué à Marchouch, par Mr. Acosta, dans le cadre d'un projet sur la résistance à la septoriose avec le CIMMYT. Elle est issue d'un croisement entre la variété BT908 d'origine italienne mais de parents nord-africains, résistante à la septoriose et une lignée originaire du CIMMYT mais aussi d'arrière parents d'origine Nord-Africaine. Après des évaluations successives d'une trentaine de lignées sœurs issues de ce croisement, 16 ont été retenues, puis 8 puis 4, et enfin deux baptisées Marchouch et Sibara. Cette dernière variété a été enregistrée un an plus tard, mais ne connaîtra pas le succès de Marchouch qui va dominer la superficie réservée au blé tendre jusqu'à 1997 date à laquelle elle sera détrônée par Achar. Sa haute productivité, sa résistance relative à la septoriose et sa résistance à la rouille, sont autant d'atouts à son avantage. Elle perdra la résistance à la rouille brune, dix ans après son apparition, comme c'était le cas pour la variété Nasma auparavant, suite à un changement de virulence dans la population du champignon.

La variété Saïs, enregistrée en 1985, avec Sibara, est une variété originaire du CIMMYT. Elle a une qualité qui s'adapte mieux à l'industrie des biscuits plus qu'à celle du pain. Elle va s'imposer dans le plateau de Saïs pendant un moment avant de régresser.

Les variétés Kanz et Saba, sont enregistrées en 1987. Kanz est une variété d'origine CIMMYT, à épi long, à gros grains, très appréciée dans le Saïs. Saba est un croisement local, entre la variété Nasma et la variété mexicaine très précoce Potam. Elle est très productive, mais vulnérable à la septoriose et à la rouille brune. Elle a été trahie par sa sensibilité aux maladies qui s'étaient adaptées sur Nasma l'un des parents, des années plutôt.

L'année 1988 voit l'apparition de trois nouvelles variétés: Baraka, Achar, et Khair, toutes les trois d'origine CIMMYT. Baraka est toujours appréciée par la SOGETA; Khair n'a pas connu de succès en raison probablement de la couleur de l'épi et la vulnérabilité aux maladies. C'est Achar qui connaîtra le succès qu'a connu Marchouch précédemment et qu'a connu Nasma bien au paravant. Elle est génétiquement constituée de 50% du patrimoine génétique de la variété Jouda et 50% de deux autres parents.

Achar continue à dominer les superficies de blé tendre jusqu'à nos jours. Son rendement potentiel dépasse les 100 q/ha en régime pluvial. Sa qualité boulangère est excellente. Elle s'adapte aussi à la montagne, utilisée comme témoin pour le programme de sélection pour la montagne, elle reste imbattable pour des années.

En 1989, il y a eu l'apparition de Tilila, une variété qui combine productivité et souplesse, par excellence (Jlibene et al, 1996). Son aire d'adaptation s'étend du semi-aride, au sub-humide, à l'humide et l'irrigué et la montagne. Elle a un ancêtre lointain originaire de l'Afrique du Nord. Elle a eu la malchance d'être commercialisée par un groupe privé dont la portée est limitée com-



parée à la société nationale de commercialisation des semences (SONACOS). Elle ne connaîtra pas le succès prédit.

L'année 1992 voit la naissance de la variété Massira, une variété qui tolère bien la cécidomyie. Sa tolérance à la cécidomyie a été mise en évidence à Sidi El Aydi en 1988. Elle était la seule survivante des attaques de l'insecte parmi 120 nouvelles variétés, à côté de la variété témoin Saada. Cette dernière est une variété introduite des Etats unis (Cholick et al, 1987) par l'équipe MIAC, pour sa résistance à la cécidomyie, et inscrite au Catalogue en 1988. Elle n'arrivera pas à s'imposer chez les agriculteurs à cause de son faible potentiel de production et probablement la qualité du grain (Jlibene, 1992). Massira est la première variété qui dépassera Saada en productivité et en qualité, tout en étant résistante à la cécidomyie, à la septoriose et à la rouille brune. Son sort est similaire à celui de Tilila, elle aussi sera commercialisée par un groupe privé d'un impact limité sur le secteur de semences. Elle s'adapte au semi-aride, au sub-humide, à l'humide, à l'irrigué et même à la montagne.

En 1993, le Catalogue est enrichi de trois nouvelles variétés: Amal, Rajae, et Mehdiya. L'atout majeur de Mehdiya, réside dans son potentiel élevé de productivité; elle était la seule à pouvoir battre Achta, sur une longue série de tests dans des environnements divers.

Quant à Amal et Rajae, elles ont la caractéristique majeure d'être résistantes à la septoriose. Commercialisées par la SONACOS, elles vont connaître du succès dans le Gharb, avant de s'étendre au Saïs. Des rendements dépassant les 80 quintaux ont été enregistrés par des agriculteurs et dans les champs de multiplication de l'INRA. Ces variétés sont recommandées pour l'humide et le sub-humide en raison de leur résistance aux maladies foliaires particulièrement la septoriose et la rouille brune.

En 1997, Aguilal et Arrehane, viennent enrichir le catalogue. Leur atout majeur est la résistance à la cécidomyie, accompagnée d'une bonne qualité du grain. La qualité d'Aguilal est plutôt appropriée pour la biscuiterie, alors que celle d'Arrehane l'est pour le pain. Arrehane donne de bons rendements en irrigué (Jlibene et Chafai, 2000) et en montagne. Aguilal semble s'adapter plus aux conditions semi-arides, alors qu'Arrehane s'adapte aussi bien aux conditions du semi-aride qu'à celles du sub-humide et de l'humide. Elle s'adapte aussi à la montagne.

**Tableau 2:** Liste des variétés de blé tendre mises au point entre 1980 et 2005.

Nom	Année	Croisement	Sélectionneur
MARCHOUCH	1984	KAL/CIANO//8156 <sup>2</sup> /3/BT908	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
ACSAD 59	1985		ACSAD
JOUDA	1984	KAL/BLUE BIRD	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
SAIS	1985	TOB'S'/NP//CC/INIA/3/CHA	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
SIBARA	1985	KAI /CIANO//8156 <sup>2</sup> /3/BT908	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
KANZ	1987	PAVON'S'/4/PATO(R)/CAL/3/SIETE CERROS//BB/CNO	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
SABA	1987	NASMA/POTAM	Jlibene, Bouchoutrouch et Ouassou
ACHTAR	1988	HORK/YMH//KAL/BB	Jlibene et Mergoum
KHAIR	1988	MAYA//LR64/LR64/3/TZPP/Y54//23584	Jlibene et Mergoum
BARAKA	1988	PAVON 76	Jlibene et Mergoum
SAADA	1988	BUTTE//ARTHUR/BUTTE	Mergoum et Smith
TILILA	1989	VEERY'S'	Jlibene, Mergoum, Smith
MASSIRA	1992	L2266/1406,101//BUC'S'/3/VPM/MOS 83,11,4,8//NAC	Jlibene
AMAL	1993	BOW'S'/BUC'S'	Jlibene
RAJAE	1993	MOR'S'/MON'S'	Jlibene
MEHDIA	1993	KAUZ'S'	Jlibene
ARREHANE	1997	L222	Jlibene et Abdalla
AGUILAL	1997	SAIS*2/KS-85-14-2 KS-85-14-2 = T	Jlibene et Amri

## 6-2 Variétés non inscrites

A partir de 1995, plusieurs variétés ont été présentées au catalogue officiel, sans pouvoir franchir le stade de test DHS. Les variétés BT1748, BT1764, BT1765 et BT1773, ont été proposées pour leur résistance à la cécidomyie et aux rouilles. Les variétés BT1766, BT1783, BT1789, BT1790, BT1799, ont été présentées pour leur résistance à la septoriose et aux rouilles. Toutes ces variétés sont productives et de bonne qualité.

La résistance à la cécidomyie a été incorporée dans les variétés commerciales à savoir Marchouch, Achar, Nasma, Potam, et Kanz. Le gain génétique potentiel enregistré par l'addition de la résistance à la variété Marchouch a été de 30% en cas de sécheresse et de 140% en cas régime hydrique favorable.

De nouvelles variétés sont disponibles qui combinent à la fois la résistance à la cécidomyie, la résistance à la septoriose, et la résistance aux rouilles et d'autres qui combinent la résistance à la cécidomyie, à la septoriose, aux rouilles et à la sécheresse (Jlibene 2002, 2004). Ces derniè-

res ont pu terminer leur cycle avec moins de 100 mm, tout en répondant à l'amélioration des conditions hydriques.

## 7. Perspectives

Les objectifs d'améliorer le rendement, la stabilité de rendement et la qualité, continuent à être considérés, pour les principaux agro-systèmes. L'amélioration du rendement sera poursuivie en jouant sur l'efficacité d'utilisation de l'eau de pluie pour le semi-aride, le sub-humide et la montagne et sur la réponse aux intrants pour l'humide et l'irrigué et à moindre importance pour le sub-humide. La stabilité de rendement sera améliorée en jouant sur la résistance à la sécheresse, à la cécidomyie et la rouille brune, pour les environnements semi-aride et sub-humide et montagne, la résistance aux maladies foliaires pour l'irrigué, le sub-humide, et l'humide et la tolérance au froid pour la montagne. La qualité sera améliorée de la même façon pour tous les systèmes, en prenant soin de l'évaluer à des stades précoces de sélection.

Pour compenser le temps perdu au niveau du transfert du progrès génétique au niveau de la production, il faut prévoir d'accélérer le progrès génétique et de raccourcir la durée de développement de la variété, en utilisant les méthodes nouvelles de biotechnologie (Najimi et al, 2002; Ben El Maati et al, 2004).

## 8. Impact sur la production

La représentation graphique de l'évolution de la pluviométrie et du rendement durant les quatre dernières décennies, est relative à la région de Meknès (Figure 1). Cette région est utilisée à titre d'exemple, sachant que la tendance à la régression de la pluviométrie est générale à l'ensemble des régions céréalières. Le rendement de cette région a progressé de 31% durant les deux décades 70 et 80, une progression de 1,55% par an, au moment où la pluviométrie a baissé de 27%. Chaque mm de pluie tombé durant les décades 60 et 70, s'est répercuté sur le rendement par 1,55 kg. Les décades 80 et 90 ont enregistré une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau de pluie, avec 2,5 kg par mm, une amélioration de 67%. A l'échelle nationale, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau de pluie a été bien plus importante de 100%. Le progrès réalisé est imputé au changement variétal bien plus que les changements des techniques de production. En effet, à part la date de semis qui semble être avancée, le niveau des fertilisants et des pesticides n'a pas évolué durant ces périodes.

On doit s'attendre à une amélioration plus grande durant les décades suivantes, après la mise en culture des nouvelles variétés plus efficaces. Les nouvelles variétés sont de moins en moins exigeantes en eau pour compléter leur cycle, passant d'au moins 400 mm durant les années 60 et 70 à moins de 100 mm actuellement, tout en répondant favorablement à toute amélioration de la pluviométrie par une production plus élevée. Les atouts essentiels des nouvelles variétés incluent une longueur raccourcie du cycle, une tolérance améliorée à la sécheresse, une réponse positive aux intrants et une résistance efficace aux parasites.

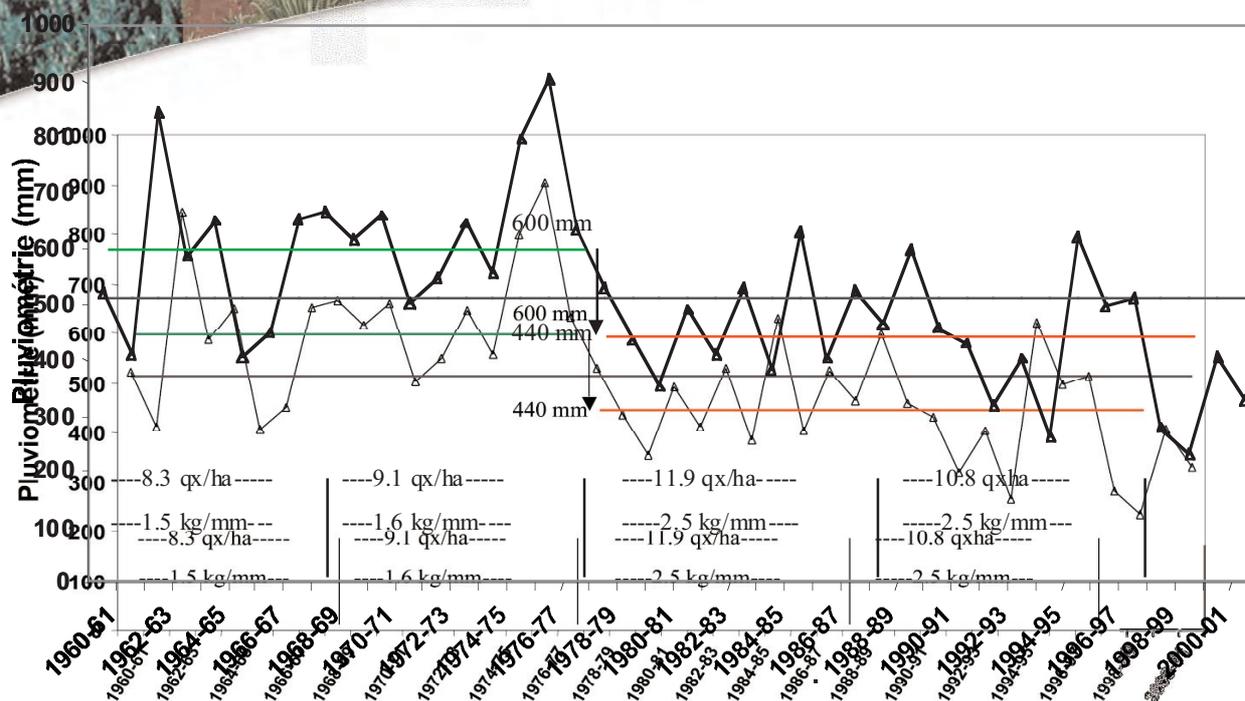


Fig. 1: Évolution de la pluviométrie, du rendement de blé tendre et de l'efficacité d'utilisation de l'eau de pluie, dans la province de Meknès, entre 1961 et 2003.

## 9. Conclusion

Le blé tendre (*T. aestivum*) fournit l'essentiel de la ration alimentaire quotidienne de la population marocaine, avec près de 400 grammes par tête, essentiellement sous forme de pain. D'autres produits sont fabriqués à partir de la farine, particulièrement le couscous, les pâtes, les biscuits, les tartes, et les gâteaux. Les besoins de consommation de la population sont couverts par la production nationale à 70%, le reste est comblé par les importations. Ces dernières drainent une somme considérable équivalente à deux milliards de dirhams de devise par an, pouvant atteindre cinq milliards en année de grande sécheresse telles que celles de 1995 et 2000. Face à la demande croissante, la superficie a augmenté rapidement, passant de quelques milliers d'hectares (ha) au début du vingtième siècle, à quelques centaines de milliers (> 250.000) dans les années 30, puis à plus d'un demi million vers les années 60, et à plus d'un million vers la deuxième moitié des années 80. Elle a été de près de deux millions en 1996, mais tend à se stabiliser autour de 1,8 millions d'hectares par an. Les rendements, de leur côté, ont progressé, mais à un rythme inférieur à celui de la démographie.

L'amélioration génétique a accompagné le développement de la culture du blé tendre depuis 1921, à travers la sélection de variétés appropriées, mises à la disposition des agriculteurs. Durant la première moitié du vingtième siècle, le blé tendre au Maroc a été développé pour satisfaire les besoins de la France surtout en période où la production était déficitaire à cause de la guerre qui a ravagé l'Europe. Les voies utilisées consistaient au départ à isoler des formes productives trouvées en mélange dans les champs de blé dur, puis à introduire des variétés d'autres pays et à réaliser des croisements entre variétés de diverses origines, suivis de sélection dans la descendance. Les premières variétés sortirent en 1929, avec des rendements de 8 à 12 q/ha. Au lendemain de l'indépendance, le programme de sélection a continué, dans un contexte de déficit de production, jusqu'à aujourd'hui. Les rendements ont progressé pour dépasser les 20 et 30 q/ha. Vers la fin des années 60, des variétés mexicaines, deux fois plus productives, de taille courte, résistantes à la verse, et précoces, ont été introduites, mais n'ont

eu qu'un succès limité, à cause de leur vulnérabilité à la septoriose (*S. tritici*), qui a pris de l'ampleur juste après leur introduction. Ces variétés se sont installées dans la région de Tadla où la septoriose est absente. En parallèle, la découverte de la variété Nasma, à adaptation très large, en 1973, va permettre un bond significatif de rendement.

Durant les années 80, qui étaient marquées par une fréquence plus élevée de sécheresse, des variétés à productivité élevée, dépassant 60 qx/ha en bonne année, et de meilleure production en année mauvaise, ont été mises au point. La plus part de ces variétés renferment des gènes du matériel mexicain, lui même descendant des ancêtres de l'Afrique du Nord. Grâce à la disponibilité d'un réseau de sites et la diversité génétique de ce matériel, il était possible d'identifier des variétés à adaptation large. Parmi les variétés, les plus répandues, il y a Marchouch, et Jouda, en 1984, Sibara et Saïs en 1985, Kanz, et Saba en 1987, Achtar, Khair et Baraka, en 1988, Tilila en 1989, qui ont surpassé Nasma en productivité et stabilité. Le matériel mexicain, très adapté, souffre cependant, de la sensibilité à la septoriose et à la cécidomyie (*M. destructor*), des carences qui vont être corrigées en mettant en place un programme de sélection spécifique pour la résistance à ces parasites. Les rendements vont progresser pour atteindre les 80 qx/ha en bonne année. Cependant, l'accroissement supplémentaire de rendement en se basant sur la moyenne nationale devient difficile, ce qui a amené à considérer la sélection à des régions relativement homogènes. C'est ainsi qu'un programme de sélection pour le semi-aride, un autre pour le sub-humide, ont été mis en place au début des années 90, puis, un autre pour la montagne en mi-90. Ce sont des programmes de petites tailles, compte tenu des moyens disponibles. Trois variétés résistantes à la cécidomyie (Massira en 1992, Aguilal, Arrehane en 1997) sont sorties du programme semi-aride et deux variétés résistantes à la septoriose (Amal, Rajae, 1993) et une variété plus productive que Achtar (Mehdia, 1993) sont sorties du programme sub-humide.

Avec la diversité des programmes spécifiques et les ressources budgétaires de plus en plus restrictives, des adaptations à ces situations étaient nécessaires. La méthode pedigree a été remplacée par la méthode 'bulk' moins efficace mais plus économique, le nombre de sites a été réduit de 67%, le nombre d'années de tests a été allongé pour compenser la réduction du nombre de sites, le matériel en ségrégation n'était plus géré sur de longues générations, passant progressivement de F13 au début des années 80 à F4 à la mi-90, le nombre de croisements réduit de quelques centaines au début des années 80 à quelques dizaines actuellement, le nombre de critères de sélection, a aussi été réduit au minimum pour réduire le nombre de génotypes à tester. En outre, les géniteurs étaient judicieusement choisis, pour des croisements ciblés permettant de progresser continuellement. C'est ainsi que la résistance à la septoriose, la résistance à la cécidomyie, la résistance à la sécheresse, la tolérance au chergui ont pu être progressivement combinées.

Les chiffres record obtenus en années de bonne pluviométrie (1986, 1989, 1991, 1994, 1996) et des productions enregistrées en années mauvaises où les récoltes étaient inespérées avec les variétés anciennes, témoignent de l'impact de ces variétés sur la production nationale du blé tendre. Les variétés nouvelles sont deux fois plus efficaces quant à l'utilisation de l'eau de pluie. Elles terminent leur cycle même en conditions de déficit hydrique. Tout récemment, des variétés qui combinent la résistance à la sécheresse, aussi sévère que celle de la campagne 1999-2000 et productives en conditions favorables ont pu être développées, pouvant potentiellement valoriser les conditions aléatoires du climat marocain.

## Références

- Ben El Maati, F., Jlibene M., and M. Moumni. 2004: Study of the polymorphism of common wheat using ISSR markers. *Journal of Food, Agriculture, and Environment* Vol. 2(3&4): 121-125.
- Caillot, C. 1937. L'hybridation des céréales. *La Terre Marocaine* 89: 14-18.
- Cholick, F. A., J. H. Hatchett, D. K. Steiger, and D. L. Keim, 1987. Registration of SD 8030 Hessian fly resistant hard red wheat germplasm. *Crop Sci.* 27:373-374.
- Deghaï, M., 1996. Le blé tendre en Tunisie, un siècle de recherche variétale. *Annales de l'INRAI* numéro spécial. 288 pages.
- Grillot, G.: 1942. La bataille du blé: le choix des variétés. *La Terre Marocaine* 153: 8-10.
- Grillot, G. 1948. Les blés du Maroc. *La Terre Marocaine* 224: 173-184.
- Grillot, G. et L. Cazal, 1964. Variétés sélectionnées de céréales cultivées au Maroc. 2nd Edition Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat.
- Jlibene, M., 1992: Agronomic evaluation of the Hessian fly resistant wheat cultivar SAADA in Morocco. *Al Awamia* 77: 147-160.
- Jlibene M., 1996, Mise au point des lignées iso-géniques de blé avec différents niveaux de résistance aux rouilles, à la septoriose et à la cécidomyie. Pp257-264, in Ezzahiri, Lyamani, Farih, E Yamani (Eds.) *Proceedings Symposium régional sur les maladies des céréales et légumineuses alimentaires*. UNDP-project/RAB/91/007, 11-14 Novembre 1996, Rabat.
- Jlibene, M. 2002: Une technologie pour démystifier la sécheresse: Variété de blé tendre combinant résistance à la sécheresse et haute productivité. Présenté pour prétendre au prix Hassan-II pour l'invention et la recherche dans le domaine agricole, au titre de 2003.
- Jlibene, M. 2004: Variété de blé tendre résistante à la sécheresse: une technologie pour maîtriser la sécheresse. Présenté pour prétendre au prix Hassan-II pour l'invention et la recherche dans le domaine agricole, au titre de 2005.
- Jlibene M., A. Amri, M. El Bouhssini, and O. G. Ferrara, 1993: Status of breeding wheat resistant to Hessian fly and Septoria tritici blotch in Morocco. Paper presented to the 8th International Wheat Genetics symposium Beijing, China, 20-25 July 1993.
- Jlibene M., et A. Chafai, 2003: Variétés de blé adaptées au Nord-ouest du Maroc. *Bulletin de Transfert de Technologie* n° 88.
- Jlibene M., M. Mergoum, M. Belhadri, M. Mekni, E. Smith. 1996: La variété de blé tendre 'Tilila combine souplesse et productivité. *Al Awamia* 92: 7-14.
- Miege, E. 1924. Sur les divers Triticum cultivés au Maroc. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles au Maroc*. Tome IV n°5 et 6. 30 juin 1924.

Najimi B., N. Boukhatem, S. El Jaafari, M. Jlibene, R. Paul, J.M. Jacquemin. 2002: Amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis of markers associated with H5 and H22 Hessian fly resistance genes in bread wheat. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2002 6(2), 79-85.

Tegyey, L. 1965: *Quelques observations sur l'amélioration des blés*. *Al Awamia* 16:23-42.

Tegyey, L., 1967. *Amélioration des blés durs au Maroc par hybridation inter- spécifique*. *Al Awamia* 24: 67-82.

Tegyey, L., 1968. *Le comportement des blés tendres mexicains au cours de la campagne 1968-69*. *Al Awamia* 26: 51-54.

Tegyey, L., 1972. *Variétés, états des travaux de sélection et de recherche*. *Les Cahiers de la Recherche Agronomique* 31: 33-39.

Tegyey, L., 1973. *Sélection et expérimentation des céréales d'automne au Maroc. Rapport d'activité pour la période 1960-1973*. *Direction de la Recherche Agronomique (INRA actuellement)*.

Schaller, C., Rasmusson, D. C., and Srivastava, J., 1982: *The review and recommendations on the cereal improvement program of Morocco*. Review organized by ICARDA at the request of the Director of INRA, Rabat, Morocco. *Rapport interne*. 11 pages.

Schaller, C., Scharen A. L., and Srivastava J., 1986: *Cereal improvement program in Morocco: review and recommendations*. Review organized by ICARDA at the request of the Director of INRA, Rabat, Morocco. *Rapport interne*. 8 pages.



# **FICHES TECHNIQUES DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE BLÉ TENDRE SÉLECTIONNÉES PAR L'INRA**



## Blé tendre Massira

### OBTENTION: INRA 1992

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed

Code: BT1747

Pedigree: L2266/1406.101//BUC's'/3/VPM/MOS  
83.11.4.8//NAC

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 46 qx/ha (14 environnements):

Rendement potentiel: 85 qx/ha en irrigué

(Tessout 91), 73 qx/ha en bour (Marchouch 91)

Gain sur Nasma: 21%

Gain sur Marchouch: 8%

Gain sur Achtar: 1%

Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante : Semi-naine (85 à 110 cm, selon les conditions)

Capacité de tallage: Moyenne

Cycle à la maturité: Semi précoce (autant que Marchouch)

Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Résistance moyenne

Rouille brune: Bonne résistance

Rouille noire: Bonne résistance

Rouille jaune: Bonne résistance

Cécidomyie: Bonne tolérance

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 45,23 mg

Poids spécifique: 83,74

Taux de protéine: 13 %

Alvéographe: W= 114; P= 49; G= 20; P/L= 0,64

Indice de Zeleny: 22

Hydratation: 53,4 %

Valeur meunière: Bonne



### RECOMMANDATIONS

Massira est recommandée pour le bour favorable et l'irrigué du fait de sa tolérance à la septoriose et pour le semi-aride du fait de sa tolérance à la cécidomyie. Elle est relativement adaptée à la montagne. Faibles valeurs boulangère et pastière. Assez bonne pour la biscuiterie.

## Blé tendre Rajae

### OBTENTION: INRA 1993

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed  
Code: INRA 1755  
Pédigrée: MOR's'/MON's'

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 40 qx/ha (17 environnements)  
Rendement potentiel: 110 qx/ha en irrigué (Afourer 93) et 82 qx/ha en bour (Marchouch 1991)  
Gain sur Nasma: 17%  
Gain sur Marchouch: 0%  
Gain sur Achtar: -10%  
Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 105 cm, selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Résistance moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance, moins à Tadla  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Bonne résistance  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 39,31 mg  
Poids spécifique: 82,10  
Taux de protéine: 13,08 %  
Alvéographe: W= 221; P= 81,5; G= 19,30;  
P/L= 1,06  
Indice de Zeleny: 39  
Hydratation: 56 %  
Valeur meunière: Bonne



### RECOMMANDATIONS

Rajae est recommandée pour les régions sub-humides (Gharb, Nord-ouest, et Irrigué) grâce à sa tolérance à la septoriose et aux rouilles. Elle répond favorablement à l'application des intrants. Bonne pour la boulangerie et pâtisserie.

## Blé tendre Amal

### OBTENTION: INRA 1993

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed  
Code: BT 1756  
Pédigrée: Bow's'/Buc's'

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 41 qx/ha (17 environnements)  
Meilleur rendement: 122 qx/ha en irrigué (Afouer 1993), 84 qx/ha en bour (Marchouch, 1991)  
Gain sur Nasma: 22 %  
Gain sur Marchouch: 5 %  
Gain sur Achtar: 2,63 %  
Stabilité: Bonne, réponse aux intrants légèrement supérieure à la moyenne



### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 85 à 120 cm, selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne, sensibilité à dose forte

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Résistance moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Bonne résistance  
Cécidomyie: Sensibilité

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 36,77 mg  
Poids spécifique: 82,10  
Taux de protéine: 12,67 %  
Alvéographe W: 231; P= 81; G= 17; P/L= 1,79  
Indice de Zeleny: 36,50  
Hydratation: 61,5 %  
Valeur meunière: Bonne

### RECOMMANDATIONS

Amal est une variété hautement productive aussi bien en bour qu'en irrigué, dépassant la variété Achtar, qui est considérée comme le meilleur témoin en rendement grain, de 2,63% . Elle est recommandée pour les régions sub-humides (Gharb, Nord-ouest, Saïs) et pour les zones irriguées grâce à sa résistance à la septoriose et aux rouilles. Bonne pour la boulangerie et pâtisserie.

## Blé tendre Mehdia

### OBTENTION: INRA 1993

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed  
Code: BT 1757  
Pédigrée: Kauz's'

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 44 qx/ha (17 environnements)  
Meilleur rendement: 109 qx/ha en irrigué (Afourer, 1993), 77 qx/ha en bour (Marchouch, 1991)  
Gain sur Nasma: 29 %  
Gain sur Marchouch: 15 %  
Gain sur Achtar: 1 %  
Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur: 70 à 105 cm, selon les conditions  
Tallage: Moyenne  
Précocité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensible  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Bonne résistance  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 35,50 mg  
Poids spécifique: 79,64  
Taux de protéine: 13,21 %  
Alvéographe: W= 220; P= 94; G= 76; P/L= 1,76  
Indice de Zeleny: 48  
Hydratation: 56 %  
Valeur meunière: Bonne



### RECOMMANDATIONS

Mehtia est recommandée pour le bour favorable et l'irrigué du fait de sa haute productivité. Elle doit être protégée en cas de fortes attaques de la septoriose. Elle peut être cultivée en semi-aride, en semis précoce. Bonne pour la pâtisserie et boulangerie.

## Blé tendre Tilila

### OBTENTION: INRA 1989

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, M.  
Mergoum et E. Smith  
Code: INRA 1736  
Pédigrée: Vee's'

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 45 qx/ha (17 environnements)  
Rendement potentiel: 81 qx/ha en irrigué (Afourer 1988), 80 qx/ha en bour (Marchouch 1988)  
Gain sur Nasma: 25%  
Gain sur Marchouch: 23%  
Gain sur Jouda: 17%  
Stabilité: Bonne, réponse aux intrants supérieure à la moyenne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 110 cm selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance moyenne, sensible à Tessaout; Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 39 mg  
Poids spécifique: 80  
Taux de protéine: 13,08 %  
Alvéographe: W= 340  
Indice de Zeleny:  
Hydratation:  
Valeur meunière: Bonne, taux d'extraction: 62%



### RECOMMANDATIONS

Tilila est recommandée pour le bour favorable, l'irrigué, le semi-aride et la montagne du fait de sa haute productivité, sa grande stabilité de rendement et sa résistance aux maladies. En semi-aride, le semis doit être précoce pour éviter de forts dégâts de la cécidomyie. Bonne pour la boulangerie et pâtisserie.

## Blé tendre Achar

### OBTENTION: INRA 1988

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, Ouassou A.,  
Bouchoutrouch M.  
Code: INRA 1723  
Pédigrée: Hork/Ymh//Kal/Bb

### PRODUCTIVITE

Renement moyen: 45 qx/ha (19 environnements)  
Rendement potentiel: 118 qx/ha en irrigué (Afourer,  
1993), 112 qx/ha en bour (Marchouch 1991)  
Gain sur Nasma: 26%  
Gain sur Marchouch: 11%  
Gain sur Jouda: 14%  
Stabilité: Bonne, réponse aux intrants supérieure à la  
moyenne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 115 cm, selon les condi-  
tions climatiques  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce à semi-tardive;  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Résistance moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance à Tessaout, sensibilité à  
Douyet et Afourer; Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 39,18 mg  
Poids spécifique: 81  
Taux de protéine: 13,4 %  
Alvéographe: W= 253; P= 130; G= 15; P/L= 2,82;  
AWRC= 71  
Gluténines HPM= 2\*, 5, 10, 17, 18  
Indice de Zeleny: 33 ml  
Hydratation: 62 %  
Valeur meunière: Bonne



### RECOMMANDATIONS

Achar est recommandée pour le bour favorable et l'irrigué du fait qu'elle est haute-  
ment productive, qu'elle valorise mieux les intrants, et qu'elle résiste à la septoriose.  
Elle doit être protégée à cause de sa vulnérabilité au rouilles jaune et brune. Elle peut  
être utilisée en montagne. Très bonnes valeurs boulangère et pâtissière.

## Blé tendre Kanz

### OBTENTION: INRA 1988

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, Ouassou A.,  
Bouchoutrouch M.

Code: INRA 1712

Pédigrée: Pavon's'/4/Pato(R)/Cal/3/7C//Bb/Cno

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen : 42 qx/ha (19 environnements)  
Rendement potentiel: 104 qx/ha en irrigué (Afourer,  
1993), 70 qx/ha en bour (Marchouch 1991)  
Gain sur Nasma: 18 %  
Gain sur Marchouch: 4 %  
Gain sur Jouda: 7 %  
Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

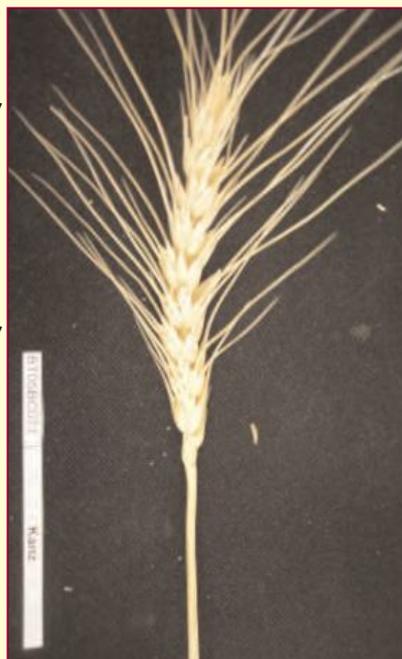
Hauteur de la plante: 85 à 115 cm selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance moyenne, sensible à Tadla et Tessaout,  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 44,10 mg  
Poids spécifique: 83,4  
Taux de protéine: 14,2 %  
Alvéographe: W= 287; P= 105; G= 21;  
P/L= 1,17; AWRC= 68  
Indice de Zeleny: 36,5 ml  
Hydratation: 63 %  
Valeur meunière: Très bonne



### RECOMMANDATIONS

Kanz est recommandée pour le bour favorable et le semi-aride. Elle tolère mieux le stress hydrique. Elle est très prolifique pouvant donner des rendements extra-ordinaires si récoltée à temps, car elle est sensible à l'égrenage en bonnes conditions climatiques. Très bonnes valeurs boulangère et pâtissière.

## Blé tendre Baraka

### OBTEINTION: INRA 1988

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, Ouassou A., Bouchoutrouch M.  
Code: INRA 1724  
Pédigrée: Pavon's'

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen : 40 qx/ha (16 environnements)  
Rendement potentiel: 83 qx/ha en irrigué (Tessaout, 1994), 64 qx/ha en bour (Marchouch 1988)  
Gain sur Nasma: 13%  
Gain sur Marchouch: -4%  
Gain sur Jouda: 0 %  
Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 100 cm selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Résistance moyenne  
Rouille noire: Résistance moyenne  
Rouille jaune: Résistance moyenne  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 39 mg  
Poids spécifique: 82  
Taux de protéine: 13,43 %  
Alvéographe: W= 232; P= 96; G= 20; P/L= 1,86;  
AWRC= 68  
Gluténines HPM= 2\*, 5, 10, 17, 18  
Indice de Zeleny: 36,34 ml  
Hydratation: 60 %  
Valeur meunière: Bonne



### RECOMMANDATIONS

Baraka est recommandée pour le bour favorable et le semi-aride. Elle peut aussi être cultivée en irrigué du fait de sa tolérance aux rouilles et à la verse. Valeurs boulangère et pastière bonne

## Blé tendre Khair

### OBTENTION: INRA 1988

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, Ouassou A.,  
Bouchoutrouch M.

Code: INRA 1725

Pedigree: Maya//LR64/LR64/3/TZPP/Y54//23584

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen:

40 qx/ha (16 environnements)

Rendement potentiel:

72 qx/ha en irrigué (Tessaout 1994),

66 qx/ha en bour (Marchouch 1991)

Gain sur Nasma: 13 %

Gain sur Marchouch: -4 %

Gain sur Jouda: 1 %

Stabilité: Bonne, réponse moyenne aux intrants

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 110 cm selon les conditions;

Capacité de tallage: Moyenne; Cycle à la maturité:

Semi précoce; Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Forte sensibilité

Rouille brune: Bonne résistance

Rouille noire: Bonne résistance Cécidomyie: Forte sensibilité

Rouille jaune: Résistance moyenne, sensible à Tessaout

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 37,33 mg

Poids spécifique: 83

Taux de protéine: 12,8 %

Alvéographe: W= 231; P= 110; G= 17; P/L= 1,86;

AWRC= 70

Indice de Zeleny: 33 ml

Hydratation: 61 %

Valeur meunière: Très bonne



### RECOMMANDATIONS

Khair est recommandée pour le bour favorable. Elle peut aussi être cultivée en irrigué du fait de sa tolérance aux rouilles et à la verse. Valeurs boulangère et pâtissière bonne.

## Blé tendre Marchouch

### OBTENTION: INRA 1984

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed, Ouassous A.,  
Bouchoutrouch M.

Code: Marchouch-8

Pédigrée: Kal/Ciano//8156\_/3/BT908

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 40 qx/ha (19 environnements)

Rendement potentiel: 107 qx/ha en irrigué (Afouer  
1993), 86 qx/ha en bour (Marchouch 91)

Gain sur Nasma: 13 %

Gain sur Jouda: 2 %

Gain sur Achtar: -9 %

Stabilité: Bonne, réponse aux intrants moyenne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 80 à 115 cm, selon les conditions

Capacité de tallage: Moyenne

Cycle à la maturité: Semi précoce Résistance à la verse:

Bonne, sensible en dose forte



### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne, plantule résistante;

Rouille brune: Bonne résistance, sensible à Saïs,

Tessaout et Tadla; Rouille noire: Bonne résistance

Rouille jaune: Résistance moyenne, sensible à Tadla;

Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 43,55 mg

Poids spécifique: 83,07

Taux de protéine: 13,9 %

Alvéographe: W= 238; P= 112; G= 17; P/L= 1,90;

AWRC= 73

Gluténines HPM= 2\*, 5, 10, 17, 18

Indice de Zeleny: 36,50 ml

Hydratation: 65 %

Valeur meunière: Très bonne

### RECOMMANDATIONS

Marchouch est recommandée pour le bour favorable à sols profonds, bien qu'elle présente une relative résistance à la sécheresse. Elle peut aussi être cultivée en irrigué du fait de sa tolérance aux rouilles et à la verse. Elle doit être protégée contre les maladies foliaires pour mieux exploiter son potentiel. Valeurs boulangère et pâtissière bonnes.

## Blé tendre Saïs

### OBTENTION: INRA 1985

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed  
Code: INRA 1615  
Pédigrée: Tob's'/NP//CC/INIA/3/Cha

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 42 qx/ha (19 environnements)  
Rendement potentiel: 82 qx/ha en irrigué (Tessaout 1994), 56 qx/ha en bour (Marchouch 1988)  
Gain sur Nasma: 19 %  
Gain sur Marchouch: 5 %  
Gain sur Jouda: 8 %  
Stabilité: Bonne, réponse aux intrants moyenne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 85 à 120 cm, selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne



### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance moyenne, sensible à Tadla  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 49 mg  
Poids spécifique: 84  
Taux de protéine: 12,1 %  
Alvéographe: W= 140; P= 40; G= 20; P/L= 0,49; AWRC= 58  
Gluténines HPM= 1, 5, 7, 8, 10  
Indice de Zeleny: 23  
Hydratation: 50 %  
Valeur meunière: Très bonne

### RECOMMANDATIONS

Saïs est recommandée pour le bour favorable et le semi-aride. Farine mieux adaptée pour la biscuiterie. Valeur boulangère moyenne et pâtissière faible. Il existe une variété sœur de nom 'Aguilal' qui est résistante à la cécidomyie et de mêmes caractéristiques.

## Blé tendre Saba

### OBTENTION: INRA 1984

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed  
Code: INRA 1710  
Pédigrée: NASMA/POTAM

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: 43 qx/ha (19 environnements)  
Rendement potentiel: 88 qx/ha en irrigué (Tessaout 1994), 62 qx/ha en bour (Marchouch 1994)  
Gain sur Nasma: 20 %  
Gain sur Marchouch: 6 %  
Gain sur Jouda: 9 %  
Stabilité: Moyenne, réponse aux intrants: bonne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 100 cm, selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Semi précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance, sensible à Tessaout  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance moyenne  
Cécidomyie: Sensible

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 41,65 mg  
Poids spécifique: 78,78  
Taux de protéine: 14 %  
Alvéographe: W= 210; P= 75; G= 22; P/L= 0,76;  
AWRC= 70  
Gluténines HPM= 5, 7, 9, 10  
Indice de Zeleny: 34 ml  
Hydratation: 57 %  
Valeur meunière: Moyenne



### RECOMMANDATIONS

Saba est recommandée pour le bour favorable. Il est préférable de la protéger contre les maladies foliaires en cas d'attaque sévère. Valeurs boulangères et pâtissière assez bonnes.

## Blé tendre Arrehane

### OBTEINTION: INRA 1997

Sélectionneur: Dr. Jlibene Mohammed et Abdalla Osman  
Code: BT1774 (ou L222)  
Pédigrée:

### PRODUCTIVITE

Rendement moyen: Meilleure variété en cas de cécidomyie  
Rendement potentiel: 80 qx/ha en irrigué  
Gain sur Achtar en semi-aride: 10 %  
Stabilité: Bonne; réponse aux intrants: bonne

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Hauteur de la plante: 75 à 100 cm, selon les conditions  
Capacité de tallage: Moyenne  
Cycle à la maturité: Précoce  
Résistance à la verse: Bonne

### REACTION AUX PRINCIPALES MALADIES

Septoriose: Sensibilité moyenne  
Rouille brune: Bonne résistance  
Rouille noire: Bonne résistance  
Rouille jaune: Résistance moyenne  
Cécidomyie: Très résistant (gène de résistance H5)

### CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Poids du grain: 37,15 mg  
Poids spécifique: 79,45  
Taux de protéine: 12,91 %  
Alvéographe: W= 253; P= 60; G= 24.25; P/L= 0,53;  
Gluténines HPM=  
Indice de Zeleny: 22.50 ml  
Hydratation: 58.75 %  
Valeur meunière: Moyenne, rendement farine: 51%



### RECOMMANDATIONS

Arrehane est recommandée pour le bour et l'irrigué, et toute situation d'infestation par la cécidomyie. Elle est adaptée au semis tardif aussi bien en irrigué qu'en bour. Valeurs boulangère et pâtissière assez bonnes.





# CHAPITRE III



## AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE L'ORGE



# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE L'ORGE

Saidi<sup>1</sup> Seddik, Jilal<sup>1</sup> A., Amri<sup>2</sup> Ahmed,  
Grando<sup>3</sup> Stefania et Ceccarelli<sup>3</sup> Salvatorei

*1: Institut National de la Recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique de Rabat,  
B.P. 415, Rabat, Maroc*

*2: Centre International de Recherche Agronomique  
pour les Régions Arides, Programme Régional Asie Ouest,  
BP 950764, Amman 11195, Jordanie*

*3: Centre International de Recherche Agronomique  
pour les Régions Arides, BP 5466, Alep, Syrie*

## Introduction

L'orge occupe le 4ème rang mondial en terme de superficie et de production. La culture d'orge est la plus répartie dans les zones agro climatiques, comparées à toutes les espèces cultivées. Elle s'étend de l'Ethiopie à la Norvège, de l'Argentine au Canada et du Japon à la Nouvelle Zélande. L'orge a de multiples usages, en industrie après maltage pour la fabrication de bière, alimentation animale et la nutrition humaine dans certains pays. Dans l'histoire du Maroc, l'orge a joué un rôle stratégique dans la sécurité alimentaire et la stabilité sociale. Depuis les Almoravides, toutes les dynasties qui ont succédé ont assuré leur pouvoir en se basant sur la sécurisation des stocks d'orge et du blé dur, appelés 'makhazen'. Ces stocks de sécurité assurent l'approvisionnement des populations pendant les périodes difficiles d'insécurité, sécheresses et épidémies. Ceux qui détiennent les makhazen tiennent le pouvoir, dans le jargon populaire jusqu'à nos jours, on trouve que le maghzen veut dire le pouvoir public (Rosembours, 1993). L'orge a toujours occupé de grandes surfaces, Grillot (1939) a rapporté des emblavures de 1.7 millions d'hectares en 1938.

Au Maroc, l'orge (*Hordeum vulgare L.*) est la céréale la plus cultivée. Elle est pratiquée dans toutes les zones agro écologiques grâce à ses larges possibilités d'adaptation à des conditions édapho-climatiques variées ainsi qu'à une forte intégration dans les systèmes de production végétale et animale des exploitations agricoles. Les trois quarts des superficies sont situées dans les zones arides, semi arides et les montagnes. Dans certaines régions, c'est la seule culture viable. L'orge est une culture de faibles intrants, elle est rarement fertilisée et peut être n'est

jamais désherbée. Elle est, toujours, cultivée pour plusieurs fins. Elle est utilisée comme aliment du bétail, d'une manière largement dictée par les conditions environnementales, en paille, grain et chaume et déprimée en bonne année. Dans une année extrêmement défavorable, la culture est pâturée pour contribuer à l'alimentation animale. Les stratégies adoptées par les agriculteurs qui cultivent l'orge pourraient être difficiles à interpréter si l'animal et non seulement la culture ne sont pas pris en considération comme produit attendu.

## 1. Place de l'orge dans l'agriculture

### 1-1 Importance économique

De part sa superficie et son intégration dans les systèmes de production végétales et animales, l'orge occupe une place importante dans le secteur céréalier. Elle génère 45 millions de journées de travail dans le secteur (Tableau 1), assurant ainsi 150.000 emplois permanents et contribue à 15% de l'emploi agricole. La valeur de la production est estimée en tout à 6 milliards de DH par an (MADRPM, 1998).

**Tableau 1** : Place de la filière orge en matière d'activités, revenu et d'emploi dans le produit intérieur brut agricole (PIBA) (MADRPM, 1998).

Valeurs	Activité	Production végétale	Production animale	Annexes	Total
Journées de travail (10 <sup>6</sup> )		30	10	5	45
Valeurs en DH (10 <sup>6</sup> )		3.5	1.5	1	

### 1-2 . Evolution de la superficie

L'orge occupe en moyenne 46% de toute la surface cultivée des céréales. Elle est cultivée dans toutes les régions agro-climatiques dont 80 % sont situées dans les régions arides et semi arides. La surface moyenne cultivée d'orge est estimée à 2.2 millions d'hectares (Figure 1), elle a augmenté de 200.000 ha depuis 1970. L'extension du blé tendre de ces dernières années, s'est faite au détriment de l'orge, en particulier dans les zones pluvieuses. L'orge est une culture des zones défavorables et des sols accidentés. Elle est localisée dans les zones les moins propices à l'intensification et à la diversification des cultures.

Au niveau régional, la structure de la superficie de l'orge dégage une certaine spécificité entre les régions. En effet, l'analyse de la répartition régionale de la superficie des deux dernières décennies, fait ressortir que l'orge est principalement cultivée dans les régions du Centre Sud (Settat, Khouribga, El Jadida, El Kalâa) du Sud (Safi, Marrakech, Essaouira et Agadir) et de

l'Oriental (Taza, Nador et Oujda). La superficie d'orge des trois régions représente 75% de la superficie totale (MADRPM, 1999).

### 1-3 . Production

La production nationale céréalière au Maroc est caractérisée par une irrégularité en raison des aléas climatiques qui conditionnent plus de 90% de la superficie céréalière. La production de l'orge, à son tour, n'échappe pas à cette règle. En effet, cette production qui n'a pas dépassé 6 millions de quintaux en 1994/95, a enregistré un record national de 38 millions de quintaux au cours de la campagne suivante (Figure 1). La production moyenne d'orge, au cours de la dernière décennie est de 21 millions de quintaux, niveau comparable à celui des années 70 (ONICL, 1999). Dans la structure de la production céréalière, l'orge représente actuellement 37% alors qu'elle est étai de 48% au cours des années 70 (Anonymat, 1999). Toutefois, les fluctuations inter annuelles de la production sont beaucoup plus importantes ces dernières années. Les rendements de l'orge sont stagnés depuis des décennies, malgré les travaux d'améliorations réalisés dans ce domaine (Saidi et al., 2001).

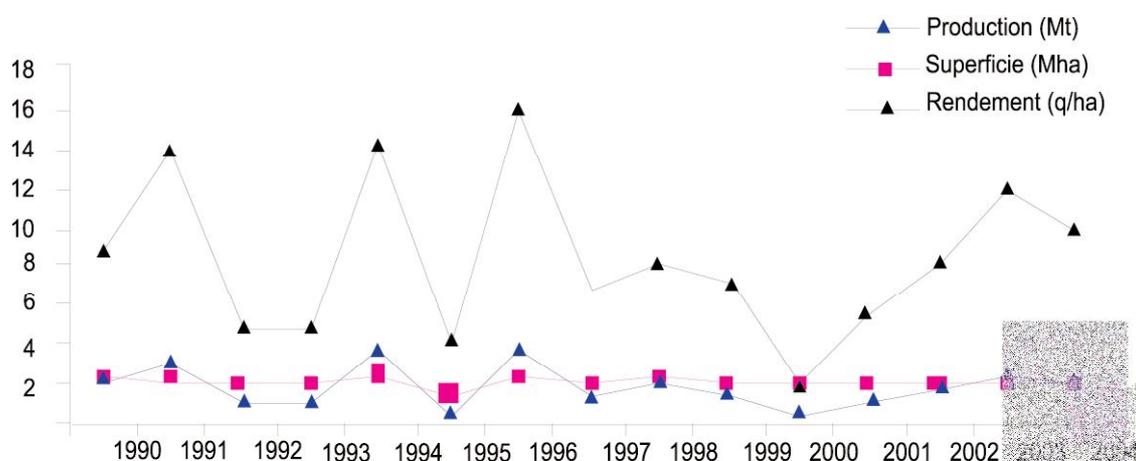


Figure 1 : Evolution de la superficie (en million d'ha), la production (en million de qx) et les rendements (en qx/ha) de la culture d'orge pendant les deux dernières décennies (FAO, 2005).

### 1-4 . Différentes utilisations d'orge au Maroc

L'orge a de multiples utilisations en alimentation humaine et animale. Celle-ci commence par le déprimage par les animaux pendant la période de décembre jusqu'à février. La paille d'orge est fortement appréciée par les agriculteurs et contribue de manière significative à l'alimentation du bétail. L'utilisation des grains d'orge est répartie entre 80% de la production pour alimenter les animaux et 20% pour la nutrition humaine. Celle-ci peut chuter selon les années à 14% (Belhadfa et al., 1992). La contribution annuelle des grains d'orge dans l'alimentation animale est estimée à 15 millions de quintaux en moyenne (Sekkat et Laghzali, 1997).

Le Maroc est au premier rang mondial dans l'utilisation d'orge dans la nutrition humaine (FAO, 1990). En effet, la consommation moyenne d'orge par habitant est estimée annuellement à 54.8 kg (Belhadfa et al., 1992 ; FAO, 2001). La consommation humaine d'orge varie avec les saisons et avec les régions. Elle est plus élevée pendant les années de sécheresse. En périodes défavorables, le besoin humain est prioritaire, ce n'est que le reliquat qui est destiné aux animaux. Une augmentation de la production d'orge est associée à la diminution de sa consommation. Ceci est dû au fait que les bonnes années de production sont aussi bonnes pour les autres céréales ou l'excédant d'orge est vendu pour acheter le blé tendre. L'orge est principalement employée dans la nourriture humaine, dans les régions de montagnes et méridionale du pays, surtout en zones rurales. Récemment, un regain d'intérêt d'orge pour la nutrition humaine a été noté dans les villes, se qui s'est traduit par l'apparition de quelques unités de transformation (orge ries). Une petite quantité d'orge, produite sous contrat avec les agriculteurs, a été employée pour produire le malte jusqu'à 1985, depuis le secteur de brasserie s'est tourné vers l'importation du malte.

## 2. Caractères taxonomiques et cytogénétiques de l'orge

L'orge cultivée est une espèce autogame, connue sous le nom scientifique de *Hordeum vulgare* L. Le genre *Hordeum* appartient à la tribu des *Triticeae*, famille des *Poaceae* (*Gramineae*), il inclut 32 espèces connues, largement distribuées à travers le monde. Ce genre comprend des espèces diploïdes ( $2n=2x=14$ ), tétraploïdes ( $2n=4x=28$ ), et hexaploïdes ( $2n=6x=42$ ). Bien que la majorité soit de la première catégorie (Briggs, 1978), l'espèce cultivée *H. vulgare* L. est diploïde. Son génome est estimé à environ  $5 \times 10^9$  pb (Arumuganathan et Earle, 1991). Le génome de l'orge a été bien caractérisé par la génétique classique et cytogénétique, plus de 1000 gènes sont connus (von Wettstein-Knowles, 1992). Une cartographie comparative entre le génome de l'orge et celui des autres espèces de la famille des *Triticeae* montre que les chromosomes 1 à 7 de l'orge sont les homologues des chromosomes 7H, 2H, 3H, 4H, 1H, 6H, 5H respectivement, des autres espèces de cette famille (Linde-Laursen et al. 1997).

L'orge est apparemment originaire du Sud Ouest de l'Asie (Zohary et Hopf, 1993, in Yadun et al., 2000). L'espèce sauvage *H. vulgare ssp spontaneum* C. Koch considérée comme ancêtre de *H. vulgare* L colonise toujours les habitats primaires du Croissant Fertile, à partir de la Palestine, Jordanie, Sud de la Turquie, l'Iraq Kurdistan et Sud Ouest de l'Iran (Harlan, 1968). Dans la même région, *H. spontaneum* occupe de vastes étendues d'habitats secondaires (Zohary, 1964, Harlan et Zohary 1966). Bien que le Croissant Fertile soit souvent cité comme centre d'origine de l'orge, diverses études ont proposé la possibilité d'existence d'autres centres d'origine ou de diversification tels que le Tibet, l'Ethiopie et l'Ouest de la Méditerranée. En effet, Molina-Cano et al. (1982) ont rapporté d'une part la présence de *H. spontaneum* dans le

Sud du Maroc et d'autre part, la dissemblance génétique entre les populations à six rangs marocaines et tibétaines, qu'elles ne peuvent pas être d'une même origine. Certains auteurs considèrent que le Maroc pourrait être un centre secondaire de domestication (Molina-Cano et al.1999; Zohary, 1999).

### 3. Problématique de la sélection

L'orge est cultivée dans toutes les régions du Maroc, allant des montagnes humides et froides aux vallées sèches et chaudes. C'est une culture des zones défavorables et des sols accidentés. Elle occupe toutes les zones les moins propices à l'intensification et à la diversification des autres cultures. Cette hétérogénéité des zones de culture présente un défi pour le sélectionneur. En effet, les interactions génotypes x environnements sont tellement fortes, qu'un seul programme de sélection ne suffit pas pour servir toutes les régions de culture.

Par ailleurs, l'orge est cultivée par les agriculteurs pour plusieurs utilisations qui diffèrent selon les systèmes de production. Dans les zones intensives, les techniques de production intègrent l'utilisation des variétés améliorées avec un haut rendement potentiel et des paquets technologiques (fertilisation minérale, pesticides, irrigation, etc..) destinés à améliorer les conditions de culture. L'objectif de la culture dans ces zones est la production des graines destinées à l'alimentation animale. Pour ces zones, tout programme de sélection doit viser comme objectif des variétés à haut rendement en gains et de teneur élevées en protéines et d'une faible teneur en fibres qui gênent la digestibilité.

Dans les zones d'agriculture de subsistance, qui renferment plus de 80% des superficies emblavées par l'orge, la situation est totalement différente. Ce type d'agriculture est pratiquée dans des environnements marginaux : caractérisés par un milieu difficile (sols pauvres, pente, faible pluviométrie annuelle, de mauvaise distribution), un retard important dans la mise en place de l'infrastructure de base (routes, pistes, eau potable, électricité, santé, école, etc..) et un faible développement des ressources humaines (taux d'an alphabétisation élevé, manque de qualification professionnelle). Dans ces zones, l'orge est cultivée pour la production grainières pour l'alimentation animale et la consommation humaines, et surtout à la production de paille. Celle-ci constitue une composante importante dans la ration alimentaire de survie, surtout pendant les années de sécheresse et les périodes de soudure. Ces différentes utilisations de l'orge ont été prises en considération dans l'amélioration ciblant ces environnements. Nous présentons dans le chapitre suivant les différentes étapes d'évolution de ce programme.

### 4. Historique du programme d'amélioration d'orge au Maroc

Les premiers travaux de sélection des variétés d'orge ont débuté dès les années 1920. Le programme, jadis mis en place, a visé l'amélioration des orges locales et l'introduction des variétés étrangères à deux rangs. Parmi une centaine de variétés originaires d'Europe, d'Amérique

et d'Australie, une dizaine ont été sélectionnées, parmi lesquelles Chevalier, Hannchen, Combesse, Guldkorn, Princesse et Prior (Grillot, 1939). La sélection dans les orges locales a permis d'identifier deux lignées intéressantes 077 et 071 (voir Fiches Techniques). La variété 077, nommée plus tard Rabat 77, est de précocité moyenne de 180 jours à Rabat. Elle est caractérisée par des graines jaunes de grande taille (3.5 à 5mm), d'un poids spécifique de plus de 60 kg/hl et de teneur moyenne de 12.5 % de protéine. Sa composition chimique justifie l'intérêt que les brasseries portent à cette variété. La variété 071, connue par la suite de Merzagua 71, est de même durée de cycle, mais plus productive que 077 dans le littoral atlantique. Ces deux variétés comparées aux précédentes, ont été nettement plus adaptées et plus productives. L'auteur a rapporté que les orges marocaines sont remarquablement adaptées aux conditions écologiques du pays. Quelles que soient les précipitations de l'année, les rendements sont toujours satisfaisants. Leur rusticité, qui n'exclut pas la productivité ni la qualité, provient de leur aptitude à végéter sous le rude climat du Maroc. L'utilisation jusqu'à présent de ces variétés et la disparition des variétés introduites prouvent le bien fondé de l'utilisation des orges locales.

En effet, les orges locales, utilisées depuis des siècles, sont produites et maintenues dans des systèmes extensifs, dans lesquels les agriculteurs produisent leur propre semence. Celles ci sont maintenues et modelées d'une génération à l'autre, sous l'effet conjugué de différentes pressions de sélection naturelle et humaine. Par conséquent, au fil du temps, les agriculteurs modifient la structure génétique des populations cultivées en sélectionnant des plantes présentant des caractères préférés. Progressivement, les populations locales acquièrent des caractéristiques d'adaptation spécifiques aux zones de leur culture telle que la tolérance à de nombreux stress biotiques et abiotiques inhérents à ces zones (tolérance à la sécheresse, synchronisation du cycle aux rythme des précipitations, au froid, à la salinité, etc..).

Par la suite, l'introduction des variétés d'orge à deux et à six rangs est suivie comme fondement de la sélection jusqu'à 1970. Les variétés Arig 8, issue du germoplasme italien et d'autres variétés européennes à deux rangs ont été impliquées dans les croisements visant l'amélioration de la qualité brassicole (Amri, 1992). Ce qui est à l'origine de la sélection de plusieurs variétés à deux rangs telles que Tamelalt, Asni, Azilal et autres (Fiches techniques).

A partir des années 1980, l'introduction des collections d'orge des USA a servi de base pour une autre phase du programme qui avait pour objectif la sélection des variétés précoces et d'indice de récolte élevé. Le germoplasme régénéré pendant cette période a servi dans une nouvelle version du programme de sélection mis en place par l'INRA un peu plus tard (Amri, 1993). La stratégie de sélection suivie repose sur les tests multi locaux pour rechercher les lignées à large adaptation dans les produits de croisements. Les parents impliqués sont issus du matériel génétique introduit des centres internationaux de recherche, particulièrement l'ICARDA. La sélection et l'évaluation du matériel génétique se font dans les stations expérimentales de l'INRA, prises comme zone test du programme, situées dans les zones agro écologiques différentes. Les réactions aux principales maladies (Oïdium, rayure réticulée, BYDV), les principales composantes de rendements et le rendement en grains constituent les critères de sélection utilisés. Une douzaine de variétés de haut rendement potentiel ont été sélectionnées (voir fiches techniques). Malgré leurs performances, les variétés sélectionnées ne représentent

pas plus de 5% des superficies emblavées. Leur manque d'adoption a été imputé à leur faible adaptation dans les conditions des agriculteurs (Saade, 1994). La mise en place d'une approche de sélection de variétés destinées aux zones extensives s'impose. Le chapitre suivant traite les différents éléments impliqués dans la nouvelle stratégie d'amélioration d'orge.

## 5. Programme actuel de sélection de variétés d'orge

Le programme d'amélioration mis en place est composé d'un certain nombre d'éléments, intégrés dans une stratégie ayant pour objectif l'amélioration et la stabilité des rendements. Ces éléments, soigneusement définis, sont en nombre de cinq :

- types de variétés visées (lignée pure, population améliorée)
- ressources génétiques formant la base génétique (landraces, variétés cultivées, variétés exotiques, espèces voisines de l'espèce cultivée) ;
- stratégies d'adaptation, stabilité de rendement et d'autres cibles (qualité) ;
- schémas de croisement et techniques de recombinaison et de création de la variation génétique ;
- plans et procédures de sélection (environnement de sélection, critères de sélection directe et indirecte, implication des agriculteurs dans la sélection, protocoles expérimentaux).

Cette stratégie est dynamique, elle peut évoluer dans le temps selon les nouvelles opportunités offertes par le progrès scientifique, fond disponible, politiques de sécurité alimentaire, changement dans les systèmes nationaux de production de semences, etc.

### 5-1. Types de variétés

Le programme de sélection est composé de deux sous programmes conduits en parallèle ayant deux objectifs distincts (Figure 2). Le premier vise la sélection des variétés lignées pures selon les méthodes conventionnelles destinées pour les zones favorables. Les domaines expérimentaux servent de zones tests. Les lignées recherchées sont celles qui présentent de hauts niveaux de rendements dans plusieurs environnements. Bien sûr, ces performances ne peuvent pas être réalisées sans adaptation aux différents environnements. Le second a pour objectif, la sélection des variétés populations destinées pour les environnements marginaux. Il a été rapporté que l'adoption aux aires défavorables des ressources génétiques et des procédures de sélection spécifiquement adaptées aux environnements favorables a contribué à l'échec d'un certain nombre de programmes d'amélioration dans plusieurs pays du monde (Simmonds, 1991 ; Ceccarelli, 1994). Il est donc nécessaire d'adopter les méthodes et le matériel génétique spécifiques à ce type de milieu. Dans les environnements marginaux, les agriculteurs utilisent les populations locales depuis des millénaires. Grâce à leur base génétique très large, ces populations ont pu s'adapter aux pratiques agricoles imposées par l'agriculteur (travail du sol, fertilisation, stocka-

ge, etc..) et aux conditions du milieu. Les aires de cultures des populations locales ont été localisées. Le pic d'adaptation correspondant à l'association des niveaux des caractères les plus appropriés aux facteurs de l'environnement les plus fréquents dans le site a été déterminé pour plusieurs zones, considérées aire de culture des populations locales. Ce pic d'adaptation n'est pas contenu dans une seule lignée, mais dans plusieurs, qu'il faut identifier pour s'en servir pour recomposer les populations 'améliorées'.

## 5-2 Ressources génétiques

Le germoplasme rassemblé est constitué de trois catégories, le matériel génétique international et les variétés améliorées, les populations locales cultivées et les espèces voisines. L'INRA entretient des relations de coopérations avec plusieurs pays (USA, Australie, France, Espagne) et Centre Internationaux de recherche (ICARDA, ACSAD) avec qui il assure l'échange de matériel génétique. Ce dernier referme des centaines de lignées et meilleures variétés cultivées dans le monde, utilisées en tant que matériel d'élite pour les caractères d'intérêt, telle que la tolérance à la sécheresse, résistance aux maladies communes et autres caractères de qualité. L'utilisation d'une lignée ou variété comme parent dans un programme de croisement doit vérifier deux conditions. La première concerne le niveau du ou des caractères considérés. Si le problème ne se pose pas pour les variétés déjà testées, ce n'est pas le cas pour les lignées nouvellement sélectionnées. Leur potentiel n'est pas connu à l'avance et nécessite donc des investigations. La seconde est l'aptitude à la combinaison de la lignée ou variété testée dans les tops cross. L'aptitudes générale et spécifique à la combinaison sont déterminées en utilisant la régression parent - descendance. Une fois ces deux paramètres génétiques sont confirmés, une lignée peut être admise comme parent dans le programme de croisement.

Le matériel local constitue un patrimoine génétique de base pour le programme de sélection. La majorité des espèces *Hordeum* sont présents au Maroc. Plusieurs espèces (*H. bulbosum*, *H. spontaneum*, *H. mimeri*), ont été échantillonnées lors des collectes, ce qui a permis de sauvegarder des centaines d'accessions (Amri, 1993, Amri et Ouabou, 2004). Celles-ci sont en cours d'évaluation, les meilleures lignées seront impliquées dans les croisements. Les populations locales d'orge cultivées ont fait l'objet de plusieurs collectes dans les principales régions de culture d'orge. Plus de 8000 lignées, jusqu'à présent, sont évaluées (Saidi, 2003, 2004, 2005). Une cinquantaine de lignées de différentes origines géographiques ont été sélectionnées pour le rendement et le niveau de résistance aux maladies communes (Oïdium et Rayure réticulée) et impliquées comme parents dans les programmes de croisements.

## 5-3 Critères de sélection

Les critères utilisés dans la sélection des lignées ont été déterminés à partir de différentes utilisations de la culture, en plus de l'adaptation à l'environnement. Ceux notés au stade végétatif sont :

- la vigueur au stade plantule,
- l'aptitude au tallage

- réaction aux maladies, suivie jusqu'à la fin du cycle (oïdium, rayure réticulée, BYDV).

Les autres caractères quantitatifs mesurés au stade reproducteur sont :

- durée du cycle à l'épiaison,
- longueur de l'épi
- hauteur de la plante.

Les caractères mesurés à la maturité sont :

- grosseur des grains,
- rendement en grains,
- rendement en paille,
- poids de 1000 grains,
- taux d'extraction des caryopses,
- taux de protéine,
- taux de bêta glucanes,
- teneur en sels minéraux.

## 5-4 Méthodes de sélection utilisées

### a) Environnements favorables

Pour les environnements favorables, la méthode adoptée repose sur les tests multi locaux pour sélectionner les variétés à large adaptation. De 300 à 450 croisements sont réalisés chaque année. La sélection et l'évaluation du matériel génétique se déroulent dans les environnements différents, représentés par les stations expérimentales, Marchouch pour les zones favorables (pluviométrie supérieure à 400 mm), Jemaat Shaim pour les zones semi aride (précipitation inférieure à 350mm) et Annaceur pour les zones d'altitude. Les populations sont conduites par la méthode pedigree, jusqu'à la génération F5 (Figure2). La phase de sélection et de stabilisation commence à partir de la F2 et peut continuer jusqu'à la F5 ou la F6 ou même par fois plus (jusqu'à ce qu'il n'ait plus de ségrégation).

Les essais de rendement constituent l'étape finale et la plus importante de la sélection. Ils sont divisés en trois groupes :

- les essais préliminaires,
- les essais intermédiaires,
- les essais avancés.

Les essais préliminaires commencent quand le matériel devient relativement stable (F5 à F6). La quantité de semence disponible à ce niveau est généralement limitée. Par contre, le nombre de lignées à tester à ce stade est assez grand. Pour cette raison, les nombres de localités et de lignées sont limités. Deux localités avec deux répétitions par localité sont souvent utilisées. Une année est suffisante pour porter un jugement sur les performances des différentes lignées. Celles, pour lesquelles on n'a pas pu se faire une idée exacte sur la performance, peuvent passer une année supplémentaire au niveau des essais préliminaires.

Pour les essais intermédiaires, la taille des parcelles augmente (12 à 15 m<sup>2</sup>) et le nombre de répétitions est de trois à quatre. Les lignées sont testées pendant une année. Deux lignes de l'extérieur de la parcelle sont éliminées pour réduire les effets de bordures.

Les essais avancés sont exécutés de la même manière que les précédents, seulement, le nombre de lignées est réduit et le nombre de répétitions est au moins quatre. Les lignées sont testées pendant deux années, au cours desquelles, les notations sont prises sur tous les caractères utilisés comme critères de sélection cités précédemment. La lignée la plus performante parmi celles-ci, est présentée pour l'inscription au catalogue national des variétés et plants.

#### **b) Environnement marginaux: sélection participative**

Dans le cas des environnements marginaux, la sélection doit viser des variétés à adaptation spécifique (Blum, 1988 ; Ceccarelli, 1996). La réponse à la sélection est maximum quand elle est conduite dans l'environnement cible pour les futures variétés (Patel et al., 1987; Simmond, 1991). La stratégie d'amélioration d'orge dans les environnements marginaux en combinant la sélection directe sous les conditions des agriculteurs (adaptation spécifique) et l'utilisation du germplasm localement adapté a été trouvée 28 fois plus efficace qu'une stratégie basée sur la sélection en conditions favorables et en utilisant un matériel autre que les populations locales (Ceccarelli, 1994).

Par ailleurs, l'évaluation des populations locales a permis de mesurer leurs potentialités de production et leur adaptation dans leur aire de culture (Saidi, 2003 ; 2004 ; 2005). Ce qui a abouti à la mise en place d'un germplasm diversifié et spécifiquement adapté pour maximiser le potentiel de production dans les différentes régions cibles. En outre, la comparaison des populations locales aux variétés améliorées a montré que ces dernières sont incapables de performer dans les conditions de l'agriculteur (travail superficiel du sol, sans fertilisation ni contrôle de mauvaises herbes). A la lumière de ces résultats, le programme d'amélioration d'orge dans les environnements marginaux a été individualisé et conduit dans les environnements cibles en intégrant les populations locales. La sélection s'opère dès les stades précoces du programme, conduit dans les parcelles des agriculteurs (Figure 2). La participation des agriculteurs à la sélection offre la solution au problème de l'adaptation à une multitude d'environnements cibles et à l'adoption des variétés sélectionnées. Bien que la sélection décentralisée et la participation des agriculteurs puissent être indépendantes, l'acceptation de la première comme stratégie de l'amélioration impose l'acceptation de la seconde comme tactique inévitable.

Les premiers travaux de la sélection décentralisée, à travers l'approche participative des agriculteurs, ont été réalisés avec une gamme de lignées pures d'origine exotique (Ceccarelli et al., 2001). Il a été rapporté une forte participation des agriculteurs à la sélection des lignées. Toutefois, les critères de sélection utilisés par les agriculteurs sont orientés beaucoup plus vers la biomasse totale (hauteur, rendement en paille) que le rendement en grains. Parmi le matériel génétique testé, peu de lignées ont été adoptées par les agriculteurs à cause de leur faible biomasse par rapport aux populations locales.

D'autres travaux, ont fait suite aux précédents tout en apportant des améliorations au niveau du matériel génétique utilisé et de la méthodologie suivie jusqu'alors (Saidi, 2004 ; 2005). L'utilisation des populations locales bien adaptées a été combinée à la sélection directe dans les environnements cibles et sous les conditions des agriculteurs. L'objectif est l'amélioration des populations locales adaptées à leur environnement en jouant sur leur composition génotypiques.

Les populations locales recomposées à partir de lignées sélectionnées pour leurs performances, ont été testées dans leurs environnements d'origine chez les agriculteurs. Quatre critères d'appréciation des populations d'orge sont utilisés par les agriculteurs (Saidi, 2003 ; 2004). Le rendement en grains est le premier critère et le plus commun, ayant une fréquence de 60%. La grosseur des grains est classée en deuxième position, elle précède le rendement en paille. Celui-ci est jugé en général par la hauteur de la plante, mais certains agriculteurs plus attentifs, utilisent aussi le nombre de talles par pied. La longueur de l'épi représente l'indice de la fertilité utilisé par 30% des agriculteurs. La sélection pratiquée par les agriculteurs a permis de retenir au moins une population par localité.

## 6. Acquis et réalisations

Les efforts investis dans le programme d'amélioration d'orge au cours des deux dernières décennies ont abouti à la sélection de 12 nouvelles variétés (Fiches techniques). Les gains de rendements réalisés sont de 50% par rapport aux variétés anciennes, grâce à une augmentation dans l'indice de récolte et un meilleur niveau de tolérance à la sécheresse et aux maladies communes (Oïdium, rayure réticulée, BYDV). Cependant, la production en paille a connu une baisse nette à cause de la réduction dans la hauteur des variétés.

Les travaux de prospections réalisées ont abouti à la collection et l'évaluation de plus de 8000 lignées d'orge, réparties sur 120 accessions. Ces prospections n'ont touché jusqu'à présent que les régions de Haut Atlas Occidental (Azilal), régions de Taounate, Chaouia et Abda. Ce germplasm diversifié et spécialement adapté est impliqué dans le programme national d'amélioration (Figure 2). Les populations d'orge composées à partir des lignées sélectionnées ont été testées dans les conditions des agriculteurs. Les populations Pop 176 et Pop185 ont été sélectionnées respectivement dans les sites de Bouhrazene et Ait Oulaidi à Azillal ; les populations Pop1 et Pop 20 ont été sélectionnées respectivement dans les sites de

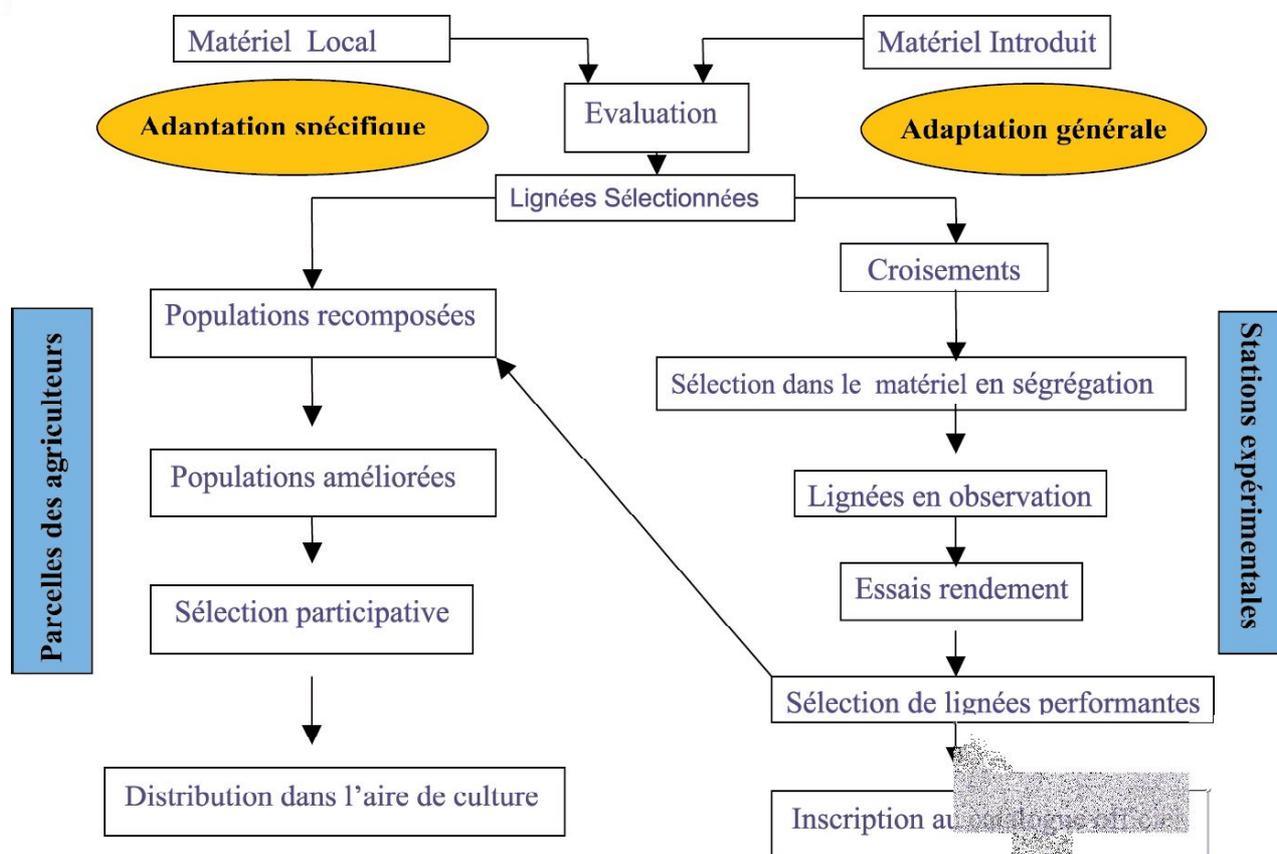


Figure 2 : Schéma simplifié de stratégie de sélection de variétés d'orge au Maroc (Saidi, 2003)

Sidi Sennoun et Ain Mediouna dans la région de Taounate. Ces populations sélectionnées ont dépassé celles utilisées par les agriculteurs de 20% à 40% en rendement (Saidi et al, 2004). L'implication des agriculteurs dans le processus de sélection garantit l'adoption de nouvelles variétés. En plus, la sélection par l'approche participative permet la régénération et le maintien de la diversité génétique des populations locales.

## 7. Coopération et partenariat

L'exécution du programme d'amélioration d'orge, offre l'occasion de développer des liens de coopération fructueuse avec plusieurs centres de CGIAR et des universités européennes et américaines. Dans ce sens, nous travaillons dans le cadre d'un partenariat exemplaire avec le programme d'orge de l'ICARDA. Ce dernier a développé une expérience originale en l'amélioration d'orge dans les environnements marginaux. Ce progrès est mis à la disposition de la région dont le Maroc est parmi les premiers bénéficiaires. De même, une grande et fructueuse coopération a été développée en matière de la conservation des ressources génétiques avec l'IPGRI. Le programme d'orge a profité pour intégrer la conservation et la valorisation des ressources

génétiques locales d'orge. D'autres liens de coopération ont été développés avec les universités d'Espagne (Projet Orge en présentation commune avec l'Université de Lleida), de France (Réseau de sélection participative avec l'INRA de Montpellier) et des USA (University of California, State University of Minnesota et State University of Arkansas). Enfin, le programme d'orge entretient des relations très étroites avec l'ACSAD.

## 8. Perspectives

La collecte des orges locales continuera à raison d'au moins une région par an, dans le but de toucher tous les différents agroécosystèmes d'orge. Les collections seront évaluées sur le plan morphologique, agronomique et moléculaire pour identifier les gènes d'intérêt économiques.

Les données obtenues serviront, avec l'utilisation du GIS, pour l'élaboration des cartes de distribution des gènes de tolérance aux stress abiotiques (sécheresse, salinité, froid) et biotiques (Oïdium, rayure réticulée, BYDV, mouche de Hesse). Les régions identifiées seront utilisées comme zones cibles dans le programme d'amélioration. En procédant ainsi, nous déterminons l'échelle d'utilisation de l'adaptation spécifique.

Les ressources génétiques analysées seront impliquées dans le programme d'amélioration. A court terme, les lignées performantes seront utilisées dans la recombinaison des populations 'améliorées'. L'introduction de la stérilité male aboutira, à long terme, à une sorte de variétés synthétique. De même, les lignées performantes seront impliquées dans les programmes de croisements pour la sélection des variétés lignées pures pour les zones favorables.

La participation des agriculteurs dans le programme de sélection des variétés d'orge constitue une composante essentielle de la stratégie d'amélioration d'orge dans les environnements marginaux.

La collecte et l'évaluation des ressources génétiques d'orge ont permis la création d'un portefeuille d'options de développement pour hausser le bénéfice de la diversité génétique locale de l'orge et la mise au point des méthodes de gestion des données pour intégrer sa conservation dans le développement agricole.

En outre, l'accumulation des données permettra l'élaboration des modèles théoriques de simulations pour étudier à long terme tous les scénarios probables, en tenant compte des changements climatiques, socio économiques et démographiques pour la conservation des ressources génétiques d'orge.

## Références

- Amri, A. 1992. *Caractérisation de l'environnement et stratégies d'amélioration génétique de l'orge. Mémoire pour le concours d'ingénieur en chef, INRA, Rabat, 120 pp.*
- Amri, A. 1993. *Comparison of performances of barley, wheat and critical varieties. pp 62-70 in : Project report IFAD/ICARDA/Maghreb, Settat, January, 1993.*
- Amri, A. et H. Ouabou. 2005. *Rapport de collecte des céréales dans le Moyen et Haut Atlas, Project INRA / ICARDA, MCGPG No 167, 2004, 5pp.*
- Anonymat. 1999. *Diagnostic de la filière d'orge au Maroc. Rapport provisoire, MA DRPM/DPAE, 81pp.*
- Arumuganathan K, Earle ED. 1991. *Nuclear DNA content of some important plant species. Plant Molecular Biology Reporter, 9: 208-218.*
- Belhadfa H., A. Bentasil, E.A. Chafaai et M. Mekkaoui. 1992. *Evolution de la production et de la consommations des trois principales céréales au Maroc, au cours des cinquante dernières années. Document stéréoscopique, 67pp.*
- Blum, A. 1988. *Plant Breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida*
- Briggs DE. 1978. *Barley, Chapman Hall, London, 612 p.*
- Ceccarelli, S. 1994. *Specific adaptation and breeding for marginal conditions. Euphytica 77:205-219.*
- Ceccarelli, S. 1996. *Positive interpretation of genotypes by environment interaction in relation to sustainability and biodiversity, In: M. Copper & G.L. Hammers (Eds), Plant Adaptation and Crop Improvement, pp 467-486. CAB International, Wallingford, UK, ICRISAT, Andhra Pradesh, India, IRRI, Manila Phillipines.*
- Ceccarelli, S., S. Grnado, E. Bailey, A. Amri, M. El-Felah, F. Nassif, S. Rezgui & A. Yahyaoui. 2001. *Farmer participation in barley breeding in Syria, Morocco and Tunisia. Euphytica 122:521-536. FAOSTAT Agriculture. 1990, 2001, 2005, <http://www.fao.org/waicent/faostat/agriculture/prcd>*
- Grillot, G. 1939. *Les meilleures variétés d'orge. Extrait de la Terre Marocaine N° 116.*
- Harlan J.R. 1968. *On the origin of barley. USDA Agriculture Handbook 338: 9-31.*
- Harlan JR, Zohary D. 1966. *Distribution of wild wheats and barley. Science, 153: 1074-*
- Linde-Laursen I, Heslop-Harrison JS, Shepherd KW, Taketa S. 1997. *The barley genome and its relationship with the wheat genomes. A survey with an internationally agreed recommendation for barley chromosome nomenclature. Hereditas, 126: 1-16.*

Ministère de l'Agriculteur du Développement Rural et de la Pêche Maritime (MADRPM). 1998. *Diagnostic de la Filière orge au Maroc*. Pp 81.

Molina-Cano JL, Gómez-Campo C, Conde J. 1982. *Hordeum spontaneum* C. Koch as a weed of barley fields in Morocco. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 88. 161-167.

Molina-Cano JL, Moralejo M, Igartua E, Romagosa I. 1999. Further evidence supporting Morocco as centre of origin of barley *Theoretical & Applied Genetics*, 98: 913-918.

ONICL. 1999. *Situation du marché de l'orge au Maroc*. ONICL/DEI/SEE, Documentation, Maroc, 24 pp.

Rosenberger, B. 2001. *Société, Pouvoir et Alimentation, Nourriture et précarité au Maroc pré-colonial* pp350.

Saade, E.M. 1994. *Constraints to the adoption of new barley varieties in Morocco*. Report Project INRA/DPV-MARA/ICARDA, Rabat, 1994, pp 88.

Saidi S. 2002. *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity: Moroccan component of the IPGRI Global project annual Report of the Azilal and the Cereal mode (LOA, 02/42)* 60 pages.

Saidi S. 2003. *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity : Moroccan component of the IPGRI Global project annual Report of the Azilal and the Cereal mode (LOA, 02/42)* 60 pages.

Saidi S. 2004. *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity : Moroccan component of the IPGRI Global project annual Report of the Azilal and the Cereal mode (LOA, 02/38)*. 75 pages.

Saidi S. 2005. *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity : Moroccan component of the IPGRI Global project annual Report of the Azilal and the Cereal mode (LOA, 02/42, 02/38, 02/52)*. 120pages.

Saidi S., A. Lemtouni, A. Amri, and El Mouden. 2001. *Use of Barley Grain for Food in Morocco*. In: *Food barley: Importance, Users and Local Knowledge*, (edis) Stefania Grandon, H.Gomez Macpherson, ICARDA, pp: 17-21.

Saidi S., Jilal A., Lhaloui S., Grando S., Cecearelli S. 2004. *Farmer Participatory Breeding Approach in Barley Improvement*. In: *Development and adoption of improved varieties and elite lines of cereals, food legumes and forage crops*, edit Sakr, PROJECT INRA / ICARDA, No 167 – 2004.

Sekkat, A. et M. Leghazali (1999). *Utilisation d'orge dans l'alimentation animale*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Rabat, Document stéréographique, 5 pp.

Simmonds, N.W. 1991. *Selection for local adaptation in plant breeding program*. *Theo Appl. Genet.* 82 : 363-367.

von Wettstein-Knowles P. 1992. *Cloned and Mapped Genes: Current Status*. In *Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology*, ed. P.R. Shewry. Wallingford, UK: CAB International, pp. 73-98.

Yadun SL, Gopher A, Abbo S. 2000. *The cradle of agriculture*. *Science*, 288: 1602-1603.

Zohary D. 1964. *Spontaneous brittle six-row barleys, their nature and origin*. In: *Barley Genetics I*. Eds. S. Broekhuizen, G. Dantuma, H. Lamberts, W. Lange, Pudoc, Wageningen, 27-31.

Zohary D. 1999. *Monophylitic vs polyphylitic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46: 133-142.



# **FICHES TECHNIQUES DES PRINCIPALES VARIÉTÉS D'ORGE SÉLECTIONNÉES PAR L'INRA**



## Orge Annaceur

Année d'inscription : **1991**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Rendement maximum réalisé : **75qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : moyennement sensible**
- **Oïdium : moyennement sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones favorables, semi arides et arides**

Poids de mille grains : **45 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **84.9%**

Taux en farine : **59.9%**

Taux de protéines : **12%**

$\beta$ -glucane : **5.4%**



## Orge Aglou

Année d'inscription : **1988**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **75qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante : **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : résistante**
- **Oïdium : moyennement sensible**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement sensible**
- **Rouille jaune : moyennement sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **moyennement tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones favo-**



Poids de mille grains : **43 g**

Poids à l'hectolitre : **moyen**

Rendement à l'extraction : **86%**

Taux en farine : **67%**

Taux de protéines : **15%**

$\beta$ - glucane : **5.4%**



## Orge Asni

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel originaire de CIMMYT**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **72qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **moyenne à courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : résistante**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **résistante**

Sécheresse : **sensible**

Salinité : **sensible**

Zones de culture préconisées : **Zones favo-**



Poids de mille grains : **41 g**

Poids à l'hectolitre : **moyen**

Rendement à l'extraction : **86.9%**

Taux en farine : **67%**

Taux de protéines : **12%**

$\beta$ -glucane : **2.8%**



## Orge Tissa

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel originaire de CIMMYT**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **75qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement tardive**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : résistante**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **résistante**

Sécheresse : **sensible**

Salinité : **sensible**

Zones de culture préconisées : **Zones favo-**



Poids de mille grains : **44 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **86.5%**

Taux en farine : **65.9%**

Taux de protéines : **12.3%**

$\beta$ -glucane : **3.6%**



## Orge Rabat 071

Année d'inscription : **1982**

Origine : **Matériel Marocain**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé: **60qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **tardive**

Hauteur de la plante: **longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : résistante**
- **Rouille jaune : résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones favorables et montagnes**



Poids de mille grains : **43 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **77%**

Taux en farine : **59.2%**

Taux de protéines : **12.3%**

$\beta$ -glucane : **5.9%**



## Orge ACSAD 60

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel de l'ACSAD**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **précoce**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : moyennement résistante**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones semi arides et arides**



Poids de mille grains : **45 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **85.9%**

Taux en farine : **66%**

Taux de protéines : **12.9%**

$\beta$ -glucane : **5.4%**



## Orge Tiddas

Année d'inscription : **1988**

Origine : **Matériel de CIMMYT**

Type : **deux rangs**

Rendement potentiel : **72qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : moyennement sensible**
- **Oïdium : résistante**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : résistante**
- **Rouille jaune : résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones arides**



Poids de mille grains : **46.4 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **86.1%**

Taux en farine : **65.9%**

Taux de protéines : **12%**



## Orge ACSAD 68

Année d'inscription : **1985**

Origine : **Matériel d'ACSAD**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement tardive**

Hauteur de la plante : **longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **moyennement sensible**

Salinité : **moyennement sensible**

Zones de culture préconisées : **Zones favo-**



Poids de mille grains : **45.3 g**

Poids à l'hectolitre : **élevé**

Rendement à l'extraction : **86.5%**

Taux en farine : **61.6%**

Taux de protéines : **12.8%**



## Orge ACSAD 176

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : résistante**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **tolérante**

Salinité : **moyennement tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones semi arides et arides**



Poids de mille grains : **47 g**

Poids à l'hectolitre: **élevé**

Rendement à l'extraction : **85.9%**

Taux en farine : **60.6%**

Taux de protéines : **13%**



## Orge Arig 8

Année d'inscription : **1982**

Origine : **Matériel originaire d'Italie**

Type : **six rangs**

Rendement potentiel : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement tardive**

Hauteur de la plante: **haute**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement sensible**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **moyennement sensible**

Zones de culture préconisées : **Zones semi arides et arides**

Poids de mille grains : **45 g**

Poids à l'hectolitre: **élevé**

Rendement à l'extraction : **78.9%**

Taux en farine : **61.2%**

Taux de protéines : **12.6%**



## Orge Barlis

Année d'inscription : **1982**

Origine : **Matériel Marocain**

Type : six rangs

Rendement potentiel : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **tardive**

Hauteur de la plante: **haute**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : moyennement sensible**
- **Rouille brune : résistante**
- **Rouille jaune : résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **sensible**

Zones de culture préconisées : **Zones de montagne**



Poids de mille grains : **44 g**

Poids à l'hectolitre: **élevé**

Rendement à l'extraction : **78.2%**

Taux en farine : **59.2%**

Taux de protéines : **13%**



## Orge Merzagua

Année d'inscription : **1982**

Origine : **Matériel Marocain**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **tardive**

Hauteur de la plante: **haute**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : sensible**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : résistante**
- **Rouille jaune : résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **sensible**

Sécheresse : **moyennement sensible**

Salinité : **sensible**

Zones de culture préconisées: **Zones de montagnes**



Poids de mille grains : **41.7 g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **76.2%**

Taux en farine : **58%**

Taux de protéines : **14%**



## Orge Tamelalt

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel d'origine européenne**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : moyennement résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement résistante**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement sensible**

Sécheresse : **moyennement sensible**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones**



Poids de mille grains : **44 g**

Poids à l'hectolitre : **moyen**

Rendement à l'extraction : **76%**

Taux en farine : **62%**

Taux de protéines : **12%**



## Orge Azilal

Année d'inscription : **1984**

Origine : **Matériel d'origine européenne**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précococ**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : moyennement résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement résistante**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement sensible**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones semi arides et arides**



Poids de mille grains : **43 g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **77%**

Taux en farine : **60%**

Taux de protéines : **12.4%**



## Orge Igrane

Année d'inscription : **1996**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **62qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **moyennement longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : moyennement résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement résistante**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **moyennement tolérante**



Poids de mille grains : **44g**

Poids à l'hectolitre : **moyen**

Rendement à l'extraction : **75%**

Taux en farine : **62%**

Taux de protéines : **11%**



## Orge Taffa

Année d'inscription : **1994**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **six rangs**

Rendement potentiel : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **moyennement longue**

Résistance à :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oidium : moyennement résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement résistante**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : moyennement résistante**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **moyennement tolérante**



Poids de mille grains : **43g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **86%**

Taux en farine : **65%**

Taux de protéines : **12.7%**



## Orge Massine

Année d'inscription : **1994**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé : **70qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **moyennement longue**

Résistance à :

- **rayure réticulée : moyennement sensible**
- **Oïdium : moyennement résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement sensible**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : moyennement sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **moyennement tolérante**

Poids de mille grains : **44g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **85%**

Taux en farine : **64%**

Taux de protéines : **13%**



## Orge Ossama

Année d'inscription : **1995**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **six rangs**

Rendement maximum réalisé: **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : moyennement sensible**
- **Oïdium : moyennement sensible**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **moyennement tolérante**

Salinité : **tolérante**

Zones de culture préconisées : **Zones semi**



Poids de mille grains : **45g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **84%**

Taux en farine : **66%**

Taux de protéines : **12%**



## Orge Amira

Année d'inscription : **1996**

Origine : **Matériel d'ICARDA**

Type : **six rangs**

Rendement potentiel : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **moyennement longue**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : moyennement sensible**
- **Oïdium : résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : sensible**
- **Rouille jaune : sensible**
- **BYDV : moyennement sensible**

Verse : **résistante**

Sécheresse : **sensible**

Salinité : **sensible**



Poids de mille grains : **45g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **85%**

Taux en farine : **66%**

Taux de protéines : **12.4%**



## Orge Amalou

Année d'inscription : 1997  
Origine : Matériel d'ICARDA  
Type : six rangs  
Rendement maximum réalisé : 65qx/ha  
Précocité à l'épiaison : précoce  
Hauteur de la plante: courte  
Réactions aux maladies :

- rayure réticulée : sensible
- Oïdium : moyennement résistante
- Rhynchosporiose : sensible
- Rouille brune : moyennement résistante
- Rouille jaune : moyennement résistante

BYDV : sensible  
Verse : moyennement résistante  
Sécheresse : moyennement tolérante  
Salinité : moyenne tolérante  
Zones de culture préconisées : Zones semi arides et arides



Poids de mille grains : 45g  
Poids à l'hectolitre: moyen  
Rendement à l'extraction : 86%  
Taux en farine : 67%  
Taux de protéines : 12.2%



## Orge Adrar

Année d'inscription : **1998**

Origine : **Matériel originaire de Montpellier**

Type : **deux rangs**

Rendement maximum réalisé : **65qx/ha**

Précocité à l'épiaison : **moyennement précoce**

Hauteur de la plante: **courte**

Réactions aux maladies :

- **rayure réticulée : sensible**
- **Oïdium : résistante**
- **Rhynchosporiose : sensible**
- **Rouille brune : moyennement résistante**
- **Rouille jaune : moyennement résistante**
- **BYDV : sensible**

Verse : **moyennement résistante**

Sécheresse : **sensible**

Salinité : **sensible**



Poids de mille grains : **42g**

Poids à l'hectolitre: **moyen**

Rendement à l'extraction : **85%**

Taux en farine : **66%**

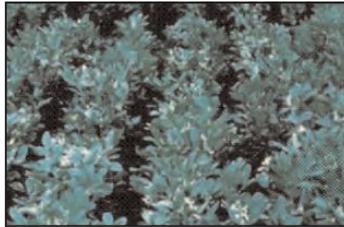
Taux de protéines : **12%**







# CHAPITRE IV



## AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA FÈVE ET FÉVEROLE





# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA FÈVE ET FÉVEROLE

Fatemi<sup>1</sup> Zain El Abidine, Sakr<sup>2</sup> Bouazza  
et Abbad Andaloussi<sup>3</sup> Fouad

*1: Institut National de la Recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique, B.P. 578, Meknès*

*2: Institut National de la recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat,  
B.P. 589, Settat, Maroc*

*3: Institut National de la recherche Agronomique,  
Division Scientifique, BP 415 RP, Rabat, Maroc*

## Introduction

Principale légumineuse alimentaire au Maroc, la fève occupe 43% de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires. Elle est suivie du pois chiche (19%), de la lentille (14%) et du pois (9%) (MADRPM, 2002). Grâce à ses multiples rôles sur le plan agro-biologique et socio-économique la fève reste une composante essentielle dans les systèmes de production agricoles marocains. En plus de ces intérêts agro-économiques, la fève constitue l'une des principales sources de protéines pour la consommation humaine et animale. Sa richesse en protéine est de l'ordre de 25 à 35 % (Bond et al, 1980). Elle contribue à combler le déficit protéique des régimes alimentaires à base des céréales de la majorité des familles marocaines.

Au Maroc, la production de la fève se trouve concentrée dans deux zones principales, à savoir le Sais et le pré-Rif (Ouazzane, Chefchaouen, Taounate, Taza) et dans la région ouest centrale du pays (Chaouia, Abda et Dokkala). La production moyenne annuelle de la fève est de l'ordre de 152 000 t, fluctuant entre un maximum de 345000 t récolté en 1974 et un minimum de 16000 t obtenu en 1993. Le rendement moyen national reste très faible (820 kg/ha) et très variable, entre 1520 kg/ha obtenu en 1974 et 180 kg/ha en 1993 (MADRPM, 1999).

Malgré cette importance, la superficie emblavée annuellement par la fève n'a cessé de régresser au cours des dix dernières années. Cet abandon progressif est dû au fait que la culture des fèves est devenue peu sinon non rentable. D'une part, les rendements sont très faibles à cause d'un certain ensemble de contraintes d'ordre technique, climatique et cultural et, d'autre part, les coûts de production sont élevés, notamment à cause de la forte implication de la main d'œuvre dans les différentes opérations de production. Sur le plan technique, la fève est encore cultivée d'une manière traditionnelle caractérisée par un travail grossier de sol, un semis tardif et un très faible entretien de la culture. En plus, la

majorité des semences utilisées ne sont pas sélectionnées et proviennent de populations locales non améliorées. D'importantes pertes sont occasionnées annuellement durant le stockage des graines souvent pratiqué dans des structures traditionnelles moins performantes.

Au niveau variétal, le nombre de variétés améliorées actuellement disponible est très limité et ne peut répondre de manière adéquate à la demande des différentes zones agro-écologiques. Dans le but de contribuer à la solution au problème d'insuffisance variétale, l'INRA, à travers son programme d'amélioration génétique de la fève vise le développement de nouvelles variétés à haut potentiel de rendement, stables vis-à-vis des changements climatiques et tolérantes aux principales maladies et ravageurs de la culture. Le présent document consiste à décrire la stratégie d'amélioration génétique suivie à l'INRA pour développer des variétés de fève et présenter les acquis et progrès réalisés dans ce domaine.

## 1. Présentation de l'espèce

C'est à la lumière des caractéristiques biologiques et reproductives de l'espèce à améliorer que se fait le choix de la stratégie d'amélioration à adopter et des méthodes de sélection à utiliser pour développer des variétés de cette espèce.

### 1-1 Origine et taxonomie de la fève

La plupart des formes primitives de la fève ont été trouvées dans la région d'Afghanistan et au Nord de l'Inde, ce qui suggère que cette espèce a pris naissance dans le sub-continent indien. Selon Shultze-Motel (1972), la fève était déjà cultivée pendant la période Néolithique.

La fève (*Vicia faba* L.) est une espèce diploïde ( $2n=2x=12$ ) qui appartient à la famille des fabaceae. La classification interspécifique de *V. faba* L. est basée principalement sur la taille de la graine. Muratova (1931) a distingué deux sous-espèces: *paucijuga* et *eu-faba*. Dans le groupe *eu-faba* cette classification distingue trois variétés botaniques (major, minor et équina) (Schéma 1). Se basant sur des différences morphologiques, Hanelet (1972) a déterminé deux sous-espèces: *Vicia faba faba* et *Vicia faba minor*.

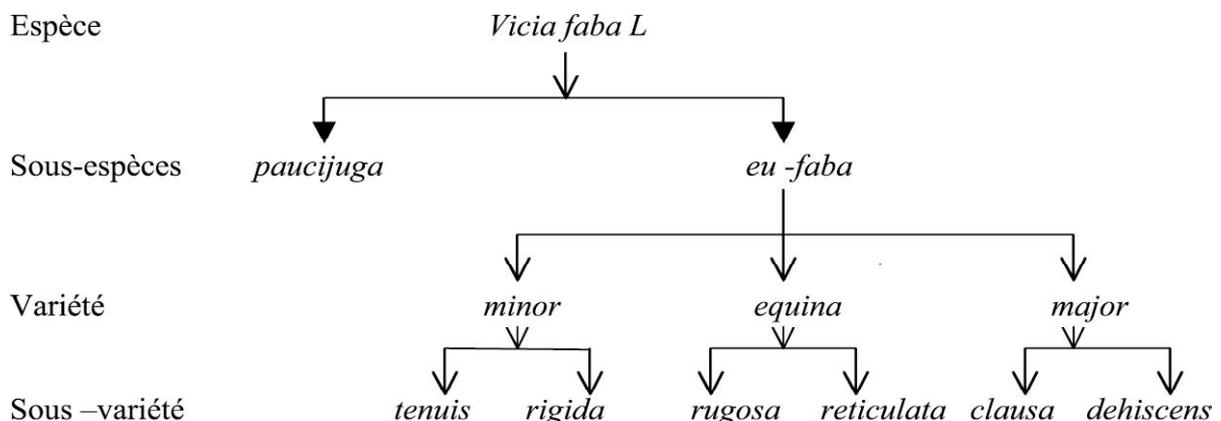


Schéma 1: Classification de *Vicia faba* L selon Muratova (1931)

Pour toutes les classifications, les sous-espèces, variétés et sous variétés sont classées selon les critères de distinction basés sur les différences dans la taille et la forme des graines et des gousses ainsi que dans le port des gousses sur les tiges (Tableau 1).

**Tableau 1:** Les critères de distinction entre les trois variétés de *Vicia faba* L. (Guignard, 1989)

Variétés Traits	<i>minor</i>	<i>equina</i>	<i>major</i>
Taille de grains	Petits (P1000 grains <1000g)	Moyens (P1000grains entre 1000 et 1500g)	Gros ou très gros (P1000grains >1500g)
Forme de grains	Grains ovoïdes, réguliers et lisses	Grains présentant une dépression latérale des cotylédons	Grains larges et plats
Taille des gousses	Gousses courtes (nombre d'ovules de 2 à 3)	Gousses plus longues (nombre d'ovules de 3 à 4)	Gousses très longues (nombre d'ovules de 8 à 13)
Forme des gousses	Cylindrique	Plus aplatie	Aplatie souvent recourbée «en sabre »
Port des gousses sur les tiges	Port érigé sur les tiges	Généralement semi érigées ou à port horizontal	Retombantes et traînant général

## 1-2 Biologie de la plante

*V. faba* L. est une plante herbacée annuelle à tige creuse et de section carrée à croissance indéterminée. Le nombre de nœuds (végétatifs et reproducteurs) varie entre 10 et 40 selon les génotypes et les conditions de culture (Thibaux, 1986, Le Guen et Duc, 1992). Les feuilles sont composées, alternes pennées, avec quatre à neuf folioles rarement unifoliées. Les inflorescences sont des grappes de deux à dix fleurs. Les fleurs sont hermaphrodites. Elles possèdent une structure papilionacée typique: La corolle est constituée de cinq pétales inégaux: un étendard, deux ailes latérales et deux inférieures soudées sur leurs bords externes constituant la carène. Le calice est formé de cinq sépales soudés. Chaque fleur comporte dix étamines dont la plus haute est libre et les neuf autres unies en une gaine renfermant l'ovaire. L'unique ovaire comprend deux à neuf ovules, parfois dix (Bond et Poulsen, 1983). La surface du stigmate est couverte de papilles qui, lorsqu'elles sont brisées, forment une ouverture libérant un exsudat facilitant la pénétration du pollen. Seules quelques fleurs par grappe produisent des gousses: 10 % selon Bond et Poulsen (1983) et 15 à 25 % d'après Girard (1983), les autres avortent. Généralement, la carène et l'étendard sont colorés par deux types de pigments, l'anthocyane et la mélanine. La couleur des fleurs est un indicateur de la présence des tannins dans les téguments de la graine chez cette espèce (Singh et Tomer, 1988). En effet, l'absence de la pigmentation des fleurs signifie que les graines ne contiennent pas de tannins.

La gousse de la fève est charnue de longueur variable (4,5 à 16 cm). Elle est érigée pour la féverole et pendante ou horizontale pour la fève, avec deux à huit graines par gousse. La croissance de la plante est naturellement indéterminée. Toutefois, des types de fève à croissance déterminée ont été obtenus.

nus par mutagenèse provoquée (Sjödin, 1971). Le système racinaire est pivotant à racines très nombreuses, il porte d'abondantes nodosités blanchâtres (Girard, 1983, Mesquida et al, 1990).

### 1-3 Système de reproduction

*V. faba L.* est une espèce possédant un système de reproduction partiellement allogame. En d'autres termes, le mode de reproduction de la fève est intermédiaire entre l'autogamie et l'allogamie. L'allogamie est réalisée par les insectes pollinisateurs à savoir les abeilles et les bourdons. Ces insectes interviennent principalement comme vecteurs de pollen entre fleurs de la même plantes ou entre fleurs de plantes différentes.

En fonction du génotype, la structure de la fleur peut varier légèrement, déterminant une séparation plus ou moins importante entre le stigmate et les étamines. Dans certains cas, cette séparation constitue une barrière à l'autopollinisation. Dans d'autres, elle est infime ou inexistante. Dans ce cas, la fleur est alors autofertile et peut être pollinisée sans déclenchement entomophile (Bond et Poulsen, 1983, Mesquida et al, 1990).

L'intervalle de variation du taux d'allogamie varie de 4 à 84 %, selon les auteurs. La valeur moyenne de l'allogamie a été estimée entre 30 à 60 % (Bond et Poulsen, 1983; Link et al, 1994a; Link et al, 1994b). Récemment, ce taux d'allogamie a été évalué autour d'une moyenne de 50 % (Suso et al, 1996; Suso et Moreno, 1999). Plusieurs facteurs affectent l'allogamie chez *V. faba L.*: le génotype, l'environnement, la présence des insectes pollinisateurs et les méthodes utilisées pour l'estimation (Suso et al, 1994; Link et al, 1994a). Le taux d'allogamie dépend en grande partie de l'interaction entre les visites des insectes pollinisateurs, l'ouverture des fleurs et l'autofertilité. Ce caractère héréditaire, constitue la capacité d'une plante à fructifier sans aucune intervention externe ni manipulation florale (Lawes et al, 1983). Elle varie en fonction du génotype et du niveau d'autogamie (Drayner, 1959; Hayes et Hanna, 1968, Lawes, 1973). Elle est indépendante du taux d'allogamie. En effet, les populations extrêmement autofertiles peuvent montrer des taux d'allogamie supérieurs à 50 % tels que les génotypes *Paucijuga*.

## 2. Contraintes de production de la fève au Maroc

Avant de présenter l'approche de sélection suivie dans la fève à l'INRA, il importe de définir, tout d'abord, les principales contraintes qui entravent cette culture, car une meilleure connaissance de ces stress en terme d'intensité et de fréquence de leur apparition permet de mieux orienter les efforts de sélection et améliorer son efficacité.

### 2-1 Stress abiotiques

Au niveau climatique, la sécheresse constitue de loin la contrainte la plus importante qui entrave la production des fèves au Maroc. En effet, durant les dix dernières années, le Maroc a connu sept années de sécheresse (1991, 1992, 1993, 1995, 1999, 2000 et 2001). Ce stress peut être général durant toute la campagne agricole, comme il peut survenir au début de la saison, à son milieu et/ou à sa fin. Les autres stress abiotiques qui influencent la culture de la fève sont le froid hivernal et les gelées printanières, la chaleur de fin de saison et enfin la salinité dans certaines régions côtières.

## 2-2 Stress biotiques

Parmi les facteurs biotiques qui affectent les fèves, nous pouvons citer par ordre d'importance: l'orobanche, les maladies cryptogamiques, les nématodes, les maladies virales et les insectes (Tableau 2).

**Tableau 2:** Maladies, ravageurs et plantes parasites associés à la culture de *Vicia faba* au Maroc

Nom commun	Nom scientifique	Référence
<b>Champignons :</b>		
Tâches chocolat	<i>Botrytis spp</i>	Mabsoute, 1988
Rouille	<i>Uromyces fabae</i>	//
Anthraxnose	<i>Ascochyta fabae</i>	//
Oidium	<i>Erysiphe spp.</i>	//
Mildiou	<i>Peronospora viciae</i>	//
Alternariose	<i>Alternaria spp</i>	//
Stemphyliose	<i>Stemphylium bostrosom</i>	//
Pourritures racinaires	<i>Fusarium sp., Verticilium sp</i>	//
Flétrissement	<i>Rhizoctonia solani</i>	//
<b>Nématodes :</b>		
Nématode des tiges	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Schreiber, 1978, Abbad Andaloussi et Bachikh 1996
Nématode des lésions racinaires	<i>Pratylenchus spp</i>	Abbad Andaloussi et Bachikh 1996
Nématode à galles	<i>Meloidogyne spp</i>	Abbad Andaloussi non publier
<b>Plantes parasites :</b>		
Orobanche	<i>Orobanche crenata</i>	Bleton, 1943, Zemrag 1994
Cuscute	<i>Cuscuta campestris</i>	//
<b>Insectes :</b>		
Pucerons	<i>Aphis fabae, Myzus persicae, Acyrthoriphon sp.</i>	
Citone	<i>Sitona lineatus</i>	
Brûches	<i>Bruchus rufimanus</i>	
Mineuse	<i>Liriomyza congesta</i>	
<b>Virus :</b>		
Virus de la mosaïque jaune du haricot	<i>BYMV</i>	Fischer 1976, 1979, El Amri 1998
Virus de la marbrure de la fève	<i>BBSV</i>	
Virus de la mosaïque de la fève	<i>BBMV</i>	
Virus du brunissement précoce du pois	<i>PEBV</i>	
Virus de la mosaïque de la luzerne		
Virus de l'enroulement des fèves		
Virus de la mosaïque du Concombre		

L'orobanche constitue un fléau pour cette culture causant des pertes de rendement pouvant atteindre 100%. Quant aux maladies cryptogamiques, il y a lieu de noter que la maladie de tache chocolatée (*Botrytis fabae*), l'antracnose (*Ascochyta fabae*) et la rouille (*Uromyces fabae*) (Mabsoute, 1988) sont les plus dominantes. Les nématodes, notamment, la race géante du nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) affectent aussi le rendement de cette culture (Abbad Andaloussi et Bachikh, 1996).

Plusieurs virus peuvent attaquer la fève et causer des pertes importantes du rendement surtout quand l'attaque survient au stade plantule. Parmi les principaux virus s'attaquant à la fève, on peut citer le virus de la marbrure (Broad Bean Mottle Virus ou BBMV), le virus du flétrissement de la fève (Broad Bean Wilt Virus ou BBWV), le virus des tâches nécrotiques (Broad Bean Stain Virus ou BBSV) et le virus de la mosaïque jaune (Broad Yellow Mosaic Virus ou BYMV).

Deux insectes sont des ravageurs importants de la fève. Il s'agit des pucerons (*Aphis fabae*) qui affectent la fève directement en attaquant le sommet de la plante avant de couvrir toute la partie aérienne ou indirectement en servant de vecteurs dans la transmission des maladies virales. Les bruches (*Bruchus rufimanus*) causant des pertes importantes au niveau du stockage.

### 3. Aperçu historique du programme d'amélioration de la fève

Les premiers travaux d'amélioration génétique sur la fève au Maroc ont commencé à l'INRA durant les années quarante par Paul Bryssine. En ce moment, les efforts de recherche ont été concentrés sur l'évaluation du germoplasme présent dans la collection nationale composé de matériel génétique local et introduit. Ces efforts ont permis entre 1949 et 1953 le développement de six variétés dont trois fèveroles et trois fèves. Il s'agit de F305, F317, F321, F311, F313 et F269. L'objectif visé en ce moment était surtout l'amélioration du potentiel génétique. Les effets de stress abiotiques et même biotiques, n'ont pas été aussi prévalents qu'actuellement, d'autant plus que l'application des pesticides en ce moment était encore bien acceptée. Le programme marocain d'amélioration des légumineuses alimentaires avait connu un changement structurel important suite à la création en fin des années 70 de la Station Centrale des Légumineuses Alimentaires à l'INRA et de celle du Centre International des Recherches Agricoles en Zones Arides (ICARDA) en Syrie, avec qui l'INRA avait établi une collaboration étroite. Durant cette même période, l'INRA avait renforcé le programme par le recrutement de plusieurs jeunes chercheurs et techniciens. L'ICARDA avait aussi désigné au Maroc son coordinateur régional des recherches sur les légumineuses alimentaires en Afrique du Nord. Une équipe multidisciplinaire de chercheurs sur les légumineuses alimentaires était ainsi constituée. Pendant que les travaux d'amélioration continuaient en étroite collaboration avec l'ICARDA (Sakr, 1980; Sakr et Tahiri, 1982 ; Sakr, 1984; Solh, 1987 et 1988), les travaux dans les autres disciplines se concentraient sur la détermination des techniques appropriées de production



(Dahan, 1987) et l'identification des principales maladies et ravageurs de la culture ainsi que de leurs méthodes de lutte à recommander aux agriculteurs (Mabsoute, 1988).

En 1988, le groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) a recommandé de transférer la recherche concernant l'amélioration de la fève aux programmes nationaux de l'Afrique du Nord. C'est ainsi qu'en 1989, l'ICARDA a transféré son programme de recherche sur fève au Maroc et a renforcé la collaboration intermaghrébine. A la fin de 1991, et suite aux recommandations du CGIAR, l'ICARDA a arrêté ses activités sur l'amélioration de la fève.

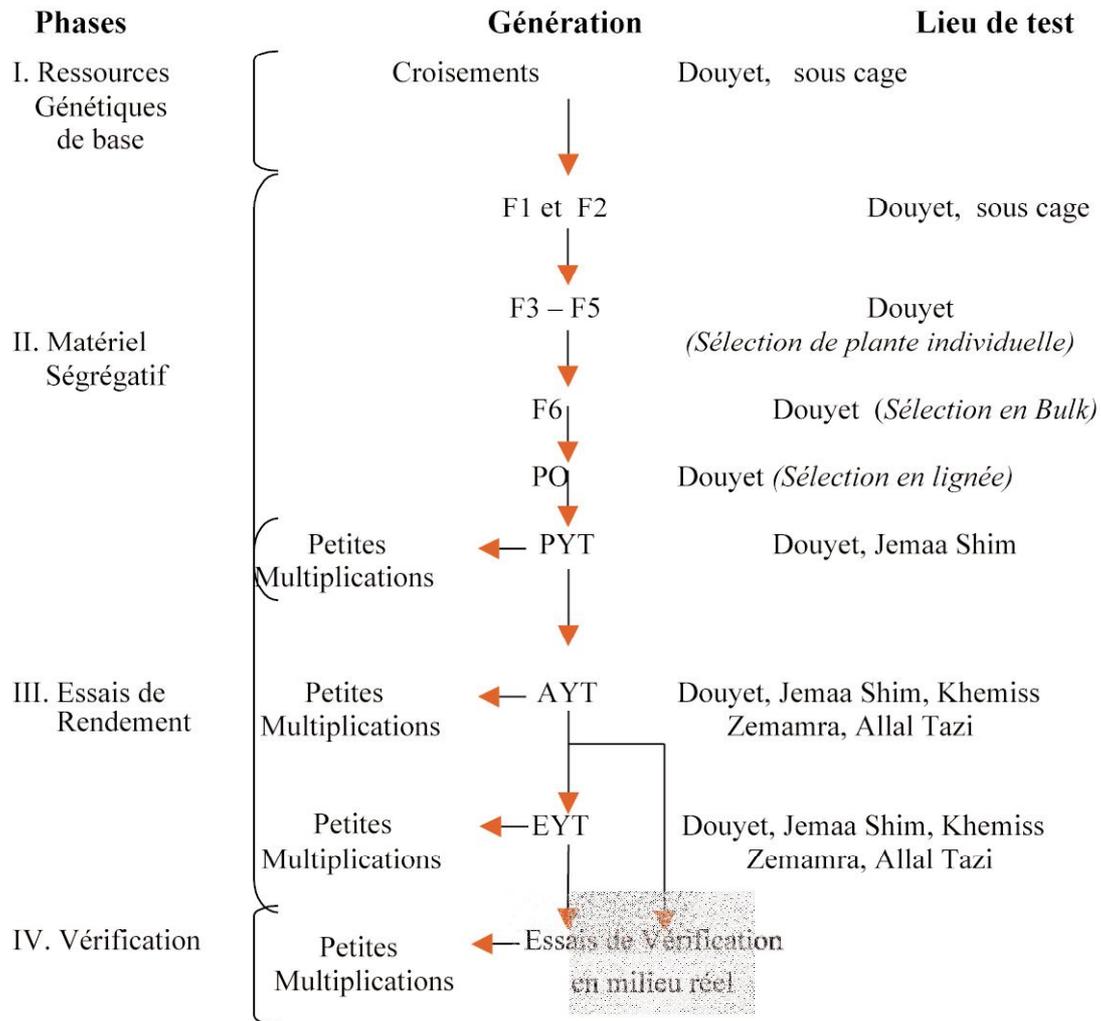
Les recherches sur les légumineuses alimentaires à l'INRA ont été aussi renforcées à partir de 1992 par la contribution financière de la coopération allemande à travers les projets: «Amélioration des Cultures des Légumineuses Alimentaires» (ACLA) et le «Réseau Maghrébin de Recherche sur Fève» (REMAFEVE). Le premier projet visait les actions de la consolidation des liens entre recherche et développement ainsi que la structuration de la filière au niveau marocain. Le second projet avait pour objectif le développement d'un réseau de recherche et développement à l'échelle régionale. Ce projet a été dédié initialement à la culture de la fève. D'autres projets ont aussi contribué au renforcement des recherches sur les légumineuses alimentaires à l'INRA, notamment le projet PNUD sur les maladies des céréales et des légumineuses (1992-1999), le projet franco-marocain de recherche en collaboration (PRC) sur « Analyse de la virulence du nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) et de l'anthracnose (*Ascochyta fabae*) et étude de la variabilité génétique de la fève et de la féverole (*Vicia faba*) à ces deux pathogènes» (1994-1997) et le projet INCO-FRYMED «Yield stability and resistance of faba bean to major pathogens in Western Mediterranean basin» (1997-2000).

## 4. Stratégie de sélection

L'objectif essentiel du programme d'amélioration de la fève est de développer des variétés à haut potentiel de rendement, stables et tolérantes aux principaux stress biotiques et abiotiques. Pour réaliser cet objectif, le programme adopte une approche qui se base sur l'utilisation des méthodes conventionnelles de sélection (Introduction, Hybridation, Bulk, Pedigree). Ces méthodes sont appliquées directement sous les conditions édapho-climatiques des environnements cibles, ce qui permet efficacement de tenir compte des différences écologiques qui existent entre ces environnements et de leurs exigences variétales spécifiques. La même approche est appliquée pour l'amélioration de fève et de féverole. Pour simplifier, le terme fève sera utilisé dans ce qui suit pour désigner à la fois la fève et la féverole, sauf quand la différence est spécifiée.

Le processus de sélection suivi est schématisé ci-dessous (Schéma 2). Dans ce processus, le matériel génétique passe par plusieurs étapes successives :

Schéma 2 : Schéma de sélection suivie dans la fève à l'INRA



### Phase I : Développement de matériel génétique source de sélection

L'améliorateur utilise la recombinaison génétique comme outil principal pour la création de nouveaux génotypes dans sa recherche pour de nouvelles variétés améliorées. Le croisement constitue un outil principal de la recombinaison génétique. Les parents mâle et femelle sont retenus selon leurs caractéristiques pour répondre aux objectifs visés. Les croisements sont réalisés sous cage au Domaine Expérimental de Douyet à l'abri des insectes pour éviter l'allo-pollinisation.

### Phase II : Avancement et Sélection dans le matériel ségrégant

#### • Les générations F1-F6 :

Les graines issues des croisements sont avancées sans sélection à la F1, F2 puis à la génération F3. Elles sont semées en lignes au Domaine Expérimental de Douyet et sous cage dans les



mêmes conditions que précédemment. Au niveau des générations F3, F4 et F5, la sélection s'effectue hors cage au Domaine Expérimental de Douyet. Elle se base sur le choix de plantes individuelles qui apparaissent supérieures vis-à-vis des caractères visés (comme par exemple la précocité, la résistance aux maladies). A la F6, et étant donné qu'à ce stade, la plupart des caractères visés sont presque stables, les plantes F6, semées au Domaine Expérimental de Douyet, sont sélectionnées en bulk. A ce niveau, l'indice de sélection doit être important afin de réduire le nombre de lignées passant au criblage préliminaire.

- *Criblage préliminaire :*

Les lignées F6 récoltées, chacune en bulk, sont évaluées dans des pépinières d'observation pour les principaux caractères agronomiques et pour la résistance aux principales maladies. Cette étape de criblage préliminaire qui précède les essais de rendement est effectuée de telle sorte que chaque lignée soit semée en deux lignes et pour mieux cerner les performances des lignées tests, celles-ci sont comparées à deux témoins ; un témoin fève et un témoin fèverole.

### **Phase III : Les essais comparatifs de rendement**

Les lignées sélectionnées au sein des pépinières de criblage préliminaire sont évaluées pour leur potentiel de rendement dans une série d'essais comparatifs de rendement, à savoir, les essais préliminaires, les essais avancés et les essais élites de rendement. Ces différents essais sont réalisés sous les conditions des environnements cibles notamment aux Domaines Expérimentaux de Douyet, de Jemaa Shim, de Khemiss Zemamra et d'Allal Tazi. Pour éviter les mélanges variétaux à travers la pollinisation indésirable, les lignées testées en essais de rendement sont parallèlement multipliées en parcelles isolées et les semences issues de ces parcelles isolées sont utilisées dans les essais ultérieurs.

Les essais préliminaires sont conduits selon un dispositif en bloc aléatoire complet (BAC) avec deux répétitions et dans un seul site au nord qui est Douyet et un autre au sud qui est souvent Jemaat Shaim. Les lignées qui dépassent les témoins utilisés passent aux essais avancés de rendement. Ces essais sont aussi conduits en BAC mais avec trois répétitions. Les semences des meilleures lignées testées dans ces essais, proviennent des petites multiplications en isolation réalisées l'année d'avant. De même, les lignées retenues des essais avancés de rendement passent aux essais élites de rendement. Ces derniers sont aussi conduits dans un BAC en trois répétitions pour au moins deux années et dans plusieurs stations.

### **Phase IV : Essais de vérification chez les agriculteurs**

Les semences, produites en isolement, des meilleures lignées retenues des essais élites de rendement sont testées en milieu réel chez les agriculteurs. En parallèle, ces lignées sont multipliées en isolation en petites multiplications.

## 5. Progrès réalisés et acquis

### 5-1 Variétés inscrites au Catalogue Officiel

Trois variétés de fève et trois autres de féverole ont été inscrites par l'INRA en 1985 et 1986 respectivement (Tableau 2).

**Tableau 2 : Variétés de fève et de féverole inscrites au Catalogue Officiel**

Type	Géotypes	Origine	Année d'inscription
Fève	KARABIGA (F 213)	Introduite de la Turquie	1985
	LOBAB (F 269)	Introduite de la Hongrie	1985
	DEFES (F 111)	Région de Fès, Maroc	1985
Féverole	ALFIA 5 (F 305)	Sidi Slimane Maroc	1986
	ALFIA 17 (F 317)	Sélection Marocaine	
	ALFIA 21 (F 321)	Sélection Marocaine	

Ces différentes variétés présentent en général une large adaptation aux différentes zones agro-écologiques du Maroc. Les variétés précoces comme Karabiga ou Alfia 21 sont plus indiquées pour les zones à risque de stress hydrique en fin de cycle.

Les différentes variétés de fève et de féverole inscrites au Catalogue Officiel sont moyennement sensibles au botrytis et à l'anthracnose et sensibles à l'orobanche et au nématode des tiges.

**Les caractéristiques de ces variétés sont rapportées dans les fiches descriptives suivantes:**

## Variété : DEFES (F 317)

**Type** : Fève

**Hauteur de la plante** : Moyenne

**Pigmentation anthocyanique de la tige** : Très faible

**Foliole** : longueur : Moyenne  
largeur : Moyenne à large

**Gousse** : longueur : Courte à moyenne  
forme : Moyennement incurvée

**Graine** : grosseur : Petite  
forme : Aplatie  
couleur des téguments : Beige  
couleur du hile : Noire

### Caractères physiologiques et agronomiques :

Précocité à la floraison : Demi précoce à demi tardive

Précocité à la maturité : Demi précoce à demi tardive



## Variété : KARABIGA (F 213)

**Type** : Fève

**Hauteur de la plante** : Très haute

**Pigmentation anthocyanique de la tige** : Faible

**Foliole** : longueur : Longue  
largeur : Moyenne

**Gousse** : longueur : Courte  
forme : Droite

**Graine** : grosseur : Petite  
forme : Aplatie  
couleur des téguments : Beige  
couleur du hile : Noir

### Caractères physiologiques et agronomiques :

Précocité à la floraison : Précoce

Précocité à la maturité : Précoce



## Variété : LOBAB (F 269)

**Type :** Fève

**Hauteur de la plante :** Moyenne à haute

**Pigmentation anthocyanique de la tige :** Moyenne

**Foliole :** longueur : Courte à moyenne  
largeur : Moyenne

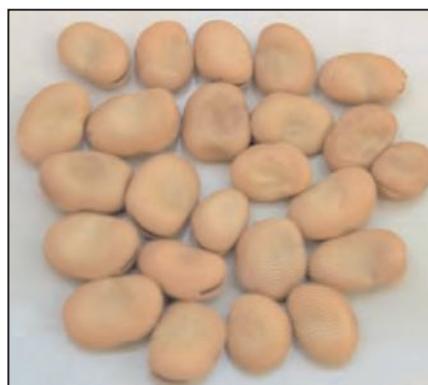
**Gousse :** longueur : Courte  
forme : Droite

**Graine :** grosseur : Moyenne  
forme : Aplatie  
couleur des téguments : Beige  
couleur du hile : Noir

**Caractères physiologiques et agronomiques :**

Précocité à la floraison : Demi précoce

Précocité à la maturité : Demi précoce



## Variété : ALFIA 5 (F 305)

**Type :** Fèverole

**Hauteur de la plante :** Haute

**Pigmentation anthocyanique de la tige :** Présente

**Foliole :** longueur : Moyenne

**Fleur – tâches de mélanine :** Présente

**Gousse :** longueur : Courte / port : Dressé

**Graine :** grosseur : Moyenne  
couleur des téguments : Beige  
couleur du hile : Noire

**Caractères physiologiques et agronomiques :**

Précocité à la floraison : Demi tardive

Précocité à la maturité : Demi tardive

Teneur en protéines : Elevée

Résistance au botrytis : Moyennement sensible

Résistance à cercospora : Moyennement sensible

Résistance à ascochyta : Moyennement sensible



## Variété : ALFIA 17 (F 317)

**Type :** Févete

**Hauteur de la plante :** Haute

**Pigmentation anthocyanique de la tige :** Absente

**Foliole :** longueur moyenne

**Gousse :** longueur : Courte

port : Demi dressé

**Graine :** grosseur : Moyenne

couleur des téguments : Beige

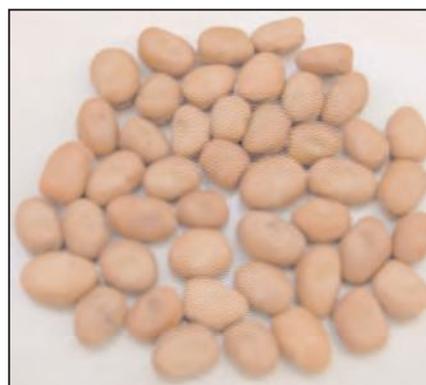
couleur du hile : Noire

**Caractères physiologiques et agronomiques :**

Précocité à la floraison : Demi tardive

Précocité à la maturité : Tardive

Teneur en protéines : Elevée



## Variété : ALFIA 21 (F 321)

**Type :** Fèverole

**Hauteur de la plante :** Haute

**Pigmentation anthocyanique de la tige :** Absente

**Foliole :** longueur : Moyenne

**Fleur – tâches de mélanine :** Présentes

**Gousse :** longueur : Courte

port : Demi dressé

**Graine :** grosseur : Grosse

couleur des téguments : Beige

couleur du hile : Noire

**Caractères physiologiques et agronomiques :**

Précocité à la floraison : Demi précoce à demi tardive

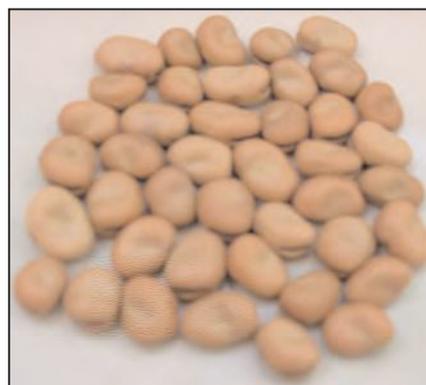
Précocité à la maturité : Demi précoce à demi tardive

Teneur en protéines : Elevée

Résistance au botrytis : Moyennement sensible

Résistance à cercospora : Moyennement sensible

Résistance à ascochyta : Moyennement sensible



## 5.2-Acquis en matière de développement de germoplasme

Les ressources génétiques des fèves actuellement en cours d'évaluation sont constituées de différents types:

- matériel génétique stable maintenu dans la collection nationale (366 lignées),
- matériel issu des croisements et qui est encore en disjonction (209 lignées)
- et des lignées prometteuses bien avancées (6 lignées). Ce matériel génétique provient principalement des deux sources suivantes:
  - \* Les ressources génétiques marocaines qui ont été collectées ou sélectionné localement.
  - \* Les ressources génétiques transférées de l'ICARDA en 1990 et améliorées au niveau de l'INRA.

### a -Lignées prometteuses

Six lignées prometteuses de fève, à savoir 3 féveroles et 3 fèves, sont actuellement testées en essais de vérification en vue de leur proposition pour inscription au Catalogue Officiel (Tableau 3). Ces lignées ont une productivité importante et une résistance moyenne au botrytis. Il est à signaler que la lignée Sel. 88 Lat. 18105 possède une tolérance à l'orobanche.

**Tableau 3 : Lignées de fève prometteuses en essais de vérification**

Lignées prometteuses de fève		Origine
Fève	FH 1031 FH 1032 663-4	Collection nationale Collection nationale Sélection INRA
Féverole	Sel. 88 Lat. 18105 S 87182-6-m-4 S 87182-8-m-4	Sélection INRA/ICARDA Sélection INRA/ICARDA Sélection INRA/ICARDA

### b- Travaux de Caractérisation des collections

Le matériel végétal stable maintenu en collection de travail est au nombre de 366 lignées dont 266 lignées de la collection nationale, 23 lignées pures pour la résistance aux maladies (Disease Inbred Lines) et 77 lignées tolérantes à l'orobanche. Ce matériel diversifié sert à identifier des lignées prometteuses et des sources de caractères pertinents pour l'amélioration du rendement ou de la résistance aux maladies et peuvent être incorporées dans les cultivars adaptés dans le but de les améliorer vis à vis des contraintes déjà citées.

La collection nationale a été décrite pour 37 descripteurs de fèves définis à l'IPGRI/ICARDA. Parmi ces descripteurs étudiés, on retient le rendement, le nombre de jours à la floraison, le nombre de folioles par feuille, la hauteur des plantes, la hauteur du 1er noeud fertile, le nombre de gousses par plante, la longueur de la gousse, le nombre de graines par gousse et le poids de 100 graines (P100G). Les distributions de fréquence de ces caractères sont représentées dans les figures 1 à 9.

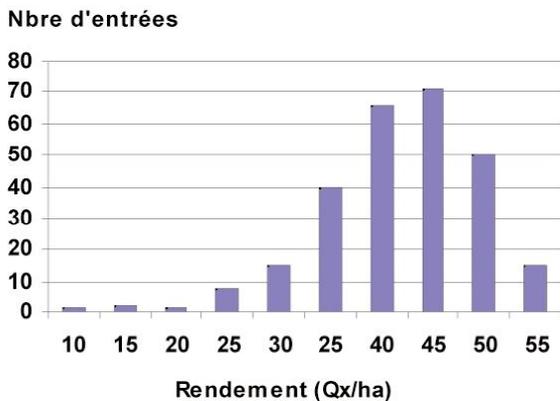


Fig.1: Distribution de fréquence du rendement grain

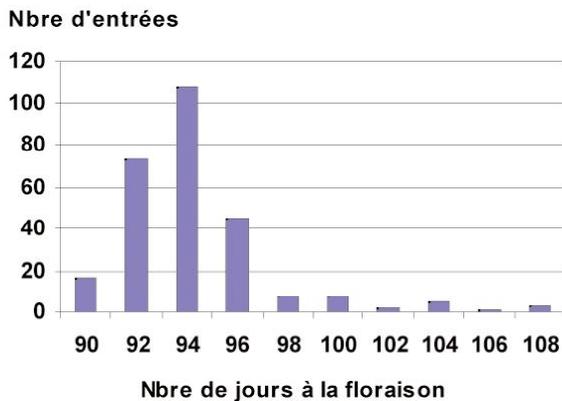


Fig.2: Distribution de fréquence du nombre de jours à la floraison

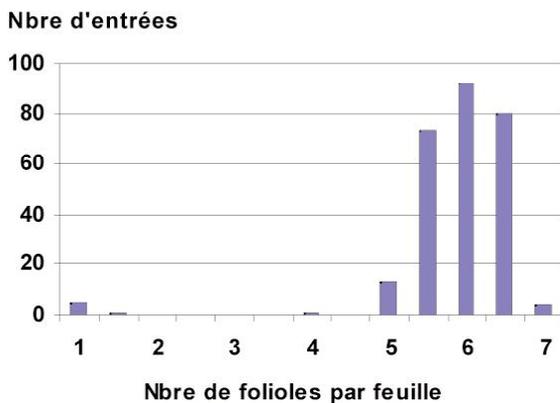


Fig.3: Distribution de fréquence du nombre de folioles par feuille

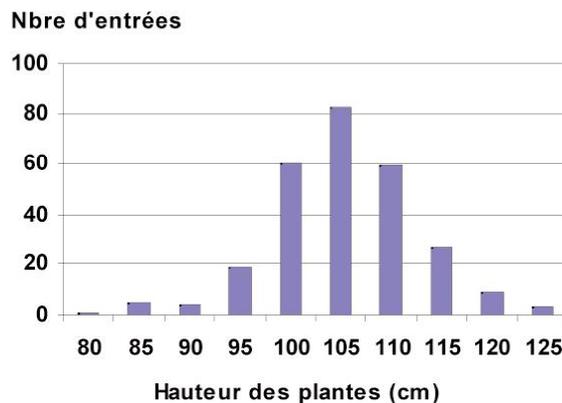


Fig.4: Distribution de fréquence de la hauteur des plantes

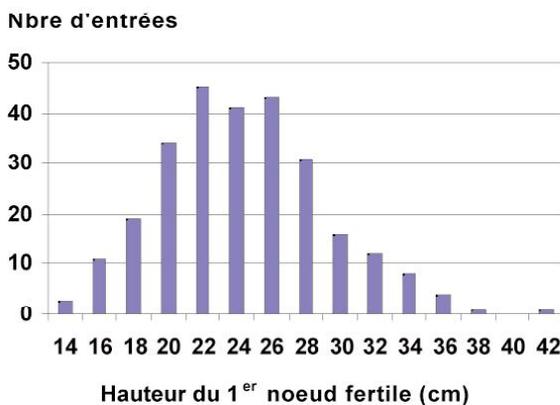


Fig.5: Distribution de fréquence de la hauteur du 1<sup>er</sup> noeud fertile

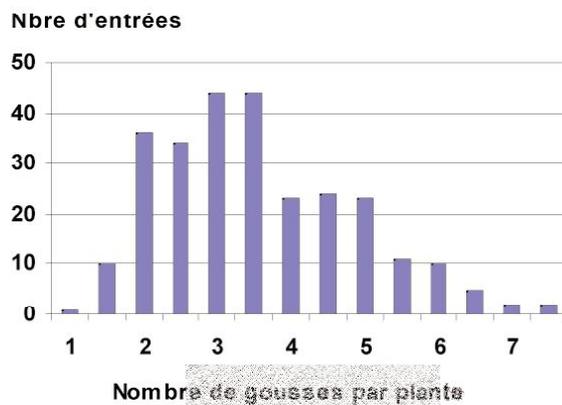


Fig.6: Distribution de fréquence du nombre de gousses par plante

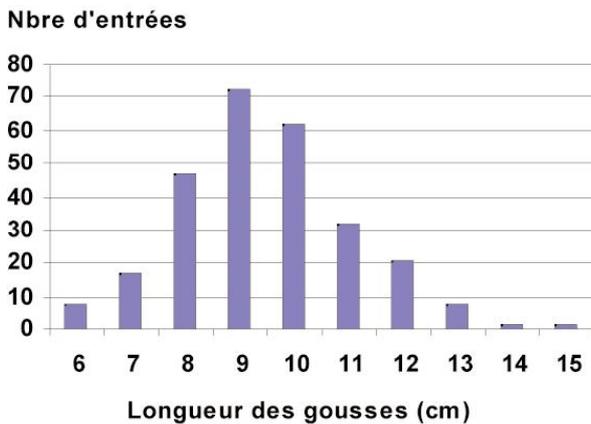


Fig.7: Distribution de fréquence de la longueur des gousses

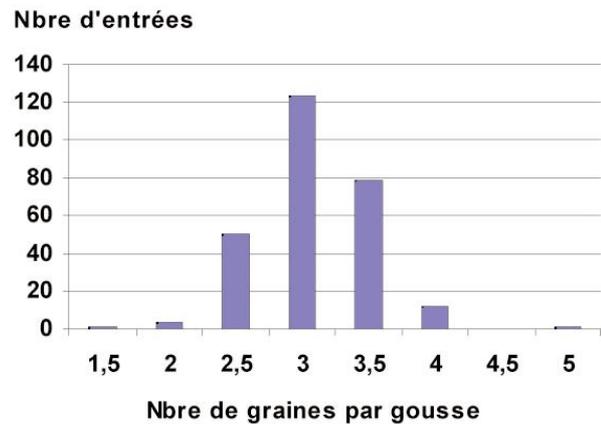


Fig.8: Distribution de fréquence du nombre de graines par gousse

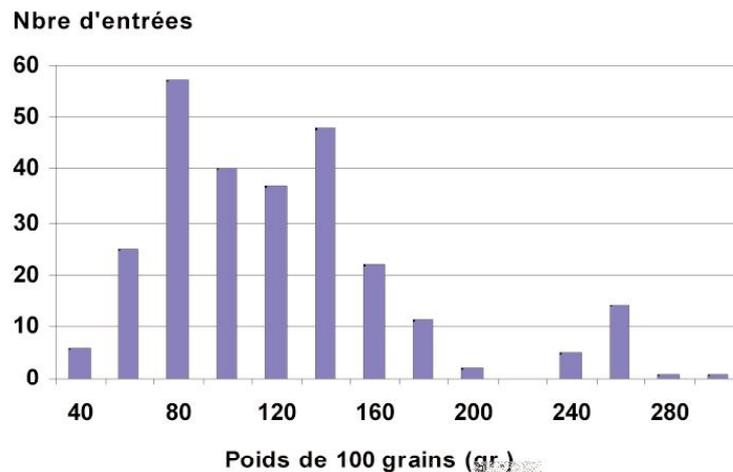


Fig.9: Distribution de fréquence du poids de 100 grains

Trente cinq entrées dont le rendement dépasse 50 qx/ha sont intégrés dans le programme d'amélioration afin d'évaluer leurs performances dans des essais comparatifs de rendement (Fig.1). Une grande majorité d'entrées fleurissent 92 à 96 jours après la levée, avec une moyenne de 95 jours (fig.2). Les entrées ont, en moyenne, 6 folioles par feuilles, et six entrées sont monofoliées (Fig.3). La hauteur moyenne des plantes est de 105 cm avec une concentration des entrées entre 100 et 110 cm de hauteur (Fig.4). La hauteur moyenne du 1er noeud fertile est de 25 cm avec une étendue de 14 à 42 cm (Fig.5). Le nombre moyen de gousses par plante est de 3,5 avec un maximum d'entrées avec 2 à 5 gousses par plantes (Fig.6). La longueur des gousses est de 9,5 cm en moyenne et une étendue de 6 à 15 cm (Fig.7). Le nombre de graines par gousse est de 3,1 en moyenne, avec une concentration des entrées à 2,5 à 3,5 graines par



gousse (Fig.8). La distribution de la fréquence du poids des grains est trimodale: un mode à 80 g, le second à 130 g et le 3<sup>e</sup> à 260g (Fig.9).

## 6. Cooperation et partenariat

Le programme d'amélioration de la culture de la fève à l'INRA a bénéficié, tout au long de son développement, de l'appui de plusieurs partenaires, notamment:

- les partenaires du secteur au Maroc: agriculteurs, institutions de développement, institutions d'enseignement ... ;
- l'ICARDA ;
- La coopération méditerranéenne dans le cadre du Groupement de Recherche Agricole Méditerranéen sur les Légumineuses alimentaires (GRAM-LA) par la suite dans le cadre du projet INCO-FRYMED «Yield stability and resistance of faba bean to major pathogens in Western Mediterranean basin» ;
- La collaboration maghrébine concernant la fève et la féverole dans le cadre du Réseau Maghrébin de Recherche sur Fèves (REMAFEVE) ou du Projet PNUD sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires;
- La coopération Technique Marocco-Allemande :
  - Réseau Maghrébin de Recherche sur Fèves (REMAFEVE)
  - Amélioration de la Culture des Légumineuses Alimentaires (ACLA) ;
- et autres institutions et centres internationaux tels que INRA France, IPGRI, Université de Hohenheim, IFAD, AFSED, Association Européenne des Protéagineux (AEP), ...

## 7. Développement futur et perspectives

Le programme d'amélioration de la fève a pour objectif le développement de variétés à haut potentiel de rendement, stables et tolérantes aux principales maladies (orobanche, botrytis, rouille, et anthracnose) et ravageurs, notamment les nématodes des tiges. La réalisation de cet objectif se base sur les cinq activités suivantes :

- La régénération du matériel génétique de base à travers les collections et les introductions.
- Le développement de germoplasme pour la sélection.
- La sélection dans le matériel ségrégant et avancé.
- Les tests de performances à travers les essais de rendement.
- La vérification chez et avec les agriculteurs.

La valorisation des résultats de sélection sera poursuivie dans le but de créer de nouvelles variétés et à les inscrire au catalogue officiel. Les tests intensifs de rendement et de vérification prenant en compte la variabilité et les changements climatiques interannuels sont essentiels avant toute proposition à l'inscription des lignées potentielles. En effet, il ne suffit pas d'inscrire les variétés mais encore faut-il que ces génotypes répondent aux besoins des utilisateurs afin qu'ils soient utilisés. Ces essais requièrent un temps long particulièrement en raison des sécheresses répétées qui handicapent les résultats de certaines saisons.

## Références

- Abbad Andaloussi F. et Bachikhi J., 1996. Les nématodes des cultures de fèves et du pois-chiche au Maroc. In Ezzahiri, B., Lyamani, A., Farih, A., et El Yamani, M.(éditeurs) *Proceedings du Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires du 11 au 14 Novembre, 1996. Rabat, Maroc, 390p.*
- Bond D.A., Lawes D.A., et Poulsen M.H. 1980. Broad bean (faba bean). In: *Hybridization of Crop Plants*, pp. 203-213 (eds. W.R. Fehr and H.H. Hardy).
- Bond D.A., Poulsen M.H., 1983. Pollinisation. In: *The Faba Bean (Vicia faba L.)*. Hebblethwaite P.D. (ed.), Butterworth, London, 77-101.
- Dahan R. 1987. Agronomie des légumineuses alimentaires, résultats de recherche à l'INRA et orientation futures. In: Kamal M., Solh M. B. et Saxena M.C. (Edits.). *Proceedings du Séminaire National sur les Légumineuses Alimentaires au Maroc. Settat, 7-9 Avril, 1987. pp. 70-83.*
- Drayner J.M., 1959. Self and cross-fertility in field beans (*Vicia faba L.*). *J. Agric. Sci. Camb.*, 53: 489-490.
- Fatemi Z., 1996. Situation de la culture des fèves au Maroc. In *Proceedings « Rehabilitation of faba bean »*, Ed. Bertenbreiter W. And Sadiki M., pp. 33-37.
- Guignard. J.L. 1989. *Abrégés de botaniques, 7ème édition, pp : 173-176.*
- Girard C., 1983. Féverole. *Techniques agricoles. 2213. Encyclopédie, pp. 1-9.*
- Hanelet.P., 1972. Die infraspezifische variabilated von *Vicia faba* in the Gliedewng. *Kulturpflanze p: 75-128.*
- Hayes J.D., Hanna A.S., 1968. Genetic studies in field beans, *Vicia faba L.*, variation in self-fertility in a diallele cross. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 60: 315-326.
- Lawes D.A., 1973. The development of self-fertile field beans. *Annual report for 1972, welsh Plant Breeding station, pp. 163-175.*
- Lawes D.A., Bond D.A., Poulsen M.H., 1983. Classification, origin, Breeding, methods and objectives. In *the faba bean. (Eds). P.D. Hebblethwaite.*
- Le Guen J., Duc G., 1992. La féverole. In «Amélioration des espèces végétales cultivées», Gallais A., Bannerot H.(Eds), 189-203.
- Link W., Ederer W., Metz P., Buiel H., Melchinger A.E., 1994a. Genotypic and environmental variation for degree of cross-fertilization in faba bean. *Crop sci.*, 34: 960-964.
- Link, W., Stelling D., Ebmeyer E., 1994b. Factors determining the performance of synthetics in *Vicia faba L.*: Heterogeneity, heterozygosity, and degree of cross-fertilization. *Euphytica*, 75: 77-84.
- Mabsoute L. 1988. Les maladies cryptogamiques d'importance économique des légumineuses alimentaires au Maroc. *Rapport de d'activité, INRA. Domaine Experimental de Dar Bouazza. p.20.*

- MADRPM . 1999. *Filière des Légumineuses Alimentaires: Situation Actuelle et Plan d'Action*. MADRPM et GTZ , Rabat, Maroc. pp. 139
- MADRPM., 2001. *Statistiques du Ministère de l'Agriculture, de Développement Rural et des Eaux et Forêts. Maroc.*
- MADRPM., 2002. *Statistiques du Ministère de l'Agriculture, de Développement Rural et des Eaux et Forêts. Maroc.*
- Mesquida J., le Guen J., Tasei J.N., Carre S., Morin G., 1990. *Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (Vicia faba L., var equina Steudel). Effets sur les coulures, de la productivité et les taux de croisements. Apidologie, 21:511-525.*
- Sakr B. 1980. *Caractérisation de la collection de fève. Rapport de titularisation à l'INRA*. p.10.
- Sakr B. 1984. *Rapport d'activité annuel 1982/83. Station Centrale des Légumineuses Alimentaires. Rabat. Morocco. p. 46*
- Sakr B. et Tahiri A. 1982. *Rapport d'activité annuel 1981/82. Station Centrale des Légumineuses Alimentaires. INRA. Rabat. Morocco. p. 37.*
- Schreiber E.R., 1978. *Biologie, importance et moyens de contrôle du nématode des tiges sur fève au Maroc. Bulletin de la Protection des Cultures, 4, 3-30.*
- Solh M. 1988. *Morocco/ICARDA report of the third food legume coordination meeting in Morocco. p 33.*
- Singh V.P., Tomer Y.S., 1988. *Influence of flower colour on seed yield and components in faba bean. Fabis, 22: 7-8.*
- Sjödin J., 1971. *Induced morphological variation in Vicia faba L. Hereditas, 67: 11.*
- Shultze-Motel, J.V., 1972. *Die archa ologisth reste der Ackerbohn Vicia faba and die ganasse der Art Kulturpfl. 19 : 321-358.*
- Suso, M.J., Moreno, M.T., Mondragao-Rodrigues F., Cubero J.I., 1996. *Reproductive biology of Vicia faba: role of pollination conditions. Field Crops Research, 46: 81-91.*
- Suso M.J., Moreno M.T., 1999. *Variation in outcrossing rate and genetic structure on six cultivars of Vicia faba L. as affected by geographic location and year. Plant Breeding, 118: 347-350.*
- Zemrag A., 1994. *Broomrapes devastation in legumes fields in Morocco. Fifth Arab Congress of Plant Protection, Fes Morocco, 220.*



# CHAPITRE V



## AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA LENTILLE



# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA LENTILLE

Sakr Bouaza

*Institut National de la Recherche Agronomique,  
Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat,  
B.P. 589, Settat, Maroc*

## Introduction

La lentille (*Lens culinaris*), une des principales cultures légumineuses alimentaires cultivées au Maroc, joue plusieurs rôles nutritionnels, agronomiques et économiques importants. Sur le plan nutritionnel, la lentille constitue une composante importante de la ration alimentaire de nombreuses familles marocaines pour lesquelles elle fournit des protéines essentielles et des calories. Au niveau agronomique, la lentille entre en rotation avec les céréales dans la plupart des zones de production céréalières. De telles rotations permettent le contrôle des mauvaises herbes et la rupture des cycles biologiques de plusieurs maladies et insectes. La paille de la lentille est aussi très importante comme aliment du bétail. La lentille, comme les autres espèces légumineuses, présente un effet bénéfique sur l'équilibre des nutriments du sol et ceci à travers son pouvoir fixateur de grandes quantités d'azote atmosphérique (Rizk, 1966).

La lentille occupe actuellement une superficie annuelle de 54 600 ha (moyenne de la période 1986-2001). Cependant, cette superficie n'a cessé de régresser durant les quinze dernières années. Pendant qu'elle était de l'ordre de 89 000 ha en 1987, elle est diminuée à 48 700 en 1996 pour devenir en 2001 que 41 900 ha. Cette réduction en superficie de plus que la moitié a engendré une diminution encore plus grave (80%) dans la production (Anonyme, 1999). En conséquence, le Maroc qui exportait la lentille durant les années 1970, est devenu un net importateur de cette denrée alimentaire depuis 1992 (Imrani et Elharti, 1999).

## 1. Contraintes de production

Cet abandon progressif de la culture des lentilles revient en grande partie à sa faible rentabilité liée d'une part la faiblesse des rendements et d'autre part au coût élevé de production. En effet, les rendements réalisés dans la lentille sont faibles et instables. Ils ont varié durant les années 1990s entre 1.5 et 8.5 qx/ha avec une moyenne très faible de 5.3 qx/ha (Anonyme, 1999). Ces niveaux de rendements restent en dessous de ceux réalisés dans d'autres pays de la région tels que l'Égypte (1922 Kg/ha) ou la Syrie (989 Kg/ha) (Halila et al, 1997).

La faiblesse et l'instabilité des rendements de la lentille au Maroc sont causées par les effets combinés de plusieurs contraintes d'ordre technique, culturelle et organisationnel. D'une part, la culture est non irriguée, ce qui rend les rendements étroitement liés aux aléas climatiques souvent défavorables et caractérisés par une pluviométrie mal répartie et des sécheresses de plus en plus fréquentes (Yacoubi et al. 1998). D'autre part, la culture est encore menée d'une manière traditionnelle. L'itinéraire technique couramment utilisé par les agriculteurs marocains se caractérise par un travail grossier de sol, un semis manuel tardif et un entretien très limité de la culture contre les mauvaises herbes et les maladies cryptogamiques. Par ailleurs, les semences utilisées proviennent en grande partie des populations locales qui n'ont subi aucune amélioration génétique (Anonyme, 1999). Celles-ci sont faiblement productives, hétérogènes, tardives et sensibles aux principales maladies. La tardiveté de ces populations les expose souvent aux effets de stress hydriques de fin de saison.

Quant au coût de production, il est élevé essentiellement à cause de l'importante implication de la main d'œuvre dans les opérations d'entretien et de récolte de la culture des lentilles. Les besoins en main d'œuvre pour effectuer la récolte des lentilles ont été estimés à 300 dh/ha (Bansal et Sakr, 1992). En outre, les prix de vente de la production sont faibles et souvent ne couvrent même pas les frais de production.

## 2. Rôle de la variété

De cette analyse des contraintes biotiques et abiotiques qui entravent la production des lentilles au Maroc se dégage clairement le rôle capital que peut jouer la variété pour réduire des effets de ces contraintes et, par conséquent, améliorer et stabiliser les rendements de cette culture. En effet, il est certain que chacune de ces contraintes trouve sa solution en entier ou en partie dans la voie génétique. Ainsi, l'utilisation de variétés hautement productives, résistantes aux maladies, tolérantes au froid et précoces permettant à la plante d'échapper à la sécheresse de fin de saison, constitue la solution la plus économique et efficace pour améliorer leurs rendements. Même pour réduire le problème des mauvaises herbes, ne faut-il pas penser à utiliser des variétés possédant une levée rapide et vigoureuse, un port dressé et une forte stature permettant un grand pouvoir compétitif vis à vis les mauvaises herbes. Quant au coût élevé de la production, il peut être réduit par l'utilisation de variétés à port dressé permettant la mécanisation des opérations d'entretien et de récolte. En plus de ces rôles spécifiques, la variété présente aussi d'autres avantages d'ordre général tels que la simplicité dans son utilisation, la contribution à la protection de l'environnement et la possibilité d'amélioration de la qualité du produit final.

## 3. Mise au point des variétés de lentille

### 3-1 Aperçu historique

Les premiers travaux d'amélioration sur la lentille au Maroc ont commencé à l'INRA durant les années 1960 par P. Bryssine. En ce moment, les efforts de recherche ont été concentrés sur la collecte du germoplasme national et sur son évaluation en vue d'identifier des lignées locales performantes. En effet, ces efforts ont permis le développement des deux premières variétés améliorées de lentille au Maroc (L24 et L56). Durant la décennie des années 1980, le programme marocain d'amélioration



des légumineuses alimentaires, y compris la lentille, a connu un saut typique suite à la création en fin des années 1970 de la Station Centrale des Légumineuses Alimentaires à l'INRA et du Centre International des Recherches Agricoles en Zones Arides (ICARDA) en Syrie, avec qui l'INRA avait établi une collaboration étroite, notamment, en matière d'amélioration des céréales et des légumineuses alimentaires. Durant cette même période, plusieurs jeunes chercheurs et techniciens ont été recrutés au programme, ce qui a permis la formation d'une équipe multidisciplinaire de travail sur les légumineuses à l'échelle nationale. Les efforts de recherche de ce groupe ont permis l'obtention de la variété Bakria en 1989 puis de deux autres (Bichette, Hamria) en 2000, de la variété Zaria en 2003 et des variétés Chaouia et Abda en 2004.

### 3-2 Caractérisation des environnements cibles

Avant de présenter l'approche et les méthodes de sélection à utiliser pour développer des variétés de lentille adaptées aux différentes zones agro-climatiques du Maroc, il importe de définir, tout d'abord, les environnements cibles dans lesquels ces variétés seront utilisées. Ceci est important car une meilleure connaissance de ces milieux en relation avec les stress qui y prévalent, leurs intensités et fréquences d'apparition et à quels stades de la culture ces stress parviennent permet de mieux orienter les efforts de sélection et améliorer son efficacité. Pour ce faire, nous nous permettons d'analyser les données agro-climatiques observées durant la dernière décennie (1989 - 1998) dans les domaines expérimentaux de Jemaat Shaim, Marchouch et Annoceur qui, respectivement, représentent les principales zones de production de lentilles, à savoir, Abda-Chaouia, Zair-Sais, et le Moyen Atlas. Ces données résumées au Tableau 1 concernent, pour chaque zone, la pluviométrie annuelle et les types et fréquences d'apparition de la sécheresse et autres stress qui ont prévalu durant chaque campagne agricole.

- Les zones semi-arides :** Au niveau climatique, le Tableau 1 montre que durant les 12 campagnes agricoles observées, la pluviométrie annuelle a été très variable selon les années. Elle a varié de 131 à 637 mm avec une moyenne de 292 mm, une valeur très proche du seuil de déficit pluviométrique annuel déterminé pour ces régions et qui est de 290 mm selon Yacoubi et al. (1998). Sur les 12 années observées, neuf, soit 75%, ont connu des périodes de sécheresse soit au début, au milieu, à la fin et/ou pendant toute la campagne agricole. Ainsi, les années 1992-93 et 1994-95 ont été caractérisées par une sécheresse générale, 1990-91 et 1998-99, une sécheresse au début et à la fin de cycle, 1991-92, une sécheresse au début et au milieu, 1999-00, une sécheresse du milieu, 2000-01 au milieu et à la fin et enfin 1993-94 et 1997-98, une sécheresse de fin saison. En fait, ce type de sécheresse de fin de saison apparaît les plus fréquents avec 58% en mois d'avril et de 90% en mai. L'autre stress abiotique qui a été observé aussi assez fréquemment (50%) dans ces régions semi-arides est celui des hautes températures. Souvent ce stress se trouve associé aux stress hydriques de fin de saison. Durant les 12 dernières années, des hautes températures ont été observées en fin de saison des campagnes agricoles 1990-91, 1992-93, 1993-94, 1997-98, 1998-99 et 2000-01. Au tableau 1, on constate aussi que la zone de J. Shaim connaît des attaques de rouille assez fréquentes. Cette maladie foliée causée par le pathogène *Uromyces Vicia fabae* apparaît, souvent tardivement lorsque l'humidité du sol et la température de l'air sont assez élevées, cas des années 1992, 1996 et 1997.





Sous ces conditions climatiques particulières, les exigences variétales deviennent plus spécifiques. Ainsi, le potentiel génétique ne compte plus d'importance dans ces zones défavorables car, de toute façon, il ne peut être exprimé sous ces conditions difficiles. Il faut plutôt viser la stabilité et l'adaptation spécifique. De telle stabilité peut être assurée par une bonne vigueur à la levée de la plante, une floraison précoce, un cycle plus court, une tolérance à la sécheresse et une résistance aux maladies. La combinaison de tous ces caractères génétiques dans une même variété constitue, en fait, l'objectif principal de sélection dans la lentille pour les zones semi-arides.

- **Les zones favorables:** Ces zones représentées essentiellement par le Saïs et Zaïr sont considérées relativement plus favorables car leur pluviométrie moyenne est assez élevée et moins variable d'une année à l'autre comparativement à celle observée dans les zones semi-arides (Tableau 1). A l'exception des campagnes 1992-93 et 1994-95 qui étaient très sèches, la zone des Zaïrs a reçu une pluviométrie suffisante pour assurer une bonne récolte de lentille. La fréquence des mois secs est faible ne dépassant pas les 30%. Quant aux autres stress biotiques, il faut noter que la lentille dans ces zones connaît parfois des attaques importantes par l'orobanche (*Orobanca crenata* Fork.), particulièrement, durant les campagnes agricoles pluvieuses. Ces mêmes conditions d'humidité élevée, lorsque elles sont accompagnées de basses températures, permettent aussi le développement de la maladie d'antracnose des lentilles (*Ascochyta lentis*), cas des années 1991, 1994, 1996 et 1997. Sous ces conditions relativement favorables, les agriculteurs peuvent avoir un choix plus large de variétés car aussi bien les variétés précoces que les variétés tardives peuvent être utilisées. Cependant, le contrôle de l'orobanche et parfois de maladies reste impératif dans ces zones.
- **Les zones de montagne:** La situation dans les zones de hautes altitudes est tout à fait différente par rapport aux autres zones de plaines. Les données pluviométriques d'Annoceur durant sept campagnes agricoles (Tableau 1) montrent que cette zone se caractérise par une pluviométrie assez élevée (415 mm) et relativement bien répartie au cours de la campagne agricole. Les problèmes de sécheresse existent aussi, mais ne se posent pas avec la même acuité que dans les autres zones de production. Les plantes dans les zones de montagne souffrent, plutôt, des effets des basses températures observées au début du cycle. En plus des effets destructifs directs, le froid fait ralentir le rythme de développement des plantes, ce qui résulte en un élargissement du cycle végétatif et une augmentation des chances d'exposition de la culture aux stress de fin de saison. De même, les lentilles dans les zones de montagnes souffrent parfois des attaques de virus. Cette différence dans les tendances des événements climatiques entre les zones de montagne et les zones de plaines se répercutent aussi différemment sur le comportement variétal. En effet, le comportement variétal observé dans les zones semi-arides est souvent inversé dans les zones de montagne. Si les variétés à cycle court sont les plus adaptées pour les zones semi-arides, ce sont plutôt les variétés tardives qui se comportent bien dans les zones de montagne (Sakr, 2000).

### 3-3 Les objectifs de sélection

C'est à la lumière des caractéristiques environnementales des milieux cibles que se définissent les objectifs de sélection et se justifie la stratégie d'amélioration à adopter pour développer des variétés bien adaptées à ces milieux. Ainsi, on retient que les événements bioclimatiques qui caractérisent chacune de ces zones sont très différents. Ces différences sont aussi associées à des exigences variétales spécifiques à chaque zone. C'est ainsi que pour les zones semi-arides, il faut viser la précocité, la résistance à la rouille et le port dressé permettant la mécanisation de la culture. La précocité peut être soit variétale ou culturale par un semis précoce des variétés tardives. Concernant les zones favorables, les agriculteurs peuvent avoir le choix entre les variétés précoces ou les variétés tardives. Cependant, le contrôle de l'orobanche et parfois de l'antracnose reste impératif dans ces zones favorables. Enfin, pour les zones de montagne, il faut éviter les variétés précoces et viser, en plus du potentiel génétique, la résistance au froid et aux virus.

## 4. Approche d'amélioration et méthodes de sélection utilisées

L'approche suivie à l'INRA pour développer des variétés de lentille se base sur l'utilisation des méthodes conventionnelles de sélection (Introduction, Hybridation, Bulk, Pedigree). Ces méthodes sont appliquées dans les conditions édapho-climatiques des environnements cibles, ce qui permet efficacement de tenir compte des différences écologiques qui existent entre ces environnements et de leurs exigences variétales spécifiques. Ainsi, pour les zones de plaine, les tests sont effectués dans trois sites expérimentaux (Sidi El Aidi, Jemaat Shaim et Marchouch) qui représentent des écosystèmes relativement différents, mais pour lesquels les mêmes variétés peuvent être utilisées. Pour ces zones, nous visons le développement parallèle de variétés précoces et des variétés tardives. Ces deux types de variétés doivent, cependant, avoir un bon niveau de résistance à la rouille et à l'antracnose et une aptitude à la mécanisation. Par contre, pour les zones de montagne, le domaine d'Annoeur est utilisé comme site expérimental pour identifier des variétés spécifiquement adaptées à ces zones, à travers la sélection, particulièrement, pour la productivité élevée et la bonne tolérance au froid.

En pratique, le processus de sélection suit le schéma présenté en annexe 1. Dans ce processus, le matériel génétique de lentille passe par plusieurs étapes successives. La première étape consiste à élargir la variabilité génétique de base à travers la collecte des ressources génétiques nationales ou l'introduction des collections internationales. Ces ressources génétiques sont testées dans différentes pépinières d'observation (de maladies, d'adaptation, de sécheresse, froid...). La sélection dans ces pépinières s'effectue selon l'objectif de chaque pépinière. Selon les caractéristiques des lignées sélectionnées, celles-ci sont soit utilisées comme parents dans le bloc des croisements ou elles passent directement aux essais préliminaires de rendement.



Les croisements sont effectués localement ou à l'ICARDA à notre demande. Le matériel issu de croisement est avancé à la génération F3 et parfois à la F4. Au niveau de ces générations intermédiaires, la sélection s'effectue sur la base des meilleures familles en appliquant la méthode massale (Bulk). Le choix de ces familles se base essentiellement sur la vigueur des plantes et sur le degré de rétention des gousses qui sont des estimateurs visuels du potentiel génétique de rendement. Au niveau de la génération F5, la méthode généalogique (Pedigree) commence. Ainsi, de chaque famille F5, entre 50 à 100 plantes vigoureuses et qui retiennent plusieurs gousses à graines beiges sont sélectionnées individuellement. Les semences de ces plantes sont semées en plante/ligne dans la génération F6 dans laquelle des opérations d'épuration de plantes dites "off type" sont effectuées. Les lignées F6 sont aussi évaluées pour le potentiel génétique et la qualité des graines. A ce niveau, la précocité des plantes et le port dressé sont également notés.

Les semences des lignées F6 retenues sont testées dans des pépinières d'observation pour le rendement et l'adaptation aux différentes zones de production. Dans ces pépinières, la sélection porte sur le comportement général des lignées. Les critères observés sont toujours la vigueur, la rétention des gousses, la précocité et le port des plantes. Cependant, si des réactions aux maladies ou aux autres stress abiotiques (hydrique, froid) se manifestent, elles sont aussi évaluées.

Après cette série de tests, les lignées retenues passent à l'étape des essais comparatifs de rendement. Cette étape commence par les essais préliminaires qui sont conduits en deux répétitions dans un seul site, Sidi El Aidi, pour les zones de plaine et Annoceur pour les zones de montagne. Les lignées qui dépassent le témoin local (L24) et/ou le témoin expérimental (Bakria) dans les essais préliminaires passent aux essais avancés de rendement. Ces essais sont conduits en trois répétitions dans deux à trois stations, souvent Jemaat Shaim, Marchouch et Annoceur si les quantités des semences le permettent. De même, les lignées retenues des essais avancés de rendement conduits aussi bien en plaine qu'en montagne passent aux essais nationaux de rendement. Ces derniers sont conduits en 4 répétitions pour au moins deux années dans les quatre stations (S. El Aidi, J. Shaim, Marchouch et Annoceur). Les meilleures lignées des essais nationaux sont multipliées en quantités suffisantes pour permettre de conduire l'année d'après des essais de vérification chez les agriculteurs et fournir les semences pour les essais Catalogue. Après deux années d'évaluation dans les essais catalogue, les lignées retenues sont inscrites en tant que des obtentions variétales.

## 5. Acquis et progrès réalisés

En se basant sur l'approche d'amélioration et les objectifs de sélection décrits ci-dessus, il a été possible de développer six variétés et plusieurs lignées avancées de lentille bien adaptées aux différentes zones de production de cette culture au Maroc. Les performances des variétés développées jusqu'à présent sont décrites ci-dessous.

## 5-1. La variété Bakria

### - Mode d'obtention :

Bakria a été identifiée en 1983 dans une pépinière internationale (LISNTL-83) en provenance de l'ICARDA. Elle provient de la variété Precoz originaire de l'Argentine.

### - Performances :

Entre 1984 et 1987, Precoz a été testée dans des essais comparatifs de rendement dans lesquels elle avait maintenu ses performances élevées, ce qui a conduit à sa proposition au catalogue officiel en 1987 pour être inscrite en 1989 sous le nom de Bakria, un nom qui reflète sa précocité en arabe.

**Tableau 2 :** Rendements de Bakria comparés à ceux des témoins locaux obtenus durant les campagnes agricoles 1998-2001 en station et chez les agriculteurs dans les zones semi-arides du Maroc.

Campagne agricole	Région d'essai	Pluviométrie (mm)	Rendement (qx/ha)			
			En station		Chez les agriculteurs	
			Bakria	Témoin	Bakria	Témoin
1998	J. Shaim	383	15	9.5	11.5	2.0
	Settat	323	10.8	7.2	-	-
1999	J. Shaim	177	14	6.3	-	-
2000	J. Shaim	160	19.8	5.0	-	-
2001	K. Zemamra	200	-	-	15.8	3.2
			-	-	9.2	2.3
	J. Shaim	182	12.1	5.3	-	-
	Settat	211	10.3	6.0	-	-
Moyenne		234	11.9	6.5	10.6	2.5
Supériorité	-	-	183 %		424 %	

Le tableau 2 compare les rendements de la variété Bakria à ceux des témoins locaux qui se caractérisent par un long cycle végétatif représentant ainsi les populations locales actuellement utilisées par la plus part des agriculteurs dans ces zones. Il ressort du tableau 2 que durant les quatre campagnes agricoles (1998-2001) qui ont été caractérisées par des stress hydriques saisonniers assez prononcés, Bakria a produit entre 10,0 et 19,8 qx/ha en station et entre 9,0 et 15,8 qx/ha chez les agriculteurs, pendant que les témoins locaux n'ont produit qu'entre 5,0 et 9,5 qx/ha en station et des rendements très faibles de 2,0 à 3,2 qx/ha hors station.

### - Principales caractéristiques de Bakria:

**Ramification :** 2 à 3  
**Port :** demi dressé  
**Couleur du colet :** mauve  
**Couleur du feuillage :** vert claire  
**Couleur des fleurs :** blanche avec du violet à la base  
**Gousses :** 2 gousses larges par racème  
**Graines :** 1 à 2 graines larges semi aplaties par gousse  
**Cotylédons :** Jaunes  
**P100G :** 4.5-5g  
**Floraison :** Précoce  
**Maturité :** précoce un peu échelonnée  
**Durée du cycle :** 4 à 4,5 mois  
**Réaction aux maladies :** résistance à la rouille  
**Teneur en protéines :** 26-27,5%  
**Potentiel de rendement :** 34 qx/ha  
**Aire d'adaptation :** Chaouia- Benslimane – Zeïr-Saiïs



### - Les caractères de distinction

- La précocité
- Le rendement élevé
- Un indice de récolte élevé
- La résistance à la rouille
- L'adaptation aux zones semi-arides
- La qualité des graines

## 5-2. La variété Bichette

### - Origine et mode d'obtention:

Bichette a été introduite au Maroc en 1987 sous le nom ILL5562 dans une pépinière internationale en provenance de l'ICARDA. C'est une sélection à partir d'une population locale originaires de la Jordanie (76TA66005).

### - Performances :

Bichette (ILL5562) a été initialement identifiée comme prometteuse au domaine expérimental de Sidi El Aidi qui reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 300mm environ. La lignée a été par la suite testée en 1991 dans un essai préliminaire de rendement conduit à Marchouch (400mm) où elle a montré des performances élevées (2840 kg/ha). Entre 1993-94 et 1997-98, Bichette a été évaluée en quatre sites expérimentaux de l'INRA dont Sidi El Aidi, Jemaat