

Diversité agro-morphologique et gestion variétale par les agriculteurs du blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) dans le Pré-Rif marocain

L. CHENTOUFI¹, A. SAHRI¹, M. ARBAOUI¹, A. BIROUK¹, P. ROUMET², M-H. MULLER², L. BELQADI¹

(Reçu le 05/08/2014; Accepté le 25/09/2014)

Résumé

Le blé dur est une culture stratégique au Maroc. La caractérisation et l'évaluation des variétés cultivées dans différents agro-écosystèmes traditionnels permettent la sauvegarde et la réhabilitation de ce patrimoine génétique ainsi que son utilisation dans des programmes de sélection. Dans ce contexte, une collection de 59 populations traditionnelles de blé dur issues de la région du Pré-Rif a été étudiée en utilisant neuf traits agro-morphologiques. La diversité phénotypique a été déterminée par l'indice de diversité Shannon-Weaver (H') à différents niveaux (Totalité de l'échantillon, par typologie du blé et par nom variétal). Les H' estimés ont montré une large variabilité phénotypique pour les différents traits avec un H' moyen de 0,78. Les résultats de l'analyse des correspondances multiples et de la classification hiérarchique ont montré une nette distinction entre les variétés modernes et traditionnelles. Les caractères agro-morphologiques ne permettent pas de différencier les variétés traditionnelles entre elles. Les résultats de ce travail ont permis de révéler la grande diversité phénotypique des variétés de blé dur qui ne correspond que partiellement aux noms des variétés du fait de l'existence d'homonymes et de synonymes dans les noms donnés par les agriculteurs.

Mots clés: Diversité phénotypique, Blé dur, variétés traditionnelles, Pré-Rif marocain.

Abstract

Durum wheat is a strategic crop in Morocco. Characterization and evaluation of cultivated varieties in different traditional agroecosystems allows safeguard and rehabilitation of this genetic heritage and its use in breeding programs. In this context, a collection of 59 traditional populations of durum wheat from the Pre-Rif region was studied using nine agro-morphological traits. Phenotypic diversity was determined by the Shannon-Weaver diversity index (H') at different levels (totality of sample, by type of wheat and varietal names). Estimated H' showed a wide genetic variability for different traits with a mean of $H'=0.78$. The results of the multiple correspondence analysis and hierarchical clustering showed a clear distinction between modern and traditional varieties. In traditional varieties, agro-morphological traits do not differentiate between varieties. The results of this work revealed the great phenotypic and nominative diversity of durum wheat varieties as well as the existence of homonyms and synonyms in the names given by farmers.

INTRODUCTION

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est une culture de base dans le bassin méditerranéen. Elle a reçu depuis toujours une attention particulière, en raison de son adaptation à des environnements semi-arides (Belaid, 2000; Nazco et al., 2012). Le Maroc, occupe la troisième place dans la région méditerranéenne et la première dans la région Afrique du Nord et Moyen-Orient en termes de superficie cultivée de blé dur (<http://www.usda.gov>). Le blé dur y est cultivé sur une superficie d'environ 1,0 million d'hectares (MAPM, 2013), avec une production de 19 millions de Qx (campagne 2012/2013), prenant ainsi la 3^{ème} place des productions céréalières au Maroc après le blé tendre (51 millions de Qx) et l'orge (27 millions de Qx) (MAPM, 2013).

Au Maroc comme dans de nombreux autres pays, les systèmes de productions sont très divers; l'agriculture de plaine tournée vers la commercialisation des produits

récoltés, consommatrice d'intrants (engrais, pesticides, semences) côtoie des systèmes agricoles traditionnels (petites exploitations où l'autoconsommation est importante) présents dans des conditions agro-climatiques très variables. Ces systèmes agricoles traditionnels se caractérisent en général par une utilisation d'intrants faible en raison des moyens locaux ou de la faible accessibilité des villages concernés et un matériel génétique diversifié dit local ou traditionnel (Teshome et al., 2001; Altieri, 2004). Ce matériel génétique local est constitué ainsi de génotypes qui ont évolué avec la sélection naturelle et artificielle au fil des générations et qui se sont adaptés aux différents environnements où ils se sont développés (Myers, 1994). Ils constituent un grand réservoir de gènes utiles pour des programmes de sélection conventionnelle (Asfaw, 1989; Cherdouh et al., 2005).

Cette agriculture est pratiquée au Maroc dans une grande diversité d'environnements associés à différents agro-écosystèmes, altitudes, latitudes et régimes hydriques

¹ Département de Production, Protection et Biotechnologies Végétales, IAV Hassan II, B.P. 6202, Rabat-Instituts, Rabat, l.belqadi@gmail.com/mustaphaarbaoui@hotmail.com

² INRA, UMR Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes Méditerranéennes et Tropicales, 2 place Pierre Viala, F-34060 Montpellier Cedex 1, France

(Pagnotta *et al.*, 2004; Kehel *et al.*, 2013), (Taghouti et Saidi, 2002). A cette diversité environnementale correspond une richesse de diversité pour de nombreuses espèces, y compris le blé dur (Vavilov, 1926; Zarkti *et al.*, 2010). Dans le Pré-Rif et les montagnes de l'Atlas, de nouvelles investigations ont permis de faire ressortir l'importance de l'utilisation de ces variétés traditionnelles (Chentoufi *et al.*, 2014).

Le matériel génétique marocain a contribué à l'amélioration du blé dur dans plusieurs pays (Zarkti *et al.*, 2012). La quantification et la caractérisation phénotypique de ce matériel est une étape préliminaire très importante pour quantifier l'érosion génétique avec le temps, due aux fluctuations climatiques et au remplacement des variétés traditionnelles par des variétés modernes (Belaid, 2000) et aussi à proposer des stratégies de maintien et de valorisation de la diversité (Jarvis, 1999). Ces étapes permettent d'estimer la diversité existante dans le matériel étudié (Schut *et al.*, 1997), de détecter les doublons, et sont considérées comme un point de départ pour son utilisation dans les programmes de sélection.

De nombreuses études se sont ainsi focalisées sur la caractérisation de variétés traditionnelles sur la base de caractères agro-morphologiques (Bechere *et al.*, 1996; Sadiki *et al.*, 2002; Al Khanjari *et al.* 2008; Teklu et Hammer, 2008; Sourour et Amara-Hajer, 2009; Zarkti *et al.*, 2012; Geleta et Grausgurber, 2013); mais également sur la base d'une caractérisation moléculaire (Zarkti *et al.*, 2010; Peleg *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2012).

La présente étude a pour objectif d'évaluer la diversité du blé dur dans la région du Pré-Rif marocain sur la base de caractères agronomiques et morphologiques, et d'établir les correspondances entre la description des variétés locales par les agriculteurs et les observations au champ.

MATERIEL ET METHODES

Origine du matériel

Une étude basée sur la caractérisation de la diversité du blé dur et des pratiques de gestion de cette diversité par les agriculteurs a été réalisée dans un agro-écosystème diversifié; le Pré Rif. Pour répondre aux objectifs de l'étude, 169 agriculteurs ont été enquêtés afin de déterminer les pratiques culturales, les types et les noms des variétés de blé dur cultivées et l'accès et les modes de gestion de la semence de ces variétés. Ainsi, 19 variétés différentes de blé dur ont été identifiées selon les dénominations des agriculteurs. Sur les 19, 14 ont été désignées comme étant des variétés traditionnelles et cinq comme modernes (Chentoufi *et al.*, 2014).

Afin d'évaluer la diversité cultivée par les agriculteurs et d'estimer la variabilité intra et inter-variétale, le matériel identifié au cours des enquêtes a été collecté (Figure 1). La collecte a été réalisée en suivant une stratégie d'échantillonnage stratifié géographiquement de manière à couvrir le maximum de diversité géographique et toutes les variétés identifiées. Deux variétés sur les 19 identifiées, n'ont pas pu être collectées (Merzak et Ourgh). Une variété non identifiée lors des enquêtes a été ajoutée à la collecte (*Twinsia Kehla*). Au total, 18 noms de variétés différents sont représentés dans cette étude.

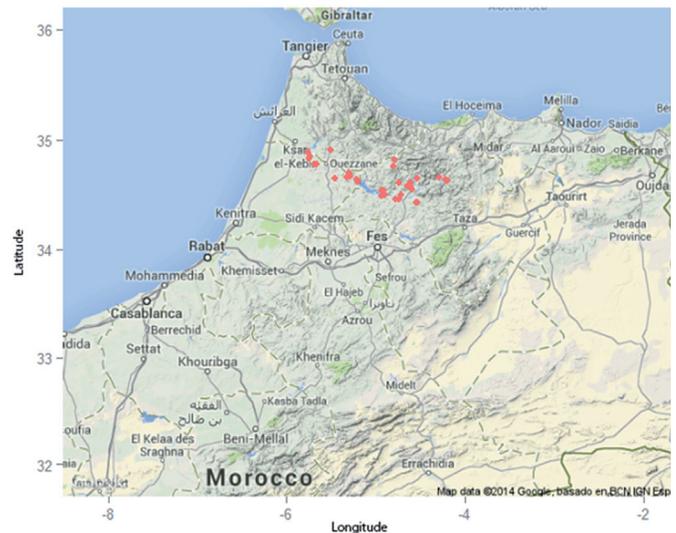


Figure 1: Localisation des champs des agriculteurs où la collecte a été réalisée

La collecte a été réalisée sur 59 champs d'agriculteurs. Chaque échantillon collecté est décrit par le mot population correspondant à une variété donnée cultivée chez un agriculteur. Certaines variétés sont représentées par plusieurs populations. La collecte de chacune de ces populations s'est faite par la récolte de 30 épis individuels issus de 30 plantes différentes prises aléatoirement dans le champ. Au total, 1770 épis de blé dur ont ainsi été collectés.

Evaluation de la diversité

Dans le but d'évaluer la diversité intra et intervariétale, un essai de caractérisation agro-morphologique a été mené au cours de la campagne agricole 2011-2012, à la station expérimentale de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (N 33°58'35", W 6°51'59") située à une altitude de 50 m au dessus du niveau de la mer.

Le dispositif était constitué de 1770 lignées provenant de la récolte des épis semés individuellement sur une ligne de 0,8 m de long. L'écartement entre les lignes était de 0,3 m; avec une distance inter-bloc de 1 m. Deux variétés modernes de blé dur (Karim et Marzak) et une variété moderne de blé tendre (Achtar) ont été utilisées comme témoins. Karim, Marzak et Achtar ont été répétées respectivement 52, 17 et 34 fois dans l'expérimentation.

Au cours de la campagne agricole, sur chacune des lignées, les accessions ont été évaluées en utilisant neuf traits présentant des variations soit de type quantitatif soit qualitatif.

-Traits quantitatifs: longueur de l'épi (LE), longueur de la barbe (LB), hauteur de la plante (H), poids de mille grains (PMG), date d'Épiaison (E). Une transformation des traits quantitatifs en classes a été réalisée, ainsi toutes les données des lignées pour chaque trait ont été prises en compte. Cette transformation a été réalisée avec la fonction cut du logiciel R, qui divise l'étendue des valeurs en nombre de classes souhaité (trois), et détermine les limites de chacune des classes.

-Traits qualitatifs: densité de l'épi (DE), couleur des grains (CG), couleur de la barbe (CB), forme de l'épi (FE).

Les notations de la couleur de la barbe (CB) et la couleur des grains (CG) sont des estimations visuelles faites sur les épis

à maturité et les grains après battage de chaque lignée. La forme de l'épi (FE) est une notation qui a été faite au stade maturité et comprend trois classes. La densité de l'épi (DE) est une mesure visuelle des épis d'une lignée, elle est répartie en cinq classes (Tableau 1). La longueur de l'épi (LE) est la longueur moyenne (sans barbe) de 10 épis à maturité d'une lignée. La longueur de la barbe (LB) est mesurée à maturité et en cm sur une échelle de trois classes. La hauteur de la plante (H), est la hauteur moyenne de 10 plantes d'une lignée, mesurée à maturité en cm, du sol jusqu'au sommet de l'épi. Le poids de mille grains (PMG) a été déterminé à partir d'échantillons secs de 100 grains provenant de dix plantes choisies au hasard par lignée. La date d'épiaison est le nombre de jours à partir du semis jusqu'au moment où 50 % des épis d'une lignée sont à moitié dégainés (visibles).

Le Tableau 1 montre les classes attribuées à chacun des traits utilisés dans l'étude.

Tableau 1: Traits mesurés et caractéristiques: limites (min-max) de chacune des classes.

Traits	Classes	Classes / gamme de variation (Min-Max)
Densité de l'épi (DE)	1	Epi très lâche
	3	Epi lâche
	5	Epi moyennement dense
	7	Epi dense
	9	Epi très dense
Couleur des grains (CG)	1	Grains très clairs
	3	Grains clairs
	5	Grains moyennement foncés
	7	Grains foncés
	9	Grains très foncés
Couleur de la barbe (CB)	Blanche	
	Brune	
	Jaune	
	Noire	
Forme de l'épi (FE)	Aplati	
	Carré	
	Intermédiaire	
Longueur de l'épi (cm) (LE)	1	2,99 - 5,9
	2	6 - 8,9
	3	9 - 12
Longueur de la barbe (cm) (LB)	1	4,97 - 14,4
	2	14,5 - 23,9
	3	24 - 33,5
Hauteur de la plante (cm) (HP)	1	49,9 - 83,2
	2	83,3 - 116,5
	3	117 - 150
Poids de mille grains (g) (PMG)	1	17,1 - 44,1
	2	44,2 - 71,2
	3	71,3 - 98,4
Epiaison (jours)	1	94,9 - 111
	2	112- 129
	3	130 - 147

Analyses statistiques

La fréquence des différentes classes pour chacun des traits a été calculée. Ces fréquences ont été utilisées pour la détermination de l'indice de Shannon-Weaver (H), dans le but d'estimer la diversité agro-morphologique entre les typologies de blé dur (Moderne et traditionnelle), les populations et les variétés. L'indice de Shannon-Weaver (1948), défini par Jain et al. (1975) est calculé comme suit :

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

où n est le nombre de classes pour un caractère donné et P_i la fréquence ou la proportion d'une classe i par rapport au total.

Chaque valeur H a été normalisée en la divisant par sa valeur maximale par $H_{\max} = \log_e(n)$, et cela afin d'avoir des valeurs entre zéro et un.

$$H' = H/H_{\max}$$

L'indice de Shannon-Weaver a été calculé à trois niveaux différents:

- L'ensemble de l'échantillon, afin d'estimer la diversité de la collection sur laquelle on travaille. A ce niveau le calcul a été fait au sein de chaque type en mélangeant toutes les lignées.

- Selon la dénomination moderne et traditionnelle, ce sont les deux types de blé dans la collection étudiée. Le calcul a été fait au sein de chaque type en regroupant toutes les lignées. Le calcul de H' à ce niveau va nous permettre d'estimer la diversité au sein des lignées de chaque groupe, mais aussi de comparer entre les deux.

- Selon les noms des variétés, le calcul a été fait pour toutes les lignées d'une même variété confondues, sans prendre en considération les populations les composant. Le calcul de H' à ce niveau permettra d'estimer la diversité intra variétale et classer les variétés, en se basant sur les H' moyen des différentes variétés.

L'analyse des correspondances multiples a été effectuée sur la base des neuf traits agro-morphologiques (qualitatifs et quantitatifs). Cette analyse permet de visualiser la dispersion des lignées et leur tendance au regroupement par rapport à leurs typologies (traditionnelle et moderne). Cette analyse a été réalisée en utilisant le module FactoMiner du logiciel R.

Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée en se basant sur les cinq traits quantitatifs. L'objectif est de déterminer la correspondance entre la dénomination des variétés et leurs phénotypes ainsi que le regroupement de populations appartenant à la même typologie. Cette analyse a été réalisée avec le module cluster, méthode «ward» pour disposer les populations et la fonction dendrapply pour réaliser le dendrogramme, en utilisant le logiciel R.

RESULTATS

Diversité de l'ensemble de l'échantillon

L'indice de Shannon-Weaver, calculé sur la base des fréquences des différentes classes de traits quantitatifs et qualitatifs, a permis de faire ressortir les niveaux de diversité.

L'estimation de l'indice de diversité globale normalisé, calculé sur la base de l'ensemble des données agromorphologiques a été de 0,78. Pour les neuf traits, l'indice de Shannon-Weaver normalisé varie entre 0,49 pour le PMG et 0,92 pour la date d'épiaison (Tableau 2).

Tableau 2: Indice de diversité (H') global, selon la typologie des variétés.

Traits mesurés	H' global	H' variétés modernes ^a	H' variétés traditionnelles
Couleur des barbes	0,10	0,51	0,94
Densité de l'épi	0,76	0,70	0,71
Couleur des grains	0,78	0,44	0,78
Forme d'épi	0,88	0,99	0,82
Longueur d'épi	0,73	0,70	0,73
Longueur de barbe	0,64	0,30	0,62
Hauteur	0,91	0,44	0,77
Poids de mille grains	0,49	0,26	0,55
Epiaison	0,92	0,28	0,79
Moyenne	0,78	0,51	0,75

a: les variétés à appellation moderne issues de la collecte

Diversité des dénominations moderne et traditionnelle

L'indice de diversité H' pour les neuf traits a été calculé pour chacun des deux types de blé dur (traditionnel et moderne) selon les dénominations variétales (Tableau 2).

Sur la base des neuf caractères, il ressort une supériorité de la diversité au sein du groupe des variétés traditionnelles

(H'=0,75) contre 0,51 pour les variétés modernes.

Chez les variétés modernes, le maximum et le minimum de diversité sont respectivement observés pour la forme de l'épi (0,99) et le poids de mille grains (0,26). Pour la longueur de la barbe, 90% des lignées appartiennent à la classe 1 (barbe de petite taille). Pour la date d'épiaison, l'indice de diversité au sein des variétés modernes est faible (0,28); avec 91% des lignées appartenant à la classe 1 (très précoce). Pour les variétés traditionnelles, l'indice de diversité H' est compris entre 0,55 pour le poids de mille grains dont 79% des lignées appartiennent à la classe 2 (PMG compris entre 44,2 et 71,2 g) et 0,94 pour la couleur de la barbe (Tableau 2). Une forte variabilité au sein de ce matériel a été observé pour la date d'épiaison (H'=0,79); avec une différence de 33 jours entre la plus précoce et la plus tardive.

Sur la base de l'indice de diversité, calculé pour chacun des neuf traits, les variétés traditionnelles sont plus diversifiées que les variétés à appellation moderne; à l'exception des traits de forme et de densité de l'épi.

Structuration de la diversité variétale

Selon les traits, l'indice de diversité par variété varie de 0 (absence de variabilité) à des valeurs supérieures à 0,99 indiquant une variabilité très importante (Tableau 3). Les indices de diversité moyens les plus élevés ($H' \geq 0,60$) sont obtenus pour six variétés, les valeurs intermédiaires ($0,40 \leq H' < 0,60$) sont obtenus pour neuf variétés, et les valeurs de diversité les plus faibles ($0,10 \leq H' < 0,40$) sont observés pour trois variétés. Il est à noter que pour les valeurs de diversité faibles et intermédiaires, les variétés sont représentées par une population; réduisant ainsi le potentiel de variation par rapport

Tableau 3: Estimation de l'indice de diversité des neuf caractères pour chacune des 18 variétés.

Variétés	Nombre de populations	H' DE	H' CG	H' CB	H' FE	H' LE	H' LB	H' H	H' PMG	H' Epiaison	H' Moyenne
Zeriâa	4	0,53	0,71	0,84	0,84	0,71	0,65	0,97	0,32	0,70	0,70
Guemh beldi	5	0,71	0,66	0,96	0,96	0,58	0,52	0,59	0,69	0,47	0,68
Guemh	4	0,52	0,72	0,74	0,79	0,55	0,55	0,58	0,65	0,63	0,64
Guemh lehmar	7	0,75	0,57	0,86	0,99	0,74	0,45	0,49	0,67	0,08	0,62
Krifla kehla	7	0,44	0,77	0,81	0,69	0,68	0,62	0,61	0,32	0,59	0,62
Krifla beda	3	0,57	0,82	0,68	0,68	0,62	0,59	0,60	0,49	0,46	0,61
Lehjaoui	1	0,69	0,63	0,91	0,96	0,46	0,27	0,49	0,63	0,30	0,59
Lekhel	4	0,54	0,68	0,75	0,53	0,67	0,67	0,43	0,30	0,64	0,58
Twinssia kehla	2	0,51	0,58	0,75	0,60	0,60	0,53	0,63	0,27	0,63	0,57
Tecnik	2	0,58	0,30	0,63	0,70	0,69	0,48	0,59	0,39	0,63	0,55
Mezrouba	3	0,40	0,42	0,81	0,43	0,46	0,48	0,30	0,54	0,98	0,54
Guemh khel	1	0,65	0,12	0,58	0,86	0,63	0,13	0,46	0,35	0,41	0,47
Karim	11	0,64	0,46	0,23	0,96	0,70	0,26	0,42	0,24	0,25	0,46
Massa	1	0,54	0,00	0,50	0,93	0,63	0,13	0,48	0,24	0,32	0,42
Zeriâa kehla	1	0,43	0,43	0,33	0,43	0,61	0,58	0,30	0,64	0,00	0,42
Zeriâa twila	1	0,44	0,67	0,72	0,41	0,49	0,00	0,00	0,51	0,00	0,36
Pedro	1	0,46	0,07	0,42	0,9	0,63	0,00	0,00	0,36	0,13	0,33
Twinssia	1	0,25	0,00	0,00	0,36	0,30	0,41	0,61	0,43	0,46	0,31
Moyenne générale	59	0,69	0,78	0,91	0,91	0,74	0,64	0,91	0,49	0,92	0,78

aux autres variétés. Les H' moyens, varient entre 0,31 pour la variété Twinssia et 0,70 pour la variété Zeriâa. Les six variétés aux indices de diversité élevés sont toutes à dénomination traditionnelle. Les variétés à dénomination moderne ont des niveaux de diversité intermédiaires à faibles.

En prenant en considération tous les traits et toutes les variétés, l'indice de diversité le plus élevé ($H'=0,99$) est retrouvé pour la forme de l'épi pour la variété Guemh Lehmer. L'indice le plus faible (trait identique pour l'ensemble des 30 individus de la population) a été noté pour cinq traits et quatre variétés différents (Tableau 3).

Structure de la diversité

Une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée dans le but de décrire la dispersion des accessions et leur tendance au regroupement en se basant sur les neuf traits utilisés pour la description.

Le nuage de points de la figure 2 montre un certain regroupement et une distinction des lignées appartenant aux variétés traditionnelles des lignées appartenant aux variétés modernes. En même temps, on retrouve deux autres groupes, l'un d'entre eux représentant les lignées des populations très hétérogènes et l'autre groupe représente les populations qui prêtent à confusion puisqu'ils ont des noms de variétés traditionnelles mais se situent principalement dans le groupe des variétés modernes.

Le groupe des lignées des populations hétérogènes est représenté par cinq populations, appartenant à quatre noms variétaux (Karim, Guemh beldi, Teknik, Zeriâa). Le groupe qui porte à confusion est représenté par trois populations appartenant à trois noms variétaux (Zeriâa, Twinssia, Guemh khel).

Dans le premier axe de la figure 2, qui oppose les variétés modernes aux traditionnelles, les modalités actives dominantes pour les variétés modernes sont épiaison

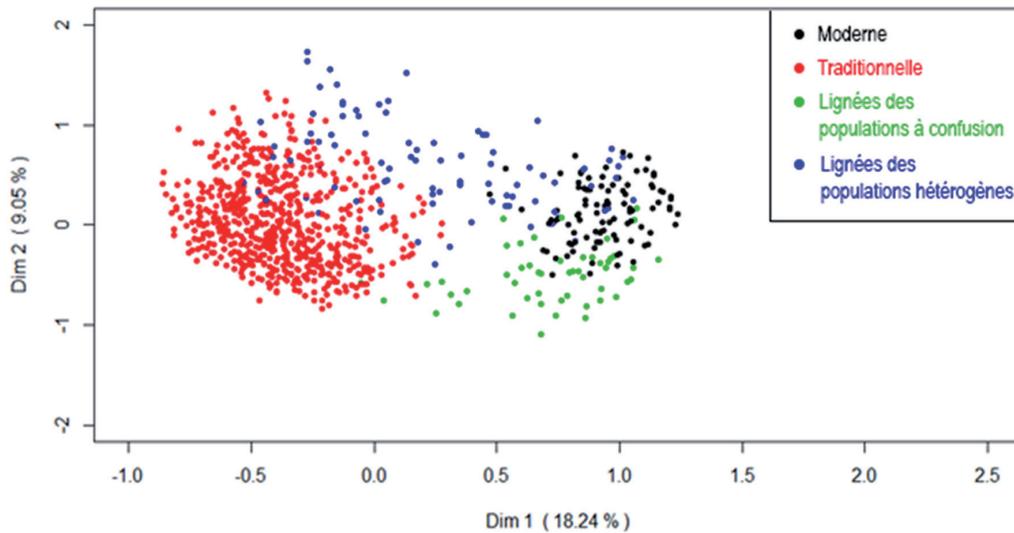


Figure 2: Analyse des correspondances multiples représentant les lignées de blé dur originaires du Pré-Rif sur la base de neuf traits de caractérisation

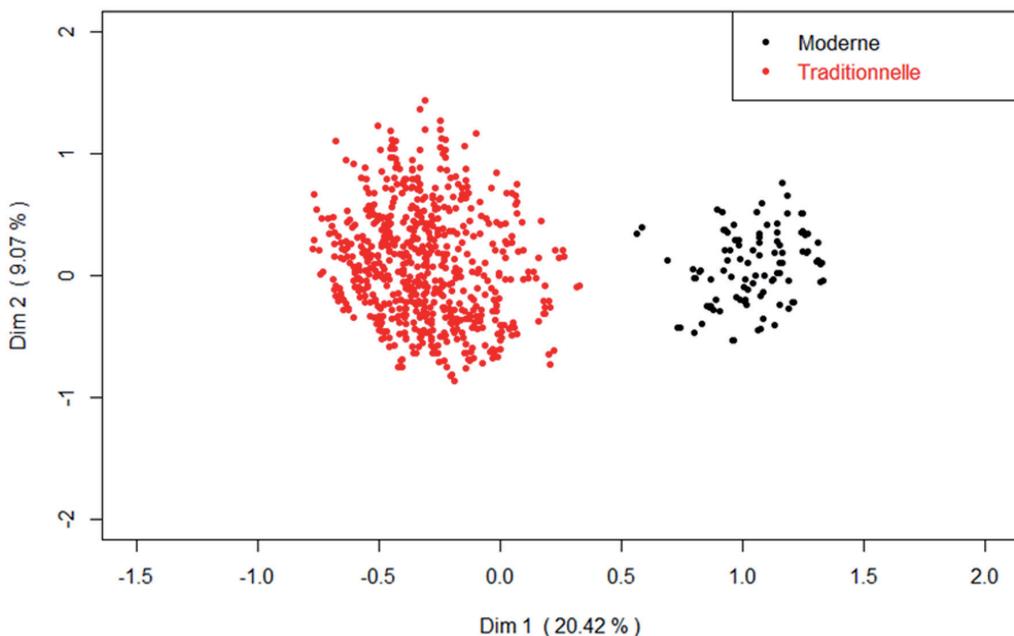


Figure 3: Analyse des correspondances multiples représentant les accessions de blé dur originaires du Pré-Rif, en retirant huit populations du fait de leur appellation et de leur hétérogénéité sur la base de neuf traits de caractérisation

classe 1 et hauteur classe 1. Les variétés modernes se caractérisent ainsi principalement par une épiaison précoce et des plantes de petite taille. Les variables qui contribuent le plus à la création du groupe des variétés traditionnelles sont épiaison classe 3, hauteur classe 3 et couleur de grain classe 7. Les variétés traditionnelles se caractérisent par une épiaison tardive, des plantes de grande taille et des grains de couleur foncée.

En retirant ces huit populations des deux groupes (à confusion et hétérogène), l'ACM permet de mieux différencier les accessions des variétés à appellation moderne et traditionnelle; qui se distinguent principalement par leur hauteur, leur date d'épiaison et la couleur du grain.

Diversité inter populations

Une classification hiérarchique ascendante a été effectuée sur chaque population sur la base de traits quantitatifs: longueur de l'épi, longueur de la barbe, hauteur de la plante, poids de mille grains, date d'épiaison. Chaque population a été assignée selon le nom de la variété. Les huit populations hétérogènes et qui portent à confusion ont été écartées de l'analyse. Cette analyse permet de faire ressortir l'homogénéité au sein des dénominations variétales selon leurs caractérisations agro-morphologiques (Figure 4).

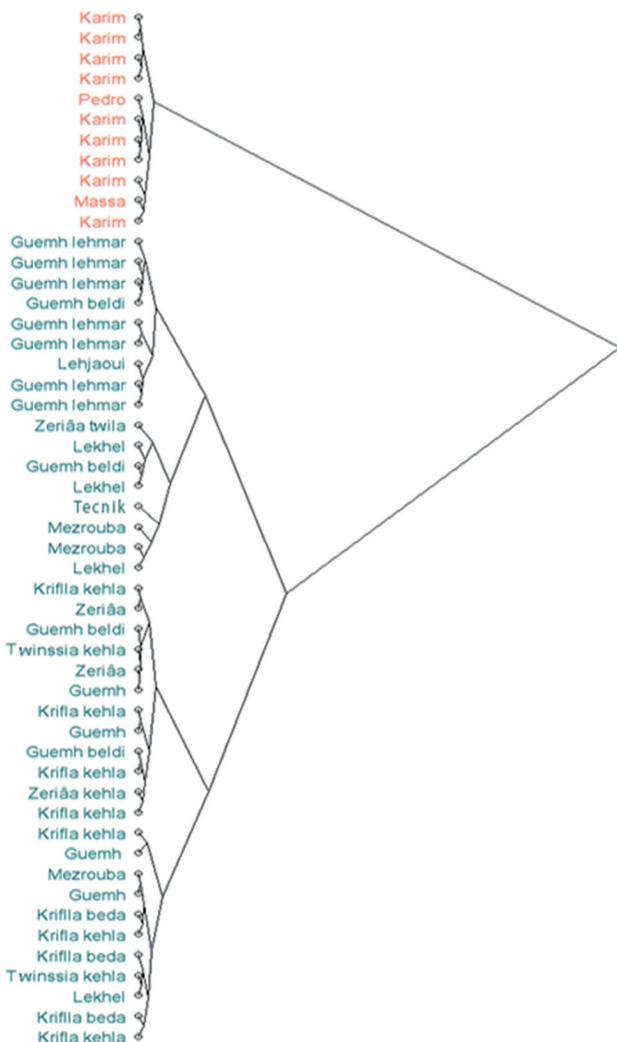


Figure 4: Classification ascendante hiérarchique des 51 populations retenues de blé dur de la région du pré Rif sur la base des cinq caractères quantitatifs

L'analyse de ce dendrogramme montre que les variétés traditionnelles sont situées dans le même groupe et constitueraient un cluster distinct des variétés modernes.

Au sein du cluster des variétés traditionnelles, certaines populations avec la même dénomination variétale se regroupent (Guemh Lehmer et Mezrouba). Cette tendance n'est toutefois pas généralisable à l'ensemble des variétés dénotant ainsi le caractère hétérogène des appellations des variétés.

DISCUSSION

L'indice de Shannon-Weaver a été utilisé pour estimer la diversité sur la base des traits agro-morphologiques dans de nombreuses études (Negassa, 1986; Bechere et al., 1996; Eticha et al., 2005; Al Khanjari et al., 2008; Sourour et Hajer, 2009). Il a permis de révéler dans la présente étude l'existence d'une diversité élevée dans la région du Pré-Rif. La comparaison du H' moyen obtenu ($H' = 0,78$) avec celui d'autres études a montré qu'il est supérieur à ceux indiqués par Eticha et al. (2005), Teklu et Hammer (2008) et Sourour et al. (2010) (respectivement 0,71; 0,72 et 0,77), mais inférieur à ceux rapportés par Jain et al. (1975) et Negassa (1986) (respectivement 0,87 et 0,81).

Des différences ont été relevées au niveau des traits agro-morphologiques selon la typologie du blé dur. Pour la couleur de la barbe, la couleur jaune domine chez les variétés modernes (78 %), alors que pour les variétés traditionnelles, toutes les classes de la couleur de la barbe sont retrouvées. En ce qui concerne la taille de la barbe, les variétés modernes se caractérisent par des barbes de petite taille ne dépassant pas les 14,5 cm, contrairement aux variétés traditionnelles où la taille de la barbe peut aller jusqu'à 33,5 cm. Les variétés modernes sont caractérisées aussi par la petite taille des plantes et la date d'épiaison précoce. Les variétés traditionnelles qui se caractérisent par des plantes de grande taille et une date d'épiaison située dans la deuxième et la troisième classe (88 %).

Des résultats similaires ont été notés sur la base de la description des agriculteurs enquêtés des variétés qu'ils cultivent (Nassif et Mahdi, 2002; Chentoufi et al., 2014). En effet, les agriculteurs distinguent bien entre les variétés traditionnelles et celles modernes sur la base de la hauteur de la plante, la précocité et la longueur de la barbe.

Une étude de Nassif et Mahdi (2002), dans les sites de Taounate, Rich et Azilal, avait montré que les agriculteurs se basaient essentiellement sur les mêmes caractères pour décrire leur variétés traditionnelles, à savoir une haute barbe, une hauteur élevée de la plante mais avec une date d'épiaison précoce contrairement aux variétés traditionnelles qui se caractérisent plutôt par des dates d'épiaison tardives par rapport aux variétés modernes.

L'analyse des correspondances principales réalisée sur la base des neuf traits agro-morphologiques, a permis de confirmer la différence existante entre les deux typologies de blé dur. Cette analyse a permis également de détecter huit populations à appellation erronée ou présentant un niveau d'hétérogénéité très élevé.

Les données des enquêtes ont été utilisées pour essayer d'expliquer pourquoi ces huit populations ont une appellation erronée ou très hétérogène. Le Tableau 5 dresse les raisons pouvant expliquer la singularité de ces populations: les plus fréquentes sont la sélection qui ne se fait pas ou qui se fait juste sur les grains (taille et qualité), ainsi que la possibilité du mélange avec les variétés du blé dur cultivées dans la même ferme, surtout dans le cas où le battage et le stockage de toutes les variétés se font aux mêmes endroits.

Tableau 5: Explications possibles de la divergence des populations à confusion et celles hétérogène.

Population	Nom / Variété	Typologie	Explication
9	Guemh beldi	Traditionnelle	Sélection pratiquée juste sur grains
14	Tecnik	Traditionnelle	1 ^{ère} année de semis, achat du marché avec une autre variété, possibilité de mélange et non connaissance de la variété
15	Karim	Moderne	Sélection seulement sur grains
33	Zeriâa	Traditionnelle	Pas de sélection
36	Twinssia	Traditionnelle	Population non enquêtée
40	Zeriâa	Traditionnelle	Pas de sélection, l'agriculteur cultive deux autres variétés de blé dur
48	Guemh khel	Traditionnelle	Pas de sélection
55	Karim	Moderne	Sélection juste sur grains et achat de la semence lors d'une mauvaise année

La comparaison des H' des noms variétaux a montré que la variété Zeriâa est celle avec le H' moyen le plus élevé (0,7). Ce H' élevé pourrait être expliqué par la non ressemblance des quatre populations qui la représentent. Une population a montré une très grande hétérogénéité dans l'ACM et une autre est à appellation erronée, désignée par un nom traditionnel (Zeriâa) et se caractérisant par des traits de variétés modernes (plantes et barbes de petite taille, épiaison précoce).

La variété présentant l'indice de diversité Shannon-Weaver le plus faible est la variété Twinssia. Il est à noter qu'une seule population représente cette variété avec des lignées très homogènes. Ceci dit, d'autres variétés qui sont aussi représentées par une seule population présentent un indice de diversité élevé (Lehjaoui, Zeriaa kehla), ce qui suggère une forte diversité intra population au sein de ces variétés.

Les noms que les agriculteurs donnent à leurs variétés traditionnelles sont essentiels à leur existence et même à leur exploitation (Sadiki et al., 2007). En général, les agriculteurs nomment leurs variétés locales en se basant sur les caractéristiques agro-morphologiques, eco-adaptatives, qualitatives et sur leur utilisation (Teshome et al., 1997; Soleri et Cleveland 2001; Sadiki et al., 2007 et Nuijten et Almekinders, 2008). L'étude menée à Rich et Taounate par Taghouti et Saïdi (2002), a montré que les agriculteurs

désignent leurs variétés en se basant juste sur la couleur de barbes « IKahla » (noire) et « Lbyda » (blanche). En revanche dans cette étude, les agriculteurs, mêmes'ils utilisent la couleur de la barbe pour distinguer leurs variétés traditionnelles, comme Guemh Lehmar (blé dur rouge), Lekhel (le noir), Krifla beda (Krifla blanche), ils utilisent aussi d'autres critères comme la précocité pour Mezrouba (précoce), la taille de la graine pour Zeriâa twila (longue graine), et l'origine de la variété comme pour Twinssia (originaire de Tunis).

Le dendrogramme fait ressortir la nette différenciation entre les variétés traditionnelles et modernes. Au niveau des populations, le dendrogramme réalisé a montré un certain regroupement de quelques populations portant le même nom variétal (Guemh lehmar et Mezrouba). En effet, les niveaux de diversité peuvent varier considérablement d'une variété traditionnelle à une autre (Sadiki et al., 2007). Le dendrogramme montre aussi qu'il n'y a aucune distinction nette entre les différents noms variétaux. Ce résultat confirme celui constaté lors de la description des agriculteurs de leurs variétés (Chentoufi et al., 2014).

L'appellation que donnent les agriculteurs à leurs variétés n'est pas toujours précise. Des homonymes (un même nom donné à deux ou plusieurs variétés présentant des caractéristiques différentes) ou des synonymes (différents noms à une même variété) peuvent se retrouver dans les systèmes d'agriculture traditionnels. C'est le cas dans cette région d'étude. Cela pourrait être expliqué par les pratiques de la sélection des agriculteurs de la région. Il n'y a que 15 % des 53 % des agriculteurs pratiquant la sélection dans la région qui la pratiquent sur plante et épi, les autres sur grain (taille et qualité). Les agriculteurs cherchent plutôt à avoir de la semence de bonne qualité mais ne s'intéressent pas beaucoup à l'homogénéité de leurs populations.

CONCLUSION

Cette étude, qui avait pour but d'analyser la diversité sur la base des traits agro-morphologiques des variétés collectées dans la région Pré-Rif du Maroc, a montré qu'il existe une importante diversité entre les variétés traditionnelles et modernes, mais aussi au sein des variétés traditionnelles. L'étude a montré qu'il existe une hétérogénéité des noms donnés par les agriculteurs à leurs variétés et le soupçon de synonymes et d'homonymes entre les différentes populations, mais aussi une diversité élevée entre les accessions traditionnelles, exprimée pour les différents traits (couleur de la barbe, forme de l'épi, date de l'épiaison etc.).

Il serait utile d'étudier la possibilité d'intégrer ce matériel dans des programmes de sélection, visant le développement de variétés adaptées aux environnements des régions marocaines. La participation des agriculteurs dans ces programmes est à encourager. Cette stratégie a été développée en Italie par Boggini et al. (1990) et en Tunisie par Daaloul et al. (1990).

Une étape préliminaire est la conservation de cette diversité. Une des méthodes est «la conservation par l'utilisation», qui a pour principe la création de systèmes agricoles durables qui utilisent activement et autant que possible la diversité (Tsegay et Berg, 2007; Teklu et Hammer, 2008).

REMERCIEMENTS

-Agropolis Fondation pour sa contribution au financement de ce travail à travers le projet ARCAD, ainsi qu'au Programme de Recherche Agronomique pour le Développement.

-Toute l'équipe scientifique et technique qui a travaillé sur ce projet.

REFERENCES

- Al Khanjari, S., Filatenko, A.A., Hammer, K. and Buerket A. (2008). Morphological spike diversity of Omani wheat. *Genet Resour Crop Evol* 55: 1185-1195.
- Altieri M.A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Front Ecol Environ* 2: 35-42.
- Asfaw Z. (1989). Relationships between spike morphology, hordeins and altitude within Ethiopian barley, *Hordeum vulgare* L. (Poaceae). *Hereditas* 110: 203-209.
- Bechere E., Belay G., Mitiku D. and Merker A. (1996). Phenotypic diversity of tetraploid wheat landraces from northern and north-central regions of Ethiopia. *Hereditas* 124: 124-172.
- Belaid A. (2000). Durum wheat in WANA (West Asia and North Africa): production, trade, and gains from technological change. In: *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges, vol 40*. Options Méditerranéennes. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, Spain, 35-39.
- Boggini G., Palumbo M. and Calcagno F. (1990). Characterization and utilization of Sicilian landraces of durum wheat dans breeding programs. In: *Wheat Genetic Resources: Meeting Diverse Needs*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 223-234.
- Chentoufi L., Sahri A., Arbaoui M., Belqadi L., Birouk A., Roumet P. and Muller M.H. (2014). Anchoring durum wheat diversity in the daily reality of traditional agricultural systems: varieties, seed management, and farmer's perception in two Moroccan regions. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*.
- Cherdouh A., Khelifi D., Carrillo J.M. and Nieto-Taladriz M.T. (2005). The high and low molecular weight glutenin subunit polymorphism of Algerian durum wheat landraces and old cultivars. *Plant Breeding* 124: 338-342.
- Daaloul A., Harrabi M., Ammar K. and Abdennadher M. (1990). Evaluation of durum wheat lines for yield, drought tolerance and Septoria resistance in Tunisia. In: *Wheat Genetic Resources: Meeting Diverse Needs*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 187-194.
- Eticha F., Bekele E., Belay G. and Börner A. (2005). Phenotypic diversity in tetraploid wheats collected from Bale and Wello regions of Ethiopia. *Plant Genetic Resources* 3: 35-43.
- Geleta N. and Grausgruber H. (2013). Morphological and quality traits variation in tetraploid (*Triticum turgidum* L.) and hexaploid (*Triticum aestivum* L.) wheat accessions from Ethiopia. *Agricultural Science Research Journals* 3: 229-236.
- Jain K.S., Qualset C.O., Bhatt G.M. and Wu K.K. (1975). Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheat. *Crop Science* 15: 700-704.
- Jarvis D., Zhou M., Klemick H. and Sthapit B. (1999). *In situ* conservation on-farm. In: *Plant Genetic Resources Conservation and Use in China*. Proceedings of a National Workshop on Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources, 25-27 October 1999, Beijing, China, 26-32.
- Khel Z., Garci-Ferrer A. and Nachit M.M. (2013). Using Bayesian and Eigen approaches to study spatial genetic structure of Moroccan and Syrian durum wheat landraces. *American Journal of Molecular Biology* 3: 17-31.
- MAPM (2013). Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime. Bilan de la campagne agricole 2012-2013. Direction de la production végétale.
- Myers N. (1994). Protected areas – protected from a greater what?. *Biodiversity and Conservation* 3: 411-418.
- Nassif F. et Mahdi M. (2002). La conservation *in situ* des espèces cultivées et l'environnement socio-économique au Maroc. In: *La conservation in-situ de la biodiversité agricole: un défi pour une agriculture durable*. Actes du séminaire national Rabat, 21 et 22 janvier 2002, Rabat (Maroc), 2002. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 118-134.
- Nazco R., Villegas D., Ammar K., Pena J.R., Moragues M. and Royo C. (2012). Can Mediterranean durum wheat landraces contribute to improved grain quality attributes in modern cultivars?. *Euphytica* 185: 1-17.
- Negassa M. (1986). Estimates of phenotypic diversity and breeding potential of Ethiopian wheats. *Hereditas* 104: 41-48.
- Nuijten E. and Almekinders C.J.M (2008). Mechanisms explaining variety naming by farmers and name consistency of rice varieties in the Gambia. *Economic Botany* 62: 148-160.
- Oliveira H.R., Campana M.G., Jones H., Hunt H.V., Leigh F., Redhouse D.I., Lister D.L. and Jones M.K. (2012). Tetraploid Wheat Landraces in the Mediterranean Basin: Taxonomy, Evolution and Genetic Diversity. *PLoS ONE* 7(5): e37063.
- Pagnotta M.A., Impiglia A., Tanzarella O.A., Nachit M.M. and Porceddu E. (2004). Genetic variation of the durum wheat landrace Haurani from different agro-ecological regions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 863-869.
- Peleg Z., Fahima T., Korol A.B., Abbo S. and Saranga Y. (2011). Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany* 62: 5051-5061.
- Sadiki M., Birouk A., Bouizzgaren A., Belqadi L., Rh'rrir K., Taghouti M., Kerfal S., Lahbhili M., Bouhya H., Douiden R., Saidi S. et Jarvis D.I. (2002). La diversité génétique *in situ* du blé dur, de l'orge, de la luzerne et de la fève: Options de stratégie pour sa conservation. In: *La conservation in-situ de la biodiversité agricole: un défi pour une agriculture durable*. Actes du séminaire national Rabat, 21 et 22 janvier 2002, Rabat (Maroc), 2002. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 37-117.

- Sadiki M., Jarvis D.I., Rijal D., Bajracharya J., Hue N.N., Camachi T.C., Burgos-May L.A., Sawadogo M., Balma D., Lope D., Arias L., Mar I., Karamura D., Williams D., Chevez-Servia J.L., Sthapit B. and Rao V.R. (2007). Variety names: an entry point to crop genetic diversity and distribution in agroecosystems?. *In: Managing biodiversity in agricultural ecosystems*. Columbia University Press, New York, USA, 34-76.
- Shannon C.E. and Weaver W. (1948). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Schut J.W., Oi X. and Stam P. (1997). Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. *Theor. Appl. Genet.* 95: 1161-1168.
- Soleri D. and Cleveland D.A. (2001). Farmers' genetic perceptions regarding their crop populations: An example with maize in the central valleys of Oaxaca, México. *Economic Botany* 55:106–128.
- Sourour A. and Amara-Hajer S. (2009). Distribution and phenotypic variability aspects of some quantitative traits among durum wheat accessions. *African Crop Science Journal* 16: 219-224.
- Sourour A., Chahine K., Youssef T., Olfá S.A. and Hajer S.A. (2010). Phenotypic diversity of tunisian durum wheat landraces. *African Crop Science Journal* 18: 35-42.
- Taghouti M. et Saidi S. (2002). Perception et désignation des entités de blé dur gérées par les agriculteurs. *In: La conservation in-situ de la biodiversité agricole: un défi pour une agriculture durable*. Actes du séminaire national Rabat, 21 et 22 janvier 2002, Rabat (Maroc), 2002. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 275- 279.
- Teshome A., Brown A.H.D. and Hodgkin T. (2001). Diversity in landraces of cereal and legume crops. *Plant Breed Rev* 21:221-261.
- Teklu Y. and Hammer K. (2008). Diversity of Ethiopian tetraploid wheat germplasm breeding opportunities for improving grain yield potential and quality traits. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilisation* 7: 1-8.
- Teshome A., Baum B.R., Fahrting L., Torrance J.K., Arnason T.J. and Lambert D. (1997). Sorghum (Sorghumbicolor) landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica* 97: 225–263.
- Tsegaye B. and Berg T. (2007). Utilization of durum wheat landraces in East Shewa, central Ethiopia: Are home uses an incentive for on-farm conservation?. *Agriculture and Human Values* 24: 219-230.
- Vavilov N.I. (1926). Studies on the origin of cultivated plants. *Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed.* 16: 1-248.
- Zarkti H., Ouabbo H., Hilali A. and Udupa S.M. (2010). Detection of genetic diversity in Moroccan durum wheat accessions using agro-morphological traits and microsatellite markers. *African Journal of Agricultural Research* 5: 1837-1844.
- Zarkti H., Ouabbou H., Udupa S.M., Gaboun F. and Hilali A. (2012). Agro-morphological variability in durum wheat landraces of Morocco. *Australian Journal of Crop Science* 6: 1172-1178.