



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي بـرج بوعريـريـج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية.

Département des Sciences agronomique



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

**Etude la stabilité de la productivité de
quelques génotypes de blé dur (*Triticum
durum*) en milieu semi-aride.**

Présenté par : - Zaoui Randa
- Heberrih Yakout

Devant le jury :

Président : Mme. Bourahla Amel MAA (université de BBA)

Examineur : Mr. Fellahi Zine el abidine MCB (université de BBA)

Encadrant: Mr. Maamri khelifa MCB (université de BBA)

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENT

*Nous remercions avant tout **dieu**, tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous avons donnée et le courage pour terminer ce travail.*

*Nous adressons nos plus vifs remerciement à notre promoteur **Mr MAAMRI Khelifa**, pour avoir de bien voulu de nous encadrer, pour sa patience, son aide, ses conseils et encouragements, pour le temps qu'il nous avons consacré pour réaliser ce travail.*

Nous exprimons nos remerciements aux honorables membres du jury :

***Bourahla Amel** pour avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail m'avoir accordé le temps et la patience pour évaluer notre travail.*

*Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements à **Mr FELLAHI zine el abidine** pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.*

*Nous aimerons remercier le personnel de INRAA à Sétif, particulièrement à Monsieur **HANNACHI abde el rahmane**.*

Nous ne saurons oublier de remercier tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail, et toute personne qui m'a éclairé le chemin.

Dédicace

Je dédie ce travail au nom d'ALLAH le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux.

Mon très cher père

*Exemple d'honnêteté de sacrifice pour tout ce qu'il m'a donné et que j'aurai tant aimé
lui rendre, toujours présent dans mon cœur et mon esprit repose en paix.*

Ma chère mère

*Symbole de tendresse et d'amour, pour m'encourager et m'accompagner dans tout
mon chemin.*

A ma grande mère

avec tous mon amour et appréciation.

A IBTISSEM l'exemple d'amitié.

A mes poussins : CHOUAYEB, TASSNIM, HIBA, ABEDE EL RAHIM

Mes très chers frères ABDE EL WAHAB, ZINE EL DINE, SALEM.

Mes collègues de la spécialité Amélioration des plantes et à tout qui me connaît.

RANDA

Dédicace

Je dédie ce travail au nom d'ALLAH le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux.

Mon très cher père Chaabane

*Exemple d'honnêteté de sacrifice pour tout ce qu'il m'adonne et que j'aurai tant aimé
lui rendre, toujours présent dans mon cœur et mon esprit repose en paix.*

Ma chère mère Linda

*Symbole de tendresse et d'amour , pour m'encourager et m'accompagner dans tout
mon chemin.*

A ma copine

IBTISSEM l'exemple d'amitié.

A mes frères : Abdelrahim , Abdelrahmen et Hicham

A Mes très chers sœurs : Hala, Maroua et Nada

Mes collègues de la spécialité Amélioration des plantes et A tout qui me connaît.

YAKOUT

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I : Recueil bibliographique sur le blé dur	
I.1.Importance du blé dur.....	02
I.2.Classification botaniques	02
I.3.Historique et origine génétique	03
I.4.Effet des facteurs biotique sur le blé dur	04
I.5.Effet des facteurs abiotiques.....	05
I.5. 1.Notion de stress.....	05
I.5.2 Le stress thermique.....	06
I.5.3.Le stress hydrique et les mécanismes d'adaptation.....	06
I.5.4. Stratégies d'adaptation aux stress abiotique	07
I.6.la stabilité du rendement	07
I.6.1.Les concepts de la stabilité	08
I.7.Analyse de la stabilité ou approche paramétrique	09
I.7.1.Paramètres basés sur la régression conjointe	09
I.7.2.Paramètres basés sur la variance	10
I.8. Les indices non paramétriques de stabilité.....	11
I.8.1.La moyenne des différences de rang absolu (si1) et la variance des rangs sur les m environnements (si2)	11
I.8.2.La déviation relative par rapport a la moyenne des rangs (si3) des génotypes et la somme des écarts absolus des rangs pour chaque génotype par rapport la moyenne des rangs (si6)	11

I.8.3. Les indices non paramétriques de Thennarasu (1995)	11
I.8.4. Somme des rangs de kang (Srank)	11

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Le matériel végétal	12
II.2. Les conditions expérimentales	12
II.2.1. Le dispositif expérimental	12
II.2.2. Paramètres étudiés	13
II.2.2.1. Paramètres de production	13
II.3. Performance moyenne et analyse de la variance	13
II.4. Etude statistiques	14

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques climatiques	15
III.2. La comparaison du comportement variétale	18
III.3. Résultat et Discussion de stabilité	26
III.3.1. Les indices paramétriques de stabilité	27
III.3.2. Les indices non paramétriques de stabilité	29
Conclusion	36

Annexe

Référence bibliographique

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : Origine génétique des blés.....	4
Figure 2 : Pluviométrie saisonnière des campagnes 2010-2016.....	16
Figure 3 : Températures mensuelles du cycle végétatif des campagnes.....	17
Figure 4 : Variation des précipitations mensuelles et de température Durant les campagnes étudiés	17
Figure 5 : Histogramme de la moyenne du nombre de grains.....	19
Figure 6 : Histogramme de la moyenne de poids de mille grain.....	20
Figure 7 : Histogramme de la moyenne du rendement en grain des variétés étudiées.....	20
Figure 8 : Histogramme de la moyenne de la biomasse aérienne des variétés étudiées.....	21
Figure 9 : Histogramme de la moyenne de l'indice de récolte des variétés étudiées.....	23
Figure 10 : Relation entre le nombre d'épis m^{-2} avec le nombre de grain m^{-2} (A) et avec le poids de mille grains (B).....	23
Figure 11 : Relation entre le nombre de grains m^{-2} avec le rendement (A) et avec l'indice de récolte (B).....	24
Figure 12 : Classification hiérarchique des génotypes évalués sur la base des variables mesurées.....	
Figure 13 : Valeurs relatives moyennes (% valeur maxi) des variables mesurées chez les deux groupes de génotypes.....	27
Figure 14 : Les coefficients de corrélation de rang de Spearman entre différents paramètres de stabilité paramétrique et non paramétrique pour le rendement en grains de six variétés de blé dur.....	36

Liste des tableaux

Tableau I: Principaux ravageurs, maladies et adventices du blé dur.....	5
Tableau II : Caractéristiques des sept variétés étudiées.....	12
Tableau III: Carré moyen de l'analyse de la variance des composantes du rendement.....	18
Tableau IV: Valeurs moyennes des composantes du rendement pour les campagnes et génotypes.....	19
Tableau V: Carré moyen de l'analyse de la variance des variables post- récolte.....	21
Tableau VI : Valeurs moyennes des paramètres post-récolte mesurés	21
Tableau VII: Coefficient de corrélation entre le PMG et les caractères mesurés.....	25
Tableau VIII: Valeurs caractéristiques des groupes identifiés sur la base des variables.....	26
Tableau IX: Rendement grain moyen (q x/ha) et classement des sept génotypes sur cinq années.....	28
Tableau X: Les rangs des génotypes pour les indices non paramétrique.....	31
Tableau XI: Résultat d'analyse de stabilité de rendement.....	33

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse of variance

BIO: Biomasse aérienne

CV: Coefficient de variation

ICARDA : International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

IGC: Le conseil international des céréales, International Grain Council

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

IR: l'indice de récolte

ITGC: Institut Technique des Grandes Cultures

G*E: Interaction Génotype-Environnements

NE: Nombre d'épi

NGE : Nombre de grain par épi

PMG: Poids de 1000 grains

RDT: Rendement grain

Srank : Somme des rangs de Kang (Rank sum of Kang)

Wi: Écovalence de Wricke (Wricke's Ecovalence)

Yi: Moyenne de rendement du génotype (Moyenne génotypique)

σ^2_i : Variance de Shukla (Shukla stability variance)

ACTA :canadienne d'inspection des aliments

FAO organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

PPDS: la plus petite défronce significative

Introduction

Introduction

Introduction

Il est reconnu que les céréales constituent l'alimentation de base de la majorité des populations. Au Cours des dernières années, la production commerciale et l'alimentation humaine du blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 30 millions de tonnes (**Oudjani, 2009**).

La culture des céréales est fort ancienne en Algérie, elle couvre actuellement une surface de 3,3 millions d'hectares soit 40 % de la surface agricole utile (**Anonyme, 2012**). Les blés tiennent une place de premier ordre parmi les cultures céréalières, ils constituent la majorité des ressources énergétiques dont dépend la population algérienne. La culture du blé dur (*Triticum durum Desf.*) est une activité ancestrale, elle se pratique sur une large étendue qui va du subhumide à l'aride supérieur et occupe presque, de moitié les emblavures annuelles en céréales. (**MADR, 2012**)

La production algérienne, quoiqu'en augmentation, passant de 1,35 millions de tonnes, moyenne de la période en 2000-2008, à 2,1 millions de tonnes, moyenne de la période 2009-2015, est loin de couvrir les besoins du pays, estimés à 8 millions de tonnes par an (**Benbelkacem, 2013**).

Le rendement grain national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen à cause de la grande variabilité du climat qui se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse qui tuent les sols agricole (**Mekhlouf et al., 2012**). Pour améliorer cette production et la rendre plus stable, plusieurs voies ont été suivies, dont la recherche des nouvelles variétés plus adaptées et plus résistantes à de telles conditions (**Hayek et al., 2000**).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique (**Mekhlouf et al., 2012**).

Pour cela, nous avons fixé comme objectifs:

- Etude de l'effet de l'environnement sur les caractères agronomique de sept géotypes pour connaître l'adaptation à la zone semi aride
- Etude de l'indice de stabilité du rendement à partir des paramètres statistiques pour la quantification et l'identification des variétés les plus performantes.

chapitre I:

Recueil bibliographique sur le blé dur

I.1 Importance du blé dur

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ils sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005).

Selon les statistiques de (FAO 2019) la production mondiale de blé en 2018-2019 s'établit 746,6 millions de tonnes.

En Algérie, La campagne céréalières 2017-2018 a été particulièrement positive et si grâce aux effort consentis par toute les acteurs des secteurs, c'est ce que a déclaré Abdelkader Bouazghi ministre de l'agriculture, du développement rural; et de la pêche, on ouverture de la réunion avec les cadres du secteurs. Indique que la production réelle de cette campagne et de l'ordre de 60,5 millions de quintaux contre 34,7 millions de quintaux pour les campagnes présidant, soit une hausse de 74,4% (FCE, 2018).

Dans ce sens le blé dur est représenté par une production de 3,5 millions de quintaux, contre 19,91 l'année passée, l'orge enregistré une production 19,5 millions quintaux contre 9,6 millions quintaux, soit 100% d'augmentation, le reste est constitué de blé tendre et avoine pour les superficie emblavés au titre de la campagne 2017-2018, elle sont de l'ordre de 3,4 millions d'hectare. ce qui a donné 1,6 millions d'hectare pour le blé dur soit 46%, 480 000 HECTARE pour le blé tendre 14%, l'orge avec 1,2 millions d'hectare, et l'avoine avec 81 171 hectare (FCE 2018).

I.2. Classification botaniques

Selon Naville, (2005), la taxonomie de blé dur est établie comme suit :

Classe : Angiospermes

Ordre : Monocotylédones

Famille : Poacées (Gramineae)

Tribu : Hordées

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum*

Nom commun : Blé dur

I.3. Historique et origine génétique

La saga du blé accompagne l'histoire de l'homme et l'agriculture (**Feillet ,2000**). La domestication du blé, liée à la naissance de l'agriculture, survient au proche orient, dans la région du croissant fertile, il y a environ 10000 ans (**Naville,2005**). Selon Cook et *al* (1991), le centre d'origine géographique du blé semble être l'ouest de l'Iran, l'est de l'Irak, et le sud et l'est de la Turquie. Toutes les espèces de blé spontanées et cultivées appartiennent au genre *Triticum* et sont distribuées sur un vaste territoire qui s'étale de l'Asie centrale aux régions du bassin méditerranéen (**Verville,2003**). Le blé a gagné l'Europe occidentale par deux grands axes: la Méditerranée et la vallée du Danube (**Naville ,2005**).

Le blé a été domestiqué par hybridation entre trois espèces d'une graminée sauvage, l'épeautre ou engrain sauvage. Pendant plusieurs millénaires, le blé n'est cultivé, comme les autres céréales, qu'en faibles quantités et avec de très bas rendements. Les analyses cytogénétiques plus récentes appuyées par les analyses biochimiques qui utilisent des marqueurs moléculaires ont permis de retracer les progénitures des formes cultivées de blé et de mieux comprendre les processus de polyploidie qui ont produit les diverses espèces spontanées et les formes cultivées de blé (**Verville,2003**).

Selon **Naville, (2005)**, Les blés constituent le genre *Triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et cultivées qui se différencient par leur degré de ploïdie et par leur nombre de chromosomes. Génétiquement, ils sont divisés en diploïdes, tétraploïde et hexaploïdes.

D'après **Verville (2003)**, Les analyses Cytogénétiques ont montré que les espèces de *Triticum* formaient une série polyploïde avec une base chromosomique de sept. Les blés diploïdes sauvages ont 14 chromosomes, les blés tétraploïdes et les blés durs modernes en ont 28 et les blés communs hexaploïdes ont 42 chromosomes. Les blés tétraploïdes résultent d'un croisement rare mais naturel entre 2 espèces de blé diploïdes.

Les chromosomes des 2 espèces diploïdes se sont combinés dans un processus appelé l'amphidiploïdie. Une espèce diploïde ayant le génome AA produit par un croisement avec une espèce diploïde ayant le génome BB, un hybride diploïde ayant le génome AB, qui serait stérile. Dans des rares cas, les chromosomes se dédoublent spontanément pour produire

l'hybride tétraploïde AA BB qui est fertile, Les tétraploïdes comportent plusieurs espèces dont le *Triticum durum* ou blé dur. Donc le *Triticum durum* contient les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes (Figure 1) (Cook J *et al*, 1991).

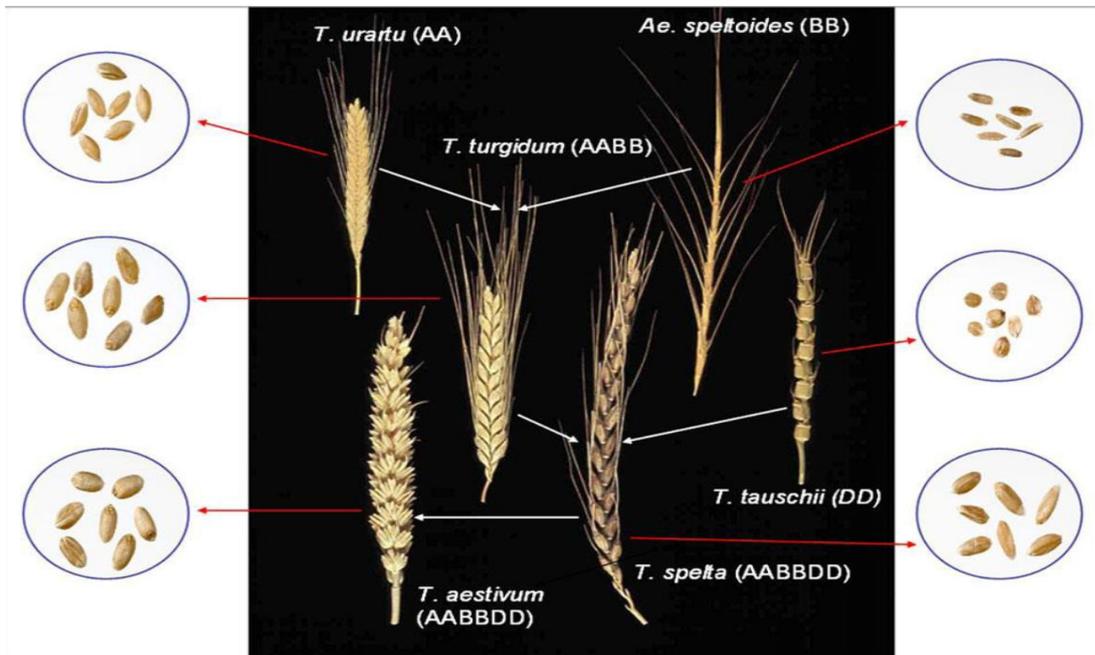


Figure1: Origine génétique des blés (Feillet, 2007).

I.4.Effet des facteurs biotique sur le blé dur

Comme toutes les autres plantes cultivées par l'homme, les céréales à paille peuvent être attaquées par un grand nombre d'organismes parasites macroscopiques et microscopiques. Ces organismes peuvent être groupés en:

- **Parasites animaux**

Ils comprennent l'ensemble des ravageurs inclus dans le règne animal allant des vers, aux mammifères : nématodes, insectes, oiseaux. (Richards *et al.*, 1985). Ces agents blessent les parties souterraines ou aériennes de la plante. A titre d'exemple les (nématodes) provoquent des coupures ou des déformations du système racinaire (ACTA, 1971).

- **Champignons**

L'infection par les champignons pathogènes peut être à l'origine de maladies provoquant des pertes assez importantes à la culture de blé. Les champignons pouvant s'adapter à tous les milieux, absorbent les éléments nutritifs qu'ils se puisent dans les tissus de

l'hôte. Parmi ces champignons on distingue: (*Puccinia* sp.: Agent des rouilles), (*Erysiphe* sp.: Agent de l'oïdium), (*Ustilago* sp.: Agent des charbons) (**Prescott et al., 1987**).

- **Bactéries**

Ces micro-organismes pathogènes peuvent être disséminés par les insectes, le vent, l'eau. Des blessures superficielles ou des stomates ouverts permettent aux bactéries de pénétrer dans les tissus de la plante hôte. Parmi ces bactéries on peut citer: *Pseudomonas syringae*: agent de la brûlure bactérienne de la feuille (**Prescott et al., 1987**).

- **Mauvaises herbes**

Elles comprennent les plantes adventices qui exercent une concurrence sur les plantes cultivées. Elles peuvent être nuisibles par compétition pour les éléments nutritifs, l'eau, la lumière et l'air (tableau I).

Tableau 1 : Principaux ravageurs, maladies et adventices du blé dur (khalfa et Belguermi 2016).

Stade végétative	Maladies cryptogamiques	Ravageurs	Adventices
Semi-Levée	Fonte de semis	Limaces, mouches,	Folle avoine Ray-grass
Levé- tallage	Maladies du pied : Rhizoctone	Puceron	Paturin Vulpin
Montaison	Rouilles Verse Oïdium	Cnephasia Agromyza Oiseaux	
Epiaison	Rhynchosporiose, Fusariose Septoriose Charbans	Cecidomyes des épis Puceron Oiseaux	Chénopodes, Chardon, Cocliquot,

I.5.Effet des facteurs abiotiques

I.5.1.Notion de stress

Le stress correspond à toute condition de l'environnement ou combinaison de conditions qui empêche la plante de réaliser l'expression de son potentiel génétique pour la

croissance, le développement et la reproduction. En outre la température extérieure, le degré d'humidité relative de l'air et l'importance des vents modifient les besoins en eau des plantes (Morsli, 2010).

I.5.2. Le stress thermique

❖ Les hautes températures

Les hautes températures sont parmi les facteurs importants intervenant dans la limitation des rendements (Bahlouli *et al.*, 2005).

Selon Mazouz (2006), les températures supérieures à 30°C réduisent du poids final de grain. Elles affectent aussi les organes floraux ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique.

❖ Les basses températures

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période (Levitt, 1982).

I.5.3. Le stress hydrique et les mécanismes d'adaptation

Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi-arides .En effet, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement de la culture du blé dur. Un manque d'eau précoce affecte principalement la croissance des racines, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke *et al.*, 1996).

Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (Chenaffi *et al.*, 2006).

Pour contrer le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (**Passioura, 2004**).

I.5.3.1 Stratégies d'adaptation au stress hydrique

- **L'esquive**

Elle est basée sur la plasticité de la phénologie de la variété. Elle consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable en réduisant voire en annulant les effets du stress hydrique qui se produit au cours d'une phase sensible ou critique.

L'esquive est une adaptation à l'environnement qui permet aux plantes d'éviter les périodes critiques pour leur bon développement. Les agriculteurs utilisent cette stratégie des plantes pour placer le cycle cultural pendant des périodes où les conditions sont favorables. (**Levitt, 1982**).

- **L'évitement**

Les mécanismes d'évitements permettent à la plante de maintenir un potentiel hydrique élevé en conditions de déficit hydrique, évitant ainsi la déshydratation des tissus. Ceci peut être réalisé par une absorption efficace de l'eau du sol grâce à un système racinaire très développé, à une conductivité hydraulique élevée des tissus (**Levitt, 1980**), ou par une limitation des pertes d'eau, qui est liée principalement à la réduction de la surface transpirante, à la fermeture stomatique, à la synthèse des cires cuticulaires et à l'enroulement foliaire. (**Clarcke, 1986**).

- **L'ajustement osmotique**

Permet à la plante de contenir les effets du stress qui s'installe en assurant des fonctions physiologiques à un rythme plus réduit que la normale grâce à l'abaissement du potentiel osmotique. Cette stratégie permet le maintien de la turgescence cellulaire grâce à une diminution du potentiel osmotique qui permet de compenser la baisse du potentiel hydrique foliaire. L'ajustement osmotique permet une protection membranaire au niveau des organes jeunes surtout (**Morgan, 1989**).

I.6. La stabilité du rendement

L'analyse du comportement des génotypes dans différents environnements est depuis longtemps un sujet de préoccupation important. Généralement, l'agronome cherche à adapter les techniques culturales aux variétés. Par ailleurs, le sélectionneur cherche à développer des cultivars avec adaptation spécifique ou adaptation large.

Sur les hauts plateaux algériens, les performances de rendement de la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sont limitées par l'action des stress de nature abiotique. La variation des rendements, d'une année à l'autre et d'un lieu à l'autre, a pour origine la sensibilité du matériel végétal à l'effet combiné des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture (**Bahlouli et al., 2005**). Cette variation est la résultante des interactions entre le génotype et l'environnement.

Dans ce contexte les notions de stabilité de rendement ont été largement étudiées pour interpréter l'interaction génotype * environnement. En effet, la stabilité est une notion plus large que la notion d'interaction : elle caractérise l'importance des fluctuations d'un caractère observé (par exemple le rendement), pour une même variété cultivée dans différents milieux ou à différentes conditions climatiques. Plus une variété est stable, moindre est sa variation phénotypique (**Brancourt-Hulmel et al., 1997**). Dans le cas contraire, l'interaction G*E pourrait empêcher la réponse à la sélection variétale et ainsi à son amélioration (**Cooper et Delacy, 1994**). Cette interaction une fois identifiée, doit être soigneusement évaluée afin d'orienter le programme de sélection et identifier les cultivars adaptés aux différents environnements.

I.6.1. Les concepts de la stabilité

Selon **Freeman (1973)** une des principales raisons de la conduite des génotypes dans des environnements distincts est d'estimer leur stabilité. Les termes stabilité phénotypique, stabilité du rendement et adaptation sont souvent employés par les sélectionneurs. Différents concepts et définitions de stabilité ont été décrits au cours des années (**Lin et al., 1986 ; Becker et Léon, 1988**).

- Premier concept : Si la variation d'un génotype au sein d'un environnement est faible. **Becker & Léon (1988)** ont appelé cette stabilité le concept statique ou biologique de stabilité.

Un génotype stable possède une performance constante sans être influencé par les variations des conditions culturelles.

- Deuxième concept : Si la réponse d'un génotype aux environnements est semblable à la réponse moyenne de tous les génotypes de l'essai ; aussi appelé le concept dynamique ou agronomique de stabilité. Un génotype stable n'a aucune déviation de la réponse générale aux environnements et permet ainsi une réponse prévisible aux environnements. Le coefficient de régression (b_i) (Finlay & Wilkinson, 1963) et la variance de la stabilité de Shukla (1972) (s^2_{di}) peuvent être utilisés pour mesurer ce type stabilité.

-Troisième concept : Becker & Léon (1988) ont rapporté que toutes les procédures de stabilité basées sur des effets de mesure de l'interaction G*E appartiennent au concept dynamique. Ceci inclut les procédures de l'éco valence de Wricke (1962) et les éco valences de Shukla ,les procédures utilisant l'approche de régression telle que proposée par Finlay & Wilkinson (1963), Eberhart & Russell (1966) et Perkins & Jinks (1968) et les analyses non paramétriques de stabilité.

I.7.Analyse de la stabilité ou approche paramétrique

Pour réduire la part d'incertitude liée à l'interaction génotype * environnement, l'analyse de la régression a été développée à travers les environnements et les années. Il s'agit d'une régression à plusieurs variables pour exprimer la performance des génotypes comme une fonction linéaire d'un indice environnemental.

I.7.1.Paramètres basés sur la régression conjointe

○ Coefficient de régression (b_i) et déviation de régression (S^2_{di})

La performance du génotype est généralement exprimée par trois paramètres, le rendement moyen (Rdt moy), le coefficient de régression (b_i) et la déviation (s^2_{di}) de la régression. Ils ont prouvé qu'un coefficient de régression avoisinant la valeur de l'unité indique une adaptation large, et lorsqu'on l'associe avec un rendement élevé, le génotype serait adapté ainsi aux conditions de culture favorables.

En revanche, les valeurs de coefficient de régression supérieures à la valeur de 1 décrivent l'augmentation de la sensibilité des génotypes lorsque les conditions environnementales varient. Les génotypes bien adaptés auront des coefficients positifs, les génotypes mal adaptés auront des coefficients négatives (Denis, 1980; Denis & Vincourt, 1982).

Eberhart & Russell (1966) ont ajouté la déviation de la régression comme mesure de la stabilité. Ainsi, un génotype serait considéré comme étant stable lorsque la déviation se rapproche de 0.

○ **Moyenne des performances de rendement (\bar{y}_i)**

La moyenne des performances d'un génotype dans un ensemble d'environnements peut être utilisée comme indicateur de la stabilité et de la performance. Ceci n'est vrai que si la meilleure moyenne des performances indique la supériorité du génotype considéré au niveau de tous les environnements tests.

$$\bar{y}_i = \sum Y_{ij} / n$$

I.7.2. Paramètres basés sur la variance

○ **L'eco valence de Wricke (W_i)**

C'est une mesure de la stabilité relative du génotype (**Becker, 1981; Becker & Léon, 1988**). Il s'agit de la contribution du génotype g à la somme totale des carrés des écarts de l'interaction. La stabilité du génotype n'est plus jugée dans l'absolu, mais relativement à celle des autres génotypes testés avec lui.

Les génotypes avec la plus basse éco valence contribuent moins à l'interaction $G \times E$ et sont donc plus stables.

$$W_i = \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})^2$$

○ **Variance de Shukla (σ^2_i)**

La stabilité de la variance de Shukla est une mesure relative selon les génotypes utilisés dans l'essai et les résultats doivent être limités ainsi seulement aux génotypes de l'essai et ne devraient pas être généralisés. Un génotype est donc seulement considéré comme stable lorsqu'il réagit parallèlement à la réponse de tous les génotypes testés. Il s'agit de la contribution du génotype à la somme totale des carrés des écarts de l'interaction. La stabilité de la variance est une combinaison linéaire de l'éco valence (**Wricke & Weber, 1980**).

○ **Coefficient de variation (C_v %)**

Le coefficient de variation représente l'écart type exprimée en % de la moyenne des rendements des environnements tests pour un génotype donné. Les valeurs élevées de ce paramètre sont donc indicatrices d'une variabilité inter environnements des rendements élevée. Plus la valeur du $C_v(\%)$ est élevée plus la variété est instable.

I.8. Les indices non paramétriques de stabilité

La stabilité des génotypes a été approchée également par des méthodes non paramétriques, basée sur l'ordre de classement des génotypes par environnement, elles sont moins exigeantes en termes d'hypothèses restrictives notamment l'homogénéité des variances, la normalité de la distribution et l'additivité des effets.

I.8.1. La moyenne des différences de rang absolu (si1) et la variance des rangs sur les m environnements (si2).

Les statistiques (Si1) et (Si2) proposées par Huehn (1979) sont basées sur le classement des génotypes dans les divers environnements et donnent un poids égal pour chaque environnement. Les génotypes avec moins de changement de leurs rangs sont considérés plus stables.

I.8.2. La déviation relative par rapport à la moyenne des rangs (si3) des génotypes et la somme des écarts absolus des rangs pour chaque génotype par rapport la moyenne des rangs (si6).

Les indices (si3) et (si6) sont deux autres statistiques non paramétriques qui intègrent simultanément l'estimation de la performance et la stabilité en se basant sur les rangs des génotypes pour le rendement dans chaque environnement (Nassar et Huehn, 1987).

I.8.3. Les indices non paramétriques de Thennarasu (1995)

Les indices non paramétriques proposés par Thennarasu (1995) $NPi(1)$, $NPi(2)$, $NPi(3)$, $NPi(4)$, sont basées sur les rangs des moyennes ajustées des génotypes.

I.8.4. Somme des rangs de kang (Srank)

Les valeurs élevées sont suggestives de l'instabilité des performances alors que celles qui sont faibles sont indicatrices de la stabilité. Cet indice ne donne aucune idée sur les performances de rendement en tant que tel.

Chapitre II

Matériels et Méthodes

II.1. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé durant toute l'expérimentation (Tableau II) est constitué d'une collection de sept génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Trois génotypes ont été obtenus à partir d'une sélection CIMMYT/ICARDA et les quatre autres, à partir de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC).

Tableau II : Origine des sept variétés étudiées (**Chaibet *et al.*, 2015**)

Variétés	Origine
Waha	Syrie ICARDA/CIMMYT
Bousselem	ICARDA/CIMMYT
Mexicali75	Arizona
Oued Zenati	Algérie
Polonicum	Algérie
Hoggar	ICARDA/CIMMYT
Altar 84	ICARDA/CIMMYT

II.2. Les conditions expérimentales

II.2.1. Le dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental (36°15' N, 5°37' E, 981 m) de l'unité de recherche INRAA de Sétif au cours de cinq campagnes agricoles (2010/16).

La zone appartient à l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par un climat de type méditerranéen, continental, semi-aride, caractérisé par un été chaud et sec, un hiver froid, une pluviométrie irrégulière, des gelées printanières très fréquentes et des vents chauds et desséchants en fin de cycle des céréales.

Le sol a une texture argileuse ; le taux de matière organique est faible. Le calcaire total est de 35 % et le pH est basique prenant une valeur moyenne de 8.2 (**Chennafi *et al.*, 2006**).

Les génotypes sont semés dans un dispositif randomisé en blocs avec trois répétitions, sur des parcelles élémentaires constituées de trois rangs de 1.5 m de long et 0.20 m espacement entre rangs.

II.2.2. Paramètres étudiés

II.2.2.1. Paramètres de production

Toutes les variables relatives à la culture ont été déterminées sur la base des mesures faites à l'intérieur des lignes de la parcelle élémentaire, en évitant les bordures. En effet, sur chaque parcelle a été fixée une station de comptage qui mesure 1 mètre linéaire et matérialisée au stade de la levée. Les chiffres obtenus seront ramenés à une unité de surface en mètre carré ou en hectare.

❖ La biomasse aérienne (BIO)

La biomasse aérienne est obtenue après la récolte de l'échantillon et par pesée de la masse aérienne des plantes à l'aide d'une balance électronique. Le rendement biologique est exprimé en gramme par mètre carré et ramené en quintaux par hectare.

❖ L'indice de récolte (IR)

L'indice de récolte (IR, %) détermine la part du rendement dans la biomasse totale, il est obtenu par l'expression:

$$\text{IR \%} = [\text{RDT} / \text{BIO}] \times 100$$

❖ Les composantes de rendement

- Le nombre de grains par épi (NGE)

Le nombre de grains par épi est la composante de rendement la plus importante, elle joue un rôle primordial dans la variabilité du rendement (Nachit, 1986). Selon Hamada (2000), ce paramètre dépend de la fertilité des épillets et peut s'associer à d'autres composantes du rendement.

Le nombre de grains/ épi (NGE) et celui de graines produites par m² (NGM²) sont estimés par calcul direct à partir des estimations du rendement grain (RDT, g/m²), du poids de 1000 grains (PMG, g/1000 grains) et du nombre d'épis/m² (NE, nbre/m²) :

$$\text{NGE} = (1000 \text{ RDT}) / (\text{PMG} \times \text{NE})$$

Et
$$\text{NGM}^2 = \text{NGE} \times \text{NE}$$

-Le poids de mille grains (PMG)

Il est déterminé par pesée 100 grains de chaque variété, à l'aide d'une balance de précision,

-Estimation du rendement en grain (RDT)

L'estimation du rendement en grain a été faite par la récolte d'un m², la pesé a l'aide d'une balance, la formule suivante a été utilisé pour convertir les rendements en Hectare :

$$\text{RDT} \times 10000 \text{ m} = \text{RDT/h}$$

-Le nombre des épis par mètre carré(NE/m³)

Le peuplement épis (NE/m³) est obtenu à partir du comptage des épis de station préparée précédemment de chaque parcelle élémentaire, puis ramené au mètre carré.

II.3.Performance moyenne et analyse de la variance

Les analyses statistiques présentées dans ce chapitre ont été effectuées à l'aide du logiciel GENES (Cruz 2013) pour l'analyse des indices paramétrique, Microsoft Excel pour les analyses non paramétriques (**Thennarasu, 1995**).

II .4. Etude statistiques

L'étude statistique est effectuée pour tous les caractères mesures et ce pour l'ensemble du matériel végétal. Elle est décomposée en deux phases: le rassemblement ou la collecte des données. Ces derniers, les données prises des trois répétitions, sont traitées par l'analyse de la variance d'un dispositif en blocs, utilisant le logiciel COSTAT, suivie d'une interprétation, et en fin tiré des conclusions. Une matrice de corrélation à l'aide du même logiciel pour l'ensemble des paramètres mesures a été réalisée.

Chapitre III

Résultat et Discussion

III.1. Caractéristiques climatiques

- **La pluviométrie**

D'après **Mazouz (2006)**, l'eau est une ressource indispensable pour les végétaux, sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiques vitales.

La quantité moyenne de pluies enregistrées par nos cinq campagnes agricoles est variable, la valeur la plus élevée était durant la campagne 2010 /2011 avec 312,19 mm, la plus basse au cours de la campagne 2015/2016 avec 216,66 mm. Durant les campagnes expérimentales, la répartition des précipitations mensuelles est irrégulière d'un mois à un autre. La Figure 2 nous révèle des fluctuations des quantités de pluies variables selon les mois.

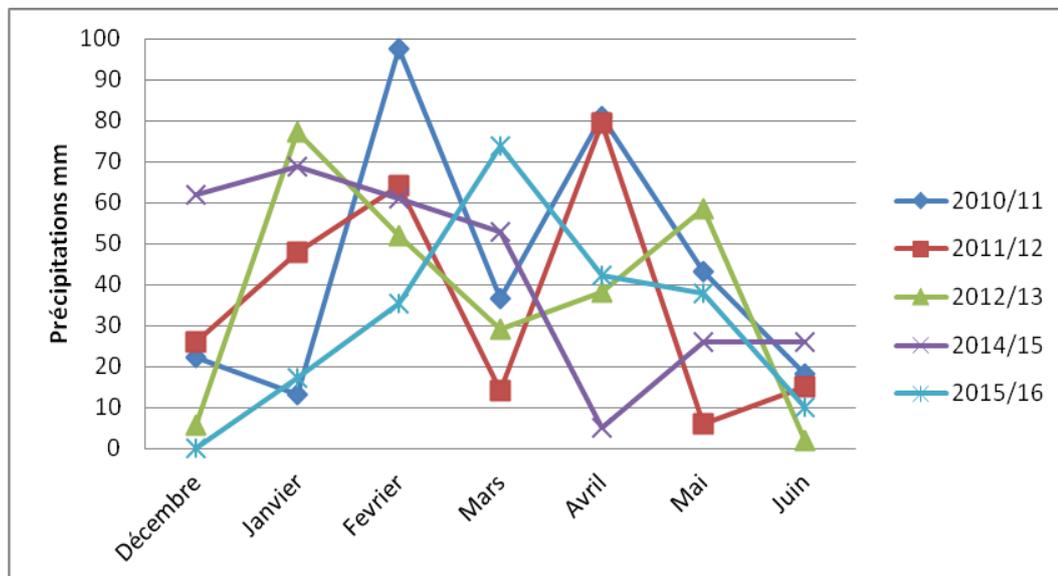


Figure 2 : Pluviométrie saisonnière des campagnes 2010-2016.

- **La température**

Parmi les différents stress environnementaux, les basses températures printanières (gel tardif) et les hautes températures terminales causent certainement le plus de dommages dans les productions agricoles. A l'inverse du cumul pluviométrique, la température moyenne mensuelle présente une distribution bimodale, basse au cours des stades végétatifs (tallage, montaison et gonflement) et élevée au cours de la floraison, remplissage du grain et la phase d'installation de la culture (semis - début tallage) (Figure 3).

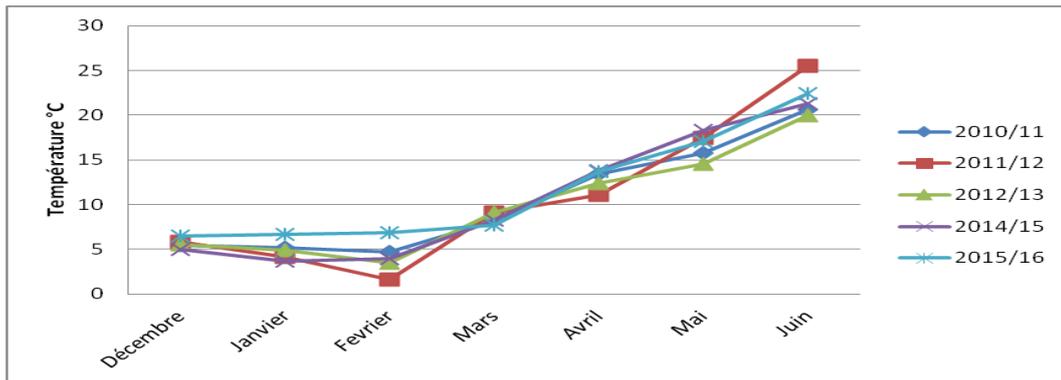


Figure 3 : Températures mensuelles du cycle végétatif des campagnes 2010-2016.

D’après le diagramme ombrothermique (Figure 4), réalisé à partir des moyennes des températures et des précipitations de nos cinq campagnes (de 2010 à 2016) ; on observe que la période de sécheresse commence au début du mois de mai et que la période humide s’étend de décembre jusqu’au mois de mai aussi.

Concernant la température moyenne, on enregistre une diminution à partir du mois de décembre (environ 5,68°C) jusqu’au mois de février (environ 4,14°C), puis elle remonte progressivement, vers le mois de mars jusqu’au mois de juin (environ 21,96°C). Cette augmentation de la température coïncide avec la phase de remplissage des grains.

Il est à souligner que cette variation de la température limite la croissance de la végétation au cours de la période où généralement le sol est humide et accélère la croissance à un moment où la contrainte hydrique est plus présente. Ces résultats suggèrent que la sélection doit cibler des génotypes qui tolèrent les basses

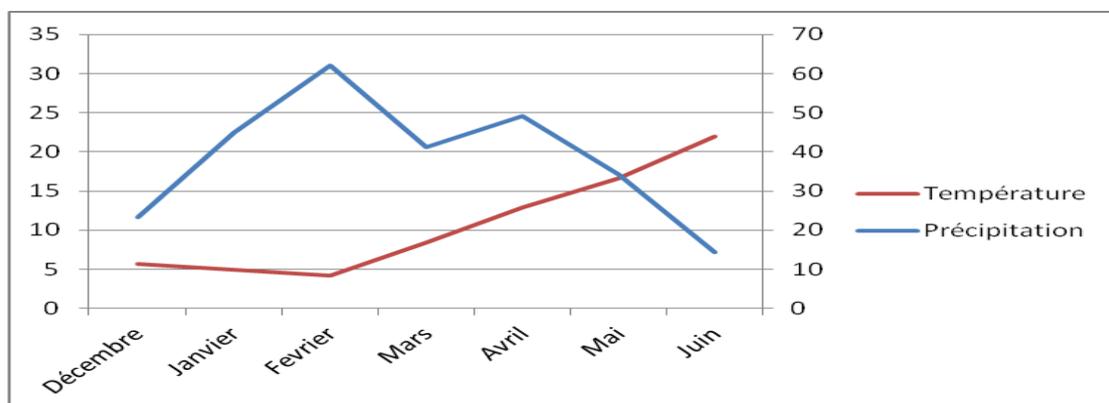


Figure 4 : Variation des précipitations mensuelles et de température Durant les campagnes étudiée

III.2. La comparaison du comportement variétal

- **Nombre d'épie (NE/m²)**

L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative pour l'effet campagne, génotype et interaction campagne* génotype concernant le peuplement épi, avec un coefficient de variation de 4,42% (Tableau III).

Tableau III : Carré moyen de l'analyse de la variance des variables des composantes du rendement

Source de variation	Carré moyen			
	Ddl	NE/m ²	NG/m ²	PMG (g)
Campagne	4	517867,72***	3,23 ***	857,66***
Génotype	6	3988,67 ***	24698728***	54,22 ***
Campagne X génotype	24	6630,87***	12682763***	47,84 ***
CV (%)		4,42	0,36	4,85

La moyenne de l'effet génotype du nombre d'épis/m² de nos sept variétés est 303,63 épis /m². En comparant les moyennes avec le test PPDS à 5%, deux groupes homogènes se distinguent : le premier est constitué par les variétés Waha, Altar84, Mexicali75 et Hoggar, qui ont les meilleurs valeurs allant de 316,32 épis/m² à 311,43 épis/m²; le deuxième groupe renferme les variétés Bousselem, Oued Zenati et Polonicum qui enregistrent les plus faibles peuplements d'épis avec respectivement 289,88 épis/m², 289,77 épis/m² et 280,64 épis/m².

Dans ce même contexte, **Moragues *et al.*, (2006)** notent que les génotypes évoluant dans les régions froides et humides produisent plus de talles par rapport aux génotypes des régions plus sèches (comparaison faite entre les variétés de la rive nord et sud de la méditerranée).

Tableau IV : Valeurs moyennes des composantes du rendement pour les campagnes et géotypes.

Géotypes	NE/ m ²	NG/m ²	PMG
Altar 84	316,32 ^a	10542,04 ^c	43,71 ^b
Mexicali 75	316,32 ^a	10247,02 ^d	40,94 ^c
Hoggar	311,43 ^a	10954,91 ^b	43,59 ^b
Bousselem	289,88 ^b	9760,36 ^e	45,58 ^a
Waha	321,03 ^a	11200,48 ^a	43,29 ^b
Polonicum	280,64 ^b	8066,66 ^g	45,84 ^a
Oued Zenati	289,77 ^b	8115 ^f	46,40 ^a
Moyenne	303,63	9840,92	44,19
PPDS 5%	9,8	26,06	1,56

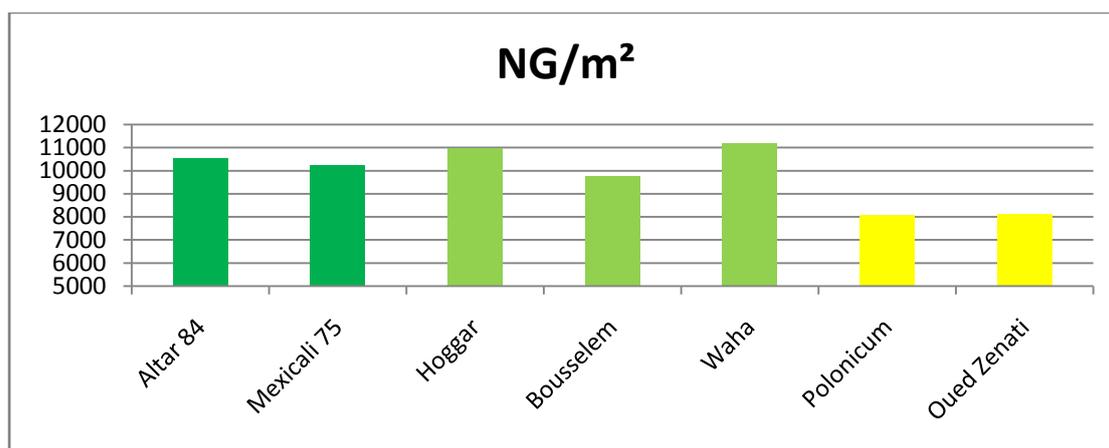
Nombre de grains/m², PMG: Poids de mille grains. Les moyennes suivies par la ou les même(s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

- **Le nombre de grain/m²**

L'analyse de la variance montre un effet géotype, campagne et interaction géotype x campagne très hautement significatif pour le nombre de grain/m².

Les meilleures valeurs sont mesurées chez les géotypes Waha (11200,48) suivi de Hoggar avec 10954,91 grain/m² (figure 5). Polonicum présente la plus faible valeur (8066,66) et moyenne générale du nombre de grain/m² est 9840,982.

le test PPDS (5%) donne sept groupes homogènes.

**Figure 5** : Histogramme de la moyenne du nombre de grains/m²

- **Le poids de mille grains(PMG)**

Les variétés étudiées présentent une différence très hautement significative pour ce paramètre et le test de New man et Keuls révèle trois groupes homogène par apport l'effet génotypes.

En observe que la variété Oued Zenati enregistre la valeur la plus élevé avec 46,40 g, et que la variété Mexicali 75 présent la valeur la plus faible avec 40,94 g (figure 6).



Figure 6: Histogramme de la moyenne de poids de mille grains

- **Rendement en grain (RDT)**

Les taux les plus élevés sont enregistrés par Hoggar avec 46,46 Qx/ha alors que les valeurs les moins importantes de rendement en grain sont 37,37, 39,60 et 39,69 Qx/ha et sont observées chez les génotypes Polonicum, Oued Zenati et Mexicali 75 respectivement (Figure 7). La moyenne générale est égale à 42,12 Qx/ha.

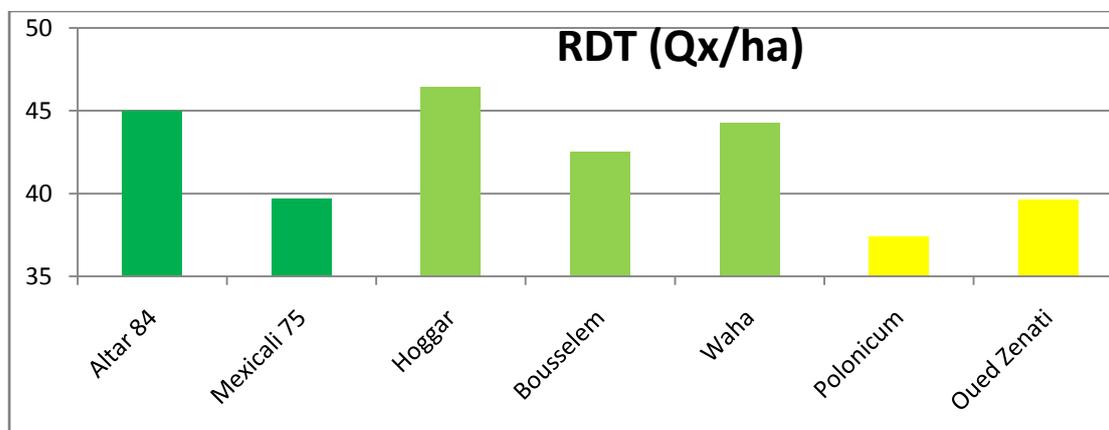


Figure 7: Histogramme de la moyenne du rendement en grain des variétés étudiées.

L'analyse de la variance a montré que nos résultats pour effet de génotypes, environnement et interaction entre eux sont hautement significatifs entre les différentes variétés; avec un coefficient de variation de 2,05% (tableau V). La comparaison des moyennes de l'effet génotype du rendement en grain, par le test PPDS à 5%, illustre l'existence de six groupes homogènes.

Tableau V : Carré moyen de l'analyse de la variance des variables post- récolte.

Source de variation	Carré moyen			
	ddl	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Campagne	4	7493,67***	14863,82***	594,68***
Génotype	6	166,55 ***	1132,29 ***	659,59***
Campagne X génotype	24	282,92 ***	631,75 ***	82,78***
CV (%)		2,05	1,027	3,21

RDT : Rendement en grain, BIO : Biomasse aérienne, IR : Indice de récolte. *** : significatif au seuil de 0.1%

Semchedine (2015), signale que chaque génotype est caractérisé par une meilleure performance pour une des composantes du rendement. Les meilleurs génotypes en termes de rendement, en grains sont Bousselem et Mexicali.

Tableau VI: Valeurs moyennes des paramètres post-récolte mesurés pour les

Génotype	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Altar 84	45,01 ^b	115,21 ^c	47,84 ^b
Mexicali 75	39,69 ^e	114,20 ^d	44,37 ^d
Hoggar	46,46 ^a	115,08 ^c	49,84 ^a
Bousselem	42,47 ^d	108,68 ^e	43,01 ^e
Waha	44,23 ^c	106,40 ^f	45,99 ^c
Polonicum	37,37 ^f	127,90 ^b	33,94 ^f
Oued Zenati	39,60 ^e	128,80 ^a	32,90 ^g
Moyenne	42,12	116,61	42,55
PPDS 5%	0,63	0,87	1

RDT: Rendement en grain, BIO : Biomasse aérienne, IR : Indice de récolte. Les moyennes suivies par la ou les même(s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

- **La biomasse arienne**

A maturité, la biomasse accumulée est d'une différence hautement significative entre les différents génotypes avec une moyenne générale de 116,61 qx/ha.

Elle prend la valeur la plus élevée, chez Oued Zenati avec 128,80 qx/ha, tandis que, la biomasse de Waha représente la plus faible valeur avec 106,40 qx/ha (figure de 5% révèlent six groupes distincts).

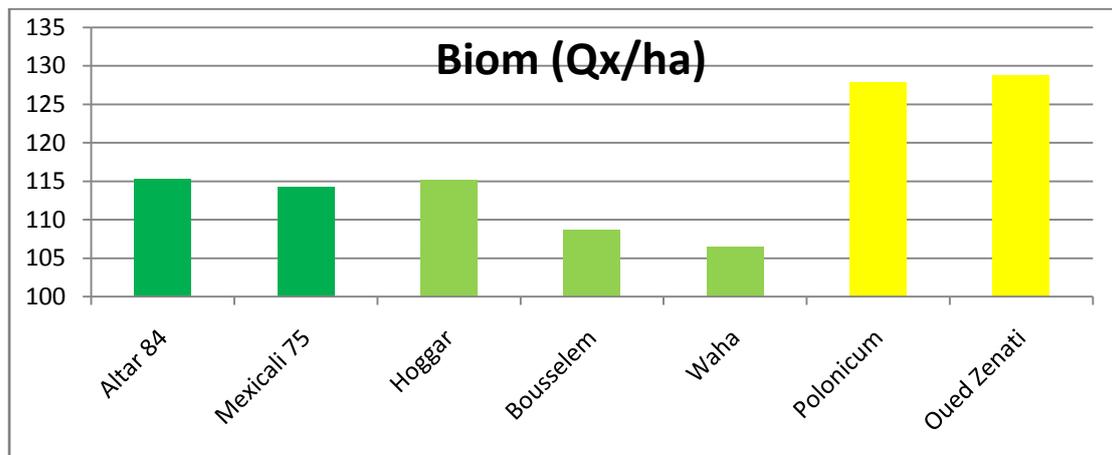


Figure 8: Histogramme de la moyenne de la biomasse aérienne des variétés étudiées

- **Indice de récolte**

L'analyse de la variance met en évidence une différence hautement significative.

Avec une PPDS à 5% égale à 1, la comparaison des moyennes distingue sept groupes homogènes. L'analyse de la moyenne génotypique de l'indice de récolte au cours de notre étude, indique que les variétés sélectionnées localement et les variétés introduites donnent, toutes les deux, de bonnes valeurs avec, par exemple, 48,84% pour Hoggar et 47,84% pour Altar84. Néanmoins, les variétés locales enregistrent des faibles indices de récolte avec des valeurs voisines, 33,94% pour Polonicum et 32,9% pour la variété Oued Zenati (Figure 9).

Selon **Bouzerzour et Djekoune (1996)**, l'indice de récolte indique le degré de reconversion d'une partie de la biomasse aérienne produite en grain. Nos résultats

révèlent que les variétés précoces se démarquent par un indice de récolte supérieur à celui des variétés locales tardives. En revanche, ces résultats corroborent ceux qui ont été révélés par les travaux de Merah *et al.*, (2001) dans une étude de comparaison de performances de variétés locales et améliorées.

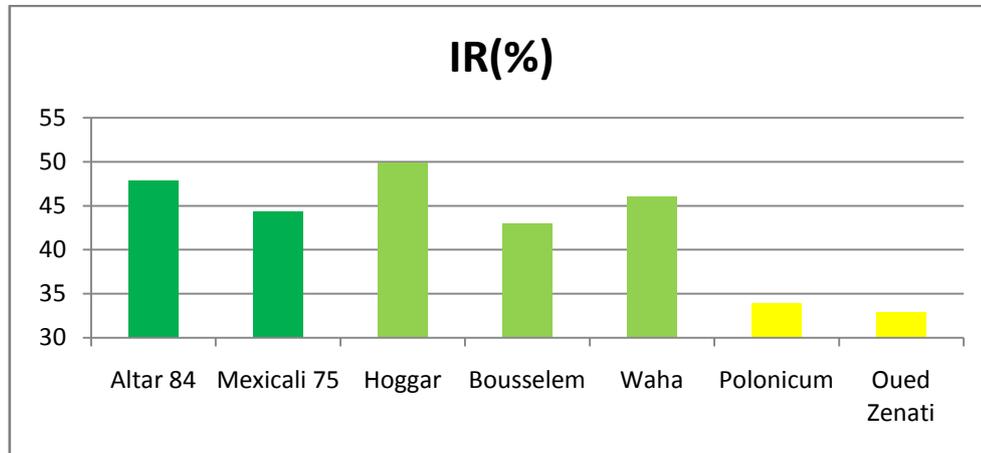


Figure 9 : Histogramme de la moyenne de l'indice de récolte des variétés étudiées.

Discussion

○ Nombre d'épie (NE/m²)

L'étude des coefficients de corrélation, au cours de notre expérimentation, indique que le nombre d'épis/ m² est lié positivement au nombre de grains m⁻² ($r=0.89$), et négativement au poids de mille grains ($r = - 0,79$). (Figure10).

L'effet de compensation entre composante du rendement, (suggérant que l'augmentation de l'un se fait souvent au détriment de l'autre), rend souvent l'effet des stress moins visible, ainsi une forte réduction des épis produits par m² et compensée par une augmentation de la fertilité des épis voire par celle du poids du grain, de même une réduction des grains produits par m² est compensée par une augmentation du poids individuel du grain (**Wardlaw, 2002 ; Bahlouli *et al.*, 2005**).

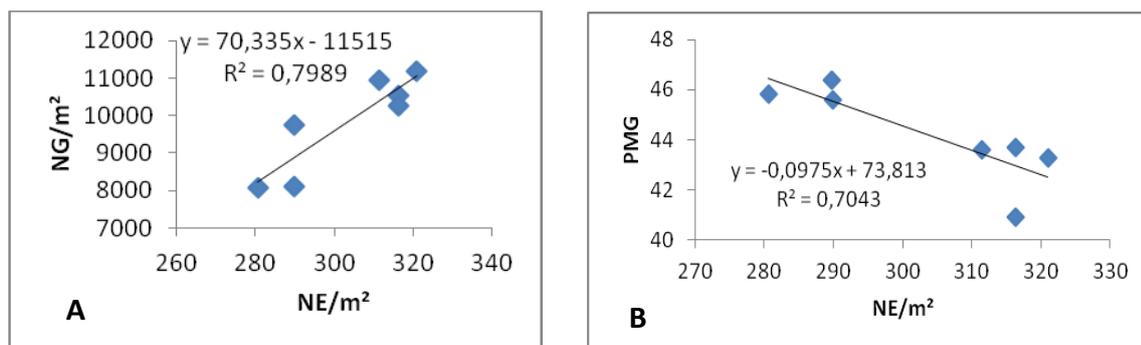


Figure 10 : Relation entre le nombre d'épis m⁻² avec le nombre de grain m⁻² (A) et avec le poids de mille grains (B).

▪ Le nombre de grain/m

La réalisation par un génotype donné d'un nombre d'épis/m² élevé concomitant un nombre de grains/épi élevé n'est possible que si la valeur prise par la première composante à se former (le nombre d'épis/m²) est relativement faible comparativement au potentiel (**Maazouz, 2006**). L'étude des corrélations indique que le nombre de grains/m² est fortement et positivement corrélé avec le nombre de grain par épi ($r=0,89$), le rendement ($r=0,86$) et l'indice de récolte ($r=0,86$) (figure11) ; alors qu'il est corrélé négativement avec la biomasse ($r= -0,75$) et le poids de mille grains ($-0,64$).

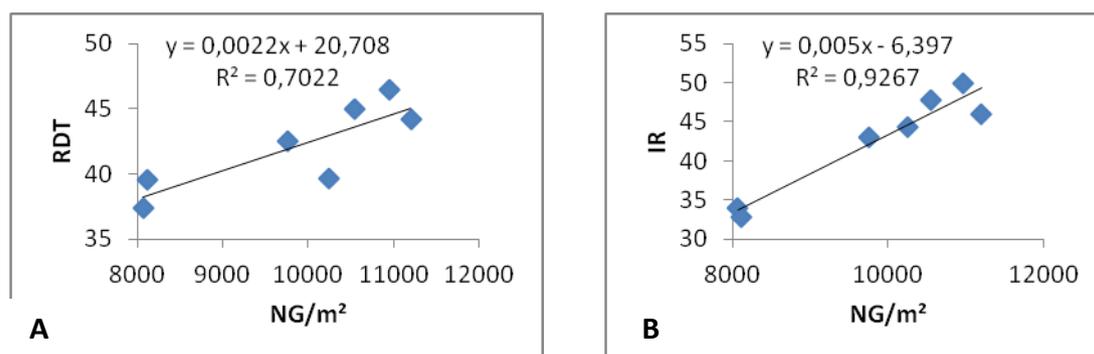


Figure11 : Relation entre le nombre de grains m^{-2} avec le rendement (A) et avec l'indice de récolte (B).

Maamri (2011), trouve que les génotypes modernes présentent un nombre de gains/ m^2 élevé comparés aux génotypes locaux. Ceci peut s'expliquer d'une part, par la bonne fertilité des génotypes introduits, et d'autre part, par le fait que les génotypes modernes produisent plus d'épis par unité de surface.

- **Le poids de mille grains(PMG)**

Dans notre étude, le poids de mille grains est négativement corrélé avec le nombre d'épis/ m^2 ($r = -0,79$) (tableau VII). Ce résultat corrobore avec les travaux de Slafer et Rawson (1994), qui estiment qu'un faible poids des grains associé à un nombre élevé de grains/ m^2 n'est pas seulement dû à une faible quantité d'assimilat par grain, mais, c'est le résultat d'un nombre élevé de grains/épi avec un faible potentiel du poids du grain

Tableau VII: Coefficient de corrélation entre le PMG et les caractères mesurés

	NE/ m^2	NG/ m^2	RDT	BIO	IR
2010/11	-0,39	-0,86*	-0,79*	0,32	-0,54
2011/12	-0,43	-0,75	-0,29	0,79*	-0,79*
2012/13	0,00	-0,50	0,14	0,61	-0,86*
2014/15	-0,25	-0,57	-0,04	0,50	-0,11
2015/16	0,04	0,38	0,86*	-0,16	0,31
Global	-0,79*	-0,75	-0,50	0,71	-0,68

- **Rendement en grain (RDT)**

L'analyse des corrélations entre les paramètres mesurés montre qu'il y a des liaisons positives et négatives entre ces paramètres variant d'un faible à une forte corrélation. Ainsi il apparaît que le rendement (RDT) est fortement et positivement corrélé aux variables nombre des grains par m² avec $r = 0,86$, et indice de récolte (IR) avec $r = 0,93$; il est corrélé moyennement et positivement avec le nombre d'épie (NE/m³), alors qu'il est faiblement et négativement corrélé aux PMG et BIO.

- **Indice de récolte**

L'indice de récolte est fortement et positivement corrélé au NG/m² (tableau III. annexe) et au RDT avec un coefficient de corrélation égal à 0,86 et 0,93 respectivement ; alors qu'il est faiblement et négativement corrélé avec BIO ($r = -0,43$) et PMG ($r = -0,68$).

- **Typologie variétale**

La classification hiérarchique ou « cluster analysis » est une variété de techniques d'analyses statistiques multi variées qui permet le regroupement des objets dans des groupes homogènes, sur la base de leur similarité (Vachon *et al.*, 2005).

En effet, la classification hiérarchique sur la base des six variables mesurées montre que nos sept génotypes évalués ne se distribuent que sur deux groupes singuliers (Figure12). Les caractéristiques de chaque groupe sont données en tableau VIII .

Tableau VIII: Valeurs caractéristiques des groupes identifiés sur la base des variables

<i>Génotypes</i>	<i>NE/m²</i>	<i>NG/m²</i>	<i>PMG</i>	<i>RDT</i>	<i>BIO</i>	<i>IR</i>
G1	285,21	8090,83	46,13	38,49	128,36	33,42
G2	311,00	10540,97	43,42	43,58	111,92	46,21

Pour la typologie variétale, les deux variétés Oued Zenati et Polonicum constituent le premier groupe (G1), celui des variétés locales. Le deuxième groupe (G2) est formé par les génotypes sélectionnés localement (Bousselem, Waha et

Hoggar) et par les génotypes introduits (Mexicali75 et Altar84). On peut le considérer, dans ce cas, comme un groupe des variétés améliorées.

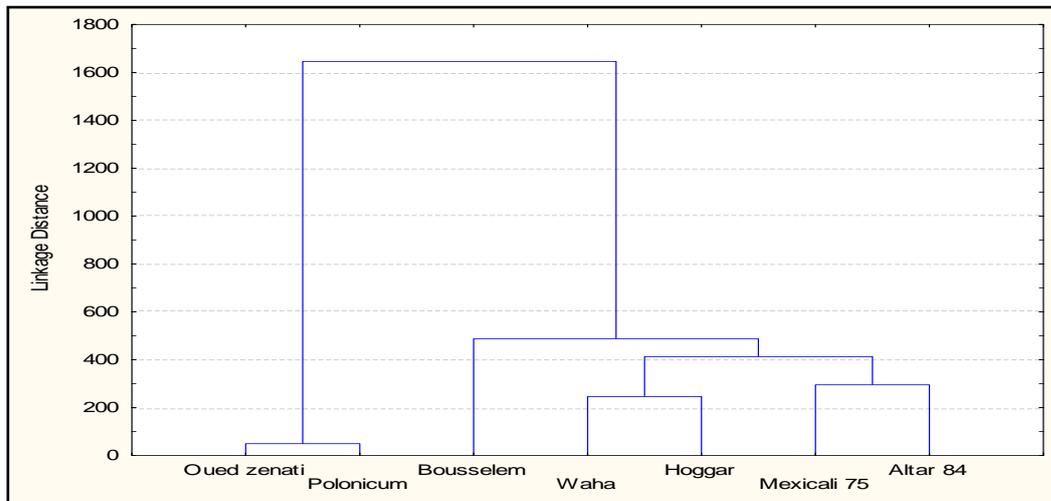


Figure 12 : Classification hiérarchique des génotypes évalués sur la base des variables mesurées.

Il apparaît clairement que les groupes des variétés obtenus G1 et G2, diffèrent principalement par le nombre de grains/m² et par l'indice de récolte. Toutefois, peu de différences apparaissent, en moyenne, entre les deux groupes pour le nombre d'épis/m², pour le poids de mille grain, et pour le rendement en grains et la biomasse aérienne.

De ce fait, le premier groupe (G1) des variétés locales est caractérisé par un poids de mille grains et une biomasse aérienne de valeur supérieure. Cependant, le groupe des variétés améliorées (G2) se distingue par ces bonnes valeurs de tallage épis, de fertilité, de productivité et de l'indice de récolte.

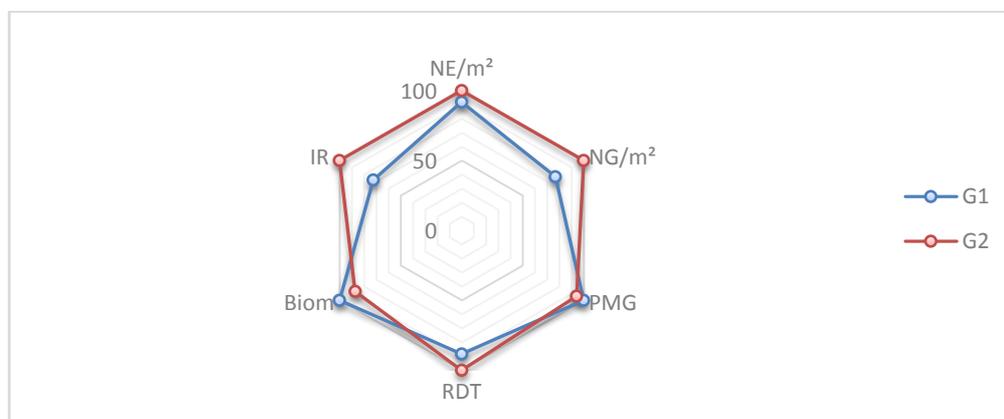


Figure 13 : Valeurs relatives moyennes (% valeur maxi) des variables mesurées chez les deux groupes de géotypes.

III.3. Résultat et discussion de stabilité

L'analyse de la variance combinée est présentée sur le tableau II(annexe) . Cette analyse de variance combinée a été effectuée pour déterminer les effets de l'environnement, du géotype et leurs interactions sur le rendement grains des sept géotypes. Les résultats de cette analyse ont révélé des différences hautement significatives parmi les environnements et l'interaction géotype-environnement pour le rendement grain qui reflète une réponse différentielle des géotypes dans différents environnements.

III.3.1.Les indices paramétriques de stabilité

- **Stabilité basée sur l'analyse de la régression conjointe**

Les coefficients de régression se rangent de 0,69 à 1,30 Tableau XI. Les géotypes Altar 84, Hoggar, Bousselem ont un coefficient de régression supérieur à l'unité ($b_i > 1$). Par contre, Waha Polonicum Oued Zenati et Mexicali 75 ont un coefficient de régression qui est inférieur à l'unité ($b_i < 1$). Le carré moyen de déviation à la droite de régression ($S^2 d_i$) a varié de 12,08 à 93,92. La régression conjointe de la performance génotypique moyenne sur l'indice l'environnemental a montré que les résultats des deux paramètres de stabilité (b_i) et ($s^2 d_i$) en' étaient pas consistant évaluant la réaction des géotypes face à la variation des conditions environnementales.

Selon **Becker et Leon (1988)**, les géotypes avec des valeurs du coefficient (b_i) proche de l'unité montrent une réponse moyenne aux variations des conditions environnementales. **Eberhart et Russell (1966)** et **Finlay et Wilkinson 1963** ont trouvés que les géotypes ayant une performance moyenne élevée, un coefficient de régression ($b_i = 1$), et une déviation moyenne de la régression ($s^2 d_i = 0$) montrent une adaptabilité générale élevée à travers les environnements. Ainsi, les géotypes Hoggar, Altr84,Waha ayant des performances de rendement grain supérieures à la moyenne générale, des valeurs de coefficient de régression qui ne dévient pas

significativement de l'unité, et des valeurs de la déviation moyenne de la régression (S^2_{di}) non significativement différent de zéro.

○ **Moyenne de la performance de rendement (y_i)**

L'étude des moyennes des performances indique que le génotype Hoggar présente la meilleure moyenne des performances avec 46,46Qx/ha, (Tableau IX), mais que ce génotype n'est pas le plus performant au niveau de tous les environnements tests, donc moins régulier ou instable. En effet, ce génotype doit cette performance moyenne à son bon comportement en E4 où il réalise un rendement supérieur à 81,13 Qx/ha. Cette performance élevée masque les faibles rendements réalisés par ce génotype en E1, E3, E2 et E5.

Ces résultats suggèrent que la moyenne des performances dans un ensemble d'environnements n'est pas toujours un critère d'appréciation de la stabilité, mais il l'est pour la performance moyenne du génotype considéré.

Tableau IX: Rendement grain moyen (Qx/ha) et classement des sept génotypes sur cinq années.

N°	Génotype	Rendement grain moyen	Rang
1	Altar 84	45,018	2
2	Mexicali 75	39,694	5
3	Hoggar	46,462	1
4	Bousselem	42,478	4
5	Waha	44,236	3
6	Polonicum	37,37	7
7	Oued Zenati	39,606	6

- **Stabilité basée sur l'analyse de la variance**
- **Ecovalence (w_i) le model de wricke**

Wricke (1962) a défini le concept d'écovalence, pour décrire la stabilité d'un génotype, comme la contribution de chaque génotype à la somme des carrés de l'interaction génotype environnement. L'écovalence (W_i) ou la stabilité du génotype (i) est la somme carré de son interaction avec l'environnement.

Les génotypes avec de faibles valeurs d'écovalence ont moins de fluctuations à travers les environnements et ainsi ils sont stables. Les génotypes les plus stables selon la méthode de Wricke (1962) sont Oued Zenati, Mexicali 75 et Waha. Ces génotypes, mis à part oued zenati, n'étaient pas les mieux classés pour le rendement moyen, étant 6^{ème}, 5^{ème} et 3^{ème} respectivement. Les génotypes instables selon cette méthode étaient Hoggar, Bousselem, Polonicum et Altar 84, ces génotypes étaient classés pour le rendement moyen 1^{er}, 4^{ème}, 2^{ème} et 7^{ème} respectivement.

○ **Variance de shukla ($\sigma^2 i$)**

Selon **Becker et Leon, (1988)**, $\sigma^2 i$ est l'équivalente de W_i et de ce fait ces deux paramètres classent de manière similaire les performances génotypiques. Sur la base de ce paramètre Polonicum, Hoggar, Bousselem et Altar 84 sont les moins stables et les autres génotypes sont relativement plus stables, notamment Oued Zenati Waha et Mexicali 75.

○ **Coefficient de variation (cv %)**

Le coefficient de variation représente l'écart type exprimée en % de la moyenne des rendements des environnements tests pour un génotype donné. Les valeurs élevées de ce paramètre sont donc indicatrices d'une variabilité inter environnements des rendements élevée. Plus la valeur du Cv (%) est élevé plus la variété est instable.

Les valeurs de ce paramètre, observées dans le cadre de la présente étude, variant de 43,91% pour Waha à 56,14% pour Hoggar (Tableau XI). Ainsi Waha, Oued Zenati, Altar 84 présentent des Cv relativement plus faibles, comparativement aux valeurs de ce paramètre notées chez les variétés, Mexicali 75 Hoggar, Bousselem, Polonicum entre autres, qui se montrent moins régulières dans le temps.

III.3.2. Les indices non paramétriques de stabilité

La stabilité des génotypes a été approchée également par des méthodes non paramétriques, basée sur le l'ordre de classement des génotypes par environnement, elles sont moins exigeantes en termes d'hypothèses restrictives notamment l'homogénéité des variances, la normalité de la distribution et l'additivité des effets. Les résultats des huit mesures de stabilité non paramétriques sont résumés sur le tableau X.

○ **La moyenne des différences de rang absolu (Si1) et la variance des rangs sur les m environnements (Si2)**

Les statistiques (Si1) et (Si2) proposées par **Huehn (1979)** sont basées sur le classement des génotypes dans les divers environnements et donnent un poids égal pour chaque environnement. Les génotypes avec moins de changement de leurs rangs sont considérés plus stables. Selon les indices (Si1) et (Si2), les génotypes, Polonicum (G6), Oued Zenati(G7) et Hoggar(G5) ont eu les plus petits changements dans les rangs et sont ainsi considérés les génotypes les plus stables. Le génotype Polonicum (G6) se distingue par la performance et la stabilité étant classé deuxième pour la performance de rendement et la stabilité. En revanche Oued Zenati (G7) est le moins performant pour le rendement grain mais considéré le plus stable. L'indice (Si1) peut perdre de l'efficacité lorsque les génotypes sont similaires dans leurs interactions avec les environnements (**Rasoli et al., 2015**).

○ **La déviation relative par rapport à la moyenne des rangs (si3) des génotypes et la somme des écarts absolus des rangs pour chaque génotype par rapport la moyenne des rangs (si6).**

Les indices (si3) et (si6) sont deux autres statistiques non paramétriques qui intègrent simultanément l'estimation de la performance et la stabilité en se basant sur les rangs des génotypes pour le rendement dans chaque environnement (**Nassar et Huehn, 1987**).

Tableau X: Les rangs des génotypes pour les indices non paramétriques.

Génotype	Rdt et rang	Rang pour les Indices non-paramétriques (Huehn, 1979, Nassar et Huehn , 1987)				Rang pour les Indices non-paramétriques (Thennarasu, 1995)			
		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(6)	NP(1)	NP(2)	NP(3)	NP(4)
Altar 84	45,01 (2)	6	5	4	4	6	3	4	3
Mexicali 75	39,69 (5)	1	4	5	5	2	4	3	4
Hoggar	46,46 (1)	1	2	1	2	5	2	2	2
Bousselem	42,47 (4)	7	7	7	7	7	6	5	7
Waha	44,23 (3)	5	5	2	1	2	1	1	1
Polonicum	37,37 (7)	1	2	3	3	2	7	6	4
Oued Zenati	39,60 (6)	1	1	6	6	1	5	7	6

La valeur la plus basse pour chacune de ces statistiques révèle une stabilité maximale pour le génotype. Les valeurs sont illustrées sur le tableau XI et les rangs des génotypes sont présentés sur le tableau X .

Les résultats de (*SI3*) et (*SI6*) ont indiqué que les génotypes Hoggar (G3), Waha (G5) et polonicum(G6), étaient respectivement classés premier, deuxième et troisième. Selon ces deux statistiques, les génotypes G6, G3 et G5 se sont révélés stable et adaptés à tous les environnements.

- **Les indices non paramétriques de Thennarasu (1995)**

Les indices non paramétriques proposés par Thennarasu (1995) $NPi(1)$, $NPi(2)$, $NPi(3)$, $NPi(4)$, sont basées sur les rangs des moyennes ajustées des génotypes.

Les résultats qui ont été calculés à partir des rangs des rendements ajustés sont présentés sur les tableaux X. Selon les paramètres, $NPi(2)$, $NPi(3)$ et $NPi(4)$, les génotypes Waha et Hoggar ont été considérés stable. Sauf le $NPi(1)$.

- **Somme des rangs de kang (Srank)**

Les valeurs de la somme des rangs des rendements en grains des différentes variétés dans les différents environnements varient de 6 à 14, valeurs prises par respectivement, Altr84, et Polonicum (Tableau XI). Les valeurs élevées sont suggestives de l'instabilité des performances alors que celles qui sont faibles sont indicatrices de la stabilité. Cet indice ne donne aucune idée sur les performances de rendement en tant que tel. Dans ce contexte les variétés qui sont relativement plus stables sont Altra74,Waha , Mexicali 75, Hoggar et Oued Zenati alors que celles qui sont instables sont Bousselem et Polonicum.

- **La variance θ_i**

Plaisted et Peterson (1959) ont proposé la composante de variance des interactions environnement-génotype pour les interactions entre chacun des couples de génotypes possibles et ont considéré la moyenne de l'estimation pour toutes les combinaisons avec un génotype commun comme une mesure de la stabilité. En

conséquence, les génotypes qui présentent une valeur inférieure pour le sont considérés comme plus stables.

On Remarque que la variété Oued Zenati a exprimé une faible valeur avec 69,68 suivis par Mexicali75 et Waha avec 76,76 et 88,15 respectivement. Ces résultats présentent les génotypes les plus stables.

❖ Composante de variance GE

Cette statistique est une mesure modifiée du paramètre de stabilité. Dans cette approche, le génotype est supprimé de l'ensemble des données et la variance GE de ce sous-ensemble est l'indice de stabilité du génotype. Selon cette statistique, les génotypes qui présentent des valeurs plus élevées pour le θ (i) sont considérés comme plus stables.

On observe que la valeur la plus élevée est marquée par le génotype Oued Zenati avec 107,2 suivi par Mexicali75 et Waha ; dans ce cas ces variétés sont plus stable par rapport aux variétés Hoggar, Altar84, Bousselem et Polonicum.

Tableau XI: Résultat d'analyse du stabilité de rendement

Genotype	S ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	S ⁽³⁾	S ⁽⁶⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽²⁾	NP ⁽³⁾	NP ⁽⁴⁾
Altar 84	2.6	4.3	3.90	1.90	2	0.26	0.50	0.59
Mexicali 75	2.2	3.8	4.22	2.33	1.4	0.28	0.46	0.61
Hoggar	2.2	3.3	2.86	1.65	1.6	0.23	0.42	0.47
Bousselem	3.2	7.3	8.11	3.22	2.2	0.46	0.50	0.88
Waha	2.4	4.3	3.18	1.40	1.4	0.22	0.36	0.44
Polonicum	A	3.3	3.66	1.77	1.4	0.6	0.58	0.61
Oued Zenati	2.2	3.2	4.57	2.5	1.2	0.4	0.59	0.78

W _i ²	Y	σ^2_i	s ² d _i	b _i	CV _i	$\theta_{(i)}$	θ_i	KR
295.51	45.018	84.56	41.70	1.049	47.96	95.92	99.67	6
138.41	39.694	29.58	19.75	0.99	49.41	105.09	76.76	7
412.24	46.462	125.42	39.40	1.30	56.14	89.11	116.70	7
322.11	42.478	93.88	45.25	1.06	51.62	94.37	103.55	9
216.4	44.236	56.9	30.47	0.95	43.91	100.53	88.17	6
788.66	37.37	257.17	93.92	0.69	49.16	67.15	171.59	14
89.83	39.606	12.58	12.088	0.93	46.28	107.92	69.683	7

Discussion

Les résultats du coefficient de corrélation de rang de Spearman ainsi que les 19 statistiques de stabilité paramétriques et non paramétriques et le rendement moyen en grains sont présentés dans la figure 14.

La performance moyenne du rendement dans les environnements a été hautement significativement et positivement corrélée avec les paramètres du coefficient de régression (b_i), significative et faiblement positive avec NP(1) et négative avec NP(2),NP(3),NP(4) et Kr. Des corrélations négative mais non significatives entre le rendement grains et les paramètres θ_i et WI.

L'indice d'éco-valence de Wricke était hautement significatives et positivement corrélé avec la variance de Shukla ($r=1$), Sdi2 ($r=0,98$), Kr ($r=0,86$), θ_i ($r=1$), Significative négativement avec $\theta_{(i)}$ ($r= -1$).

La variance de Shukla était corrélé d'une manière positive et hautement significative avec les indices kR ($r=0,86$), Sdi2 ($r=0,98$) et θ_i ($r=1$).

La déviation moyenne de la régression d'Eberhart et Russell (S^2_{di}) était corrélé positivement et significativement avec l'indice de Kr($r=0,98$) et θ_i ($r=0,86$).

Le coefficient de déviation a montré une corrélation positive et significative avec le cv ($r=0,62$) et il est corrélé négativement avec Kr ($r=-0,65$).

La variance θ_i était corrélé positivement et de façon hautement significative avec l'indice Kr ($r=0,86$).

L'indice non paramétrique $Si(1)$ était fortement corrélé avec les autres indices non paramétriques $Si(2)$, $Si(3)$, $Si(6)$, $NPi(1)$, $NPi(4)$.

L'indice $Si(2)$ était corrélé positivement et significativement haut avec $Si(3)$ et NP(1) , significativement (+) avec $Si(6)$ et $NPi(4)$. L'indice $Si(3)$ était lié aux indices

$Si(6)$, $NPi(4)$ et $NPi(1)$. L'indice $Si(6)$ était fortement corrélé avec $NPi(4)$. Les indices non paramétriques de Thennarasu (1995) étaient fortement corrélés entre eux.

La performance de rendement en grains n'est pas liée significativement avec les valeurs de l'écovalence de Wricke (Wi), la variance de Shukla (σ^2i) et le coefficient de variation ($Cv\%$). Ces indices sont donc indépendants de la performance de rendement en grains. Par contre l'écovalence de Wricke (Wi), la variance de Shukla (σ^2i) et le coefficient de variation ($Cv\%$) informent uniquement sur le degré de stabilité indépendamment de la performance.

Ces résultats indiquent que les indices sont séparables en deux groupes, selon le type de stabilité recherchée, dynamique ou statique. Les premiers associent, plus ou moins, la performance de rendement au degré de stabilité de type dynamique, alors que les seconds révèlent la stabilité, de type statique, indépendamment de la performance.

Les résultats de cette étude corroborent partiellement ceux rapportés par **Changizi et al., (2014)**. Ces derniers comparent divers indices de stabilité chez le maïs, ils observent que ces indices se regroupent globalement selon le type de stabilité, statique vs dynamique, avec une subdivision selon le degré d'association avec la performance. Ces auteurs mentionnent que les indices étudiés montrent une étroite liaison avec la capacité de rendement et de ce fait ils sont conseillés pour la sélection de génotypes performants et à large adaptation.

Les résultats de la présente étude corroborent ceux de **Mohammadi et al., (2012)** et ceux de **Karimzadeh et al., (2012)** qui mentionnent que les indices, σ^2 Shukla, $CV\%$, et Wi sont suggérés pour la sélection de génotypes stables indépendamment de la performance de rendement.

Temesgen et al., (2015) suggèrent que les indices $CV\%$, Wi et la σ^2 Shukla doivent être utilisés en complémentarité pour identifier les génotypes stables, sans perdre de vue l'information sur la performance de rendement des génotypes sélectionnés.

Conclusion

Conclusion

Ce travail concerne l'étude de comportement de sept variétés de blé dur (Altar84, Mexicali75, Hoggar, Bousselem, Oued zenati, Polonicum et Waha) pour des caractères agronomique (le poids de mille grains, l'indice de récolte, la biomasse, le rendement, le nombre de grains et le nombre d'épis) d'une part, et l'étude de la stabilité du rendement a partir des paramètres statistique (indices paramétriques et non paramétriques) d'autre part.

Dans la première partie de l'étude, l'analyse des données montre que la variété Hoggar est la plus performante pour le rendement alors que la variété Polonicum est marquée la valeur la plus faible durant les cinq années. Le génotype Oued Zenati a donné une grande biomasse aérienne alors que c'est la variété Waha qui est la plus fertile avec ses meilleures valeurs du nombre des grains/m² et du nombre des épis/m². Le taux le plus élevé de poids de mille grains a été signalé par Oued Zenati, et l'indice de récolte a marqué la variété Hoggar.

L'analyse de la variance combinée (ANOVA) a montré un effet hautement significatif de l'interaction G*E, de plus les effets de l'environnement étaient hautement significatifs. De ces résultats il a été conclu que le principal facteur qui influence les rendements du blé dur est l'environnement. Ces Résultats obtenus à travers la caractérisation agronomique montrent l'existence d'une variabilité génétique plus importante chez les populations locales de blé dur.

Pour la typologie variétale, les deux variétés Oued Zenati et Polonicum constituent le premier groupe (G1), celui des variétés locales. Le deuxième groupe (G2) est formé par les génotypes sélectionnés localement (Bousselem, Waha et Hoggar) et par les génotypes introduits (Mexicali75 et Altar84). Donc, on peut le considérer comme un groupe des variétés améliorées. Il apparaît clairement que les groupes des variétés obtenues G1 et G2, diffèrent principalement par le nombre de grains/m² et par l'indice de récolte. Toutefois, peu de différences ont été enregistrées, en moyenne, entre les deux groupes pour le nombre d'épis/m², le poids de mille grains, le rendement en grains et la biomasse aérienne.

Le premier groupe (G1) des variétés locales est caractérisé par un poids de mille grains et une biomasse aérienne de valeur supérieure, tandis que le groupe des variétés améliorées (G2) se distingue par ces bonnes valeurs de tallage épis, fertilité, productivité et de l'indice de récolte.

Conclusion

Les différents indices de stabilité calculés sont séparables en deux groupes, selon le type de stabilité recherchée, dynamique ou statique. Les premiers associent, plus ou moins, la performance de rendement au degré de stabilité de type dynamique, alors que les seconds révèlent la stabilité, de type statique, indépendamment de la performance. A partir des indices non paramétriques ($Si_1, Si_2, Si_3, Si_6, NP_1, NP_2, NP_3, NP_4$) et des indices paramétriques (basés sur la conjointe de régression et la variance), on conclut que les variétés Oued zenati, Waha et Hoggar sont les plus stables.

Annexe

Annexe

Tableau I: les moyennes générales des paramètres agronomiques (2010/2016)

Global						
Génotypes	NE/m²	NG/m²	PMG	RDT	Biom	IR
			(g)	(Qx/ha)	(Qx/ha)	(%)
Altar 84	316.328	10542.04	43.71	45.018	115.218	47.842
Mexicali 75	316.328	10247.024	40.94	39.694	114.206	44.378
Hoggar	311.434	10954.918	43.598	46.462	115.086	49.848
Bousselem	289.884	9760.364	45.586	42.478	108.684	43.014
Waha	321.032	11200.482	43.29	44.236	106.406	45.99
Polonicum	280.646	8066.668	45.848	37.37	127.906	33.942
Oued Zenati	289.772	8114.996	46.404	39.606	128.806	32.902
Moyenne	303.632	9840.92743	44.1965714	42.1234286	116.616	42.5594286

Tableau II: Résultat du test de l'analyse de la variance (ANOVA) de la variable étudiée

Nombre d'épie par mètre carré					
SV	Ddl	S. Carré	C. Moyen	F	P
Génotype	6	148192366.3	24698728	19281.74	000***
Environnement	4	1295734132	3.23	252887.63	000***
G X E	24	304386301,8	12682763	9901.14	000***
Erreur	70	89665,70	1280,93		
PPDS(%)	26.06				
Moyenne	9840.98				
CV(%)	0.36				

Nombre du grain par mètre carré				
SV	Ddl	S. Carré	C. Moyen	F
Génotype	6	148192366.3	24698728	19281.74
Environnement	4	1295734132	3.23	252887.63
G X E	24	304386301,8	12682763	9901.14
Erreur	70	89665,70	1280,93	
PPDS(%)	26.06			
Moyenne	9840.98			
CV(%)	0.36			

Annexe

Le poids de mille grains					
SV	ddl	S. Carré	C. Moyen	F	p
Génotype	6	325.31	54.219	11.80	000***
Environnement	4	3430.647	857.661	186.744	000***
G* E	24	1148.233	47.843	10.41	000***
Erreur	70	321.488	4.592		
PPDS(%)	1.560				
Moyenne	44.186				
CV(%)	4.850				

Le rendement du grain					
SV	Ddl	S. Carré	C. Moyen	F	P
Génotype	6	325.314	54.219	11.805	000***
Environnement	4	3430.647	857.661	186.744	000***
G * E	24	1148.233	47.843	10.417	000***
Erreur	70	321.488	4.592		
PPDS (%)	1.560				
Moyenne	44.186				
CV(%)	4.850				

La biomasse					
SV	Ddl	S. Carré	C. Moyen	F	P
Génotype	6	999.333	166.55	223.24	000***
Environnement	4	29974.71	7493.67	10044.06	000***
G* E	24	6790.24	282.92	379.21	000***
Erreur	70	52.22	0.746		
PPDS (%)	0.62				
Moyenne	42.12				
CV(%)	2.050				

Annexe

Indice de récolte					
SV	Ddl	S. Carré	C. Moyen	F	P
Géotype	6	6793.74	1132.29	788.46	000***
Environnement	4	59455.278	14863.82	10350.314	000***
G*E	24	15162.18	631.757	439.91	000***
Erreur	70	100.52	1.436		
PPDS(%)	0.8727				
Moyenne	116.61				
CV(%)	1.02				

Tableau III: Coefficient de corrélation entre la biomasse et les caractères mesurés

	NE/m ²	NG/m ²	PMG	RDT	IR
2010/11	-0,79*	-0,64	0,32	-0,71	-0,89*
2011/12	-0,21	-0,61	0,79*	-0,14	-0,54
2012/13	-0,21	-0,07	0,61	0,71	-0,79*
2014/15	0,32	0,14	0,50	0,64	0,39
2015/16	-0,21	-0,21	-0,16	-0,36	-0,05
Global	-0,64	-0,64	0,71	-0,43	-0,43

Tableau IV: Coefficient de corrélation entre l'indice de récolte et les caractères mesurés

	NE/m ²	NG/m ²	PMG	RDT	BIO
2010/11	0,79*	0,86*	-0,54	0,89*	-0,89*
2011/12	0,21	0,29	-0,79*	0,07	-0,54
2012/13	0,25	0,64	-0,86*	-0,18	-0,79*
2014/15	-0,21	0,64	-0,11	0,93*	0,39
2015/16	-0,63	-0,29	0,31	0,11	-0,05
Global	0,71	0,86*	-0,68	0,93*	-0,43

reference bibliographique

Liste des références bibliographiques

1. **Agence canadienne d'inspection des aliments (ACTA), 1971.** Les nématodes des cultures. ACTAFNGPC, Journées d'études et d'information, p. 143 - 191..
2. **Anonyme.,(2012).**programme bayer-agri sur notre engagement pour une agriculture professionnelle et responsable aux enjeux de demain.
3. **Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. (2005).** Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi –arid condition .Pakistan Journal of Agronomy360-365
4. **Becker H.C. & Léon J., (1988).** Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding 101 : 1-23..
15. **Bouzerzour H., M. Djekoun. (1996).** Heritabilities, gains from selection and genetic
- 16.**Brancourt-Hulmel M. & Lecomte C. (1994).** Sélection et stabilité du rendement chez le blé tendre d'hiver. Agronomie 14 : 611-625.
17. **Changizi M., R. Choukan, EM. Heravan, MR. Bihamta, F. Darvish. (2014).** Evaluation of genotype environment interaction and stability of corn hybrids and relationship among univariate parametric methods. Can. J. Plant Sci, 94: 1255-1267.
18. **Chennafi H., Aidaoui A., Bouzerzour H., et Saci A. (2006).** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth
19. **Cooper M., DeLacy I. H. (1994).** Relationships among analytical methods used to study genotypic variation and genotype-by-environment interaction in plant breeding
20. **Clarck. (1986).** Anhydrobiosis. . *physiol.* 54.579-599 p
21. **Debaeke P., Cabelguenne M., Casals M.L., Fuech J. (1996).** Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficithydrigue. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epie phase-BI. Elsevier, INRA, Agronomie : Agronomie and Environnement N° 16, p. 25 – 4653
22. **Djekoun A., Ykhlef N. (1996).** Déficit hydrique, effets stomatiques et non-stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé Tétraploides.3ème Réunion du réseau SEWANA, de blé dur IAV HASSAN II (Maroc).
23. **Eberhart S.A. & Russell W.A. (1966).** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
24. **FAO.(2018).**site des donnés statistique de la FAO(food and agriculture organisation of the united national
25. **FCE.(2018)**fourm des chefs d'entreprise;revu de presse 13 p
26. **Feillet P., (2000).** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144- 7605. ISBN: 2- 73806 0896- 8. 308p.
27. **Finlay K. W. & Wilkinson G. N. (1963).** The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.

28. **Haddad L., (2010).** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum*. Desf) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, université Ferhat Abbas, Sétif. 73pages
29. **Hannachi, A. (2013).** Analyse diallèle de quelques caractères associés à l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride.
30. **Hayek T., Ben Salem M., Zid E. (2000).** Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse : Cas du blé, de l'orge et du triticale. In :Royo C., Nachit M., Di Fonzo N., Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement inthe Mediterranean region: Newchallenges .Zaragoza : CIHEAM,(4) : 287-290.
31. **Khelfa N., Belguermi S., (2016).** Mémoire finale .univ BBA.
32. **Levitt J., (1982).** Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York San Francisco – London: 607p
33. **. Lin C. S., Binns M. R. &Lefkovitch L. P. (1986).** Stability Analysis: Where do we stand? Crop Science 26: 894-899
34. **Maamri K., (2011).** Stabilité du critère de la discrimination du carbone isotopique en relation avec le poids spécifique de la feuille drapeau chez quelques variétés de blé dur cultivées en milieu semi aride. Mémoire de magister. Faculté SNV. UFA, Sétif. 75 p.
35. **MADR., (2012).** Statistiques agricoles. Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Sétif.
36. **Mazouz L., (2006).** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum*desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 65 pages.
37. **Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Benmahammed A., HadjSahraoui A., Harkati, N. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*Desf.) au climat semi-aride. Sécheresse. Vol 17, Num 4, 507-13.
38. **Mohammadi M., Armion M., H. Hosni. (2012).** Genotype × environment interaction and stability analysis of seed yield of durum wheat genotypes in dry land conditions. Not. Sci. Biol, 4: 57–64.
39. **Morgan Jm., (1989).** Osmoregulation as a selection criterious for drought tolerance in wheat Aust. J. agro- Res 34..
40. **Naville M., (2005).** La biodiversité des espèces cultivées :Analyse dans le cas du blé,Non Parametric Method. J. Agr. Sci. Tech. (2015), 17: 1279-1289..
41. **Oudjani W.,(2009).** Diversité de 25 génotypes de blé dur étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de magistre, Université de Constantine : 112 p.
42. **Passioura J. B., (1996).** Drought and drought tolerance » Plant growth regulation, 20: 79-83.
43. **Perkins J. M. &Jinks J. L. (1968).** Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23, 339-356.
44. **. Prescott J.M., Burnett P A, Saari E E., Ransom J., Bowman J., De milliano w., Singh R**

- 45. Richards R.A., Rebetzke G.J., Condon A.G. and Mickelson B.J. (1996).** Targeting traits to increase the grain yield of wheat. In R.A. Richards, C.W. Wrigley, H.M. Rawson, G.J. Rebetzke, J.L. Davidson et R.I.S. Brettell, eds. Proc. 8th Assembly, Wheat Breeding Society of Australia, p. 054-057. Sydney, Australia, Wheat Breeding Society of Australia.
- 67.. Shukla G.K.,(1972).** Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental
- 46. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M.,Zid E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- 47. Temesgen T., G. Keneni., T. Sefera., M. Jarsob .(2015).** Yield stability and relationships.
- 48. Verville J.L., (2003).** Le blé, le seigle et le triticales. 18p
- 49. . Wardlaw I.F., 2002.** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment .Annals of botany: 90, 469-476.
- 50. Wricke G. (1962).** Erweiterteranalyse von wechselwirkungen in
- 51. Wricke G. & Weber W. E. (1980).** Erweiterteranalyse von wechselwirkungen in versuchsserien. In: Biometrie- heute und morgen. Köpcke and Überla. (eds). Springer-