



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE

Revue home page: <http://revue-agro.univ-setif.dz/>



Etude comparative du comportement et de l'adaptation de différents génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride dans l'Est de l'Algérie.

Benniou¹ Ramdane, Badache² Fayçal, Regoub¹ Abdelbasset and Bendada³ Hocine

1 Université Mohamed Boudiaf-M'Sila, rbenniou@yahoo.fr, ALGÉRIE

2 Université Farhat Abbas Setif 1, f.badache@yahoo.fr, ALGÉRIE

3 Institut Technique des Grandes Cultures, Station de Sétif, ALGERIE

(*) E-mail : rbenniou@yahoo.fr

ARTICLE INFO

L'histoire de l'article

Reçu : 19/09/2018

Accepté : 31/12/2018

Mots clés : Blé dur, Sélection, Morphologie, Physiologie, intra-spécifique, rendement.

Key words: durum wheat, Selection, Morphology, Physiology, intra-specific, yield.

RESUME

La production annuelle nationale de céréales en Algérie a fluctué depuis l'indépendance du pays en 1962 jusqu'à nos jours entre 1 et 4,5 millions de tonnes, avec 0,82 millions de tonnes en moyenne de blé dur, couvrant ainsi 20 % seulement des besoins alimentaires. Les cultures de céréales en conditions pluviales sont difficiles à mener en zones semi-arides puisque celles-ci sont souvent confrontées et soumises à plusieurs contraintes climatiques intra et inter-annuelles, essentiellement du déficit hydrique et de mauvaise répartition des précipitations et des températures basses au printemps. Les variétés qui ont été dernièrement améliorées ont été le plus souvent sélectionnées sur base de leur niveau de rendement sans tenir compte de caractères adaptatifs aux conditions contraignantes et variables du milieu. C'est ainsi que les sélectionneurs se tournent maintenant vers d'autres caractères moins fluctuants qui peuvent être utilisés en parallèle avec le rendement en grain dans une approche multi-caractères, pour combiner potentiel de rendement et adaptation au milieu. Le présent travail vise à évaluer et caractériser plusieurs génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf), récemment développés et anciens, en termes de comportement et de rendement en milieu semi-aride, en conditions de culture contrôlée. L'expérimentation a été réalisée, durant la campagne agricole 2012/2013, à la station expérimentale agricole de l'institut technique des grandes cultures (SEA-ITGC) en conditions agro-climatiques semi-aride de la région de Sétif. Le matériel végétal utilisé était composé de plusieurs génotypes de blé dur. Le dispositif expérimental adopté était en blocs aléatoires complets, avec un seul facteur, génotypes, à 15 niveaux avec trois répétitions. En général, l'interaction génotype et milieu est très forte lorsqu'il s'agit de prédire le rendement ; ceci explique pourquoi le rendement ne peut être le seul critère de sélection. Nos résultats montrent que L'expression des stades phénologiques révèle la présence d'une variabilité intra-spécifique qui permet de classer les génotypes en trois groupes: précoce, tardif et demi-tardif. Le stade herbacé, de tallage, de l'épiaison et la teneur en chlorophylle ainsi que les composantes du rendement marquent la présence d'une grande variabilité intra-spécifique.

ABSTRACT

Comparative study of the comportment and adaptation of different genotypes durum wheat (*Triticum durum* Desf.) in a semi-arid area in Eastern Algeria.

The cereals annual national production in Algeria has fluctuated since the country's independence in 1962 to the present day between 1 and 4,5 million tons, with an average of 0,82 million tons of durum wheat, covering 20% only food needs. Cereal crops under rainfed conditions are difficult to manage since they are often confronted and subject to several intra and inter-annual climatic constraints, mainly water deficit and poor distribution of precipitation in general and low temperatures at spring. The varieties that have recently been improved have been most often selected on the basis of their yield level without taking into account adaptive traits to the constraining and the environment variable conditions. Thus breeders turn to other less volatile characters that can be used in parallel with the grain yield in a multi-character approach for combining yield potential and adaptation to the environment. The present work aims to evaluate several genotypes of durum wheat (*Triticum durum* Desf), recently developed and old, in terms of behavior and yield in a semi-arid environment under controlled cultivation conditions. The experiment was conducted during 2012/2013 crop year, at the experimental station of the technical institute of field crops (ES-TIFC) in semi-arid agro-climatic conditions of the Setif region. The plant material used was composed of several durum wheat genotypes. The adopted experimental design was randomized complete block, with one factor, genotypes, 15 levels with three repetitions. In general, the genotype-environment interaction is very strong when predicting yield, which is why yield can not be the only selection criterion. Our results show that phenological stages expression reveals the presence of an intra-specific variability which classifies the genotypes into three groups: early, late and half late. The herbaceous, tillering, heading and chlorophyll content as well as yield components indicate the presence of a large intra-specific variability.

Introduction

Les céréales ont été, sont et resteront vraisemblablement pendant longtemps encore, les cultures prédominantes de l'agriculture algérienne. Il s'agit notamment du blé dur (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn., synonyme à *Triticum durum* Desf.) qui représente la spéculation dominante de la céréaliculture algérienne. La majeure partie des emblavures se trouve localisée sur les hautes plaines où la pluviométrie et les températures sont sujettes à de grandes variations intra et inter-annuelles, conjuguées souvent des gelées printanières fréquentes et l'apparition du sirocco au stade remplissage du grain qui affectent sérieusement les rendements (Baldy, 1974; Bouzerzour *et al.* 2002 ; Mekhlouf *et al.*, 2006 ; Hervieu *et al.*, 2006 et Kellou, 2008). Les rendements sont très bas avec de fortes variations interannuelles (0,8-1,5 t/ha) et stagnent à une moyenne de 1,3 t/ha, comparée à la moyenne mondiale qui est de 2,9 t/ha, ou encore à ceux des pays voisins qui s'élèvent à 2 t/ha (Faostat, 2005). Toujours est-il que la faiblesse des niveaux de productivité de la culture de blé en zone semi-aride n'est pas due uniquement aux facteurs du milieu, est aussi la résultante de l'utilisation de variétés peu productives et de conduites culturales souvent peu ambitieuses voire peu adaptées aux conditions locales (Nouar *et al.*, 2009 ; Benniou et Aubry, 2012). Ainsi, plusieurs programmes de sélection ont été menées dans l'étage bioclimatique semi-aride, aboutissant à des variétés relativement performantes mais qui se sont avérées moins rustiques et moins tolérantes vis-à-vis des stress qui prévalent la zone (Bahlouli *et al.*, 2005). Afin de résoudre cette problématique, une approche prometteuse repose sur l'amélioration génétique des plantes en ciblant les paramètres de meilleure adaptation aux contraintes environnementales. Jusqu'à présent, la sélection des variétés introduites est le plus souvent basée sur le choix de leur niveau de rendement sans tenir compte de leurs caractères adaptatifs, qui sont souvent des régulateurs de production en milieu variable et/ou adverse. Selon Safi (2010), surtout en milieux semi-arides, la présence d'interactions entre le génotype et le milieu rend le rendement moins intéressant comme seul critère de sélection. Le rendement peut être à la fois un caractère et un objectif de sélection cependant, en raison de la complexité de ce caractère, Acevedo *et al.*, (1991) affirment que la sélection basée sur le rendement et ses composantes doit être complétée par des caractères phénologiques et morphologiques d'adaptation. Le présent travail, faisant parti d'un programme de sélection international, a pour objectif une étude comparative portant sur quelques paramètres morpho-physiologiques et d'adaptation de quinze lignées de blé dur (*Triticum durum* Desf). Le but est d'analyser les variations des performances génotypiques et de repérer ceux les bien adaptées aux conditions climatiques semi-aride.

Matériels et méthode

Zone d'étude et dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée, durant la campagne agricole 2012/2013, à la station expérimentale agricole de l'institut technique des grandes cultures (SEA-ITGC) en conditions agro-climatiques semi-aride de la région de Sétif, située à l'est de l'Algérie. Ce site se trouve à une altitude de 1080 m, à une latitude 36° 9' N et longitude 5° 21' E (Chenafi *et al.* 2006).

Le matériel végétal utilisé était composé de 15 lignées de blé dur (*Triticum durum* Desf). Le choix de ces variétés est basé sur le critère de rendement et d'adaptabilité vis-à-vis aux conditions climatiques contraignants de la zone semi-aride. Treize lignées étaient à cycle relativement court que nous avons aussi comparé à quelques anciennes variétés à cycle plus long (Tab. 1).

L'essai s'est mené sur 45 parcelles élémentaires, d'une dimension de 6 m² (5 m x 1,20 m) chacune avec six lignes par traitement, espacées de 0,2 m, les blocs espacés d'un mètre et les parcelles élémentaires de 50 cm. Le dispositif expérimental adopté était en blocs aléatoires complets, avec un seul facteur (génotype) à 15 niveaux et trois répétitions (Photo 1).

Tableau 1: Liste des variétés utilisées, classées par précocité, origine et randomisation au champ

Lignées	Code	randomisation			Précocité	Origine
Massara	V1	1	26	35	Précoce	ICARDA (Syrie)
Cyprus 1	V2	2	18	44	Tardive	Chypre
Cyprus 2	V3	3	22	32	Précoce	Chypre
MBB	V4	4	20	42	Tardive	Algérie (population traditionnelle)
Waha	V5	5	16	38	Précoce	ICARDA (Syrie)
GTA dur	V6	6	19	43	Précoce	Mexique: CIMMYT
Vitron	V7	7	25	45	Mi-précoce	Espagne
Megreheh	V8	8	21	40	Précoce	ICARDA (Syrie)
Sétifis	V9	9	27	40	Tardive	ICARDA (Syrie)
Bousselam	V10	10	23	31	Mi-tardive	ICARDA - CIMMYT
Mansourah	V11	11	17	39	Mi-tardive	ICARDA (Syrie)
Massinissa	V12	12	28	36	Précoce	ICARDA (Syrie)
Tadjide	V13	13	29	37	Tardive	ICARDA (Syrie)
Mousstakbel	V14	14	30	34	Mi-précoce	ICARDA (Syrie)
Hedba 05	V15	15	24	33	Tardive	ICARDA (Syrie)

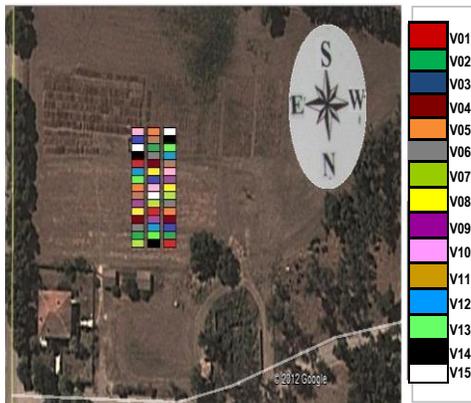
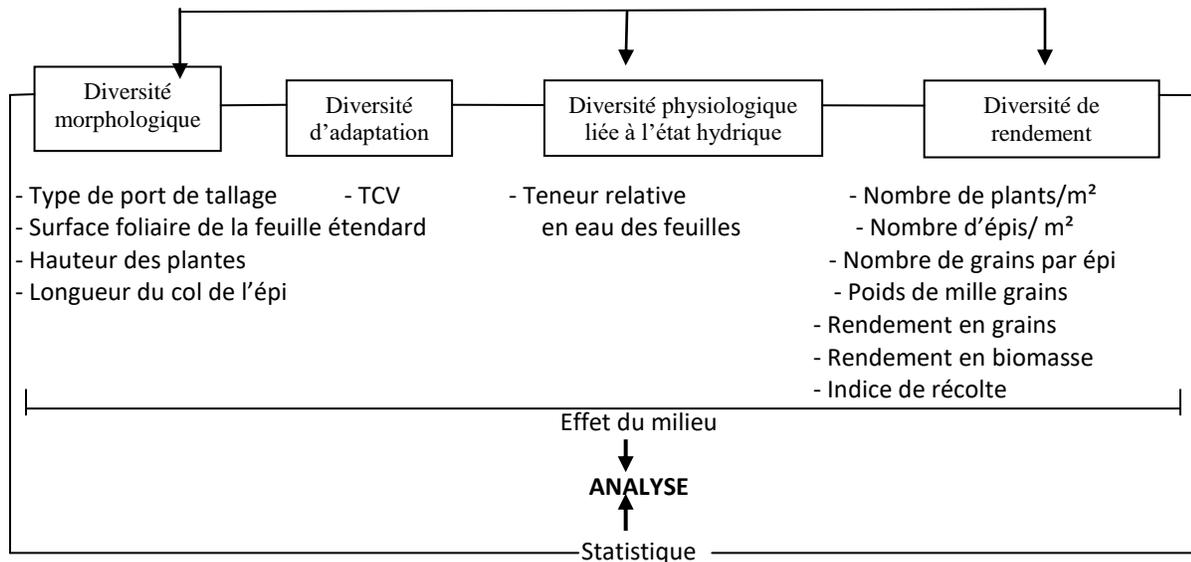


Photo 1: Localisation et configuration de l'essai. Source: photo aérienne, Google Earth

Méthodologie

La méthodologie de recherche comprend deux parties: (1) concerne l'évaluation globale de la diversité morpho-physiologique et phénologique des plantes, et leur adaptation à la diversité liée à l'état hydrique de la plante et (2) analyse les corrélations entre les différents paramètres de diversité mesurés. La démarche méthodologique de cette recherche est résumée par le schéma de la figure 1.

Evaluation du suivi



Légende: TCV: température du couvert végétale

Figure 1: Schéma de la méthodologie de recherche

Méthodes de mesures. Les mesures ont concerné trois spécimens par traitement (Tab 2)

Paramètres morphologiques

- a- Type de port du tallage: est un critère de caractérisation des variétés, il se caractérise en fonction de la position des feuilles et des talles; on essaie de mesurer l'angle formé par les feuilles externes et les talles avec un axe vertical imaginaire, définies par GEVES (Groupe d'Etude et de Contrôle des Variétés Et des Semences, 2016).
- b- Surface foliaire de la feuille étendard: la surface foliaire de la dernière feuille émergée exprimée en cm² est mesurée par un planimètre, de modèle digitale sur trois plantes par lignée.
- c- Hauteur des chaumes: a été déterminée par la mesure, à l'aide d'une règle graduée (± 0,1 cm), de la distance de la base de la tige jusqu'à la base de l'épi, au stade maturité.

Paramètre d'adaptation: température du couvert végétal

Les mesures de la température du couvert végétal ont été réalisées manuellement au moment du midi solaire en absence de vent et de nuage à raison de trois mesures par parcelle élémentaire, en vue d'étudier les effets du stress hydrique sur les plantes (l'appareil utilisé est le thermomètre infrarouge, de marque Teletemp (Modèle AG-42, Teletemp Corp., Fullerton, CA). Le radio thermométrie exprime l'énergie captée au niveau du couvert sous forme de température. Les mesures ont été réalisées au stade épiaison, à 155 JAS (jours après semis), où le sol était très bien couvert. La valeur de la température du couvert considéré est la moyenne des trois mesures qui sont prises aux différents endroits. Cette mesure traduit l'état physiologique du couvert végétal et en particulier son état hydrique dans les conditions climatiques locales.

Paramètres physiologique

Teneur relative en eau des feuilles (TRE)

La teneur relative en eau est déterminée selon la formule de Clarke et Mc Caig (1982) et attribuée à Barrs et Weatherley (1962): $TRE (\%) = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$.

Paramètres de rendement et ces composantes

Le cycle de la culture est constitué d'étapes dont le fonctionnement est sanctionné par la formation de nouveaux organes, pouvant s'interpréter chacun comme un niveau de ramification du précédent. On a ainsi : (i) le nombre de plantes levées/ m² a été réalisé au stade 2-3 feuilles, (ii) le nombre d'épis/ m² a été déterminé au stade fin épiaison, (iii) le nombre de grains/ épi a été déterminé, au stade maturité, (iv) le poids des mille grains a été déterminé, au

stade maturité complète, (v) le rendement en grain a été réalisé à 192 jours après semis, et (vi) le rendement en biomasse aérienne a été réalisé au stade maturité complète. L'indice de récolte (IR) est déterminé par le pourcentage: $IR = \text{rendement total grains} / \text{rendement total biologique} \times 100$. Ciblée en sélection, l'indice de récolte donne une idée sur la capacité de la plante à orienter ses assimilés vers la production du grain (Evans et Fischer, 1999). Berger et Planchon (1990) estiment que la sélection de l'indice de récolte se traduit par de changements de l'architecture de la plante qui rendent cette dernière très sensible à la variation environnementale en milieu erratique suite à la réduction de la hauteur de paille au profit du nombre de grains par m². Ce paramètre ciblé en sélection, donne une idée sur la capacité de la plante à orienter ses assimilés vers la production du grain (Evans et Fischer, 1999). Berger et Planchon (1990) estiment que la sélection de l'indice de récolte se traduit par de changements de l'architecture de la plante qui rendent cette dernière très sensible à la variation environnementale en milieu erratique suite à la réduction de la hauteur de paille au profit du nombre de grains par m².

Les résultats de l'expérimentation ont été soumis à une analyse de la variance par le logiciel stat-Box version 6.4. Les tests de Newman et Keuls au seuil de 5% ont été utilisés pour comparer les moyennes des variables étudiées afin de déterminer les groupes homogènes quand il existe une différence significative entre les traitements. Les corrélations étudiées les similitudes de réponse des différents variables et celles liant le rendement et les variables étudiées.

Tableau 2: Durée des principales phases du cycle de développement des variétés étudiées.

Variétés	Levée	Levée - tallage	Levée - Gonflement	Levée -épiaison	Levée - floraison
V ₁	35	73	104	107: Groupe 1	117
V ₂	35	91	117	122: Groupe 2	129
V ₃	34	74	107	111: Groupe 1	125
V ₄	22	83	128	130: Groupe 3	137
V ₅	25	83	116	120: Groupe 1	127
V ₆	25	84	116	119: Groupe 1	134
V ₇	22	86	119	123: Groupe 2	136
V ₈	20	85	123	127: Groupe 3	134
V ₉	24	100	120	123: Groupe 2	130
V ₁₀	22	89	121	125: Groupe 2	132
V ₁₁	20	92	121	124: Groupe 2	138
V ₁₂	22	83	122	126: Groupe 3	137
V ₁₃	25	101	119	123: Groupe 2	134
V ₁₄	24	102	116	120: Groupe 1	128
V ₁₅	20	86	121	125: Groupe 2	134

Conduite de l'essai

Le précédent cultural, le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), récolté un mois avant la mise en place de l'essai. La préparation du sol, réalisée entre le 05 et 12 novembre 2012, a concerné dans l'ordre chronologique, un labour profond (charrue à disque), suivi par deux recroisements (cover-crop) et un hersage. La fumure de fond, le mono-ammonium phosphate a été appliquée à raison de 80 kg/ha au moment de la préparation du lit de semence.

La mise en place de l'essai, sous conditions pluviales, a été réalisée le 06 décembre à l'aide d'un semoir expérimental à raison de 300 graines/m², plantées à une profondeur de 3 cm. Une fertilisation azotée, fractionnée, a été apportée sous forme d'urée 46 %: 50 unités au stade début tallage, effectué en début mars et 50 unités au stade fin tallage, effectué en début avril. Un désherbage chimique a été effectué en fin mars à l'aide d'un mélange de Brumby 80 EC et Granstar 75 DF (0,75 l/ha et 12,5 g/ha), suivi de plusieurs désherbages manuels complémentaires. Au stade épiaison, un traitement contre les principales maladies cryptogamiques a été réalisé d'une fongicide systématique polyvalente (thiazole) à une dose de 0,5 l/ha. La récolte des mètres-linaires des placettes a été effectuée manuellement le début juillet en maturité complète du grain et elle a été accomplie vers la mi-juillet, par une moissonneuse expérimentale.

Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent une variabilité génétique importante des caractères des facteurs étudiés chez les géotypes testés.

Conditions climatiques et édaphiques du site expérimental

Le cumul pluviométrique enregistré durant la campagne agricole 2012-2013 s'élève à 427,4 mm ce qui est supérieur à la valeur long terme (30 ans: 355 mm). Les précipitations ont été élevées en novembre (76,4 mm) et en février-mai (72,2 et 57,8 mm) comparées aux valeurs respectives de la période 1981-2012 (37, 36 et 43 mm), Rouabhi, 2014. Les températures mensuelles ont varié, de 4°C au mois de février (6,05°C: moyenne 1981-2012), et 22,5°C au mois de septembre, (20,63°C: moyenne 1981-2012), Rouabhi, 2014.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que le sol est de type calcaire, avec une texture fine limono-argileuse, non-salin (0,15 mmhos/ cm) et à pH basique (8,40), assez pauvre en phosphore, très faible en azote et moyennement pourvu en matière organique (3,26 %) ; ces résultats ont été répertoriés par Chenafi *et al.* en 2006.

Pour les caractères morphologiques, l'expression des caractères génotypiques comme le type du port de tallage, la surface foliaire de la feuille étendard et la hauteur de la plante, la comparaison des valeurs prises par les trois meilleurs géotypes [V14 (Mousstakbel), V9 (Sétifis), V12 (Massinissa)], à ceux qui sont moins performants [V4 (MBB), V3 (Cyprus 2), V6 (GTA dur) et V2 (Cyprus 1)].

a. Le type du port de tallage

Les deux géotypes appartient au premier groupe (V9: Sétifis et V14: Mousstakbel) en plus de quatre autres géotypes (V10, V7, V8 et V9), finissent à se pencher légèrement par rapport à l'axe en présentant un port demi-dressé. Chez sept géotypes (V2, V4, V5, V6, V9, V13 et V15) dont trois appartient à ceux moins performants (V2: Cyprus, V4: MBB et V6: GTA dur), les feuilles externes et les talles terminent à l'axe vertical en donnant un port dressé. Chez deux géotypes (V3 et V13) dont V3 (Cyprus 2) appartient au groupe moins performant, le port de tallage est intermédiaire (demi-dressé à demi-étalé).

b. La surface foliaire de la feuille étendard

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les géotypes avec un CV de 13,79 % (Tab 3 et Tab 4).

La moyenne de l'essai s'élève à 2535 mm², avec un écart type de 431 mm² (Tab 3 et Tab 4); ceci a permis de dégager trois groupes homogènes (A, B et C). La variété V12 [Massinissa, précoce] appartenant aux trois meilleurs géotypes, elle présente la surface de la feuille étendard la plus élevée (3115,67 mm²) par contre, la valeur la plus faible (1479,61 mm²) est observée chez le géotype V2 (Cyprus 1, à cycle tardif) appartenant aux quatre géotypes les moins performants (tab 5). Pour le même géotype, la réponse n'est pas forcément la même sous d'autres conditions climatiques ; le résultat obtenu par Haddad (2010) montre que le même géotype : V10 (Bousselem, mi-tardive), la surface foliaire de la feuille étendard est bien inférieure 2030 mm² comparé à notre même géotype (2354,44 mm²) et le géotype V4 (à cycle tardif) a enregistré une surface foliaire de 1980 mm² également, inférieure à notre même géotype (2477,55 mm²). Ceci est dû probablement aux conditions climatiques pluvieuses durant notre saison agricole comparée à celles de l'année 2010, d'une pluviométrie moindre et mal répartie. D'après Rawson *et al.* (1977), la réponse de la plante à la sécheresse prend plusieurs formes, parmi lesquelles, la plus visible, est la réduction de la surface foliaire comme conséquence à une diminution des feuilles en nombre et en dimension. En particulier la diminution de la surface de la feuille étendard qui est considérée comme une réaction de résistance moyenne ou d'adaptation au manque d'eau (Blum, 1996. Ce phénomène est utilisé par les plantes pour réduire la perte d'eau par transpiration ce qui permet aux réserves stockés de contribuer dans le remplissage du grain et donc au rendement en grain (Brinis, 1995).

Tableau 3: résultats statistiques des paramètres étudiés

Paramètres	Max	Mini	Moyenne	Effet	CV (%)	ET
longueur de l'épi (cm)	8,53	6,83	7,63	HS	7,32	0,53
Surface foliaire de la feuille (mm ²)	3115,67	1479,61	2535,14	THS	13,79	431,16
Hauteur des tiges (cm)	132,89	79,78	92,95	THS	4,57	16,37
Tenure relative en eau (%)	92,53	70,88	88,19	THS	5,22	6,10
Température de couvert végétale (°C)	23,133	17,800	20,32	HS	6,48	1,27

Nombre de pieds levés par m ²	271,11	123,33	206,85	THS	21,87	47,70
Nombre d'épis par m ²	421,67	343,33	375,11	NS	21,76	33,70
Nombre de grains par épi	41,00	33,00	38,00	NS	11,17	3,29
Poids de mille grains (grammes)	54,77	40,01	45,38	NS	14,51	4,64
Rendement en grains réel (q/ha)	52,03	24,36	38,99	THS	15,41	6,87
Rendement en paille (q/ha)	87,50	25,83	45,61	THS	31,23	14,89
Indice de récolte	68,09	35,40	53,20	S	17,26	7,77

Tableau 4: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes de la surface foliaire de la feuille étendard (mm²)

Variétés	Surface	GH			Interprétation
V ₁ : Massara	2512,11	A	B		Effet: THS. C.V: 13,79 %
V ₂ : Cyprus 1	1479,61			C	
V ₃ : Cyprus 2	2923,22	A	B		
V ₄ : MBB	2477,55	A	B		
V ₅ : Waha	2530,56	A	B		
V ₆ : GTA dur	2741,00	A	B		
V ₇ : Meghress	2731,22	A	B		
V ₈ : Sétifis	2212,11	A	B	C	
V ₉ : Boussalem	2354,44	A	B		
V ₁₀ : Mansourah	2191,67	A	B	C	
V ₁₁ : Massinissa	3115,67	A			
V ₁₂ : Tajdide	2044,22		B	C	
V ₁₃ : Hedba 05	2987,89	A	B		
V ₁₄ : Vitron	2875,56	A	B		
V ₁₅ : Mousstakbel	2850,22	A	B		
Moyenne:	2535,14	-	-	-	ET: 431,16

c. La hauteur de la plante

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les génotypes, avec un CV de 4,57 % (Tab 3 et Tab 5).

L'analyse des moyennes a permis de montrer que la moyenne de l'essai s'élève à 92,95 cm, avec un écart type de 16,37 cm ; ceci a permis de dégager quatre groupes homogènes (A, B, C et D) (Tab 5). Seules les génotypes tardives (V₂: Cyprus 1 et V₄: MBB), du groupe A, appartenant aux génotypes les moins performants ont exprimé les meilleurs valeurs: 132,89 cm et 128,44 cm. Par contre, la hauteur la plus faible est obtenue par V₅: Waha (à cycle précoce) avec 79,78 cm, soit un écart de 13,17 cm par rapport à la moyenne et 53,11 cm par rapport à celle de la variété la plus élevée (V₂). Les mêmes tendances ont été enregistrées par Fellah (2008), en condition moyennement pluvieuse pour les génotypes: V₄ (MBB): 123,3 cm et V₅ (Waha): 81 cm. En conditions de stress hydrique, les génotypes à paille haute sont plus aptes à stocker plus de réserves glucidiques, qui sont susceptibles d'être transférées vers le grain au cours de la phase du remplissage (Masse et Gate, 1990 et Ben Abdellah et Ben Salem, 1993). De son côté, Bagga *et al.* (1970), indiquent que le fait d'une taille élevée du chaume est souvent associé à un système racinaire profond et donc une meilleure aptitude à extraire l'eau et les éléments nutritifs du sol. Alors, Laloux (1973), note que l'allongement de la tige est conditionné en partie par une bonne nutrition azotée, en favorisant l'allongement des entre-nœuds (Gros, 1979).

Tableau 5: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes de la hauteur des plantes.

Variétés	HP (cm)	Groupes homogènes				Interprétation
V ₁ : Massara	93,11			C		Effet: S. C.V : 4,57 %
V ₂ : Cyprus 1	132,89	A				
V ₃ : Cyprus 2	84,67			C	D	
V ₄ : MBB	128,44	A				
V ₅ : Waha	79,78				D	
V ₆ : GTA dur	83,33			C	D	
V ₇ : Megrehess	85,89			C	D	
V ₈ : Sétifis	86,78			C	D	
V ₉ : Boussalem	86,44			C	D	
V ₁₀ : Mansourah	83,89			C	D	
V ₁₁ : Massinissa	89,11			C	D	
V ₁₂ : Tadjdide	84,67			C	D	
V ₁₃ : Hedba 05	104,67		B			
V ₁₄ : Vitron	82,67			C	D	
V ₁₅ : Mousstakbel	87,89			C	D	
Moyenne	92,95	-	-	-	-	Ecart-type: 16,37 cm

d. Teneur Relative en Eau

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les génotypes, un CV de 5,22 % (Tab 3). La moyenne d'essai s'élève à $88,2 \pm 6,10\%$ (Tab 6); elle est plus élevée en génotype V13 (Tadjdide, tardive) avec 92,5 % comparé au plus faible (70,9) chez le génotype V2 (Cyprus 1, tardive), appartenant aux génotypes les moins performants. Le classement des moyennes de la TRE a distingué deux groupes homogènes (Tab 6); elles sont plus faibles chez les variétés tardives à cycle long considérés comme variété anciennes. De fait, le manque d'eau induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000). Clark et Mac-Caig, (1982), attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress. La teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol (Bajji et al., 2001). Scofield et al., (1988), notent que la diminution de la TRE est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Egalement, El-Hakimi et al., (1995), montrent que cette caractéristique présente un coefficient d'héritabilité élevé et qu'elle se fixe rapidement chez les lignées en ségrégation d'un croisement donné. Ainsi, les variétés tolérantes au stress hydrique, sont celles qui sont capables de perdre moins d'eau par unité de temps et unité de surface sous stress.

Tableau 6: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes de la teneur relative en eau.

Variétés	TRE	Groupes homogènes		Interprétation statistique
V ₁ : Massara	91,46	A		Ecart-type: 6,10
V ₂ : Cyprus 1	70,88		B	
V ₃ : Cyprus 2	92,23	A		
V ₄ : MBB	77,65		B	
V ₅ : Waha	92,08	A		
V ₆ : GTA dur	87,82	A		
V ₇ : Megrehess	89,52	A		
V ₈ : Sétifis	91,18	A		
V ₉ : Boussalem	92,47	A		
V ₁₀ : Mansourah	86,30	A		
V ₁₁ : Massinissa	91,59	A		
V ₁₂ : Tadjdide	87,96	A		
V ₁₃ : Hedba 05	92,53	A		
V ₁₄ : Vitron	90,10	A		
V ₁₅ : Mousstakbel	89,03	A		
Moyenne :	88,19	-	-	

e. Température du Couvert Végétal

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les génotypes, un CV de 6,48 % (Tab 3 et Tab 7). La moyenne d'essai est de $20,32 \pm 1,27^{\circ}\text{C}$; le génotype V3 (Cyprus 2, tardive), appartenant aux génotypes les moins performants, a eu la valeur la plus élevée ($23,13^{\circ}\text{C}$) au contraire, le génotype V5 (Waha, précoce) a eu la plus faible valeur ($17,8^{\circ}\text{C}$). Deux groupes homogènes (A et B) ont été distingués (Tab 7). Selon Dakheel et al., (1993) durant les premiers stades de développement (jusqu'au tallage) quand la température de l'air est basse, la température foliaire est corrélée positivement avec le rendement des grains. A partir du stade épiaison et durant la période de remplissage du grain, la température foliaire est corrélée négativement avec le rendement en grain.

Tableau 7: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes de la température du couvert végétal.

Variétés	T °c	Groupes homogènes		Interprétation statistique
V ₁ : Massara	21,067	A	B	Effet Variétés: S. C.V: 6,48 %
V ₂ : Cyprus 1	19,867	A	B	
V ₃ : Cyprus 2	23,133	A		
V ₄ : MBB	18,911		B	
V ₅ : Waha	17,800		B	
V ₆ : GTA dur	20,733	A	B	
V ₇ : Megrehess	21,489	A	B	
V ₈ : Sétifis	19,800	A	B	
V ₉ : Boussalem	20,578	A	B	
V ₁₀ : Mansourah	20,822	A	B	
V ₁₁ : Massinissa	20,644	A	B	
V ₁₂ : Tadjdide	19,733	A	B	
V ₁₃ : Hedba 05	18,756		B	
V ₁₄ : Vitron	20,522	A	B	
V ₁₅ : Moustakbel	21,000	A	B	
Moyenne	20,32	-	-	Ecart-type: 1,27

f. Comparaison des composantes du rendement

Elle a permis une meilleure expression de presque l'ensemble des variables mesurés hormis le nombre d'épis/ m², le nombre de grains/m² et le poids les de mille grains.

- Pour le nombre de plants levés/m², l'analyse de la variance montre une différence effet très hautement significative au seuil de 5% entre les génotypes, avec un CV de 21,87 % (Tab 3, Tab 8). La moyenne d'essai s'élève à $206,86 \pm 47,70\%$ et est inférieure à la densité préconisée (300 grains/m²). Le génotype V10 (Boussalam, mi-tardive) occupe la première place (271,11 plants/m²) par contre, le génotype V2 (Cyprus 1, tardive) appartenant aux génotypes les moins performants a affiché la dernière place (123,33 plants/m²). Les semis dont la phase germination-levée a coïncidé avec la sécheresse d'hivers, ont une levée médiocre (Jouve, 1984 et Gate, 1995). La comparaison des moyennes a permis de dégager deux groupes homogènes (Tab 8).

Tableau 8: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes du nombre de pieds levés/ m².

Variétés	NP/m ²	Groupes homogènes		Interprétation statistique
V ₁ : Massara	190,00	A	B	Effet Variétés: S. C.V: 21,87 %
V ₂ : Cyprus 1	123,33		B	
V ₃ : Cyprus 2	156,67	A	B	
V ₄ : MBB	223,89	A	B	
V ₅ : Waha	206,67	A	B	
V ₆ : GTA dur	144,44	A	B	
V ₇ : Megrehess	246,11	A	B	
V ₈ : Sétifis	235,00	A	B	

V ₉ : Boussalem	178,33	A	B	Ecart-type: 47,70
V ₁₀ : Mansourah	271,11	A		
V ₁₁ : Massinissa	266,11	A		
V ₁₂ : Tadjdide	261,11	A		
V ₁₃ : Hedba 05	172,22	A	B	
V ₁₄ : Vitron	176,11	A	B	
V ₁₅ : Moustakbel	251,67	A	B	
Moyenne	206,85	-	-	

- Pour le nombre d'épis/m² une différence non significative est observée entre les géotypes (Tab 3). Alors, la moyenne de l'essai s'élève à 375 ± 33,70 épis/m² ; le géotype V10 (Boussalem, mi-tardive) occupe la première place avec 421,67 épis/m² par contre, le géotype V3 (Cyprus 2, tardive) la dernière place avec 300 épis/m². Le nombre d'épis par mètre carrée dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage (Bouzerzour et Oudina, 1989 ; Zair, 1994). Grignac (1981), affirme qu'en conditions de déficit hydrique, le nombre d'épis au mètre carré ne doit pas atteindre des valeurs très élevées. Selon (Gate et al., 1992), le nombre d'épis subira une forte diminution si le déficit hydrique intervient durant la phase de montaison. A partir de 550 épis/m² chez le blé tendre et 480 épis/m² chez le blé dur, les rendements ont tendance à diminuer.

- Pour le nombre de grains par épi, la différence entre les géotypes est nulle et la moyenne d'essai est de 38,06 ± 3,29 grains/épi. Le géotype V12 (Massinissa, précoce): 46,70 grains/épi a enregistré un nombre élevé. Compte au géotype V8 (Maghress: précoce) a eu le plus faible nombre (32,80 grains/m²). Selon Mosseddaq et Moughli (1999), le nombre de grains par épi est déterminé par le nombre d'épillettes potentiels par épi et la fertilité de l'épi. Grignac (1981), note que les valeurs optimales de grains par épi permettant l'obtention des rendements plus élevés, en zone méditerranéenne et en absence de déficit hydrique, oscillent entre 38 et 51 grains par épi. Selon Jouve (1984), les principales conséquences de la sécheresse survenant durant la période fin montaison début épiaison, sont la réduction du nombre d'épis par unité de surface et du nombre de grains par épi. Egalement, une carence en azote aux alentours de la fécondation réduit le nombre de grains par épi en augmentant le nombre de fleurs avortées (Taureau, 1987; Gate, 1995).

- Pour poids de milles grains (PMG), la différence entre les géotypes est non significative et la moyenne d'essai s'élève à 45,38 ± 4,64 grammes (Tab 3). Les valeurs les plus élevées ont été obtenus par les géotypes: V9 (Sitifis, tardive: 54,77 g), V15 (Hedba 05, tardive: 50,44 g) et V14 (Moustakbal, mi-précoce: 50,33 g); ceci est dû principalement à la grande taille du grain, suivies par le géotype V7 (Vitron, précoce: 49,52 g). Par contre, le géotype V2 (Cyprus 1, tardive) a donné le plus faible PMG (39,45 g). Le PMG n'est pas indépendant du nombre de grains formés quelque soit le type de géotype ; plus les grains sont nombreux, plus ils sont petits (Couvreur, 1981). Il diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et d'un déficit hydrique au moment du remplissage du grain. Le PMG optimal permettant l'obtention des rendements élevés devrait être au-delà de 48 grammes (Grignac, 1981). Les géotypes V8 (Maghress), V10 (Boussalem) présentent aussi un PMG supérieur à cette norme, qui veut dire que les conditions de croissance subis en fin de cycle sont plus que favorables pour ces géotypes ; ce qui est confirmé par Couvreur (1985), en affirmant que le poids de 1000 grains dépend de la phase de remplissage des grains, des conditions de l'alimentation hydrique et du niveau des températures de l'air. Une forte évapotranspiration potentielle ou des températures élevées pendant le mois précédant l'épiaison induisent la formation de petits grains.

- Concernant le rendement grain, l'analyse de variance révèle une différence très hautement significative au seuil de 5% entre les géotypes, avec un CV de 15,41% (Tab 3 et Tab 9). La moyenne d'essai est de 39 ± 6,87 q/ha ; le géotype V14 (Moustakbel, mi-précoce) est le plus productif (5,2 t/ha), suivi par le géotype V9 (Sitifis: 4,9 t/ha). Par contre, le géotype V2 (Cyprus 1) a eu le plus faible rendement grain (2,4 t/ha). Le classement des moyennes a permis de distinguer trois groupes homogènes (Tab 9). Les causes de variation du rendement peuvent être dus aux potentialités géotype, leur expression, liée à la précocité, et la phase d'apparition du déficit hydrique (GATE et al., 1990). L'ensemble des géotypes performants (Moustakbal, Sitifis, Massinissa et Boussalem) et une partie des géotypes moins performants (MBB, Cyprus 2, Cyprus 1 et Waha) ont montré une adaptation spécifique au milieu. Il ressort de ces résultats que l'expression du potentiel génétique de l'ensemble des géotypes, morphologique et d'adaptation, le type de compensation diffère d'un groupe à l'autre.

Tableau 9: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes du rendement en grains.

Variétés	Rdt	Groupes homogènes			Interprétation statistique
		A	B	C	
V ₁ : Massara	39,58	A	B	C	Effet variétés: S. C.V: 15,41 %
V ₂ : Cyprus 1	24,36			C	
V ₃ : Cyprus 2	33,67		B	C	
V ₄ : MBB	34,97	A	B	C	
V ₅ : Waha	35,64	A	B	C	
V ₆ : GTA dur	32,72		B	C	
V ₇ : Megreheh	38,67	A	B	C	
V ₈ : Sétifis	49,22	A	B		
V ₉ : Boussalem	40,03	A	B	C	
V ₁₀ : Mansourah	39,86	A	B	C	
V ₁₁ : Massinissa	47,03	A	B		
V ₁₂ : Tadjdide	36,39	A	B	C	
V ₁₃ : Hedba 05	40,69	A	B	C	
V ₁₄ : Vitron	39,94	A	B	C	
V ₁₅ : Mousstakbel	52,03	A			
Moyenne	38,99	-	-	-	Ecart type: 6,87

- Pour le rendement en biomasse aérienne, accumulée au stade épiaison, peut être utilisé comme un indicateur de la capacité différentielle des génotypes à faire utiliser de meilleure façon des facteurs du milieu au cours de la période de la pré-anthèse. En milieu semi-aride souvent contraignant en fin de cycle des céréales, les génotypes accumulant rapidement une biomasse élevée souffrent moins des stress de la post-anthèse qui sont plus fréquents. L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les génotypes, avec un CV de 31,23%, et une moyenne d'essai qui s'élève à $4,56 \pm 1,49$ t/ha (Tab 3 et Tab 10). Le génotype V2 (Cyprus 1, tardive), étant partie des génotypes les moins performant en production de grains, a enregistré le rendement en biomasse le plus élevé (8,7 t/ha), soit plus que le double (4,6 t/ha) comparé à la moyenne de l'essai. Quant à la variété V3 (Cyprus 2, précoce) a enregistré le plus faible rendement (2,6 t/ha). Alors, le génotype V4 (MBB, tardive), considéré comme génotype traditionnel, a enregistré un rendement appréciable en paille (5,9 t/ha). Le classement des moyennes nous a permis de distinguer deux groupes homogènes (A et B), avec une distinction à la variété V2 en groupe A comparé au reste des génotypes en groupe B (Tab 10).

Tableau 10: résultats de la variance, les valeurs moyennes et les groupes homogènes du rendement en biomasse (t/ha).

Variétés	Rdt (t/ha)	Groupes homogènes		Interprétation statistique
V ₁ : Massara	5,17		B	Effet Variétés: S. C.V: 31,23 %
V ₂ : Cyprus 1	8,75	A		
V ₃ : Cyprus 2	2,58		B	
V ₄ : MBB	5,92		B	
V ₅ : Waha	2,75		B	
V ₆ : GTA dur	4,25		B	
V ₇ : Megreheh	4,00		B	
V ₈ : Sétifis	4,08		B	
V ₉ : Boussalem	5,75		B	
V ₁₀ : Mansourah	3,67		B	
V ₁₁ : Massinissa	3,58		B	
V ₁₂ : Tadjdide	4,33		B	
V ₁₃ : Hedba 05	4,83		B	
V ₁₄ : Vitron	4,17		B	
V ₁₅ : Mousstakbel	4,58		B	
Moyenne	4,56	-	-	Ecart type: 1,49

- Concernant l'effet direct de l'indice de récolte sur le rendement grains est le plus élevé en valeur. L'analyse de la variance est significative au seuil de 5%, avec un CV de 17,26 % et une moyenne d'essai de 53,2 ± 7,8 (Tab 3 et 11). Le plus faible indice de récolte a été enregistré chez le génotype V2 (Cyprus 1), avec 35% et le plus élevé a été obtenu chez le génotype V5 (Waha) avec 68%. L'indice de récolte des génotypes supérieurs à la moyenne de l'essai sont: V5 (Waha), V7 (Vitron), V10 (Bousselem), V12 (Massinissa), V14 (Mousstakbel), V8 (Maghress) et V6 (GTA dur). En zone aride, la meilleure adaptation des céréales apparaît liée à un apport grains sur biomasse élevé (Auriau, 1978). Selon Bouzerzour (1998), dans des milieux variables il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement en grain acceptable.

- Le test de corrélation entre plusieurs variables (Tab 12) indique l'effet direct de la hauteur des chaumes, sur la biomasse aérienne ($r = 0,658^{**}$) et sur le rendement en paille ($r = 0,817^{**}$). L'effet indirect est relativement élevé et de signe négatif via l'indice de récolte ($r = -0,629$). Un faible poids de mille grains, ainsi qu'au rendement en grain sont associés à un chaume élevé, d'où la contribution indirecte de la biomasse aérienne. D'après Mekliche (1983), la hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important. Une liaison positive entre le rendement et la hauteur de la paille ; les plantes courtes sont plus productives que les plantes à paille haute. Ceci s'exprime que les premières ont une capacité de tallage importante, chaque talle va s'allonger et mettra une inflorescence ce qui augmente le peuplement épi, par conséquent, on assiste à un accroissement du rendement.

Le rendement en grain est corrélé positivement au nombre de plantes levées/ m² ($r = 0,640^*$) et au poids de mille grains ($r = 0,778^{**}$), (Tab 12). Par contre, il est négativement lié à la biomasse aérienne ($r = -0,412$) et à la hauteur des chaumes ($r = -0,456$). Quant au rendement théorique est positivement corrélé au nombre de grains par épi ($r = 0,553^*$). Le rendement de la biomasse totale est positivement corrélé au rendement de la paille ($r = 0,906^{**}$) et négativement corrolé à l'indice de récolte ($r = -0,595^*$). De fait, le rendement grain des différents génotypes étudiés peut être prédit par ces deux variables comme le montre les figures 2 et 3. Les meilleurs rendements ont été bien réalisés grâce à un peuplement épi et un nombre de grains par épi élevé ce qui est en accord avec les résultats obtenus par plusieurs chercheurs Bouzerzour et Oudina (1989) ; Erchidi et al. (2000) ; Larbi et al., (2000) ; Garcia et al., (2003) Bahlouli et al., 2006. La biomasse aérienne devrait être un critère essentiel dans les programmes d'amélioration (Villegas et al., 2001). Selon (Mekhlouf et Bouzerzour, (2000) et Villegas et al., (2001), des futurs gains dans le rendement potentiel doivent en grande partie être réalisés en développant des cultivars avec une plus grande biomasse tout en maintenant un indice de récolte élevé.

Tableau 11: Valeurs moyennes des variables étudiées.

Variétés	Rdt grain (t/ha)	Longueur épi (cm)	Surface foliaire	Hauteur tiges	TRE	TCV	Pieds levés	NP /M ²	NG/E	PMG	Rdt Bio	IR
Mousstakbel : V14	5,20	7,50	2850,2	87,89	89,03	21,00	251,7	385,0	39,1	50,39	4,6	55,9
Sétifis : V9	4,92	7,50	2212,1	86,78	91,18	19,80	235,0	376,7	39,8	54,77	4,1	50,9
Massinissa : V12	4,70	7,83	3115,7	89,11	91,59	20,64	266,1	310,0	46,7	47,03	3,6	58,9
Hadba 05 : V15	4,10	7,00	2987,9	104,7	92,53	18,76	172,2	343,3	36,3	50,44	4,8	49,1
Boussalem : V10	4,03	7,33	2354,4	86,44	92,47	20,58	178,3	393,3	40,2	49,01	5,7	61,2
Vitron : V7	4,00	6,83	2875,6	82,67	90,10	20,52	176,1	401,7	37,9	49,52	4,2	61,2
Mansourah : V11	3,99	7,67	2191,7	83,89	86,30	20,82	271,1	391,7	35,7	41,91	3,7	51,3
Massara : V1	3,98	7,83	2512,1	93,11	91,46	21,10	190,0	421,7	36,5	43,45	5,2	52,2
Megreheh : V8	3,87	7,83	2731,2	85,89	89,52	21,49	246,1	366,7	32,8	46,68	4,0	55,3
Tadjdide : V13	3,64	7,50	2044,2	84,67	87,96	19,73	261,1	370,0	35,4	42,00	4,3	44,0
Waha : V5	3,64	8,33	2530,6	79,78	92,08	17,80	206,7	391,7	39,1	40,45	2,7	68,1
MBB : V4	3,50	6,83	2477,5	128,4	77,65	18,91	223,9	380,0	40,9	40,01	5,9	50,3
Cyprus 2 : V3	3,40	8,83	2923,2	84,67	92,23	23,13	156,7	300,0	34,8	42,05	2,6	49,7
GTA dur : V6	3,30	7,90	2741,0	83,33	87,82	20,73	144,4	393,3	39,0	43,43	4,2	54,5
Cyprus 1 : V2	2,40	7,67	1479,6	132,9	70,88	19,87	123,3	401,7	36,8	39,61	2,3	35,4

Tableau 12: Corrélations phénotypiques entre les variables mesurées chez les 15 génotypes.

	Pre	NP/m ²	NE/m ²	HC	LE	RB	RP	NGE	PMG	RT	RG	IR
Pre	1											
NP/m ²	0,498	1										
NE/m ²	-0,021	-0,153	1									
HC	0,245	-0,325	0,110	1								
LC	0,071	-0,352	0,286	0,893**								
RB	0,237	-0,304	0,470	0,658**	-0,374	1						
RP	0,177	-0,414	0,449	0,817**	-0,376	0,906**	1					
NGE	0,308	0,180	-0,161	0,072	-0,051	0,098	0,007	1				
PMG	0,211	0,173	-0,098	-0,334	-0,228	0,066	-0,158	0,199	1			
RT	0,200	0,018	0,485	-0,070	-0,424	0,409	0,258	0,553*	0,508	1		
RG	0,249	0,640*	-0,157	-0,456	-0,284	-0,168	-0,412	0,378	0,778**	0,461	1	
IR	-0,075	0,208	0,036	-0,629*	0,028	-0,595*	-0,594*	0,372	0,275	0,461	0,430	1

Légende: *, ** = coefficients significatifs au seuil de 5 et 1%. **Pre:** Périodicité à l'épiaison, **NP:** Nombre de plantes, **NE:** Nombre des épis, **HC:** hauteur des chaumes, **LE:** longueur de l'épi, **RB:** Rendement biomasse, **RP:** Rendement en paille, **NGE:** Nombre des grains/ épi, **PMG:** poids 1000 grains, **RT:** Rendement théorique, **RG:** Rendement grain, **IR:** Indice de récolte.

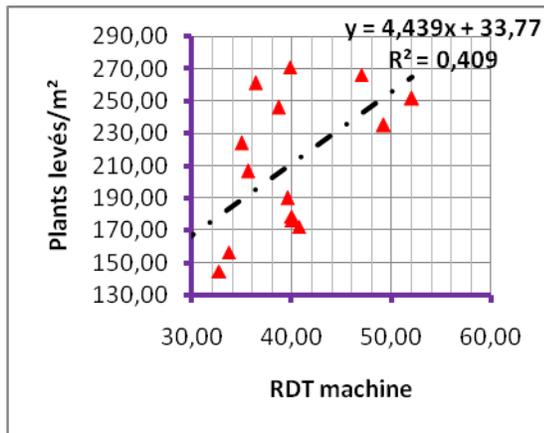


Figure 2: Relation entre le nombre de plants levés/m² et le rendement en grain chez les génotypes de blé dur étudié.

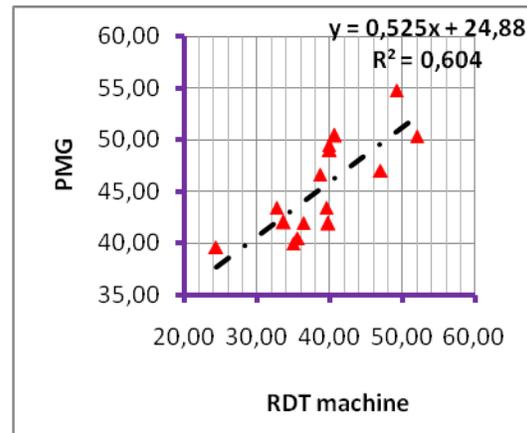


Figure 3: Relation entre le poids de mille grains et le rendement en grain chez les génotypes de blé dur étudié.

Conclusion

L'analyse des paramètres relatifs à la production indiquent la présence d'une grande diversité intra-spécifique. Sauf que, le nombre des épis par mètre carrés et le nombre de grains par épi nous révèlent le contraire. L'analyse des caractères d'adaptation concernant la hauteur de la plante, la surface de feuille étendard, teneur relative en eau et la température du couvert végétal présentent une variabilité phénotypique intra-spécifique élevée. La diversité des caractères de production et d'adaptation est représentée par l'expression des caractères selon les fluctuations non héréditaires des génotypes influencés par les conditions du milieu, notamment la température, humidité.

L'étude de corrélation entre les différents caractères morphologiques, physiologiques et d'adaptation des différents génotypes montre des relations entre différents paramètres la variabilité intra-spécifique et les conditions du milieu. Ces résultats ne présentent qu'une étape dans l'identification de ces génotypes à travers les caractères étudiés en relation d'une variabilité due aux variations génétiques et aux fluctuations de l'environnement. Les génotypes Moustakbel, Sitifis, Massinissa, Hedba 05 et Tadjdide peuvent être révélateurs.

Références bibliographiques

- Acevedo E., Craufurd P.Q., Austin R.B. And Perez-Marco P., 1991. Traits associated with high yield in barley in low-rainfall environments. *J. Agriculture*. 116: 23-36.
- Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. & El Aouni M. H. 2000. Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGRF*. 4: 138p
- Auriau P., 1978. Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé. *Annale de l'INA*. Alger. Vol 8, 2: 5-11
- Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. and Hassous K.L., 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* 4:360-365.
- Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Assous K.L., 2006. Etude des liaisons entre le rendement, la durée de vie de la feuille étandard, la vitesse de remplissage et la remobilisation des assimilats de la tige du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Annales de l'Institut National Agronomique*. El-Harrach, Vol.21, n° 1, 2: 2006.
- Barrs HD., PE.Weatherley. 1962. Are examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 24: 519-570.
- Bagga A-K., Rowali N-K., and Asana R-D., 1970. Comparison of response of some Indian and semi dwarf Mexican wheat to unirrigat cultivation. *Agr Sc. N° 40*: 421-427.
- Baldy, C., 1974. Quelques réflexions concernant les caractères du rendement des blés, *Annal Amélioration des Plantes*, Vol 24, 2: 193-199.
- Bajji et M. Lutts S. and Kinet J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adustement as a function of leaf aging in three durum wheat (*triticum durum* Dest.) cultivars performing differently in arid condition. *Plant Sci.*, 160: 669-681.
- Benabdellah N. et Bensalem M., 1993. Paramètres morpho physiologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Les colloques, n° 64. INRA. Paris: 275-298.
- Benbelkacem A. et Kellou K., 2000. Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum triduum* L. var. durum) cultivées en Algérie. Ed. CIHEAM-Options Méditerranéennes, pp: 105-110.
- Benniou, R., 2008. Les systèmes de production dans les milieux semi-arides en Algérie: analyse agronomique de leur diversité et des systèmes de culture céréaliers dans les Hautes Plaines Sétifiennes Ed. Thèse Doctorat, ENSA-Alger: 293p.
- Benniou R. and Aubry C., 2012 - Farm diversity and crop growing practices in semi-arid regions: A case study of the Setif high plains in Algeria. *African Journal of agricultural Research* Vol. 7(48), pp. 6363-6375, <http://www.academicjournals.org/AJAR>, ISSN 1991-637X.
- Berger, M., and Planchon, C., (1990). Physiological factors determining yield in bread wheat, effets of dwarfing genes. *Euphytica* 51: 33-39.
- Blum A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, 20: 135-148.
- Bouzerzour H., 1998. Sélection pour le rendement, la précocité, la biomasse et l'indice de récolte chez l'orge (*H.vulgare* L) en zone semi- aride. *Thèse de doctorat d'Etat* ISN. Univ Constantine. Pp: 137
- Bouzerzour H. et Oudina M., 1989. Association de certains caractères morphologiques au rendement en grains chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) en conditions semi-arides. *Ann INA*. Alger. Vol 13. n° 1: 157-161.
- Brinis L., 1995. Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho physiologiques et biochimiques de traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Doctorat d'état en sciences. *Physiologie végétale et amélioration génétiques des plantes*. Université d'Annaba (Algérie).156 p.
- Chennafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A., Chenafi A. 2006. Approche d'évaluation du déficit climatique pour la pratique d'une irrigation déficitaire sur blé dur en milieu semi-aride des hautes plaines orientales d'Algérie. In proceedings du 3eme Congrès Méditerranéen «WATMED », Tripoli (Liban),11-117.
- Clarke J.M. and MC Craig T.N., 1982. Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Sci.*, 22: 503-506
- Couvreur F., 1981. La culture de blé se raisonne. *Cultivar*. n° 140 : 39-41.
- Couvreur F., 1985. Formation du rendement du blé et risques climatiques. *Pers agri*. n° 95. pp 12-19
- Dakheel, A.J., Nadji, I., Mahalazkshmi, V and Peacock, J.M. 1993. Morpho- physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34, physiologie of varieties, pp: 297-307.

- Deumier J-M., 1986. Des rendements de blé plus réguliers. L'irrigation, un atout les années sèches. Producteurs agricoles français. n° 390: 18-20
- El-Hakimi A., 1992. Evolution de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces primitives (sauvages et cultivées) de blé tétraploïde. Thèse de DEA. Montpellier. France. 60 p
- El-Hakimi a., Monneveux P. and Galiba G., 1995. Soluble sugars, praline, and relative water content as traits for improving drought tolerance in *Triticum durum*. J. Gen. Breed., 49: 234-244.
- Erchidi A.E., Talouizte A. et Benbella M., 2000. Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. In: Eds. Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L. *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges: L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis* Seminar on Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, 2000/04/12-14, Spain, Options méditerranéennes: Série A. Séminaire Méditerranéen, n° 40: 279-282.
- Evans and Fischer, 1999. Use controlled reaserch and empwerment. In W. Shera & I. M. Wells (Eds.), Empwermnt practice in social work :Developping richer conceptuel framework, pp: 348-369 Tornto: candian scholar's press.
- Faostat. 2005. Site des données statistiques de la FAO : www.faostat.fao.org
- Fellah S., 2008. Variation de la teneur relative en eau, de l'intégrité cellulaire, de la croissance et de l'efficience d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur conduites sous différentes intensités de stress hydrique. Mémoire magister, Institut des Sciences de la Nature, C. Universitaire Larbi Ben Mhidi, OEB, 70 pages.
- Garcia Del Moral L., Rharrabti Y., Villegas D. and Royo C., 2003. Evaluation of Grain Yield and Its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. AGRONOMY JOURNAL, VOL. 95, MARCH–APRIL 2003. American Society of Agronomy, Madison, USA. pp: 266–274
- Gate P.H., 1995 - Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 429 p.
- Gate P., Bouthier A. et Moynier J-L., 1992. La tolérance des variétés à la sécheresse: une réalité à valoriser. Pers agri. n°169: 62-67.
- Grignac P., 1981. Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. Communication au conseil scientifique. Italie. 11è édition, n° 1178: 185-195.
- Gros A., 1979. Engrais. Guide pratique de la fertilisation. Ed. La maison rustique. Paris- France. 436 p.
- Haddad L., 2010. Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum Desf.*) sous climat méditerranéen. Mémoire de Magister, Département Agronomie, Faculté des Sciences, UFAS, 70 p.
- Hervieu B., Capone R. and Abis S., 2006. The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. Ciheam analytical note, n°9: 14 p.
- ITGC, 2006. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. (Blé dur, blé tendre, orge et avoine). 1^{er} édition, Réalisation ECRIE., Alger
- Jonard P., 1964. Étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Ann Amé Plantes, vol 14. 2: 101-130.
- Jouve P., 1984. Relation entre déficit hydrique et rendement des céréales (blé tendre et orge) en milieu aride. Agr tropicale. Vol 39. 4: 308-315.
- Kellou R., 2008. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Aude coop. Thèse de Master of Science du CIHEAM –IAMM n° 93.
- Laloux R., 1973. Une méthode rationnelle de la conduite de la culture de blé. Entreprise agricole, pp: 8-41
- Larbi A., Mekliche A., Abed R. et Badis M., 2000. Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) en région semi-aride. In : Eds. Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L.. *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges = L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis*. Seminar on Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, 2000/04/12-14, Spain. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 40: 295-297.
- Ludwing V-M., 1939. *Les hypothèses de travail dans la science économiques*. Cournot nella economica enella filosofia. Padoue, Cedom, 17: 97-122.
- Masse J. Et Gate P., 1990 - La maturation. ITCF services Plantes - climats. 10 p.
- Mekhlouf A. et Bouzerzour H., 2000 - Determinisme genetique et association entre le rendement et quelques caractères a variation continue chez le blé dur (*Triticum durum, desh*). Recherche Agronomique, INRA Alger (2000), 7: 37-49.

- Mekhlouf A., Dehbi F., Bouzerzour H., Hannachi A., Benmahammed A. et Adjabi A., 2006. Relationships between cold tolerance, grain yield performances and stability of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes grown at high elevation area of Eastern Algeria. *Asian Journal of Plant Sciences*. 5: 700- 708
- Mekliche H.L., 1983. Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tender cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach, 150 p.
- Monneveux P., 1991. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. Eurotext. Paris, pp: 165-186.
- Monneveux P. et Depigby-This D., 1995. Intégration des apports physiologiques, génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales. Quel avenir pour l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. pp: 165-186.
- Mosseddaq F. et Mougli L., 1999. Fertilisation azotée des céréales, cas des blés en bore et en irrigué. Transfère de technologies en Agriculture. n° 62. 4 p.
- Nouar H., Haddad L., Laala Z., Oulmi A., Zerargui H., Benmahammed A. et Bouzerzour H., 2009. Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Bousselam dans la wilaya de Sétif. *Céréaliculture*. 3: 54-57.
- Rawson H.M., Bagga A.K. and Bremner P.M., 1977. Aspects of adaptation by wheat barley to soil moisture deficits. *Australian J. Plant Physiol*. 4: 189-401.
- Rouabhi A. 2014. Implication des changements climatiques dans l'agriculture et le développement durable: Cas des hautes plaines sétifiennes. Thèse de doctorat Es Sciences, UUniversité Ferhat Abbas Sétif 1 : 143 p.
- Safi R., 2010. Etude de l'interaction génotype x milieu et son impact sur la sélection de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie. *Mémoire de magister, Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, Université Saad Dahleb*. 90p.p
- Scofield T., Evans J., Cook M.G. and Wardlaw I.F., 1988. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust.J.Plant physiol*, 4: 785-797.
- Taureau J-C., 1987. Variabilité de réponse du blé aux doses croissantes d'azote dans les themariais. *Pers agri*. n° 114: 17-36.
- Villegas D., Aparicio N., Blanco R. and Royo C., 2001. Biomass accumulation and main stem Elongation of durum wheat grown under Mediterranean conditions. *Annals of Botany* 88: 617:627.
- Wardlaw, IF. 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment? *Annals of botany*, n° 90: 469-476.
- Zadocks J-C., Chang PT. and Konzak EF. 1974. A decimal code for growth stages of cereals, *Ecarpia Bul.*, n° 7: 42-52.
- Zair M., 1994. L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée du blé dur. *Céréaliculture*, n° 24, pp: 17.
- Zouadine N., 1989. Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur le comportement d'un blé dur à haut rendement (station Oued-Smar). *Mémoire Ing. INA. Alger*. 131 p.