

Analyse de la diversité génétique de populations locales de blé dur et potentialités d'utilisation en amélioration génétique

Taghouti M.¹, Gaboune F.¹, Nsarellah N.¹, Rhrib K.¹,
Nachit M.M.², Saïdi S.¹, Boujnah M.¹ et Maataoui F.¹

¹ Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Rabat, Maroc.

² International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Résumé

Au Maroc, les populations locales de blé dur sont cultivées par les agriculteurs en particulier dans les régions montagneuses et les oasis présahariennes. Ces variétés du terroir sont toujours appréciées par les agriculteurs pour leurs caractéristiques d'adaptation à certains stress abiotiques et à leur bonne qualité du grain et de la paille. Ces ressources génétiques locales constituent, ainsi, un germoplasme important utile pour les programmes de création variétale. L'évaluation agronomique de près de 800 lignées issues de populations locales de blé dur collectées des régions de Taounate et Errachidia a révélé l'existence de variation au sein de ce matériel pour certains caractères tels que la longueur de l'épi, la longueur des barbes et le nombre de grains par épi. Ces caractères peuvent servir comme sources de variabilité dans les programmes de sélection. L'évaluation de la qualité technologique de 150 lignées locales de blé dur a montré que ce germoplasme offre une diversité génétique intéressante particulièrement pour les caractères: indice de sédimentation au Sodium Dodécyl Sulfate qui évalue la force du gluten, le taux de pigments jaunes et le taux de protéines. L'analyse de la composition protéique par les techniques d'électrophorèse de 100 lignées de blé dur a montré que 96% des lignées locales analysées sont de type « gliadine gamma-45 ». La majorité de ces lignées possèdent les combinaisons d'allèles positivement reliés à la force du gluten telles que Gli B1-45, LMW2 ainsi que Glu-B1b et GluB1i. Ces lignées locales peuvent, ainsi, apporter certains critères de qualité recherchés par le consommateur marocain.

Mots clés : Blé dur, populations locales, variabilité génétique, qualité.

دراسة التنوع الوراثي لبعض عشائر القمح الصلب واندماجها في التحسين الوراثي

منى التاغوتي¹، فاطمة كابون¹، نصر الحق نصر الله¹، كلثوم غريب¹،
محمد نشيط²، الصديق سعدي¹، محمد بوجناح¹، وفاطمة المعطاوي¹

- 1 - المعهد الوطني للبحث الزراعي، الرباط، المغرب.
- 2 - المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، حلب، سوريا.

ملخص

لا زالت الأصناف المحلية للقمح الصلب تزرع في المغرب وتفضل من طرف المزارعين خاصة بالمناطق الجبلية و الشبه الصحراوية. وتعرف هذه الأصناف بقدرتها على التأقلم مع المؤثرات البيئية والحيوية. كما تتميز هذه الأصناف بجودة الحبوب والتبن. وهذا ما يجعل هذه الأصناف المحلية مصدرا هاما للموارد الوراثية التي يمكن استخدامها في برامج التحسين الوراثي للحصول على أصناف جديدة للحبوب.

من أجل المحافظة على هذه المصادر الوراثية من الاندثار واستخدامها في برامج التحسين الوراثي للحبوب يهدف هذا البحث إلى دراسة التنوع الوراثي الذي تمنحه سلالات محلية من القمح الصلب.

أسفر تقييم حوالي 800 سلالة محلية من القمح الصلب مجمعة من منطقتين مختلفتين بالمغرب تونات والراشدية على وجود تنوع هام داخل هذه السلالات بالنسبة لجميع المواصفات خاصة طول السنبلة.

كما أظهرت نتائج تقييم الجودة ل 150 سلالة محلية أن هذه الموارد المحلية تمنح إمكانيات هامة لتحسين بعض مواصفات جودة الحبوب خاصة كمية اللون الأصفر للسعيد، كمية البروتينات وقوة الكلوتين.

وقد أسفرت نتائج التحليلات المتعلقة بالكتروفوريز البروتينات لمائة عينة من السلالات المحلية على ظهور مجموعة من الوحدات HMW و LMW من الكلوتين والكلبايين المعروفة بصلتها الإيجابية بحسن الجودة.

الكلمات مفتاح : التنوع الوراثي، السلالات المحلية، الأصناف المحلية، الجودة.

*Genetic diversity analysis of durum wheat and use in breeding***Summary**

In Morocco, landraces of durum wheat are still cultivated especially by farmers in the mountains and in Saharan oases highly appreciated for their adaptation to some abiotic stresses and for their good grain and straw quality. Durum wheat landraces represent, therefore, a promising gene pool for durum wheat crop improvement.

This study aims at measuring and describing the amount of diversity of Moroccan landraces and to identifying possible sources for breeding programs particularly for improving grain quality.

Agronomic evaluation of nearly 800 durum wheat landraces lines collected from Errachidia and Taounate regions showed a great variability useful in breeding programs; especially for spike length, awn length and number of kernels per spike.

Quality evaluation of 150 durum wheat lines showed a large amount of variability in gluten strength, yellow pigment and proteins content. The multivariate analysis showed that landraces form groups characterized by specific quality traits

Furthermore, Electrophoretical analysis of seed storage proteins in 100 durum wheat lines showed that 96% of the local durum wheat lines possessed the gamma gliadin-45. The majority of these lines presented the components Gli-B1-45/ LMW2 and Glu-B1b and GluB1i witch represent genetic indicator of good quality.

This germoplasm can be used as parental material in breeding programs especially for improving grain quality criteria required by Moroccan consumer.

Key words: Landraces, durum wheat, genetic diversity, quality

Introduction

Les populations locales ou variétés de terroir sont cultivées dans des systèmes de production d'agriculture extensive. Celle-ci est pratiquée dans des régimes pluviaux, sans irrigation, en micro parcelles dans les zones de montagne, en général sans fertilisation adéquate ni contrôle de mauvaises herbes ni de maladies. Le remplacement des variétés de terroir par des variétés modernes (génétiquement homogènes : lignées pures) a prouvé que ces dernières sont incapables de s'adapter au manque des intrants de l'agriculture extensive (Simmonds, 1991). Les populations locales sont typiquement des mélanges de différents génotypes. Chez les plantes autogames, ce sont des mélanges d'un grand nombre de génotypes homozygotes (Brown, 1978 ; 1979 ; Grando et McGee, 1990). Ces variétés de terroir contiennent une grande quantité de variabilité génétique dans un background génétique bien adapté. Cette variation génétique est pratiquement utilisable. Dans les régions méditerranéennes les populations locales de blé dur ont été largement utilisées dans les programmes d'hybridation et ont contribué au développement de variétés améliorées pour les zones arides (Nachit, 1992).

En effet, l'identification de paramètres de qualité désirables et leur incorporation dans le germoplasme amélioré constituent un axe prioritaire de recherche sur le blé dur (Williams et al, 1989; El Haramain et al, 1993; Nachit et al, 1995; Impiglia et al. 1995, El Ouafi et Nachit, 2004). Les populations locales sont utilisées dans les croisements dans le but d'augmenter les qualités nutritionnelle et industrielle des nouvelles variétés. Généralement les critères de qualité incluent le taux et la qualité des protéines, le taux de vitrosité et le taux de pigmentation. Plusieurs auteurs ont, de plus, concentré leurs travaux sur l'analyse de la composition et de la variabilité des protéines de réserve et sur l'effet de certaines fractions protéiques sur la qualité du grain chez les céréales. Les différentes formes alléliques de ces protéines sont observables et ont donné de précieuses informations sur la qualité. Les gliadines de type gamma-45 et gamma-42 ont été associées à la force du gluten chez le blé dur (Damidaux et al, 1978). Le composant électrophorétique gamma-45 est associé à une bonne qualité alors que gamma-42 est plutôt lié à une faible qualité. Généralement la bande gamma-42 est associée aux composantes électrophorétiques 33, 35 et 38, alors que gamma-45 liée à la bande oméga-35, avec quelques exceptions telles que IVDI2060 (Nachit *et al.*, 1992). En réalité, il n'y a aucune relation fonctionnelle entre les formes alléliques des gliadines et la qualité du grain (El Ouafi, 2001). Les gliadines sont seulement des marqueurs biochimiques alors que le rôle majeur dans la qualité du grain est dû à la forme allélique des gluténines (Payne et al, 1984). Le type 1 des sous unités gluténines de faible poids moléculaire (LMW-1) est le plus souvent associé à une faible élasticité du gluten. Par contre, le type 2 des sous unités gluténines de faible poids moléculaire (LMW-2) est un indicateur d'une bonne force du gluten (El Ouafi, 1998). Sur le chromosome 1, la distance génétique entre le locus Glu-B3 qui code pour les LMWs et le locus Gli-B1 qui code pour les gliadines γ (α) est estimée à 2cM (Payne *et al.*, 1990) ou encore seulement à 0,9cM (El Ouafi et Nachit, 2004).

Au Maroc, les variétés améliorées de blé dur sont, certes, plus productives mais associées, le plus souvent, à une qualité technologique inférieure à celle des populations locales. En effet, les variétés améliorées répondent peu aux critères de qualité souhaités par les agriculteurs et aux normes de qualité exigées de plus en plus par les industries de transformation. Par ailleurs, les populations locales de blé dur sont fortement appréciées par les agriculteurs dans la fabrication du pain, du couscous et autres produits transformés à base de blé dur local. Les qualités particulières de ces populations locales méritent, alors, une attention particulière et nécessitent une confirmation à travers une évaluation plus approfondie des différents paramètres de qualité technologique en vue d'une utilisation éventuelle dans le programme d'amélioration de blé dur.

Cette étude vise l'analyse de la diversité génétique des populations locales de blé dur et la détermination des possibilités de leur utilisation dans le programme national d'amélioration génétique de blé dur en particulier dans l'amélioration de la qualité technologique.

Materiel et Méthodes

Matériel végétal

Collecte des échantillons :

Les populations cultivées de blé dur ont été prospectées au stade de maturité. L'objectif est de capter le maximum d'allèles y compris ceux de fréquences faibles dans la population. La taille de l'échantillon nécessaire à prélever a été déterminée de manière à avoir la probabilité de capturer une copie de chaque allèle parmi les plus rares (Marshall et Brown, 1975 ; Lawrence *et al.*, 1995). La collecte s'est déroulée selon un échantillonnage aléatoire stratifié (Hostinger et Gottlieb, 1991 ; Huenneke, 1991). Au niveau de la région, un champ a été prospecté tous les 2 km. Au niveau du champ, l'échantillonnage consiste à prélever au hasard, le long d'une diagonale, un épi à chaque pas d'environ un mètre (Brown et Briggs, 1991). Le nombre de graines récoltées par individu est suffisant pour obtenir au moins une descendance par épi échantillonné. Le caractère aléatoire, la rigueur systématique de l'échantillon ont été respectés de manière à éviter que seuls les individus les plus robustes ou les plus grands soient échantillonnés. Le nom et le numéro du site ont été notés pour chaque échantillon. La taille de l'échantillon et l'origine des populations collectées sont présentées dans le tableau 1.

1- Evaluation agro morphologique des lignées locales de blé dur

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de près de 800 lignées issues de trente cinq populations locales originaires de deux régions montagneuses différentes : la région pré- Riffaine de Taounate et la région des oasis présahariennes d'Errachidia (Tableau1). Les lignées ont été semées à la station expérimentale de Marchouch durant la campagne agricole 2003-2004 suivant un protocole expérimental en Augmented Design :

2 lignes de 2,5m alignée. Deux variétés améliorées Karim et OumRabia et une population locale ont été utilisées comme témoins.

Les mesures ont porté pour chaque lignée sur le nombre de jours à l'épiaison, le nombre de jours à la maturité, la hauteur des plantes, le rendement grain et le rendement paille ainsi que la longueur de l'épi, la longueur des barbes et le nombre de grains par épi mesurés sur 3 épis par lignée.

Tableau 1 : Origine des lignées locales évaluées

Populations locales	Site de collecte Province/ village	Nombre de lignées par population
CM98E17	Errachidia /Errich	21
CM98E18	Errachidia /Errich	16
CM98E19	Errachidia /Errich	1
CM98E39	Errachidia /Errich	22
CM98E35	Errachidia /Mizel	26
CM98E46	Errachidia /Mizel	46
CM98E105	Errachidia /Mizel	8
CM98E55	Errachidia /Guers Talloulina	25
CM98E103	Errachidia /Guers Talloulina	2
CM00E1	Errachidia /Milchil	17
CM00E2	Errachidia /Milchil	15
CM00E3	Errachidia /Milchil	17
CM00E4	Errachidia /Milchil	18
CM00E5	Errachidia /Milchil	43
CM00E6	Errachidia /Milchil	18
CM00E7	Errachidia /Milchil	38
CM00E8	Errachidia /Milchil	10
CM00E9	Errachidia /Milchil	14
CM00E10	Errachidia /Milchil	47
CM00E 11	Errachidia /Milchil	19
CM00E12	Errachidia /Milchil	9
CM98T 112	Taouate/ Tammaddit	8
CM98T 113	Taouate/ Tammaddit	29
CM98T 114	Taouate/ Tammaddit	29
CM98T 115	Taouate/ Tammaddit	14
CM98T 116	Taouate/ Tammaddit	37
CM98T 117	Taouate/ Tammaddit	29
CM98T 118	Taouate/ Tammaddit	22
CM01T 121	Taouate/ Hajjeriat	33
CM01T 122	Taouate/ Hajjeriat	28
CM01T 123	Taouate/ Hroj	7
CM01T 124	Taouate/ Titoura	34
CM01T 125	Taouate/ Ehsaba	7
CM01T 126	Taouate/ Noukfa	9
CM01T 127	Taouate/ Hajarzyouma	11

2- Evaluation de la qualité technologique des populations locales de blé dur

a- Analyse de la qualité technologique selon les critères physico-chimiques

Près de cent cinquante lignées de populations locales de blé dur sélectionnées à partir des lignées déjà évaluées en station expérimentale durant les deux campagnes 2002-03 et 2003-04, et 50 lignées avancées de blé dur ont fait l'objet d'analyse de certains paramètres physico-chimiques de qualité :

La vitrosité exprime l'aspect vitreux, brillant et sans aucune trace de farine ou de mitadinage dans le grain de blé. La détermination du taux de vitrosité s'est faite selon la norme Française AFNOR N°2507/87 (Anonymes).

L'indice de sédimentation par Sodium Dodécyl Sulfate (SDS) est un critère de qualité de blé dur, étroitement lié à la force du gluten qui joue un rôle important dans la détermination des valeurs pastière et boulangère du blé dur. La mesure de l'indice de sédimentation au SDS a été faite selon la norme Marocaine NM 08.1.217 (Anonyme).

La teneur en pigments jaunes est la teneur en caroténoïdes extractibles par le n-butanol saturé en eau et exprimée en micro grammes de bêta carotène par gramme de matière sèche (ppm). La détermination de la teneur en pigments jaunes a été faite selon la norme Marocaine NM 08.1.216 (anonymes).

La teneur en protéines, exprimée par rapport à la matière sèche, a été déterminée par la méthode Kjeldahl qui est basée sur la minéralisation complète de l'échantillon par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, l'alcalinisation des produits de la réaction par la soude (NaOH 40%), la distillation de l'ammoniaque, le piégeage de celui-ci dans une solution d'acide borique à 4% et son titrage direct avec de l'acide chlorhydrique 0.1N (AFNOR : NF V03-050) (anonymes).

Le taux de cendres est un critère d'évaluation de la qualité de semoule. sa détermination repose sur l'incinération d'une prise d'essai à une température de 550°C, jusqu'à combustion complète de la matière organique et obtention d'une masse constante. La détermination du taux de cendres a été faite selon la norme Marocaine NM 08.1.211(anonymes).

b- Analyse de la composition protéique en gliadines et gluténines de lignées de blé dur par les techniques d'électrophorèse

Le matériel végétal utilisé a été constitué de quatre vingt lignées issues de populations locales de blé dur ainsi que de vingt lignées avancées de blé dur issues des différents essais avancés de rendement. Les variétés anciennes de blé dur 2909, 2777 et 1658, les variétés Syriennes de blé dur Korifla et Waha ainsi que la variété de blé tendre Marquis ont été utilisées comme témoins.

L'extraction des gliadines a été faite selon la méthode A-PAGE Acid Poly Acrylamide Gel Electrophoresis) : Une graine de chaque échantillon est écrasée dans un mortier. Les gliadines sont extraites par 1.5 M Diméthylformamide (100µl/ 10 mg du grain), après un temps minimal d'une heure d'incubation à 4°C et une centrifugation pendant 15 minutes à

8000tr/min, le surnageant (1.7 μ l) est séparé sur gel polyacrylamide à 8.5% et à 18°C dans un tampon de lactate d'aluminium. (Kachuk et Metlish, 1980).

L'extraction des gluténines a été faite selon la méthode SDS-PAGE (Sodium Dodécy Sulfate- Poly Acrylamide Gel Electrophoresis): Pour une bonne séparation des gluténines l'extraction a été faite avec alkylation et séparation en utilisant SDS -PAGE. Les résidus issus des échantillons utilisés pour l'extraction des gliadines ont été nettoyés 2 à 3 fois avec 50% de propanol-1 et incubés à 60°C pendant 30 minutes. La solution de réduction (50% propanol-1, 80mM Tris-HCL pH 8.5, 2% DTT est ensuite ajoutée au résidu, suivie d'une incubation pendant 30 mn à 60°C puis d'une centrifugation à vitesse maximale pendant 10 min. Le 4-Vinylpyridine (2.8 μ l) est ajouté au surnageant (200 μ l) suivi d'une incubation à 60°C pendant 30 min. La précipitation des gluténines est effectuée en ajoutant 1 ml d'acétone (-20°C) suivie d'un séchage suivie d'une conservation à -20°C. La séparation des gluténines est réalisée dans un gel à gradient 8- 14% dans un tampon Tris- Glycine.

La révélation des gliadines et des gluténines se fait sous agitation pendant toute la nuit dans une solution de Coomassie Brilliant Blue R-250 (1% dans l'éthanol absolu) et 12% TCA.

La nomenclature des sous unités gliadines et gluténines a été réalisée selon la méthode de Payne et Lowrance, (1938).

Analyses statistiques

Des analyses statistiques descriptives et des analyses de la variance univariable (ANOVA modèle pour Augmented Design) ont été réalisées à l'aide du programme SAS (version 9.1). La diversité des lignées de blé dur a été analysée à l'aide du logiciel DarWin (Version 5.0148). La distance de dissimilarité de Manhattan a été calculée. L'application de l'analyse factorielle sur la matrice de dissimilarité a permis de répartir les individus sur un plan formé par les deux axes. La classification hiérarchique par arbres (méthode UPGMA), a été utilisée pour décrire la tendance au regroupement des populations locales.

Résultats et discussion

I- Evaluation agronomique et morphologique des lignées locales de blé dur

L'analyse de la variabilité génétique a révélé l'existence d'une grande diversité au sein de ce germoplasme local. Les résultats de l'analyse de la variance des caractères étudiés dans les deux sites montrent, en effet, des différences significatives pour la majorité des caractères. Globalement, les lignées locales de blé dur sont plus tardives et plus hautes que les variétés améliorées Karim et Oum Rabia. la hauteur moyenne des populations locales a dépassé celle des variétés de 26 cm. De plus, elles demeurent moins productives en grains et plus productives en paille (Tableau 2).

Néanmoins, l'existence de variabilité au sein de ce matériel pour le nombre de jours à

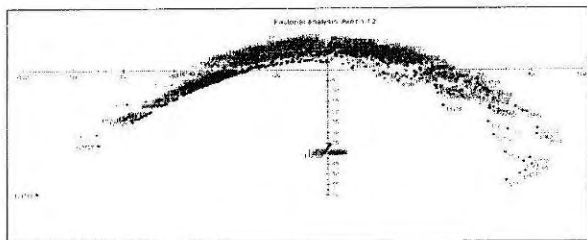
l'épiaison, le nombre de jours à la maturité, la hauteur des plantes, la longueur de l'épi et longueur des barbes ainsi que le nombre de grains par épi est d'une utilité pour le programme national d'amélioration de blé dur. Les caractéristiques de l'épi ainsi que le nombre de grains par épi constituent des sources d'assimilats qui déterminent le rendement en grains (Bagnara Scarascia, 1975; Richard, 1987).

Caractères	Lignées locales			Témoins (moyennes)		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Oum Rabaa	CM98E18	Karim
Epiaison (j)	108.62*	86	135	94.28	113.87	92,75
Maturité (j)	165.27	137	196	153.39	168.27	154.5
Hauteur (cm)	111.72	75	145	85.83	114.67	85,31
Rendement Grains (g/ 1.5m ²)	519.74*	9	1146	666.33	472.29	679.31
Rendement Paille (g/1.5m ²)	1145,4	79	2827	944.78	1288.53	867.56
Longueur des barbes (cm)	21.6***	15	28	19.8	22.02	19.56
Longueur de l'épi (cm)	7.88***	5.61	16.33	7.52	7.79	7,83
Nombre Grains par épi	61.05**	33	93.67	58.87	63.20	59.73

Tableau 2 : Valeurs moyennes, minimales et maximales, des lignées locales et valeurs moyennes des trois témoins pour tous les caractères.

Niveau de signification du test F dans l'ANOVA: * significatif à 0.05, ** significatif à 0.01, *** significatif à 0.001

Les résultats de l'analyse factorielle ont également montré une grande variabilité génétique au sein du matériel étudié (Figures 1a et 1b). Les deux axes principaux représentent respectivement 62.05% et 7.75% de la variabilité totale. La majorité des populations locales de blé dur ne ressemblent pas aux variétés améliorées Karim et Oum Rabaa. De plus, La dispersion ainsi que la classification hiérarchique par arbre des lignées locales ne permet pas



de dégager une distinction claire de groupes de populations selon les sites de collecte.

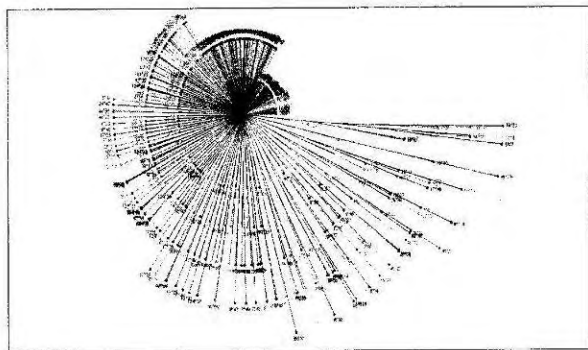


Figure 1a : Dispersion des lignées locales sur les axes de l'analyse factorielle. (La flèche indique le positionnement des témoins Karim et Oum Rabiaa).

Figure 1b : Classification hiérarchique par arbre des lignées locales selon les critères de qualité

Des travaux similaires ont été réalisés sur une collection mondiale de blé dur et ont montré que le germoplasme marocain renferme des caractères utiles en amélioration génétique tels que la précocité, le caractère « Paille semi- naine » ainsi que des valeurs élevées du nombre de grains par épi et du poids de mille grains (Pecetti et al. 1992). Cependant, les résultats émanant des travaux d'évaluation de la diversité génétique sont considérés comme des cas uniques sachant que l'étude concerne un certain nombre d'échantillons évalués dans certains types d'environnements et pour un certains nombre de caractères (Spagnoletti et Qualset, 1987).

2- Evaluation de la qualité technologique des populations locales

a- Evaluation des critères physico chimiques de qualité

Les résultats de l'analyse univariable montrent que les lignées locales sont significativement différentes des lignées avancées pour l'ensemble des paramètres de qualité analysés à l'exception du taux de vitrosité (Tableau 3). De plus, les lignées locales sont meilleures pour la majorité des caractères particulièrement l'indice de sédimentation SDS et taux de pigments jaunes dont les moyennes ont été respectivement de 71.65 et 8.62 par rapport à 38.10 et 6.85 notés chez les lignées avancées. (Tableau 4).

Tableau 3 : Signification statistique des différences entre les lignées locales et les lignées avancées pour les caractères mesurés.

Caractère	SDS	Vitrosité	Pigments jaunes	Taux de cendres	Taux de protéines
Probabilité	0.0001***	0.7752 NS	0.0001***	0.0001***	0.0129*

* significatif à 0.05, ** significatif à 0.01, *** significatif à 0.001

Tableau 4 : valeurs moyennes \pm erreur standard, valeurs minimales et maximales des lignées avancées et locales de blé dur pour l'ensemble des caractères étudiés.

Lignées avancées de blé dur			
Variables	Moyenne \pm erreur standard	Minimum	Maximum
SDS	38.10 \pm 1.79	17	70
Vitrosité	93.75 \pm 0.0065	71	100
Pigments jaunes	6.85 \pm 0.26	2.53	9.32
Taux de cendres	1.77 \pm 0.02	1.55	1.99
Taux de protéines	12.80 \pm 0.14	11.07	14.96
Lignées locales de blé dur			
Variables	Moyenne \pm erreur standard	Minimum	Maximum
SDS	71.65 \pm 1.12	40	94
Vitrosité	94.02 \pm 0.50	48	100
Pigments jaunes	8.62 \pm 0.12	4.18	12.55
Taux de cendres	1.92 \pm 0.012	1.69	2.75
Taux de protéines	12.31 \pm 0.11	10.41	15.88

Analyses multivariées :

Les résultats de l'analyse factorielle ont également montré une grande diversité pour les caractères de qualité étudiés. La classification hiérarchique par arbre a permis de grouper les populations locales en cinq branches distinctes (B1, B2, B3, B4, B5) (Figure 2). Au sein de chaque branche, des groupes et des sous groupes peuvent être décelés. Les lignées au sein de chaque groupe ont été caractérisées par des critères de qualité bien définis (Tableau 5).

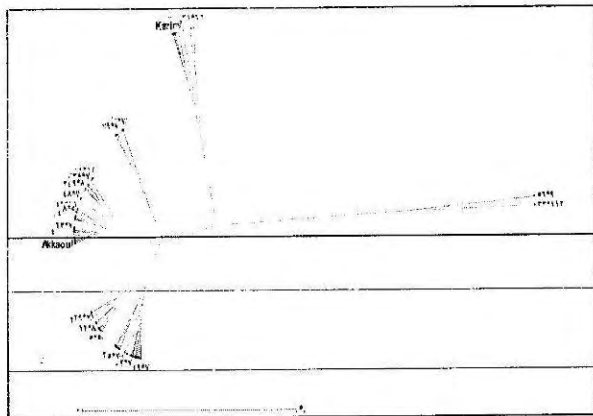


Figure 2 : Classification hiérarchique par arbre des lignées locales selon les critères de qualité.

La diversité génétique mise en évidence au sein du germoplasme local pourrait servir dans les programmes d'amélioration génétique pour l'amélioration de la qualité technologique des variétés de blé dur. En effet, ces lignées locales pourraient constituer des parents dans le bloc de croisement du blé dur en vue d'améliorer certains paramètres de la qualité notamment le taux de pigmentation, le taux de protéines ainsi que la force de gluten évaluée par l'indice de sédimentation au SDS. Ainsi, l'amélioration de ces paramètres de qualité chez certaines variétés reposerait sur le choix, parmi ces groupes de lignées locales de blé dur, de celles ayant des niveaux élevés de ces critères de qualité et de les inclure comme parents dans le programme de sélection. Par exemple, le groupe 4 de la branche 2 regroupe des lignées ayant un taux de pigments jaunes élevé.

Tableau 5 : Groupes de lignées locales définis sur la base de l'analyse factorielle faites sur les caractères de qualité

B	G	SG	Lignées de populations locales	Caractéristiques Moyennes		
				SDS	YP	TP
G1	SG1	CM00E5(14), CM00E7(28, 29), CM00E10(19, 36), CM98T112(3).	62.8	8.07	12.55	
	SG2	CM00E5 (13, 36, 42, 49), CM00E8(12).	62.2	8.58	13.28	
	SG3	CM00E10(5, 18, 29, 48), CM00E5(5, 12, 23, 29, 34).	69.4	8.96	13.03	
B1	SG1	CM00E5(16), CM00E 12(3), CM00E 7(5, 26, 37), CM00E 6(6), CM00E4(47).	71.8	7.45	12.39	
	G2	CM00E1(44), CM00E7(42), CM00E10(49).				
	SG2	CM00E4(18), CM00E5(3, 6, 7, 18, 21, 22, 39)	73.0	8.71	14.97	
	SG3	CM00E7(24, 49), CM00E10(30, 35, 46, 47), CM00E11(48), CM98E105(8).	75.1	9.14	11.80	
G1	SG1	CM98E10(3, 4, 48), CM00E12(4).	91.3	8.01	12.82	
	SG2	CM00E5(1), CM00E7(38), CM00E10(42), CM00E12(8, 11).	87.2	8.19	12.17	
	SG3	CM00E5(41, 48), CM00E8(9), CM00E10(10, 24, 34)	89.3	9.85	11.45	
G2		CM00E5(38), CM00E7(48)	84.0	8.6	11.34	
B2	SG1	CM00E10(6), CM98E11(16).	79.0	6.67	11.74	
	SG2	CM00E5(8), CM00E10(39), CM98E105(19).	80.3	10.06	11.74	
	SG3	CM00E5(19,44), CM00E10(1,8,14, 15, 26, 33).	79.3	8.70	11.85	
G4	SG1	CM00E5(9, 30, 47), CM00E7(25), CM98E10(2,7, 11, 16, 20, 32), CM98E18.	82.4	9.21	12.20	
	SG2	CM00E2(47), CM00E10(12).	82.0	11.73	11.54	
	SG3	CM00E5(2,10, 20, 32), CM00E7(23), CM00E10(17, 31, 43, 47), CM98E19(5).	84.5	9.91	12.09	
B3	SG1	CM00E7(8, 21).	71.0	6.35	12.37	
	SG2	CM00E10(9).	83.0	12.52	10.41	
	SG3	CM00E1(22), CM00E 7(9, 22, 30, 47).	78.4	7.81	12.05	
G1	SG1	CM00E10(13, 22, 25, 27), CM00E 11(6), Karim, Oum Rabiaa	53.6	8.52	12.27	
	SG2	CM98T112(34), CM00E 12(5).	57.5	6.17	12.10	
B4	G2	SG1	CM00E2(15, 40), CM00E6(31), CM00E10(40), CM00E12(10).	43.0	8.09	13.67
B5	G1	SG1	CM00E9(56), CM98T112(33).	66.0	6.45	11.62

B: Branche **G** : Groupe **SG** : Sous groupe.

Les numéros entre parenthèses indiquent les lignées au sein de la population locale

SDS : Indice de sédimentation par Sodium Dodécyl Sulfate (ml)

YP : Teneur en pigments jaunes (ppm)

TP : Taux de protéines (%)

b - Analyse de la composition protéique des populations locales de blé dur

L'analyse des profils électrophorétiques obtenus pour l'ensemble des lignées de blé dur étudiées (Figure 3a) montre que les composants gliadines sont répartis en quatre zones; 1) Oméga rassemblant les bandes les moins mobiles, 2) Gamma, 3) Beta et la zone 4) Alpha proche du front de migration et qui inclue les bandes de fortes mobilités. Les composants gluténines sont répartis en deux sous-unités selon leur poids moléculaire: LMW (Sous unité gluténines à faible poids moléculaire et HMW (Sous-unités gluténines à haut poids moléculaire) (Figure 3b). La répartition des gliadines en quatre fractions et les gluténines en deux est reportée par plusieurs auteurs (Lookhart et Bietz, 1990, Payne, 1987).

Par ailleurs, la lecture des profils électrophorétiques gliadines montre que 94% des lignées de populations locales analysées possèdent la bande gliadine Gamma-45 associées à une bonne qualité (Tableau 6).

La lecture des profils électrophorétiques gluténines montre un polymorphisme important dans le matériel analysé. La composition allélique aux deux loci Glu-A1 et Glu-B1 et leur fréquence sont présentées sur le tableau 6. La présence fréquente de certains allèles positivement reliés à la force du gluten tels que Glu-B1*b* et GluB1*i* montrent que ce germoplasme local offre des sources de caractères liés à la bonne qualité.

Tableau 6 : Fréquences des allèles et types détectés au niveau des locus Gli-B1, Glu-A1, Glu-B1 et Glu-3

Gliadines			
Locus	Type		Fréquence
Gli-B1	Gamma 45		96%
	Gamma 42		4%
Gluténines de haut poids moléculaires			
Locus	Sous-unité	Allèle	Fréquence
Glu-A1	1	a	1,25%
	Null	c	98,75%
Glu-B1	6+8	d	6,50%
	7+8	b	8,00%
	20	e	26,00%
	14+15	h	7,50%
	17+18	i	52,00%
Gluténines de faible poids moléculaires			
Locus	Type		Fréquence
Glu-3	LMW 2		95%
	LMW-1		5%

Par ailleurs, 95% des lignées locales analysées possèdent des sous unités gluténines de faible poids moléculaire (LMW-2) associées à une bonne qualité du gluten (Tableau 6). Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Impligia et al.(1996) qui ont confirmé que le germoplasme local de blé dur méditerranéen sont à 79% de type LMW-2.

D'après ces résultats, il ressort que les lignées de populations locales sont généralement de bonne qualité liée à la force du gluten et offrent ainsi la possibilité d'utiliser ce germoplasme dans l'amélioration génétique du blé dur pour la qualité technologique. De plus, la recherche de nouvelles combinaisons entre les différentes composantes gliadines (Gamma, Beta, alpha et gamma), gluténines (HMW et LMW) et certains critères de qualité contribuera à l'élaboration d'indices de sélection basés sur les marqueurs protéiques. L'utilisation de ces marqueurs dans le schéma de sélection permettrait de faire le triage dès les premières générations de sélection de lignées susceptibles d'avoir une bonne qualité technologique.

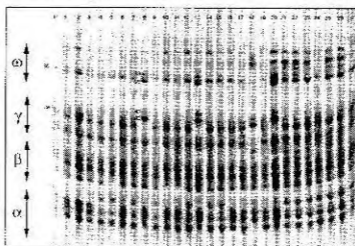


Figure 3a : Profil électrophorétique des gliadines de certaines lignées locales de blé dur. K : Korilla, 1 à 20 : lignées avancées, 21 à 26 lignées de populations locales

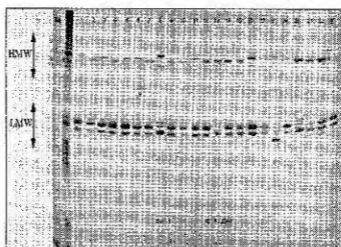


Figure 3b : Profil électrophorétique des gluténines de certaines lignées locales de blé dur M : Marquis, W : Waha, K : Korilla, 1 à 22 : lignées de populations locales

Conclusion

L'évaluation agronomique de lignées locales de blé dur a permis de révéler l'existence de variabilité au sein de ce matériel pour certains caractères à héritabilité élevée tels que le nombre de jours à l'épiaison, la longueur de l'épi et la longueur des barbes. Ces caractères représenteraient des sources de variabilité pour les programmes de sélection de blé dur.

L'évaluation de la qualité technologique ainsi que l'analyse de la composition protéique des lignées locales de blé dur ont montré que ce germoplasme offre une diversité génétique plus importante que celle des lignées avancées particulièrement la force du gluten, le taux de pigments jaunes et le taux de protéines. De plus, les lignées locales analysées forment des groupes distincts, les lignées incluses dans chacun des groupes se distinguent des autres par des paramètres de qualité bien définis. L'amélioration de la qualité chez certaines variétés reposerait sur le choix, parmi ces lignées locales de blé dur, de celles ayant des niveaux élevés de ces critères de qualité et de les inclure comme parents dans le bloc de croisement du programme de sélection.

La recherche de nouvelles combinaisons entre les différentes composantes gliadines (gamma, beta, alpha et gamma), gluténines (HMW et LMW) et certains critères de qualité contribuerait à l'élaboration d'indices de sélection basés sur les marqueurs protéiques. L'utilisation de ces marqueurs dans le schéma de sélection ne nécessite qu'une petite quantité de semence (une graine par échantillon) ce qui permettrait de faire le triage dès les premières générations de sélection de lignées susceptibles d'avoir une bonne qualité technologique.

Références bibliographique

- Bagnara D Scarascia G T Mugnozza, 1975. Outlook in breeding for yield in durum wheat. In GT Scarascia Mugnozza (ed). Proceedings of symposium on genetics and breeding of durum wheat p: 285-296. University of Bari, Italy.
- Brown, A.H.D., 1978. Isozymes, plant population Genetic structure, and genetic conservation, T.A.G. 52: 145-147
- Brown, A.H.D., 1979. Enzymes polymorphism in plant populations. Theoretical Population Biology 15: 1-42
- Ceccarelli S. and Grando, S., 2000. Barley landraces from the Fertile Crescent: a lesson for plant breeders. In Stephen B. Brush (ed). Genes in the field, On-Farm Conservation of Crop Diversity. Lewis Publishers, Boca Raton, FL., USA.
- Damidaux R, Grignac P, Feillet, 1978. Relation applicable en sélection entre l'Électrophoregramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum durum* Desf. C.R. Acad. Sci. Paris. 287 : 701-704.
- El Haramein JF, Nachit M, Impiglia A, 1993. Evaluation of durum grain quality at ICARDA. Symposium on Durum Wheat and its products, Ankara, Turkey, 30Nov -3 Dec.
- El Ouafi, I., Martin A., Martin LM., Nachit M., 1998. Association of introgressed *T. dicoccoides* seed storage protein subunits with gluten strength and protein content in durum (*T. turgidum* L. var *durum*). pp 145-147. In Skinkard, A. F., (ed). 9th Proceeding of the International wheat genetics Symposium. International wheat genetics Conference, Saskatoon (Canada), 2-7 Aug 1998. Saskatoon (Canada): University of Saskatoon 4.
- El Ouafi, I., Nachit MM, 2004. A genetic linkage Map of *Triticum durum* x *Triticum dicoccoides* population based on SSRs and AFLP markers and QTL analysis for milling characters. Theor. Appl. Genet. 108: 401-413.
- Grando S., and McGee R.J. 1990. Utilization of barley landraces in a breeding program. In Biotic Stresses of Barley in Arid and Semi-arid Environment. Bozeman: Montana State University.
- Impiglia A, Nachit M, Lafiandra D, Porceddu E, 1996. Effect of gliadin and glutenin components on gluten strength in durum wheat. In Séminaire Méditerranéen ICARDA/CIHEAM/CIMMYT. Série A. N°22: 167-172.
- Holsinger, K. E., and Gotlieb, I.D. 1991. Conservation of rare and endangered plant: principles and prospect; In: D.A. Falk & K.E. Holsinger (Eds) Genetics and conservation of rare plants. New York, Oxford University Press. pp.195-207.
- Huenneke, L.F. 1991. Ecological implication of genetic variation in plant populations. In: D.A. Falk & K.E. Holsinger (Eds) Genetics and conservation of rare plants. New York, Oxford University Press, pp.31-44.
- Lawrence M.J., D.E. Marshall and P. Davies, 1995. Genetics of genetic conservation. II. Sample size when collecting seed of cross-pollinating species and the information that can be obtained from the evaluation of material held in gene banks. Euphytica 81:101-107.
- Marshall D.R and A.H.D. Brown, 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. p53-80 In: O.H. Frankel & J.G. Hawkes (eds). Genetic Resources for Today and Tomorrow. Cambridge University Press. Chapitre 4.

- Nachit M. 1992. Durum wheat breeding for Mediterranean dry land of North Africa and West Asia . Pp.14-27. In Work shop " Discussion on Durum Wheat Challenges and Opportunity " CMMYT, Ciudad Obregon, Mexico March 23-25. 1992.
- Nachit M., Baum M., Impiglia A, Ketata H., 1995. Studies on some quality traits in durum wheat grown in Mediterranean environments. Proc. Seminar on durum wheat quality in the Mediterranean regions, Zaragoza 17-19 Nov 1995. Options Méditerranéennes Serie A, N° 22 181-188, ICARDA/ CIHEAM/CYMMIT
- Norme Marocaine NM 08 .J.216. 1999. Blés, farines, semoules et pâtes alimentaires : Détermination de la teneur en pigments caroténoïdes. (ed) Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)
- Norme Marocaine NM 08 .J.217. 1999. Blé dur Indice de sédimentation au dodécyl sulfate de sodium. (ed) Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)
- Norme Marocaine NM 08.J.211. 1999. Céréales. légumineuses et produits dérivés : Détermination de taux de minéralisation par incinération à 550°C. (ed) Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA).
- Payne et Lowrance, 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which code for HMW subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Research Communications, 11, 29-35.
- Payne PJ, Holt I, Jackson E, Law CN, 1984. Wheat storage proteins, their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. Phd Trans. R. Soc. Lond. 304:359-371.
- Payne PJ., 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread making quality. Ann. Rev. Pl. Physio. 38: 141-153.
- Pecetti L. and Nachit M., 1993. Phenotypic variation of durum wheat landraces from Morocco and influence of some features of the collecting site Agr. Med. Vol. 123. 243-251.
- Porceddu E, Ceoloni C, Lafiandra, Tanzarella OA, Scarascia Mugnozza G. 1988. Genetic resources and plant breeding: problems and prospects. Pp: 7-21. In: Miller TE and Koebner RMD (eds). Proceeding of the VII International Wheat Genetics Symposium. I.P.S.R. Cambridge.
- Richard, R.A. 1987. Physiology and the breeding of winter grown cereals of dry areas. Pp. 133-150. In : J.P. Srivastava E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma (Eds), Drought tolerance in winter cereals. John Wiley and Sons Chichester.
- Simmonds NW. 1979. Principles of crop improvement. Long-man, Harlow.
- Simmonds, N.W. 1991. Selection for local adaptation in plant breeding program. Theo Appl. Genet. 82 : 363-367.
- Spagnoletti Zeuli PL, Qualset CO. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. Crop. Sci. 27: 235-241.
- William PC, Taher M, El-Haramein F J, Sayegh A. 1990. Utilization of *Triticum dicocoides* in crosses for improving durum wheat quality. Pp. 327-332. In : JP. Srivastava et Damania AB (Eds). Wheat genetic resources : Meeting diverse needs.