

Caractérisation agro-morphologique d'une collection de 16 accessions d'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous climat semi-aride

SALEM MARZOUGUI^{1,2*}

¹Pôle Régional de Recherche Développement Agricoles du Nord-Ouest semi-aride à El Kef, Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles (IRESA), Tunisie

²Laboratoire des grandes cultures, INRAT, Tunisie

*Corresponding author: salem.marzougui@iresa.agrinet.tn

Resumé- L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité phénotypique et génétique d'une collection de 16 accessions d'orge d'origine Tunisienne. L'analyse phénotypique a été réalisée sur 11 paramètres agro-morphologiques sous climat semi-aride à El Kef. Plusieurs corrélations positives ont été identifiées à savoir entre la date d'épiaison et hauteur de la plante, en effet plus l'épiaison de l'orge est tardive plus la hauteur de la plante est importante. L'augmentation de nombre d'épis par plante implique absolument l'augmentation de nombre des grains par conséquence, l'augmentation des rendements. D'autre part une corrélation négative a été observée entre la date d'épiaison et le rendement, plus l'accession est précoce, plus elle a un rendement plus important. L'analyse de la composante a identifié deux composantes majeures qui expliquent à eux seules 56% de la variabilité totale existant dans la population.

Keywords: Orge, paramètres agro -morphologiques, semi-aride, corrélation, composante principale.

1. Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est l'une des cultures les plus anciennes au monde et se classe quatrième après le blé, le riz et le maïs. En Tunisie, l'orge est principalement cultivée en climat aride et semi-aride dans des zones de moins de 400 mm de précipitations annuelles. L'amélioration génétique pour répondre à l'augmentation du rendement est en cours dans le programme de sélection tunisien. Le rendement de l'orge est un trait complexe régi par plusieurs gènes et est le résultat de l'interaction entre plusieurs composants. Le développement de variétés à haut rendement adaptées aux conditions locales dépend de la compréhension de la variabilité existante et de la relation génétique entre le rendement en grains et ses composants (Jiang et al. 2004, Marzougui et al. 2018). L'amélioration génétique de rendement est généralement associée à l'optimisation de la date d'épiaison et la hauteur de la plante (Nadolska-Orczyk et al. 2017). Une période de floraison optimale permet un développement optimal des grains en ce qui concerne la disponibilité de la chaleur, de la lumière et de l'eau, tandis que les céréales semi - naines allouent plus de ressources à la production céréalière que les plantes plus hautes et présentent des pertes réduites à cause de la verse. Les principaux gènes contrôlant la période de floraison et le semi - nanisme ont été identifiés et les meilleurs allèles ont tendance à se fixer dans le matériel génétique de sélection moderne (Jia et al. 2011)

Dans la présente étude, une tentative est faite pour une caractérisation phénotypique et moléculaire d'une collection d'orge ancienne d'origine Tunisienne qui pourraient être d'une immense importance pour étendre les connaissances et la recherche significative amélioration génétique des céréales.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Zone d'étude et matériels végétales

Cette étude a été réalisée dans le gouvernorat du Kef et est faite sur la parcelle de l'unité d'expérimentation agricole de Kef (INRAT) de superficie 47 ha située au complexe universitaire "Boulifa" au sud de la ville du Kef Tunisienne qui est connue par un climat semi-aride moyen à l'hiver. Durant la campagne 2019/2020, la pluviométrie totale du mois de décembre jusqu'à mai a atteint 198,3 mm (Figure 1). Une collection de 16 accessions d'orge issues de la banque des gènes internationale, ont été utilisées pour l'analyse et l'évaluation de la diversité phénotypique (Tableau 1). Les accessions sont semis à 2 lignes jumelées de longueur 2,5 m et avec un interligne de 25 cm. Les caractères étudiés sont les suivants : la date d'épiaison est calculée depuis la date de semis jusqu'à 50% des épis sont visibles dans chaque plot. La hauteur des plantes est mesurée sur 3 plants pris au hasard au niveau de chaque plot au stade maturité. Les mesures sont réalisées à l'aide d'une règle graduée depuis la surface du sol jusqu'au top de l'épi excluant la barbe. La longueur de l'entre-nœud part du premier nœud au-dessous



de l'épi jusqu'au nœud suivant. La longueur des pédoncules part du premier nœud jusqu'à la base de l'épi. La longueur de l'épi a été réalisée sur 3 plants pris au hasard au niveau de chaque plot. Les mesures partent de la base de l'épi jusqu'au dernier épillet (barbes non inclus). La longueur de la barbe a été réalisée sur 3 plants pris au hasard au niveau de chaque plot élémentaire. On mesure la longueur de la barbe située au milieu de l'épi. Le rendement en grain a été déterminé en mesurant le poids en gramme des grains récoltés à partir de 3 plantes d'orge. Le poids de toute la matière organique et végétale mesuré à partir 3 plantes d'orge. L'indice de récolte est le rapport entre le rendement en grain d'une plante cultivée et la quantité totale de biomasse qui a été produite, exprimés en matière sèche. Cet indice a une valeur comprise entre 0 et 1, il peut être aussi exprimé en pourcentage. Le nombre d'épis présente sur la plante, sur trois échantillons. Le nombre de grains par épi va dépendre du nombre d'épillets par épi et du nombre de grains par épillet. Ces deux composantes s'élaborent progressivement entre la fin du tallage et la floraison.

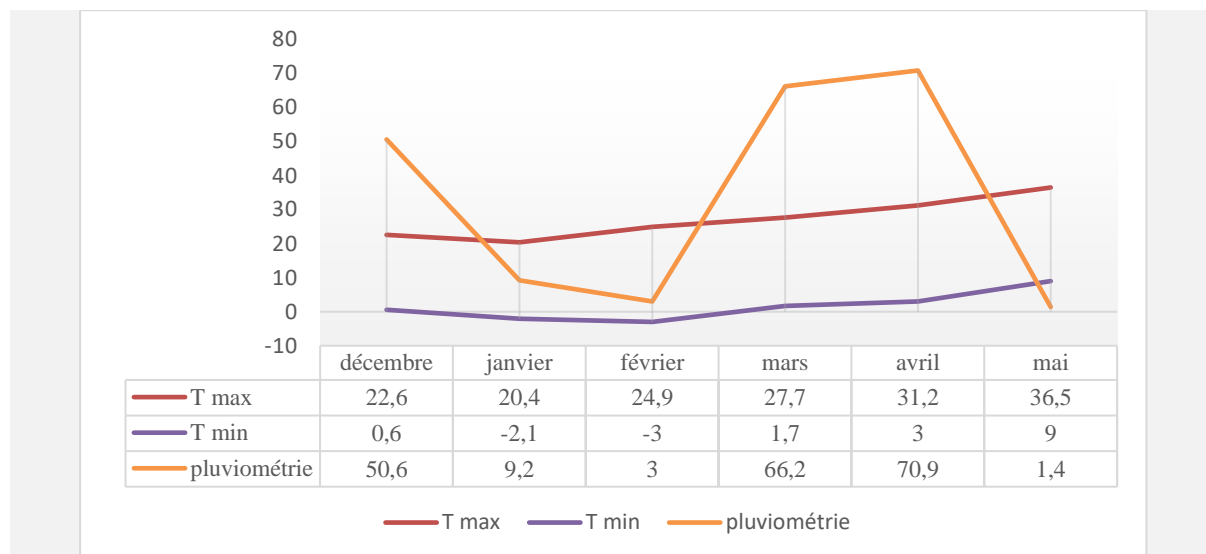


Figure 1. Pluviométries (mm) et températures minimales et maximales (°C) enregistrées à la station de recherche du Kef durant la campagne agricole 2019/2020.

Tableau 1. Liste des 16 accessions évalués dans cette étude

	Nom de l'accession	Origine	Statut
G1	Martin	Tunisienne	Cultivar
G2	4a	Tunisienne	Incertain
G3	1356-33	Tunisienne	Landrace
G4	3380-35	Tunisienne	Landrace
G5	3362-81	Tunisienne	Landrace
G6	Arbi	Tunisienne	Incertain
G7	Staf	Tunisienne	Landrace
G8	Ariana	Tunisienne	Landrace
T1	Revil No.1	Tunisienne	Incertain
T2	1144-87	Tunisienne	Landrace
T3	3452-114	Tunisienne	Landrace
T4	Arbi	Tunisienne	Incertain
T5	Jbali	Tunisienne	Landrace
T6	Dinar	Tunisienne	Landrace
T7	Besert 13	Tunisienne	Landrace
T8	186	Tunisienne	Landrace

2.2 Analyse statistique

Cette analyse a été réalisée avec le logiciel SPSS, pour déterminer les relations de corrélation entre les paramètres mesurés, analyser les composantes principales et la classification hiérarchique des accessions étudiées.

3. Résultats et discussion

3.1 Analyse statistique descriptive

L'analyse descriptive est résumée dans le tableau 2. La date d'épiaison est un stade repère dans le développement végétatif et qui marque la précocité de la plante. Une variété est dite précoce si la durée de son épiaison depuis le semis est inférieure à 100 jrs ; elle est semi précoce si la durée se situe entre

100 et 120 jrs ; et tardive si cette durée dépasse 120 jrs. La date d'épiaison a varié entre 110 jours pour l'accession G3 et 150 jours pour l'accession tardive G8. Cette variation entre la valeur maximale et la valeur minimale est due à la variabilité importante de la collection d'accession.

La hauteur de la végétation est un paramètre très important dans la sélection variétale et l'amélioration génétique des céréales vue son importance dans le développement végétatif de la plante. Dans cette collection la longueur de la plante a varié entre 41,5 cm pour l'accession T5 et 79 cm pour l'accession T8.

L'accession T3 a le rendement le plus important ($R=23,95g$), alors que l'accession T8 présente un rendement presque nul avec une valeur de R égale à 0,84. T8 est une variété très tardive d'une hauteur importante mais d'un rendement très faible. L'indice de récolte est le rapport entre le rendement et de la biomasse totale produite de la plante, la variation est assez importante. En effet l'indice de récolte a varié entre 0,507 pour T3 et 0,049 pour l'accession G8.

La longueur de l'entre-nœud varie entre 7 cm pour l'accession G5 et 19 cm pour l'accession G2 avec une moyenne de 12,37 cm. La longueur du pédoncule varie entre 12,5 cm pour l'accession G2 et 24 cm pour l'accession G8 avec une moyenne de 19,18 cm. L'épis attribue dans la photosynthèse lors du remplissage des grains (Ali Dib et al., 1992). La longueur de l'épi varie entre 4,5 cm pour l'accession T1 et 8,5 cm pour l'accession G5 avec une moyenne de 6,53 cm. La longueur de la barbe, selon Hadjichristodoulou (1993) est un caractère d'adaptation très important dans les conditions arides méditerranéennes. La longueur de la barbe a varié entre 8,5 cm pour l'accession T1 et 13,5 cm pour l'accession T5. Avec une moyenne égale à 11,15 cm. Le nombre de grains par épi est parmi les paramètres principaux de rendements en grain, ce nombre a varié entre 42 pour les accessions G4, T6 et T7 et 60 pour les accessions G2, G6, G7 et T8, avec une moyenne égale à 52,12 g. Le nombre d'épi par plante a varié entre 1 pour l'accession G8 et 8 pour les accessions G6 et T3, avec une moyenne égale à 5 épis. La biomasse a varié entre 17,08 pour l'accession G8 et 33,23 pour l'accession G7, avec une valeur moyenne égale à 26,29 g.

Tableau 2. Analyse statistique descriptive des paramètres étudiés

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Variance
DE (Date d'épiaison)	110.00	150.00	120.13	9.97	99.32
H (Hauteur de la plante)	41.50	79.00	54.97	9.53	90.78
LIN (Longueur de l'internode)	7.00	19.00	12.38	2.98	8.88
LP (Longueur de pédoncule)	12.50	24.00	19.06	3.56	12.70
LEpi (Longueur de l'épi)	4.50	8.50	6.53	1.07	1.15
LB (Longueur de la barbe)	8.50	15.00	11.16	1.73	2.99
GPE (Grain par Epi)	42.00	60.00	52.13	6.83	46.65
EpP (Epi par plante)	1.00	8.00	4.63	1.82	3.32
Biomasse	17.08	47.22	26.30	7.51	56.35
IR (Indice de récolte)	0.05	0.53	0.37	0.13	0.02
R (Rendement en grain)	0.84	23.95	10.11	4.89	23.93

3.2 Analyse de corrélation

Les coefficients de corrélations des paramètres agro-morphologiques mesurés, sont présents dans le tableau 3. La matrice de corrélation de Pearson montre une corrélation significative entre les paramètres étudiés. On parle d'une corrélation positive si les valeurs de deux caractères quantitatifs X et Y évoluent dans le même sens, et une augmentation des valeurs d'un caractère entraîne l'augmentation des valeurs de l'autre.

Tableau 3. Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres agro-morphologiques

	DE	H	LIN	LP	LEpi	LB	GPE	EpP	Biomasse	IR	R
DE	1.00	0.570*	0.24	-0.55	0.00	0.14	0.34	-0.61	-0.28	-0.89	-0.65
H	.570*	1.00	0.49	0.00	-0.23	-0.04	0.07	-0.23	0.00	-.608*	-0.25
LIN	0.24	0.49	1.00	0.39	-0.42	-0.17	-0.05	-0.11	-0.04	-0.45	-0.26
LP	-.554*	0.00	0.39	1.00	-0.34	0.01	-0.09	0.28	0.25	0.43	0.42
LEpi	0.00	-0.23	-0.42	-0.34	1.00	0.43	-0.13	0.06	-0.21	0.21	-0.05
LB	0.14	-0.04	-0.17	0.01	0.43	1.00	0.13	-0.06	0.15	0.14	0.15
GPE	0.34	0.07	-0.05	-0.09	-0.13	0.13	1.00	-0.12	0.12	-0.30	-0.15
EpP	-.611*	-0.23	-0.11	0.28	0.06	-0.06	-0.12	1.00	0.70**	0.43	0.67**
Biomasse	-0.28	0.00	-0.04	0.25	-0.21	0.15	0.12	0.70**	1.00	0.28	0.83**
IR	-.888**	-.608*	-0.45	0.43	0.21	0.14	-0.30	0.43	0.28	1.00	0.74**
R	-.654**	-0.25	-0.26	0.42	-0.05	0.15	-0.15	0.67**	0.83**	0.74**	1.00

*. Corrélation est significative a 0.05

** . Corrélation est significative a 0.01

Il existe une corrélation linéaire positive entre les paramètres suivants ; Date d'épiaison et hauteur de la plante avec une valeur de $r=0.57$, en effet plus l'épiaison de l'orge est tardive plus la hauteur de la plante est importante. Nombre d'épis par plante et rendements ; la relation est fortement positive, avec une $r=0,715$. L'augmentation de nombre d'épis par plante implique absolument l'augmentation de nombre des grains par conséquence, l'augmentation des rendements. Nombre d'épis par plante et biomasse : la corrélation est fortement positive de $r=0,752$; plus le nombre d'épis par plante augmente, plus la biomasse est importante.

On parle d'une corrélation négative si les valeurs de deux caractères quantitatifs X et Y évoluent dans le sens opposé, et une augmentation des valeurs d'un caractère entraîne la diminution des valeurs de l'autre. Une relation de corrélation linéaire négative existe entre les paramètres suivants : Date d'épiaison et rendement ; le rendement est en corrélation fortement négative avec le rendement ($r=-0,654$). Plus l'épiaison est tardive, plus le rendement est moins important. La précocité offre à l'orge la possibilité d'échapper de l'échaudage et de profiter le maximum de la pluviométrie. Date d'épiaison et nombre des épis par plante : c'est une corrélation parfaitement négative ($r=-0,603$). L'augmentation de nombre d'épis est inversement proportionnelle avec la date d'épiaison ; plus elle est tardive plus le nombre d'épis par plante obtenu diminue.

L'analyse des différents types de corrélation nous informe que plus la date d'épiaison est tardive, plus la variation des paramètres de rendements est moins importante ; plus le rendement diminue, plus la biomasse se régresse, et plus l'indice de récolte diminue.

3.3 Analyse en composantes principales (ACP)

C'est une méthode qui consiste à réduire les variables corrélées et les transformés en des nouvelles variables non corrélées les unes des autres appelées "Composantes principales" résultantes d'une combinaison linéaire des variables principales (Hair et al., 1998). Avant de procéder à l'analyse de la composante principale, une mesure de l'adéquation de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) doit être calculée. Cette mesure donne un aperçu global de la qualité des corrélations inter-items. L'indice KMO varie entre 0 et 1 et donne une information complémentaire à l'examen de la matrice de corrélation. Le test de sphéricité de Bartlett indique si la matrice de corrélation est une matrice identifiée à l'intérieur de laquelle toutes les corrélations sont égales à zéro, le test est significatif si $p < 0,5$. L'indice de KMO global de la matrice de corrélation est de 0.440 qui est une valeur significative mais moyenne ceci est due à la faible corrélation entre les variables et le nombre limité des caractères étudiés. Le test de sphéricité de Bartlett sont significatifs (Chi-Square = 131.283 et $p=0.000$). Ces résultats montrent que les données de la matrice de corrélation (Tableau 4) peuvent être soumises à des analyses factorielles. Tout composant ayant une variance propre supérieure à 1 doit être retenu. Ainsi, d'après le tableau 5, les 4 premières composantes sont retenues.

Tableau 4. Indice de Kaiser-Meyer-Olkin et test de sphéricité de Bartlett

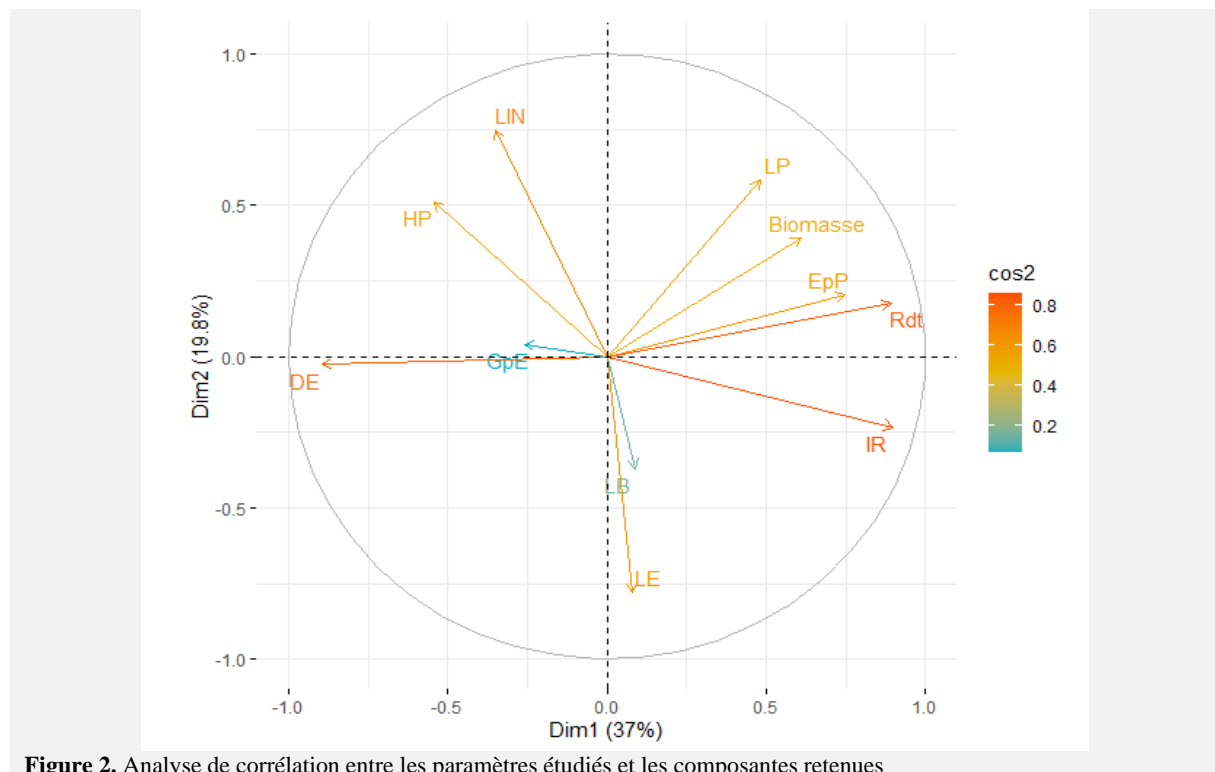
Indice de l'adéquation de l'échantillonnage de KMO		0.440
Test de Sphéricité de Bartlett	Approx. Chi-Square	131.283
	df	55
	Sig.	0.000

Tableau 5. Analyse de la composante principale

Composantes	Valeurs propres initiales			Extraction Somme des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la Variance	Cumulés%	Total	% de la Variance	Cumulés %
1	4.072	37.015	37.015	4.072	37.015	37.015
2	2.180	19.819	56.835	2.180	19.819	56.835
3	1.499	13.631	70.465	1.499	13.631	70.465
4	1.064	9.676	80.141	1.064	9.676	80.141
5	.923	8.389	88.530			
6	.544	4.947	93.477			
7	.393	3.574	97.051			
8	.194	1.764	98.814			
9	.109	.994	99.808			
10	.018	.160	99.968			
11	.004	.032	100.000			

Les deux premiers composants permettent d'expliquer à eux seuls 56,83 % de la variabilité totale de la population. L'analyse de corrélation entre les paramètres étudiés et les composantes retenues (Figure 2) nous a permis de classer les paramètres comme suivants : Les variables : rendement, indice de récolte, biomasse, nombres des épis par plante longueur de l'épis, et la longueur de pédoncule sont fortement

corrélés avec la première composante. On peut donc définir cette composante comme "Composante de rendement".



La date d'épiaison associée avec la hauteur de la plante et la longueur des entrenœuds, sont fortement corrélés avec la deuxième composante qu'on peut la définir comme la "Composante de croissance végétative".

4. Références

- Ali Dib T, Monneveux P, Araus JL. (1992)** Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II : Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie* 12 :381-393
- Jiang, D, Dai, T, Jing, Q, Cao, W, Zhou, Q, Zhao, H, Fan, X (2004)** Effects of long-term fertilization on leaf photosynthetic characteristics and grain yield in winter wheat. *Photosynthetica* 42(3) :439-446
- Nadolska-Orczyk, A, Rajchel, IK, Orczyk, W, Gasparis, S (2017)** Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theor. Appl. Genet.* 130(6) :1091-1098.
- Jia, Q, Zhang, XQ, Westcott, S, Broughton, S, Cakir, M, Yang, J, Lance, R, Li, C (2011)** Expression level of a gibberellin 20-oxidase gene is associated with multiple agronomic and quality traits in barley. *Theor. Appl. Genet.* 122(8):1451-1460.
- Salem Marzougui, Abderahmen Chargui (2019).** Estimation of correlation, regression and heritability among barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. *Journal of new sciences*, 60: 3838-3843.
- Hadjichristodoulou, A (1993)** Barley genotypes satisfying different needs in drylands, marginal lands and uncultivated areas (*Hordeum vulgare*). In *Agrometeorology of Rainfed Barley-Based Farming Systems*, Tunis (Tunisia), 6-10 Mar 1989. ICARDA
- Hair, JF, Black, WC, Babin, BJ, Anderson, RE, Tatham, RL (1998)** *Multivariate data analysis* (Vol. 5, No. 3, pp. 207-219). Upper Saddle River, NJ:Prentice hall.