

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 بوقرة- بومرداس
Université M'HAMED BOUGARA –Boumerdes



Faculté des Sciences
Département d'Agronomie
Mémoire de Fin d'Etude en vue de l'obtention du Diplôme de
MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Production végétale

Thème

Etude d'évaluation de marqueurs morpho-physiologiques et agronomiques pour la sélection de nouveaux géotypes de blé dur adaptés au stress abiotique (Triticum Durum Desf)

Présenté par : Soutenu le : 13/10/2021
M^{me} KhezarNadjeh

Devant le jury :

M ^{me} . CHEBOUTI N	Professeur (UMBB)	Président
M ^{me} . HADJ-YOUSSEF H	Professeur (UMBB)	Promotrice
M ^{elle} BENDIFALLAH L	Professeur (UMBB)	Examinatrice

2020/2021

Dédicaces

Je dédie cette thèse

A ma très chère maman

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice.

Tes prières et ta Bénédiction

M'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie.

Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices.

Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder

Santé, longue vie et Bonheur

A mon très cher papa

De tous les pères, tu es le meilleur.

Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines. Auriez-vous trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et tous de vos efforts.

On ce jour, j'espère réaliser l'un de tes rêves.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects,

Ma reconnaissance et mon profond amour.

Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé et bonheur.

A toi mon cher mari Je dédie ce travail,

*Merci pour tous les moments passé à mes côtés, merci de
m'avoir encouragé*

Ames très chers sœurs et frères

*Tout l'amour et l'appréciation, je n'oublierai jamais vos
encouragements et votre soutien*

Je demande à dieu de nous garder unis dans un seul amour

A la lumière de mes yeux

A toi mon trésor Ramy ,etA mon Bijoux Rayhana

Que dieu vous garderez pour moi

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de
l'amour et de la vivacité*

Remerciement

*Je remercie Allah le tout puissant, pour la bénédiction de la
connaissance*

*A Madame Tay bi, H qui m'a fait l'honneur d'encadrer ce
travail Je le remercie de son suivi permanent, et la
confiance qu'elle m'a accordée. Ses encouragements. Ses
remarques et suggestions sans lesquelles ce mémoire n'aurait
pas lieu*

*Je remercie chaleureusement madame la présidente
professeur Chabouti de ses précieux conseils sa gentillesse, et
son aide durant toutes mes années de master*

*J'exprime ma sincère reconnaissance à madame Bendifallah
Qui m'a fait l'honneur d'examiner mon travail et de faire
partie de mon jury.*

*Au directeur du département d'agronomie Monsieur Ajlane
N. Je tiens à vous exprimer mon entière reconnaissance
pour votre aide au sein du département.*

*Je remercie plus particulièrement Madame Naima
secrétaire du département pour son aide et sa gentillesse*

*A mes collègues Dalia et Nassima Merci pour leur soutien
moral et psychologique indispensables pour maintenir ce
travail*

A ma chère collègue Madame Maamri .M j'apprécie sa générosité, sa gentillesse, sa patience et surtout sa disponibilité et son temp qu'elle m'avait donnée, pour finaliser ma thèse.

A ma collègue Yasmine. S merci milles fois pour son aide .et ces encouragements.

A monsieur le directeur de la station INRAA Mehdi Boualem Mr Semiani toute mes sincère remerciement pour son aide, son savoir qui m'a fait l'honneur de me le faire partager et ces précieux conseils.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes plus vifs remerciements à toutes mes collègues Hafida, Ryma, Khadîdja, Hassiba, Amina, Sabiha.

Tables des matières

Remerciement

Listes d'abréviations

Listes des tableaux

Listes des figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Introduction	1
I. Généralité sur le blé.....	4
I.1 Présentation de l'espèce.....	4
I.1.2 Origine génétique du blé.....	4
I.1.3 Origine géographique et Classification.....	6
I.2. Classification botanique.....	7
I.2.1 Caractères botanique du blé dur.....	6
I.3. Cycle de développement.....	7
I.3.1. La période végétative (germination -Stade levée –tallage)	7
I.3.2. La Période reproductrice (Stade montaison- gonflement - floraison)	7
I.3.3. La période de maturation (La maturation du grain)	8
I.4 Importance économique et nutritionnelle et taux de production du blé dur	9
I.4.1 Production mondiale.....	9
I.4.2 Production en Algérie.....	10
I.5 Les stress abiotiques affectant la culture de Blé dur.....	11
I.5.1 Stress abiotiques.....	11
I.6. Stress hydrique.....	12
I.6.1. Effet du stress hydrique sur le développement du blé dur.....	12
I.6.1.1 Effet sur la hauteur	12
I.6.1.2 Effet sur le tallage.....	12
I.6.1.3 Effet sur le remplissage du grain.....	12
I.6.2 Effet du stress hydrique sur la physiologie du blé dur.....	13
I.6.2.1 Effet sur la photosynthèse	13
I.7 Stress thermique	14
I.7.1 Effet du stress thermique sur le remplissage du blé.....	14
I.7.2 la température foliaire.....	15
I.8 Stresse salin	16

I.9. Amélioration et sélection du blé dur.....	17
I.9.1 Définition.....	17
I.9.2 Objectifs de l'amélioration des plantes.....	17
I.9.3. La productivité.....	17
I.9.4 Le rendement.....	18
I.9.5 Rôle de la sélection dans l'amélioration du blé	18
I.9.6 Sélection de lignées pures.....	18
I.9.7 Sélection massale.....	18
I.9.8 Sélection généalogique.....	19
I.9.9 Sélection par filiation unipare ou SSD (Single SeedDescent).....	19
I.9.10 Sélection assistée par marqueur.....	19
Partie II : Partie expérimentale	
II.1 Objectif de l'essai	21
II.2 Présentation de la région d'étude	21
II.3 les caractéristiques climatiques du milieu.....	22
II-4 les caractéristiques pédologiques de la parcelle expérimentale.....	23
II.5 Le matériel végétal	24
II.6 Itinéraires techniques.....	26
II.6.1Précédent cultural	26
II.6.2 Travail du sol	26
II.7 Dispositif expérimental.....	26
II.7.1 Le semi.....	27
II.7.2 Désherbag22.....	28

II.7.3 Irrigation	28
II.7.4 Récolte.....	29
II.8 paramètres mesurés	29
II-8-1 Caractères phénologiques et morphologiques.....	30
II.8.1.1. Les Paramètres phénologiques.....	30
❖ Date de réalisation du stade épiaison (PR).....	30
❖ Date de réalisation de la floraison (F).....	30
II.81.2. Les paramètres morphologiques.....	30
❖ Hauteur de la plante en cm (HP)	30
❖ Longueur de l'épi en cm (LE) Longueur de barbes (LB).....	30
❖ Surface de la feuille étendard en cm ² (SF) Les caractères qualitatifs de l'épi.....	30
❖ Compacité de l'épi	30
❖ Couleur de barbes (COU-B)	31
❖ 8.1.3. Les paramètres Agronomiques	31
II.83.1.1 -Composantes du rendement	32
❖ Nombre d'épillets par épi (NE/E).....	32
❖ Poids de mille grains /g (PMG)	32
❖ Rendement q/ha, (RDT)	32
II. 8.1.4 Les paramètres physiologique.....	33
II.8.1.4.1La température du couvert végétal	33
II.8.1.4.1Le taux de la chlorophylle (CH/SPAD).....	33
II.9 Etude Statistique	34
Partie III : Résultats et discussion	38
III.I Statistique descriptive.....	38
III.1 Etude des différents caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques des différents géotypes.....	39
III.2. Caractères phénologiques	39
III.2.1. Précocité à l'épiaison (PE).....	39

III.3. Caractères morphologiques.....	40
III.3.1 La Hauteur des plants (H/cm).....	40
III.3.2. Longueur de l'épi (LE, cm).....	41
III.3.3. Longueur des barbes (LB, cm).....	42
III.4. Caractères agronomiques.....	43
III.4.1. Nombres d'épillets par épi	43
III.4.2. Poids de milles grains.....	44
III.4.3. Paramètre du Rendement (Rdt, q /ha)	45
III.5 Caractères physiologiques.....	45
III.5.1La Chlorophylle (SPAD.....	45
III.5.2. Surface foliaire (SF/cm ²).....	46
III.5.3. Température du couvert végétale (TCV°C).....	48
III.6 Etude des principales corrélations.....	50
III.6.1 Matrice de corrélation.....	50
III.6.2 relations entre les caractères physiologique et phénologique.....	51
III .6.3 relations entre les caractères morphologique et phénologique.....	51
III.6.4 Relation entre les caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques.....	52
Conclusion.....	54
Références Bibliographiques	56
Résumé.....	60

La liste des abréviations

Listes des Abréviations

1. **ANOVA** : Analyse de la variance.
2. **CIMMYT** : Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé à Mexico
3. **FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
4. **ICARDA** : Centre international pour la recherche agricole dans les zones arides
5. **INRAA** : Institut national de la recherche agronomique Algérien
6. **ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.
7. **MADR** : Ministère de l'agriculture et du Développement Rural
8. **NEP/E** : Nombre d'épi par épi
9. **NG/E** : Nombre de grains par épi
10. **PE** : Précocité à l'épiaison
11. **PMG** : Poids de mille grains
12. **PNAB** : Programme National de l'Amélioration du Blé
13. **RDT** : Grains. : Rendement à la récolte en quintaux à l'hectare.
14. **S/PRE** : semi précoce
15. **S-EP** : stade épiaison
16. **SF** : surface foliaire
17. **CH/SPAD** : **Chlorophylle** /SPAD

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Classification du blé dur	6
2	Températures et précipitations des moyenne mensuelles de l'année 2020/2021	18
3	Caractéristiques pédologiques de la parcelle expérimentale.	19
4	Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées	22
5	Statistiques descriptives des paramètres morpho physiologique et agronomique de 30 génotypes de blé dur	38
6	Résultats des tests de l'analyse de la variance (ANOVA) selon le type des génotypes.	39
7	Matrice de corrélation selon le coefficient de sperman(Pearson)	50

Listes des figures

Figure1. Phylogénie du blé (Shewry, 2009).....	
Figure2. Carte du croissant fertile 7511 avJC.....	
Figure3. Les caractéristiques du blé dur (<i>Triticum Durum Desf</i>).....	
Figure4. Différent stade de développement de blé dur (semance.fr).....	
Figure 5.Production de blé dans le monde en millions de tonnes (FAO.2021)	
Figure 6. Variation de la production des blés dur durant la période 2014-2020	
Figure 7. Présentation de la région d'étude	21
Figure8. Températures et Précipitation moyennes mensuelles Berak2020/20.....	23
Figure9 Dispositif expérimental de l'essai.....	23
Figure 10. Dispositif de l'expérimentation en plein champ.....	27
Figure 11. Phase de semis manuel.....	28
Figure12. Quelques adventices rencontrés (La luzerne sauvage, la véronique.....	28
Figure12. Longueur de l'épi.....	31
Figure13. Longueur des Barbes.....	31
Figure14. Couleur des Barbes	31
Figure15.La mesure de poids de mille grains.....	32
Figure16. Rendement/q/ha.....	32
Figure 17.un planimètre digital estimée/cm2.....	32
Figure 18.un thermomètre à infrarouge	33
Figure19. Stade épiaison des différents génotypes.....	40
Figure20. Hauteurs des différents génotypes.....	41
Figure21. Longueurs de l'épi de différents génotypes.....	42

Figure22. Longueur des barbes des différents géotypes.....	43
Figure23. Nombres d'épillets par épi des différents géotypes.....	44
Figure24. Poids de mille grains des différents géotypes.....	45
Figure 25. Rendement réel en grains des différents géotypes.....	46
Figure 26. La mesure de chlorophylle/ SPAD.....	47
Figure 27. Surface foliaire de différents géotypes.....	48
Figure 28. Températures du couvert végétal des géotypes.....	49

Introduction



Introduction

Par rapport à d'autres cultures, les céréales sont très cultivées dans le monde et surtout dans les Pays magrébins. Parmi les céréales, le riz (*Oryza sativa* L.), le maïs (*Zeamays* L.), l'orge (*Hordeumvulgare*), et les blés (*Triticumaestivum, durum.*) Sont les plus importants en termes de nutrition humaine et animale, donc ils méritent une attention particulière.

En Algérie, la culture du blé dur couvre en moyenne 1,5 Million d'hectares et elle est présente dans toutes les zones de production, c'est une culture socialement et économiquement importante elle participe ainsi à l'amélioration des revenus des agriculteurs, (Anonyme 2004). En effet le blé dur est utilisé quotidiennement selon les habitudes culinaires des différentes régions et surtout pour la population rurale, sous différentes utilisations (couscous, pâtes alimentaires, etc. ...) en citant aussi le pain à base de blé dur qui est un composant fondamental du régime quotidien.

Malgré son importance alimentaire, la production du blé reste insuffisante pour répondre aux besoins de consommation nationale les facteurs limitants sont liés aux conditions climatiques défavorables et aux variétés peu performantes. Selon *Benbelkacem*, (2015) que la cause majeure de cette faiblesse des rendements peut être expliquée par la non maîtrise des itinéraires techniques (mauvaise préparation du sol, protection insuffisante des cultures contre les prédateurs, les maladies et les mauvaises herbes, la non maîtrise de la fertilisation du point de vue dose et date d'apport). Sans oublier l'impact de la monoculture blé-blé qui est devenue une pratique courante.

La production du blé demeure "relativement faible" ne dépassant pas 41 millions de tonnes durant la période 2013-2018 (MADR, 2019), ce qui ne permet de satisfaire que 40% de la demande nationale justifiant ainsi le recours à l'importation et classant l'Algérie sur le marché mondial, parmi les principaux importateurs de blé avec 10 millions de tonnes à importer (Khenaoui Amina et al. 2019).

La culture des blés en Algérie est localisée, essentiellement, dans les régions semi arides des hauts plateaux et hautes plaines caractérisées essentiellement par la sécheresse et les gelées tardives mais également par la présence de bioagresseurs affectent plus de 20% des Rendements (*Ben Belkacem et al.*, 2013). Ces contraintes s'aggravent en raison des changements climatiques actuels. Les stress abiotiques conduisent impérativement à une baisse des rendements dans ces zones, qui sont également, caractérisées par des précipitations

Introduction

irrégulières et faibles (Habashy et al., 2009) par conséquent, le développement de lignées tolérantes à la sécheresse et à la gelée devient crucial.

L'amélioration de la production du blé dur au niveau de ces zones ou du moins sa stabilité dans l'immédiat peut se concevoir à travers la recherche de nouvelles variétés plus adaptées, qui réagissent positivement au bilan des variations pédoclimatiques pour donner un rendement acceptable à chaque recette.

Benbelcassem (2015) explique que l'amélioration végétale est au cœur des métiers de la filière semences. Elle consiste à créer de nouvelles variétés à partir d'un matériel existant en croisant entre elles les plantes choisies pour leurs qualités et leurs adaptabilités aux conditions du milieu respectives. Ensuite les meilleures plantes issues de ces croisements, les descendants sont sélectionnés jusqu'à obtenir une plante regroupant les qualités désirées.

Dans le but de contribuer à identifier des cultivars adaptés vis-à-vis des stress abiotiques dans l'optique d'une amélioration, nous avons entrepris un travail de recherche qui s'intéresse à l'évaluation d'un germoplasme de blé dur, constitué de 30 cultivars locaux et introduits, fixés et en phase précoce de sélection qui fait partie d'un programme de recherche PNAB mené dans le cadre d'une coopération entre l'INRAA, ITGC et l'ICARDA et a pour but de créer les nouveaux cultivars qui développent des stratégies d'adaptation.

Les objectifs de ce travail sont :

- Evaluation d'une série de génotypes de blé dur (*Triticum durum*) issus du programme PNAB en Algérie, sur la base des caractères agro-morphologiques et physiologiques.
- l'enjeu est d'identifier des cultivars à rendements élevés, moins sensibles aux aléas climatiques en conditions de la zone subhumide.

En effet les résultats de cette étude s'insèrent dans les travaux de recherche du programme PNAB de l'INRAA.

SYNTHESE

BiBliographique



Synthèse bibliographique

Chapitre. I.

I. Généralité sur le blé

I.1. Présentation de l'espèce

Le blé est une plante annuelle produisant un fruit sec indéhiscant de la semoule qui présente une grande qualité nutritionnelle grâce à sa richesse naturelle en protéines, en glucides, et en vitamines notamment la vitamine D

I.1.2. Origine génétique du blé

L'origine génétique du blé dur appartient à la catégorie des blés allo-tétraploïdes (AABB), du genre Blé qui comprend de nombreuses espèces et, en particulier, *T. turgidum* (Blé poulard) et *T. dicoccum* (Blé amidonnier), très voisines et souvent groupées dans une même espèce avec *T. durum*. L'origine provient du croisement entre *T. monococcum* apportant le génome A et *Aegilops speltoides* qui donnent le génome B. Ainsi, (Huang et al., 2002). Son génome de base comporte sept chromosomes, sont diploïdes avec $2n = 14$ chromosomes, à l'origine de la formation d'une nouvelle espèce tétraploïde, riche en gluten, où $(2n = 14) + (2n = 14)$ donc $4n = 28$. C'est le blé dur ou amidonnier (Clerget, 2011).

Il y a environ 7000 ans, une mutation fait apparaître spontanément c'est le caractère "grain nu", miracle pour l'alimentation humaine. L'enveloppe du grain est éliminée au battage, les grains peuvent être moulus sans un long décorticage, il existe 600 genre et plus de 500 espèce le blé dur (*triticum durum*) est parmi les espèce les plus cultivé dans le monde et en Algérie. (Feuillet, 2000).

Riley et Chapman (1957) a démontré l'origine hybride des *Triticum* tétraploïdes. Ces espèces sont des amphidiploïdes entre un *Triticum* diploïde (*Tr. beoticum* ou *Tr. monococcum*) apportant (le génome A et *Aegilops speltoides* apportant (le génome B) Une telle hybridation aurait donné naissance au *Tr. dicoccoides* qui se serait ensuite diversifié en *Tr. dicoccum* et *Tr. Durum* (Desfontaines), proche de celui que nous connaissons aujourd'hui. De plus, son génome nucléaire n'est pas simple mais un génome nucléaire composite, une association de trois génomes de trois espèces différentes, regroupés dans la même cellule et formant par là même une nouvelle espèce, (B. Friebe Kansas), Figure1.

Remarque : Le génome du blé est 5 fois plus gros que celui de l'homme

Synthèse bibliographique

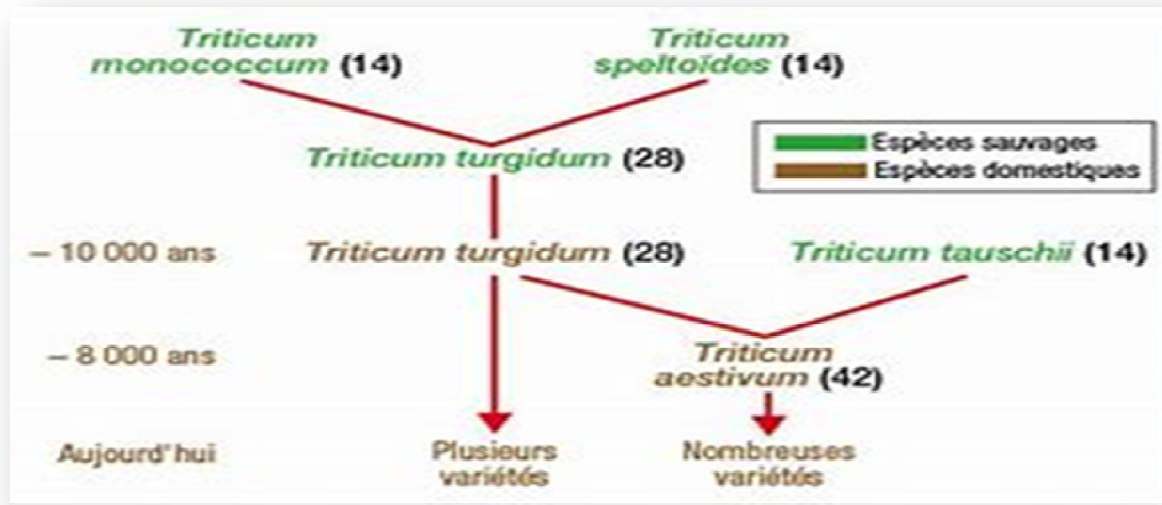


Figure1. Phylogénie du blé (Shewry, 2009)

I.1.3 Origine géographique et Classification

Le blé dur que nous connaissons, se répandent dans les régions montagneuses de l'Asie du Sud-Ouest et de l'Iran, de la Turquie, de la Syrie, du Liban, d'Israël, de la Palestine et de la Jordanie, dans la région souvent appelée le « Croissant fertile » ou subsistent à ce jour des blé sauvages (Vavilov 1951, Harlan.), à l'époque la population humaine augmentait, migrait vers l'ouest emmenant vers l'Europe cette forme domestiquée de blé dur, (Arvalis ,2017). Après il été introduit en Afrique du Nord à partir de la Grèce et de l'Italie. Cependant, les données Génétiques récentes des variétés locales maghrébines, espagnoles et portugaises, expliquent que l'Afrique du Nord est l'une des voies d'introduction du blé dur dans la péninsule Ibérique (MacKey ,2005), (Figure.2Figure2.Carte du croissant fertile 7511 avJC

I.2. Classification botanique

Synthèse bibliographique

Cette céréale est une espèce angiosperme (plantes à fleurs), Spermaphyte de la classe des monocotylédones, et de la famille des Poaceae (poacées anciennement graminées). (Grignac, 1965 ; Prats, 1966). Bien détaillé dans le tableau (1)

Tableau 1 : Classification du blé dur (Source : [http //botaniagro /taxonomie](http://botaniagro/taxonomie))

<i>Règne</i>	<i>Plantae</i>	<i>Ordre</i>	<i>Poales</i>
<i>Embranchement</i>	<i>Angiospermes</i>	<i>Famille</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Sous-embranchement</i>	<i>Spermaphytes</i>	<i>Sous- famille</i>	<i>Pooïdées</i>
<i>Classe</i>	<i>Monocotylédones</i>	<i>Genre</i>	<i>Triticum</i>
<i>Sous-classe</i>	<i>Commélinidés</i>	<i>Espèce</i>	<i>Triticum durum</i>

Selon GRIGNAC, *Triticum. Durum* se subdiviserait en trois sous-espèces : méditerranéum, syriacum, europeum, correspondant chacune à un centre de diversification déterminé (Afrique du Nord, Moyen Orient et sud de l'URSS) et comprenant elles-mêmes un certain nombre de formes ou proies (d'après le type d'épi, la pilosité du feuillage, le port du tallage, etc.) D'une façon générale, le blé dur se caractérise par : (Figure.3)

Synthèse bibliographique



- un épi à rachis solide
- glumes carénées jusqu'à leur base/et sans aretes
- longue barbe colorée



- un grain très gros (45-60) mg
- très riche en albumen
- de texture vitreuse translucide et très dur



- un appareil végétatif à tallage faible
- à chaume long et souple
- sensible à la verse

Figure3.Les caractéristiques du blé dur (*Triticum Durum Desf*).

I.3. Cycle de développement

Le blé dur passe par les phases classiques de développement des céréales à paille, donc il comporte trois principales périodes : la période végétative, la période reproductrice et enfin la période de maturation du grain.(ARVALIS, 2017)

I.3.1. La période végétative (germination -Stade levée –tallage)

Une fois la graine du blé est semée dans le sol elle peut germer dès que les températures dépassent 0C° jusqu'au 30C° associé à des humidités du sol appréciable. Le stade levé commencera alors dès que la gemmule de la coléoptile apparaît à la surface du sol.(Soltner, 1990).Par la suite la plante initie la production de feuilles qui peuvent atteindre un nombre de 8 à 10 feuilles en fonction de la longueur du cycle végétatif ou alors en fonction de la précocité. A partir du stade 3 feuilles le processus de tallage débute. En fait, à l'aisselle de chaque feuille une nouvelle talle est produite, le nombre de talles susceptibles d'être produites est fonction de la variété et des conditions environnementales associées, entre

Synthèse bibliographique

autres, à l'alimentation hydrique, la nutrition minérale, le blé dur talle relativement peu. Le tallage s'achève en fin d'hiver (Hamadache, 2013).

I.3.2 La Période reproductrice (Stade montaison- gonflement - floraison)

Cette période est dominée par l'apparition de l'épi au début du printemps et la formation du grain (Soltner, 2005). La tige est composée de sections (entre-nœuds) séparées par des renflements (nœuds) préfigurent les glumes, sur chacun desquels s'attache une feuille. L'allongement successif des entre-nœuds pousse l'épi vers le haut, jusqu'à le faire traverser la gaine de la dernière feuille, le jeune épi est d'environ 1 cm. Une fois l'épiaison notée au stade 50 % d'épis, la formation des organes floraux commence, quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles, la floraison s'observe, (Boulal et al., 2007). A ce stade. La croissance des feuilles, des tiges et des racines s'arrête.

I.3.3. La période de maturation (La maturation du grain)

Les réserves à 90 % s'accumulent dans les grains de couleur vert clair, c'est le stade grain laiteux où les grains atteignent leur dimension définitive du stade pâteux, au cours duquel

la teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue, (Gâte, 1995). Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau, 45% d'humidité, et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité), il est alors mur pour la récolte. (Arvalis, 2017).

Synthèse bibliographique

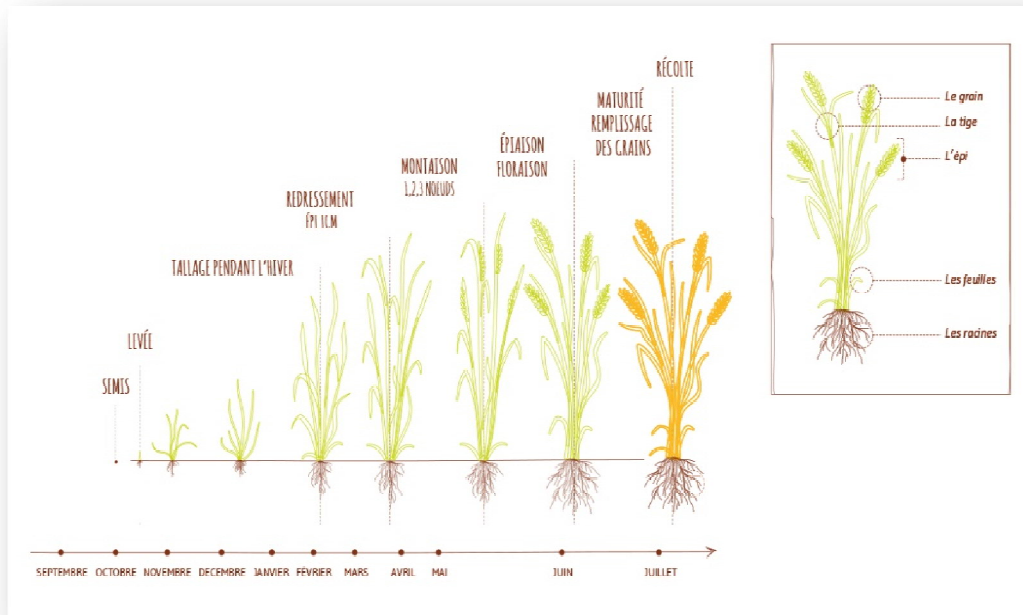


Figure4. Différent stade de développement de blé dur (semance.fr)

I.4. Itinéraires techniques

I.4.1. Préparation du sol

Une modification sur la partie supérieure de la couche du sol afin de créer des conditions favorables et adaptées au semis d'une culture (Laverdière, 2005). Il s'agit du travail conventionnel qui se réalise de la façon suivante

I.4.1.1. Travail profond du sol

Pour le blé dur, le labour du sol à une profondeur de 25-30 cm avec la charrue à soc ou travailler le sol avec un chisel lorsque celui-ci présente un état sec juste après la récolte du précédent cultural (Alaoui, 2005).

I.4.1.2. Le travail superficiel du sol

C'est de préparer le lit de semis qui doit être suffisamment affiné et légèrement tassé pour assurer un meilleur contact des semences avec la terre (Ben Mbarek et Boubaker, 2017).

I.4.2. Travail minimum ou semis direct

Synthèse bibliographique

Aujourd'hui, réduire le travail du sol a le double avantage de maintenir une meilleure humidité du sol et de conserver les particules les plus grossières en surface et les plus fines à la profondeur de la graine, car les particules les plus grossières en surface réduisent le ruissellement, la battance, et donc la formation de croûte, (Jean Marie, conf 2005).

I.4.2.1 Quelques critères d'un semi direct

❖ La transition

C'est un critère très souvent ignoré, pour niveler, drainer et corriger la compaction et /ou le pH une transition entre le labour et le semis direct devrait prendre au moins deux ans en sol sablonneux et cinq ans en sol argileux.

La raison principale est l'aération du sol, elle se fait par l'action de soulèvement du sol et aussi par les macropores du sol c'est dernier sont créés par les vers de terre, les racines et les fissures résultant de l'action des cycles de sécheresse et de pluie.

❖ La rotation

Est un critère tout aussi important que la transition, comme il est difficile de faire une bonne transition sans rotation

Le soya et les céréales sont des cultures idéales pour initier une transition vers un travail réduit

Selon Hamadache 2013, Pour le blé dur une rotation recommander pour avoir une bonne production ; exemple de cultures choisies comme précédent cultural sont : soya, maïs, légumineuses fourragères, céréales

I.5. Importance économique et nutritionnelle et taux de production du blé dur

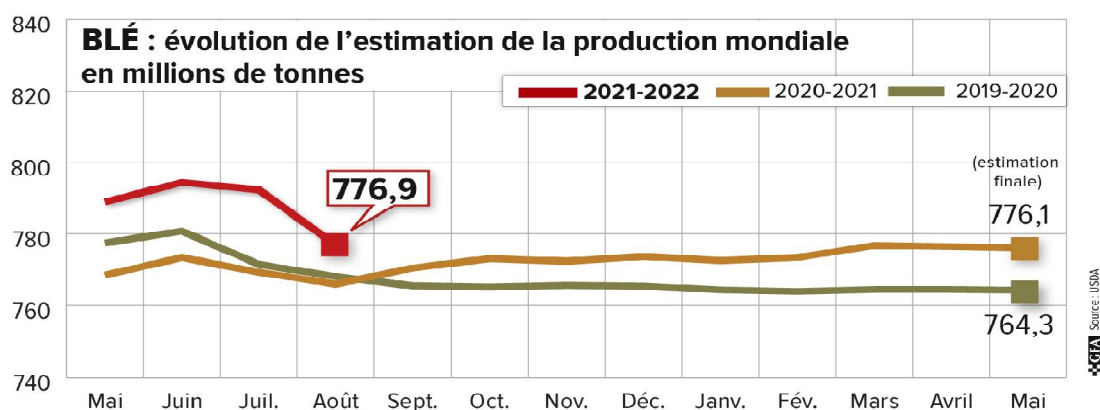
I.5.1. Production mondiale

Le blé représente 4-5% de la production mondiale, (<http://www.wheatinitiative.org>). C'est aussi la céréale la plus commercialisée. Les exportations représentant 20% de la production totale de blé, compte tenu de l'augmentation de la demande mondiale en produits du blé dur, la préoccupation avec la qualité s'impose (A. Atouiet *al.* 2021), pour cela cette céréale est cultivée principalement dans les régions chaudes et sèches du pourtour méditerranéen dont l'Europe du sud (Italie, France, Espagne, Grèce...).

Synthèse bibliographique

Dans les pays industriels 19 % de la production du blé est devenu récemment un aliment pour les animaux (porcs et volailles), et les poissons de pisciculture, et sa paille est utilisée comme engrais organique, comme aliment de pauvre qualité pour les polygastriques (Henkrar, 2017)

La production mondiale de blé dur de la campagne 2020 /2021 est estimée à 33,8 Mt, (Arvalis Bilant blé dur 20/21) elle est estimée en hausse de 0,6 % par rapport à 2019/2020, grâce à des récoltes volumineuses au Canada, en Australie, en Syrie et en Turquie. En revanche, les productions sont en baisse sur un an pour l'union européenne (UE), l'Afrique du Nord et le Mexique). Globalement, la **production mondiale de blé** pour **2021-2022** est révisée à la baisse, et s'établit à 776,91 millions de tonnes contre 792,40 millions de tonnes un mois plus tôt. Cela entraîne une baisse des estimations des stocks de fin de campagne, qui passent de 291,68 millions de tonnes à 279,06 millions de tonnes (bulletin FAO.2021),



(Figure.5).

Figure 5. Production de blé dans le monde en millions de tonnes (FAO.2021)

I.5.2. Production en Algérie

Le blé constitue la base de l'alimentation de la population sous diverses formes notamment semoule et pâtes (Hannachi, 2013). Toutefois sa production n'arrive pas à satisfaire la demande d'une population croissante. Le blé dur occupe 74% de la sole céréalière totale durant les deux périodes 2000-2009 et, durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne **3 385 560** ha, en évolution de **6%** par rapport à la période précédente, (Statistiques

Synthèse bibliographique

Agricoles,

MADR ,2018).Les rendements restent faibles et très variables d'une année à l'autre, à l'image de la production qui varie de 4, à 20 millions de quintaux/an (Kellou,2001), Figure.6

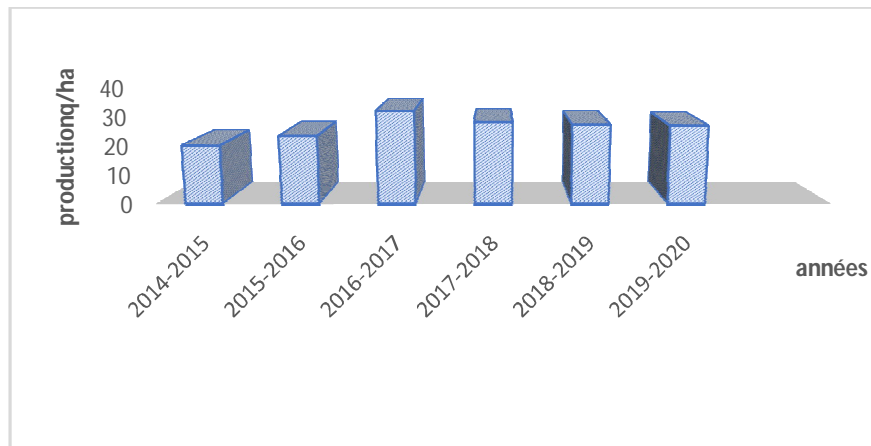


Figure.6. Variation de la production des blés dur durant la période 2014-2020 (MADR2020)

I.6.Stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s'adapter au changement climatique

Face à un changement climatique sévère projeté, les agriculteurs dans les pays de l'Afrique du Nord expérimentent habituellement des stratégies d'adaptation basées sur la précocité du semis, l'utilisation de variétés précoces et la fertilisation. Cependant, l'information concernant l'efficacité de la précocité des semis comme stratégie d'adaptation de la culture du blé dur au changement climatique reste très limitée.

I.6.1. Le semi d'hiver ou blé d'hiver

L'ajustement des dates de semis et le changement de cultivars pourraient être une adaptation utile aux changements climatiques, (Waha et *al.*2013)

Synthèse bibliographique

En zones céréalières algériennes, les dates de semis habituellement adoptées s'étalent du 10 novembre au 15 décembre pour les variétés précoces et du 25 octobre au 31 novembre pour les variétés tardives (ITGC, 2001),

I.6.2.Choix des variétés

Le succès de la production de céréales dépend du choix de la variété, c'est-à-dire résistante aux maladies, bien adaptée au sol et au climat, ayant un rendement élevé et une qualité du grain appréciable (Boufener et Zaghouane, 2006), l'ajustement des dates de semis et le changement de cultivars pourraient être une adaptation utile aux changements climatiques.

I.7.Les stress abiotiques affectant la culture de Blé dur

I.7. Stress abiotiques

Les Stress environnementaux issus de la fluctuation des facteurs abiotiques défavorable de manière significative qui affectent la production végétale.(Madhava Rao *et al.*, 2006).Dans l'ensemble, le changement climatique pourrait rendre plus difficile la culture du blé dur,les principaux stress abiotiques tels que la sécheresse, la salinité, le froid et les hautes températures. Cependant, les stress thermiques et la sécheresse sont les principaux stress abiotiques affectant la production du blé en Algérie et dans les pays similaires. (Grignac.1965).

I.7.1. Stress hydrique

Se définit commettant une insuffisance dans l'alimentation hydrique de la culture. En règle générale en présence d'une contrainte hydrique la plante fait intervenir des mécanismes de résistance pour l'imiter sont évapotranspiration.(Martinez et al, 2007), Parmi ces mécanismes en peut citer entre autres la fermeture stomatique, l'arrêt du développement foliaire, l'enroulement des feuilles etc... ces processus affectent, selon la sévérité du stress, les processus de photosynthèse et en conséquence une réduction des phénomènes de croissances et de développement,(Madhava-Rao et *al.*, 2006). En 2018, l'analyse de l'évolution climatique

Synthèse bibliographique

en Algérie montre que toutes les recherches confirment un accroissement sévère de l'aridité qui rendra davantage les terrains agricoles vulnérables au stress hydrique et à la désertification.(O. Bessaoud, et al ,2019)

I.7.1.1 Effet du stress hydrique sur le développement du blé dur

I.7.1.2 Effet sur la hauteur

En présence d'une contrainte hydrique, l'un des effets premiers est le raccourcissement des plants. En fait le processus de développement est considéré comme étant un phénomène fort sensible au stress hydrique. La hauteur, selon certaines hauteurs, peut être considérée comme étant un bon indicateur de stress dans le sens où elle permet de différencier entre un cultivar sensible et celui tolérant.

I.7.1.3 Effet sur le tallage

L'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de l'initiation de la production et ou de la croissance des talles se traduisant par une réduction de la vitesse de cette croissance. Le nombre de talles a été trouvé comme étant fortement associé à la tolérance des cultivars des blés vis-à-vis de la contrainte hydrique, (Bouzerzour et, al 1994)

I.7.1.4 Effet sur le remplissage du grain

Le remplissage du grain provient, essentiellement, des produits de la photosynthèse, surtout, de la dernière feuille. Dans le cas où la photosynthèse de la dernière est limitée en raison d'un stress hydrique, la plante fait appel aux assimilés stockés, antérieurement dans les feuilles et la tige. La vitesse et le taux de remobilisation est considéré comme un critère de screening variétale.

En cas de stress sévère la synthèse des protéines et leur migration vers le grain est arrêtée, en conséquence, on aura une maturité précoce donnant lieu à un grain de faible qualité technologique et dont le poids est fortement affecté, (Xin M, et al 2019)

I.7.2 Effet du stress hydrique sur la physiologie du blé dur

Synthèse bibliographique

I.7.2.1 Effet sur la photosynthèse

L'effet dépressif d'un déficit hydrique sur la photosynthèse résulte d'une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et d'une diminution de la surface foliaire (SARDA et *al*, 1992). Depuis longtemps, il a été démontré que les stomates des plantes cultivées sur un sol qui se dessèche progressivement, se ferment entraînant une diminution de la concentration interne en CO₂ de la feuille et une réduction de la photosynthèse. Selon Morgan et Condon (1986), le stress hydrique provoque un arrêt de transfert des assimilats des feuilles vers les autres organes de la plante tels que, les épis et réduit, en conséquence, le remplissage des grains.

I.8. Stress thermique

Les conditions thermiques les plus nuisibles sont les températures excessives et Les basses températures c'est dernier présente l'image des climats de type méditerranéen qui imposent un hiver très froid et pluvieux, rendant l'adoption des variétés précoces qui échappe aux gelées hivernales, et d'autre part les températures excessives et persistantes (Makhloof, 2009), qui intervienne souvent au stade de la croissance du grain. Les températures élevées

entraînent une augmentation de la quantité d'eau évapotranspirée, Par conséquent, de plus grandes quantités d'eau sont nécessaires pour la production agricole. de plus, les températures élevées induisent une augmentation des maladies fongiques et virales et des infestations d'insectes, (Kara, K 2015).

Il est à remarqué que de semblablement le stress hydrique et le stress thermique sont un problème fréquent dans nos régions céréalière affectants négativement le rendement et la qualité du grain, (Haipai, et *al*, 2012).

I.8.1 Effet du stress thermique sur le remplissage du blé

Durant la période pré-anthère le stress thermique modifie non seulement le poids final du grain, mais aussi le nombre de grains. Au-delà de 32°C, on peut observer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante (Wardlaw et *al.*, 1998). L'effet se manifeste sous forme de réduction du nombre de grains produit par unité de surface emblavée, du poids individuel du grain et de la durée de la phase de remplissage. La

Synthèse bibliographique

réduction du nombre de grains produit par m² est attribuée à la sensibilité du développement du grain pollen sous conditions de températures élevées (Dorion et al., 1996 ; Abbassenne et al., 1998).

I.8.2 La température foliaire

La température foliaire du couvert végétal ou de la feuille étendard apparait comme un bon indicateur capable de discriminer entre les géotypes tolérants et ceux qui sont sensibles à la contrainte hydrique et thermique (Balota et al., 2007). La diminution de la température, mesurée avec un thermomètre à infrarouge, est obtenue en déduisant la température du végétal de celle de l'air ambiant. Elle est utilisée pour cribler des centaines de lignées, en une courte durée. (Wardlaw IF, et al, 2002).

I.9. Stresse salin

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui se traduit par la mesure de la conductivité électrique exprimé en dS et en TDS (total dissolved solids) exprimé en mg/L qui conduit d'un part, un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe d'autre part. Le stress salin affecte la composante osmotique du potentiel hydrique foliaire. Il est communément appelé stress osmotique, l'un de ces effets est la réduction de la disponibilité en eau pour la plante qui peut affecter, de sa sévérité, les rendements des cultures. L'irrégularité des précipitations associé à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol. Le stress salin exerce un effet dépressif sur tous les paramètres physiologiques et métaboliques étudiés durant la croissance du blé dur *Triticum durum*, Le degré d'affection dépend de l'intensité du stress salin (Munns R., 2002).

Synthèse bibliographique

II.2. Amélioration et sélection du blé dur

II.2.1 Définition

L'amélioration des plantes est définie comme une science de la création de nouvelles variétés qu'elles répondent mieux aux besoins de l'homme et y compris au respect de l'environnement. Du point de vue génétique, il s'agit de réunir dans une même plante, le maximum de gènes favorables pour les caractères recherchés par l'utilisation de l'outil de base qui est la sélection combinée aux systèmes de reproduction (croisement, autofécondation, biotechnologie) (Gallais, 2015)

Feldman et Feyt (2002), montrent que l'amélioration des plantes comporte deux phases fondamentales :

- La recherche et la création de la variabilité (par prospection, hybridation)
- La sélection et la fixation de cette variabilité (suivi des recombinaisons, homogénéisation).

II.2.2 Objectifs de l'amélioration des plantes

Les objectifs généraux d'améliorations des céréales sont principalement basés sur la diminution des coûts de production, vers une meilleure régularité des rendements et de la qualité et vers une adaptation des caractéristiques des grains aux utilisations industrielles (Najimi et *al.*, 2003).

La création variétale doit viser la valorisation et l'intégration du patrimoine génétique national dans des programmes d'amélioration tenant compte des contraintes locales (Labani, 2007).

II.2.2.1. La productivité

La biomasse aérienne, les composantes du rendement et l'indice de récolte apparaissent comme des caractéristiques associées à la productivité et de ce fait ils peuvent être utilisés pour améliorer indirectement le rendement en grain en zones semi-arides (Fellah et al., 2002)

La productivité d'une variété de blé dur est sous le contrôle de deux types de caractéristiques, endogènes propres à elle-même (potentiel génétique) et de milieu de culture (déficit hydrique, sécheresse, choc thermique, froid, gel, ... etc.) (Mekhlouf, 2009).

Synthèse bibliographique

II.2.2.2 Le rendement

La sélection pour augmenter le rendement en grain est suivie par la précocité au stade épiaison pour une utilisation effective de l'humidité limite du sol et pour échapper aux stress abiotiques, déficit hydrique et hautes températures de fin de cycle de la culture (Mekhlouf, 2009).

la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique (Benbelkacem et *al.*, 1995).

II.3 Rôle de la sélection dans l'amélioration du blé

Le processus de création d'une nouvelle variété commence par la production d'hybride F1, les sélectionneurs doivent veiller à ce que tous les parents servant au croisement possédant collectivement la majorité des caractères recherchés pour la nouvelle variété (Hamel, 2010).

Le but principal de tout programme de sélection est la production de nouvelles lignées qui portent un ensemble de caractéristiques désirables et possédant un rendement élevé et stable, leurs permettant d'être adoptées comme variétés agricoles, sans de grands risques pour les producteurs (Adoui et *al.*, 2017).

Le choix des méthodes de sélection dépend du mode de reproduction des plantes. Au niveau des plantes autogames, cas du blé, la sélection aboutit à la création de lignées pures ou variétés.

II.3.1 Sélection de lignées pures

Cette sélection est basée sur la performance de la descendance, Une fois la supériorité du génotype est prouvée, la population peut être multipliée, nommée et distribuée sous forme d'un nouveau cultivar (Poehlman et Sleper, 1995). apte à améliorer les caractères à faible héritabilité. Les cultivars ou lignée pures n'ont pas de stabilité de rendement dans un large éventail d'environnements et sont susceptibles d'être dévastés par des épidémies pathogènes (Acquaah, 2015)

II.3.2 Sélection massale

Synthèse bibliographique

Cette sélection est très efficace pour les caractères peu influencés par le milieu (précocité, vigueur, résistance aux maladies) (Gallais, 2015). Cette sélection peut être répétée durant plusieurs cycles tant que la variabilité du caractère recherché persiste (Zahour, 1992)

L'objectif de cette sélection est de :

- Développer de nouveaux cultivars en améliorant la moyenne de la performance des populations
- augmenter progressivement la fréquence des allèles favorables dans les populations.

II.3.3 Sélection généalogique

Cette méthode consiste essentiellement à prélever des individus différents, stable et dont la descendance va être cultivée généalogiquement et à sélectionner au fur et à mesure de la fixation par autofécondation de nouvelles lignées transgressives (Gallais, 2011).

La généalogie permet d'extraire d'une population des lignées homozygotes pour leurs caractères et adaptées à l'environnement où s'est opérée la sélection (Khaldoun et al., 2006).

II.3.4 Sélection par filiation unipare ou SSD (Single Seed Descent)

Cette méthode de sélection consiste à ne récolter qu'un grain par épi sur les plantes F2 et F3 (Grignac, 1981). Elle a pour objectif de minimiser la perte de la variabilité quand on passe de la F2 aux lignées (Gallais, 2011). Elle convient pour les espèces déjà fortement améliorées, pour combiner des caractères présents chez deux variétés ne différentes que par peu de gènes (Bouharmont, 1994)

II.3.5 Sélection assistée par marqueur

Cette méthode est basée sur la possibilité d'inférer la présence d'un gène par la recherche du marqueur qui lui est étroitement lié. Les marqueurs moléculaires peuvent alors être utilisés pour aider les sélectionneurs à choisir les individus ou les populations contenant le gène spécifique ou le segment de chromosome connu pour le phénotype d'intérêt (Hannachi, 2017). La sélection assistée par marqueurs ajoute une évaluation génétique à l'évaluation

Synthèse bibliographique

phénotypique à la base du processus de sélection classique des plantes (Gaufichoune et *al.*, 2010)

PARTIE EXPERIMENTALE



Partie expérimentale

Partie II : Partie expérimentale

II-1 Objectif de l'essai

Ce travail consiste à évaluer 30 génotypes de blé dur avec la perspective de procéder à leur classification quant à leur tolérance vis à vis des stress environnementaux (les stress hydriques et les stress thermiques de fin de cycle).

II-2 Présentation de la région d'étude

L'étude a été conduite à la station expérimentale agronomique Mehdi Boualem de l'INRAA (Institut National de Recherche Agronomique Algérie, Baraki, Alger), située à 14 km au centre d'Alger avec une altitude de 18 m, une latitude de 36,68° et est une longitude de 3,41 (Figure 7)



Figure 7. Présentation de la région d'étude

Partie expérimentale

II.3 Caractéristiques climatiques du milieu

Le site expérimental est localisé dans l'étage climatique subhumide à hiver doux avec des étés très chauds. Le développement d'un couvert végétal est fortement dépendant des conditions climatiques notamment la pluviométrie et la somme des températures journalières pour passer d'un stade à un autre durant son cycle de vie.

Les paramètres climatiques de la période expérimentale sont présentés dans le tableau (2).

(Source : station agrométéorologique de l'INRAA).

Tableau2 : Température et Précipitations moyennes mensuelles (campagne 2020 /2021)
(INRAA Mehdi Boualem – Beraki)

Dates	Précipitation(mm)	Température(C°)
Décembre/2020	58,8	15,65
Janvier2021	122,8	12,89
Février2021	52	12,69
Mars2021	11,2	15,22
Avril2021	58,8	14,04
Mai2021	31,6	16,83
Juin2021	26,8	20,13

Le total des pluies enregistré de novembre 2020 à juin 2021 est de 431,8 mm (tableau 2). La pluviométrie a été importante durant les mois de Décembre, et faible en mois de février et.

Les mois Mars et d'Avril ont enregistré une pluviométrie moyennement faible 58,8 ;31,6 mm qui a coïncidé avec deux stades importants, épiaison-floraison et remplissage du grain ce qui a eu un effet négatif sur le nombre de grains et le poids du grain.

Une courte période de sécheresse est apparue au mois de Juin coïncidant avec le stade maturation Globalement en remarque que le stress hydrique s'installe au mois d'avril et

Partie expérimentale

s'intensifie dans le temps en combinaison avec l'augmentation des températures. La figure 6 représente la variabilité mensuelle moyenne de la pluviométrie et des températures

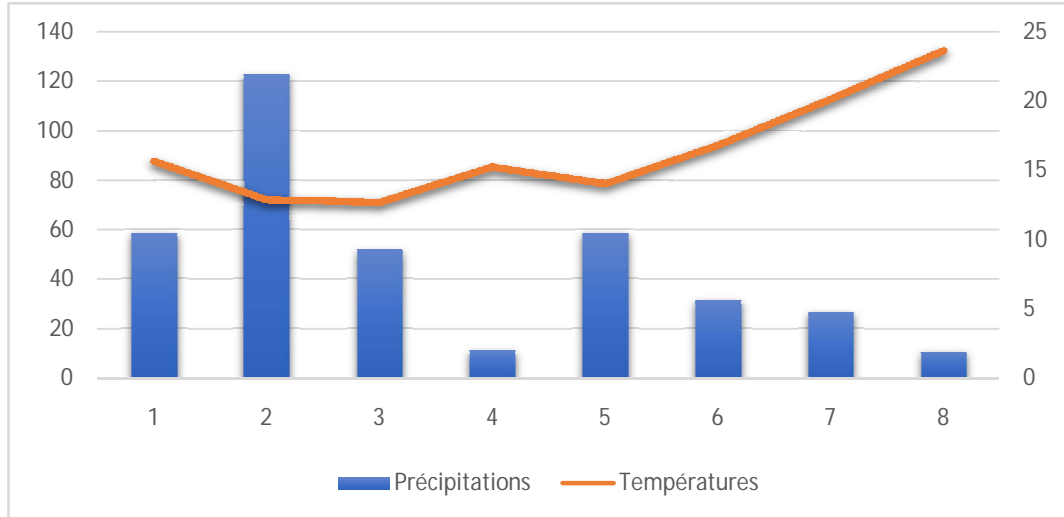


Figure.8. Températures et Précipitation moyennes mensuelles Beraki 2020/2021

II-4 les caractéristiques pédologiques de la parcelle expérimentale

Selon l'analyse granulométrique effectuée sur 3 échantillons de sol prélevés de la parcelle expérimentale les résultats décèlent un sol argilo-limono-sableux. Le pH du sol est alcalin avec une moyenne de pH7,81 et une ténacité de calcaire en moyenne de 0,67%.

Le pourcentage du carbone organique dans le sol présente une valeur de 1,22% qui permet aux sols de résister aux phénomènes de désagrégation, de tassement stabilité de la structure, (Tableau 3)

Tableau3. Caractéristiques pédologiques de la parcelle expérimentale.

Paramètres	Horizon 1 (0-25 cm)	Horizon 2 (25-55) cm	Horizon 3 (> 55 cm)
PH	7,81	7,85	7,79
CE (DS/m)	0,24	0,24	0,23
Carbone organique total (%)	1,42	1,14	1,12

Partie expérimentale

Calcaire total (%)	0,73	0,48	0,8
CEC (meq/100g)	17,9	17,2	15
Granulométrie			
Argile (%)	45,35	48,5	51,89
Limon (%)	44,81	44,72	44,2
Sable (%)	7,98	7,77	7,8

II-5Le matériel végétal

Le matériel d'étude est constitué de 30 génotypes de blé dur. Parmi eux 5 variétés témoins connues pour leurs performances adaptatives.

L'ensemble des génotypes sont issues de la collection de l'INRAA. Les caractéristiques des variétés de blé dur étudiées sont reprises au niveau du tableau 2.

Tableau 4 : caractéristiques des variétés de blé dur étudiées

Variétés	Abréviations	Caractéristiques et pedigree
BELIOUNI	BEL	Adapt mais tardif, bons épis, qualité
HEDBA	HED	Adapt, qualité (fric° Sélection locale
LAHN/CH12003	LAHN	ICD00-0393-T-9AP-AP-13AP-AP
ARALDUR	ARA	Qual, Rdt, MR.maladies
DURBEL	DUR	Qual, Rdt, MR.maladies
JORDAN COLLECT.86	JORDAN	Prec, Rdt. MR mal
FG/PALEST,20C/606//MEXI/3/RABI	FG RABI	Rdt. Bonne Apt.combinaison
INRAT 69	INRAT	Tol.sec, Rdt,Ms Mal

Partie expérimentale

OMTEL 5	OM	Rdt, Adapt,MR.mal
BARBA DE LOBO	BARBA	Qual, Rdt, MR.maladies
904"S"/LOGH"S"	904	Prec, Rdt. MR mal
BELTAGY-1	BELT	ICD97-0396-T-1AP-AP-2AP-0AP
ENTE MARIO / CANDO	MARIO	Rdt. Bonne Aptitude combinaison
920273	92	Prec, MS mal.Rdt.
VILLEMUR/3/LAHN//GS/STK/4/DRA	VILLEMUR	ICD00-0388-T-AP-12AP-AP-1AP-T
JORDAN COLLECT 8"S"N°42	JORDAN42	Adapt, type érigé,
WOLLAROI	WOL	Qual, Rdt, MR.maladies
BELIKH 2	BEL	Rdt, Adapt,MR.mal.tol.sel
TELL 76	TELL	Tol.sec, Rdt,Ms Mal.
CHACAN	CHA	Prec, MS mal.Rdt.
BD 1-94	BD	Qual, Rdt, MR.maladies
9200314	920	Perec, MS mal. Rdt.
TER-1/3/STJ3//BCR/LKS4	TER	ICD1036-T-0AP-9AP-AP-5AP-AP
DAKI	DAKI	Rdt, Adapt,MR.mal
OSS1/STJ5/5/BIDRA1/4/BEZAIZ-SH	OSS1	ICD00-0393-T-9AP-AP
BOUSSELEM	BOUS	TolQual
CORE	CORE	Rdt, adap
HOGGAR	HOG	Bon Rdt

Partie expérimentale

SIMETO	SIM	S /préc, bon tallage, MR. Maladies
WAHA	WAHA	Précoce, très sensible à la rouille

II.6 Itinéraires techniques

II.6.1 Précédent cultural

Le précédent cultural est une culture de blé dur installée décembre 2019 et récoltée le mois Juin 2020.

II.6.2 Travail du sol

Un labour a été effectuée en mois de novembre 2020, à une profondeur de 30 cm à l'aide d'une charrue à soc suivie par des passages de cover-crop. Le même jour du semi un nivèlement manuel à l'aide d'un râteau afin de préparer le lit de semence. et bien séparé les lignes du bloc

II.7 Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé en plein champ selon un dispositif expérimental Augmented design avec 4 blocs randomisés à 2 répétitions pour chaque variété, intercalée par 5 témoins répétés dans chaque bloc, chaque variété est séparée de l'autre par une ligne vide, le semi est bien détaillé dans la (figure .7)

BLOC1	BLOC2	BLOC3	BLOC4
BOUSSELEM	HOGGAR	HOGGAR	CHACAN
BELIOUNI	INRAT 69	ENTE MARIO	BOUSSELEM

Partie expérimentale

HEDBA-03	WAHA	CORE	BD 1-94
WAHA	904"S"/Logh"S"	WAHA	HOGGAR
CORE	Beltagy-1	920273	9200314
Lahn/Ch12003	SIMETO	Villemur/3/Lahn	CORE
HOGGAR	CORE	Jordan Collecte	Ter-1/3/Stj3
SIMETO	OMTEL 5	BOUSSELEM	DAKI
ARALDUR	BOUSSELEM	WOLLAROI	Oss1/Stj5/5/Bird
DURBEL	Barba de Lobo	SIMETO	WAHA
Jordan Collect.86	FG/PALEST,20C	BELIKH 2	SIMETO
		TELL 76	

Figure.8.Dispositif expérimental de l'essai



Figure 10. Dispositif de l'expérimentation en plein champ

II.7.1 Le semis

Le matériel végétal est semé manuellement sur une parcelle élémentaire d'une ligne de 1m (répété deux fois pour chaque variété) delong avec une interligne de 20 cm. A une

Partie expérimentale

Profondeur approximative de 2 à 3cm. (Figure.10)



Figure11. Phase de semis manuel

II.7.2 Désherbage

Un désherbage manuel a été effectué à chaque fois qu'il y a apparition de jeunes plantules des mauvaises herbes et après chaque pluie pour éliminer surtout les adventices monocotylédones. Les principaux adventices rencontrés durant le cycle de la culture sont : la véronique, la luzerne sauvage...(Figure11).

Partie expérimentale



Figure12. Quelques adventices rencontrés (La luzerne sauvage, la véronique)

II.7.3 Irrigation

L'essai a été mené sous régime pluvial.

II.7.4 Récolte

La récolte s'est faite manuellement le 22 juin 2021. Le battage a été fait le 5 du mois d'août 2021 à l'aide d'une moissonneuse batteuse expérimentale à poste fixe à la station expérimentale de l'INRAA, station Mehdi Boualem Beraki.

II.8 Paramètres mesurés

Les notations et les mesures ont été portées sur la détermination d'un ensemble de paramètres liés à la phénologie, la morphologie et la physiologie de la plante ainsi le rendement et ses composantes.

II.8.1 Caractères phénologiques et morphologiques

8.1.1. Les Paramètres phénologiques

Partie expérimentale

- ❖ **Date de réalisation du stade épiaison (PR)** qui correspond au nombre de jours comptés à partir du semis à la date de réalisation de 50% de l'épiaison.
- ❖ **Date de réalisation de la floraison (F)** qui correspond au nombre de jours comptés à partir du semis à la date de réalisation de 50% de de la floraison. La pollinisation et la fécondation

se déroulent durant cette période. L'embryon et l'endosperme commencent à se former immédiatement après la fécondation.

II.8.1.2. Les paramètres morphologiques

Ils sont mesurés durant le cycle de développement de la plante à partir du semis jusqu'à maturité. Pour chaque paramètre 4 répétitions sont effectuées sur différentes plantes, et Ces paramètres sont :(Européen Scientific Journal 2016)

- ❖ **Hauteur de la plante en cm (HP)** : elle est mesurée à maturité, de la base de la tige jusqu'à son extrémité supérieure
- ❖ **Longueur de l'épi en cm (LE)** : elle est mesurée à partir la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal, sans barbe, (Figure.13)
- ❖ **Longueur de barbes (LB)** : elles sont mesurées à partir du sommet de l'épi jusqu'à l'extrémité de la barbe.(Figure14)
- ❖ **Surface de la feuille étendard en cm² (SF)** : La surface foliaire de la dernière feuille complètement déployée a été mesurée par un planimètre digital estimée en cm²(Figure15).
- ❖ **Les caractères qualitatifs de l'épi**
- ❖ **Compacité de l'épi** : compacte, très compacte, lâche, très lâche

Partie expérimentale

- ❖ **Couleur de barbes (COU-B)** : Deux couleur de barbe Noir et Blanc été remarqué dans l'ensemble des génotypes, (Figure16)

II.8.1.3. Les paramètres Agronomiques :

-Composantes du rendement : Les caractères suivants ont été mesurés :

- ❖ **Nombre d'épillets par épi (NE/E)** : à maturité, le nombre d'épillets par épi est compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante.
- ❖ **Poids de mille grains /g (PMG)** à partir du comptage de 1000graines et définir leur poids (Figure17)
- ❖ **Rendement q/ha, (RDT)** : déterminés à partir du poids des grains de l'épi et le nombre de grains par épi (Figure18)

II. 8.1.4 Les paramètres physiologique

***La température du couvert végétal** : la température foliaire au niveau de chaque parcelle a été mesurer à l'aide d'un thermomètre à infrarouge à la fin de la période sèche (Figure19).

***Le taux de la chlorophylle (CH/SPAD)** :Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles est mesuré à l'aide d'une chlorophylle - mètre (SPAD 502 de Minolta),Le SPAD donne une mesure numérique corrélée à la teneur en chlorophylle L'appareil a la forme d'une pince que l'on tient dans la main ; il est compact et léger. Il mémorise jusqu'à 30 mesures, Cinq répétitions ont été mesuré pour chaque génotype, (Figure20).

Partie expérimentale



Figure.13 Longueur de l'épi

Figure.14 Longueur des Barbes



Figure.15 Couleur des Barbes



Partie expérimentale

Figure.16 La mesure de poids de mille grains

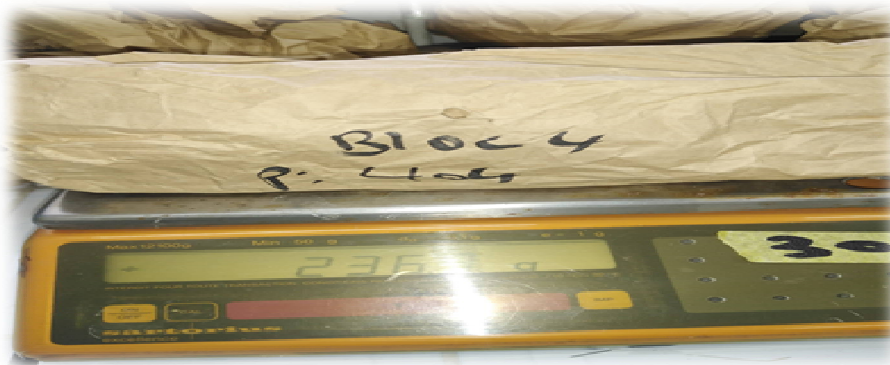


Figure.17. Rendement/k



Figure.18 un planimètre digital estimée/cm²



Partie expérimentale

Figure.19 un thermomètre à infrarouge



Figure20. La mesure de la teneur de Chlorophylle /SPAD

II.9 Etude Statistique

Une analyse de variance des variables quantitatives a été réalisée, en utilisant la package « augmented RCBD » du logiciel R (Aravind et *al*, 2021).

Résultats de l'ANOVA pour les paramètres agro-morpho physiologiques étudiés Tableau 01 :
Résultats statistiques (ANOVA) des différents paramètres phénologiques et physiologiques chez les variétés étudiées

Une Matrice de corrélation a été réalisé pour tous les caractères et tout le génotype les seuilles de significativités ont été établie par la table de pearson

Résultats et

Discussion



Résultats et discussion

Partie III : Résultats et discussion

Dans les histogrammes ci-après les maximas des valeurs des caractères étudiés apparaissent avec la couleur rouge, et les minima des valeurs apparaissent en couleur verte sauf pour le caractère précocité à l'épiaison les géotypes les plus précoces sont de couleur rouge, et les géotypes tardifs sont de couleur verte.

III.I Statistique descriptive

Le tableau (5) reporte les résultats de l'analyse descriptive des paramètres morpho-physiologiques et agronomiques de 30 géotypes de blé dur. Les résultats montrent des écarts minimes entre les valeurs maximales et minimales des paramètres étudiés ils sont inférieurs à (10%) mise à part pour le rendement en grain et la surface foliaire où les coefficients sont respectivement de 48.99% et 14.57%.

Tableau 5. Statistiques descriptives des paramètres morpho physiologique et agronomique de 30 géotypes de blé dur

Caractères	Moyenne	Min	Max	CV%
Précocité/jours	100,79±7,44	90	114	3,53
Hauteur (cm)	91.03 ±20,07	54.4	134,2	9.28
Longueur de l'épi(cm)	7.362±1,049	5,9	10	5.86
Longueur des barbes(cm)	13,02±2,027	8,9	16,7	6.77
T° du couvert végétal	22,64±1,41	20,5	26,24	7.88
Surface foliairecm²	46,68±10,91	27,203	73,676	14.57
Chlorophylleunité de mesure	45,35±3,45	39,6	56,3	9.86
Nbr d'épillets /épi	19.92±1,55	17,35	23,6	7,10
Poids de milles grains(g)	53.88±6,18	36,99	63,4	7.61
Rendement(q/ha)	32,57±15,90	10,44	66,68	48.99

L'analyse de la variance a révélé que, dans le cas des traitements la précocité (PR), la hauteur des plants (H), la longueur de l'épi (LE) et la longueur des barbes (LB) sont les

Résultats et discussion

paramètres les plus discriminants ($p < 0,001$) suivis du poids des grains (PMG) et le taux de chlorophylle (SPAD) ($p < 0,5$) (Tableau 7). Dans le cas des témoins ce sont uniquement la longueur des barbes (LB), la longueur de l'épi (LE) et la surface foliaire (SF) qui ont montré des différences significatives. Concernant les valeurs des variétés des différences sont très

hautement significatives ont été enregistrées pour la hauteur des plants (H) et la longueur de l'épi (LE), hautement significatives pour la longueur des barbes (LB) ainsi que pour la surface foliaire (SF) ($p < 0,05$). Concernant l'interaction témoins x variétés, les différences sont très hautement significatives ($p < 0,001$) pour la précocité (PR), la hauteur des plants (H), la longueur des barbes (LB) et la surface foliaire (SF), suivis par le nombre d'épillets par épi (EP/P), le poids de millesgrains (PMG), et le rendement en grains (Rdt) avec des différences hautement significatives ($p < 0,01$). Les caractères les moins discriminants sont la longueur de l'épi (LE) ($p < 0,05$) et la température du couvert végétal (TCV) ($p > 0,05$). Il semble que l'effet bloc n'est significatif que dans le cas la longueur de l'épi (LE) ($p < 0,05$). Le tableau (7) récapitule les résultats de l'analyse de variance.

Résultats et discussion

Tableau6.Résultats des tests de l'analyse de la variance (ANOVA) selon le type des génotypes.

	Ddl	PR		H		LE		LB		NE/E		PMG		Rdt		CH (SPAD)		SF		TCV	
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F
Block (éliminant le traitement)	3	13.4	1.118 NS	206,6	3,16 NS	0.99	5.376 *	0,63	0,87N S	4.01	2.099 NS	0.57	0.033 NS	112	0.29 NS	5.74 7	0.28 NS	119.3	2.87 NS	6.54	2.07
Traitement (éliminant le block)	29	82.2 0	6.87 ***	422,4	6,47 ***	1.21	6.562 ***	4,82	6,66 ***	3.38	1.770 NS	46.02	2.63 *	34.7	0.09 NS	8.61	0.43 NS	132.8	3.2 0*	1.50	0.47 NS
Traitement Témoin	4	22.3	1,86 NS	152,3	2,33 NS	1.42	7.665 **	5.84	8,06 ***	2.29	1.201 NS	54.48	3.12 NS	91	0.24 NS	22.7 9	1.13	143.1	3.45 *	3.42	1.08 NS
Traitement variétés	24	41,4	3.45 *	475,9	7,29 ***	1.27	6.841 ***	4.24	5,86 **	2.29	1,19	40.62	2.32*	197	0.527 NS	13.1 7	0.65	123.9	2.99 *	2.26	0.71
Témoins x variétés	1	131 7.7	110.11 ***	2324.8	35.58 ***	0.99	5.376 *	30.3 5	41.89 ***	33.87	17.744 **	168.82	9.67 **	6744	18.07 **	0.02 8	0.00 1	896.0	21.62 ***	1.05	0.33 NS
Residuels	12	12		65.3		0,18		0.72 5		1.91		17.44		373		20.0 2		41.4		3.16	

CM : carrée moyen, ddl : degré de liberté

F. Test= Test de Fisher, CV (%) = coefficient de variation,

***très hautement significative (p<0.001), ** hautement significative (p<0.01), * significative (p<0.05), NS : non significative. PR : précocité, H : la hauteur ; LE : longueur de l'épi ; LB : Longueur des barbes ; NE/E : nombre épillets par épi ; PMG : Poids de milles grains ; Rdt : Rendement ; CH : Chlorophylle (spad) ; SF : Surface filière ; TCV :Température du couvert végétal

Résultats et discussion

III Etude des différents caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques des différents génotypes.

Dans les histogrammes Les maxima de tous les caractères étudiés apparaissent en couleur rouge et les valeurs minima

III.2. Caractères phénologiques

III.2.1. Précocité à l'épiaison (PE)

Les résultats relatifs au stade épiaison des plants ont montré que la valeur moyenne des différents génotypes est de 100 jours, le génotype le plus précoce est **Waha** avec 89 jours, suivi par le **Chacan** avec 90 jours et le plus tardif est le **oss1** (114 jours) (Figure 18) ; alors que les résultats de Amallah *et al.* (2016) sont légèrement plus élevés (98 et 122 jours).

Selon Noworolnik (2012), le semis tardif raccourcit le cycle de développement de la plante, et entraîne une diminution du nombre de jours du semis à l'épiaison.

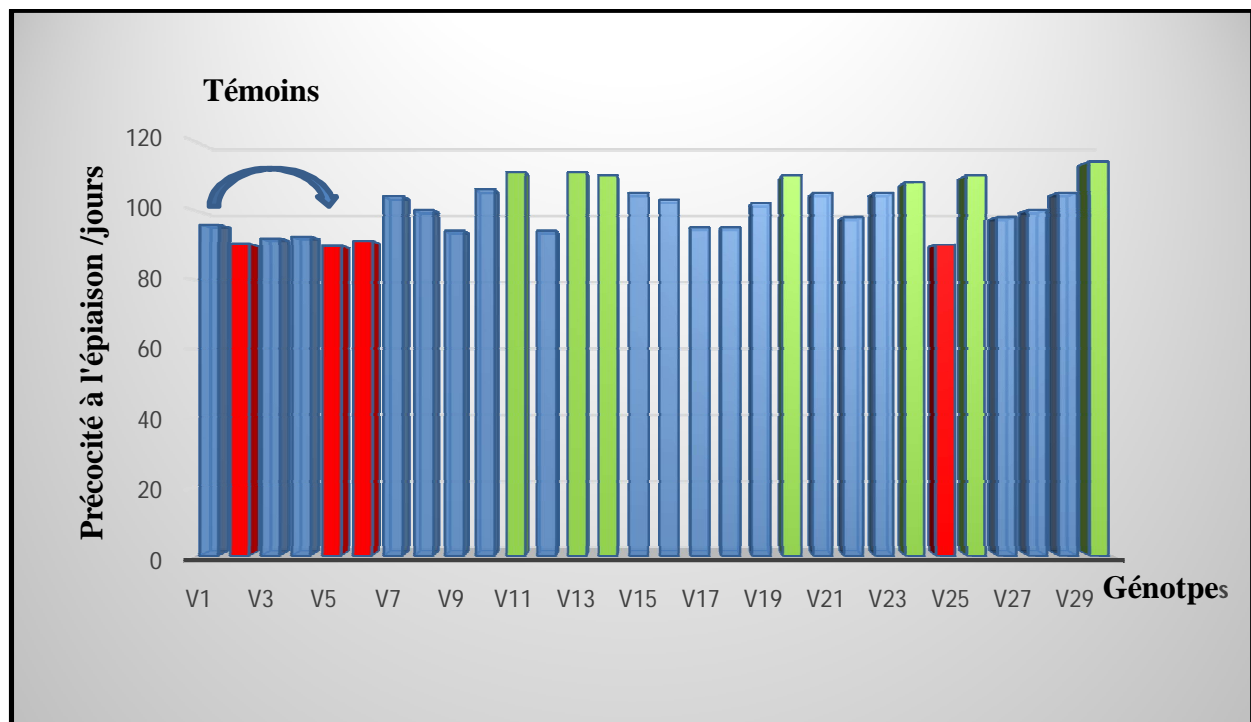


Figure 18. Stade épiaison des différents génotypes

Résultats et discussion

III.3. Caractères morphologiques

III.3.1 La Hauteur des plants(H/cm)

L'Anova nous donne une interaction variété-environnement très hautement significative($p < 0.001$), (Tableau7).

Les résultats relatifs à la hauteur des plants ont montré que la hauteur moyenne de la plante des différents génotypes, a été de 91,06 cm, la valeur maximale est enregistrée chez le génotype **Ter-1** (134.2cm), elle est suivie des **génotypes 904 S,0ss1, BD1-94 et Beltagy** dont les hauteurs ont été respectivement de 124,4cm, 122,6cm, 121cm, et 120,4 cm. Le génotype **Beliouni** a enregistré la plus faible hauteur (54,4.cm)(Figure19).

Le stade montaison est corrélée avec la longueur de la tige ; alors dans les conditions naturelles, une montaison lente se traduit généralement par des tiges hautes (Gate,1995). La hauteur des plants est un critère de base pour la sélection des variétés de blé, en particulier dans les zones sèches (Labdelli 2011). Selon Allam et al. (2015), les variétés les plus hautes sont les plus résistantes à la sécheresse.

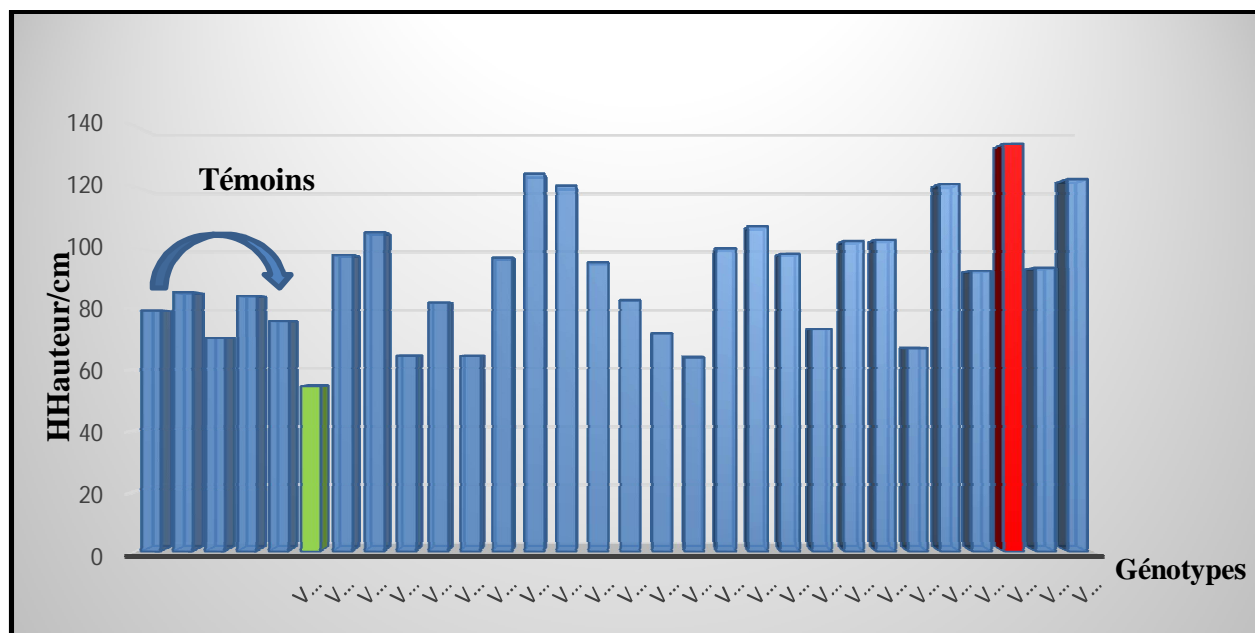


Figure19. Hauteurs des différents génotypes.

Résultats et discussion

III.3.2. Longueur de l'épi (LE, cm)

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($p < 0.001$), entre les génotypes, avec une moyenne de 7,36cm.

La valeur maximale est enregistrée chez le génotype **Beltagy**, suivie des génotypes, **Wollaroi**, **Beliouni**, dont les mesure de la longueur ont été respectivement de 10 ; 9,4 ; 9,4 cm.

Les génotypes les plus petits et identique dans leur épis sont **Ter-1** et **Daki** d'une longueur de 5,9cm (Figure, 20).

La longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influencée par les variations du milieu, elle est en fonction de la quantité d'eau réservée durant le cycle végétatif (Chéhili et al., 2017).

Ce qui explique que Le nombre d'épis subira une forte diminution si le déficit hydrique intervient durant la phase de montée des épis

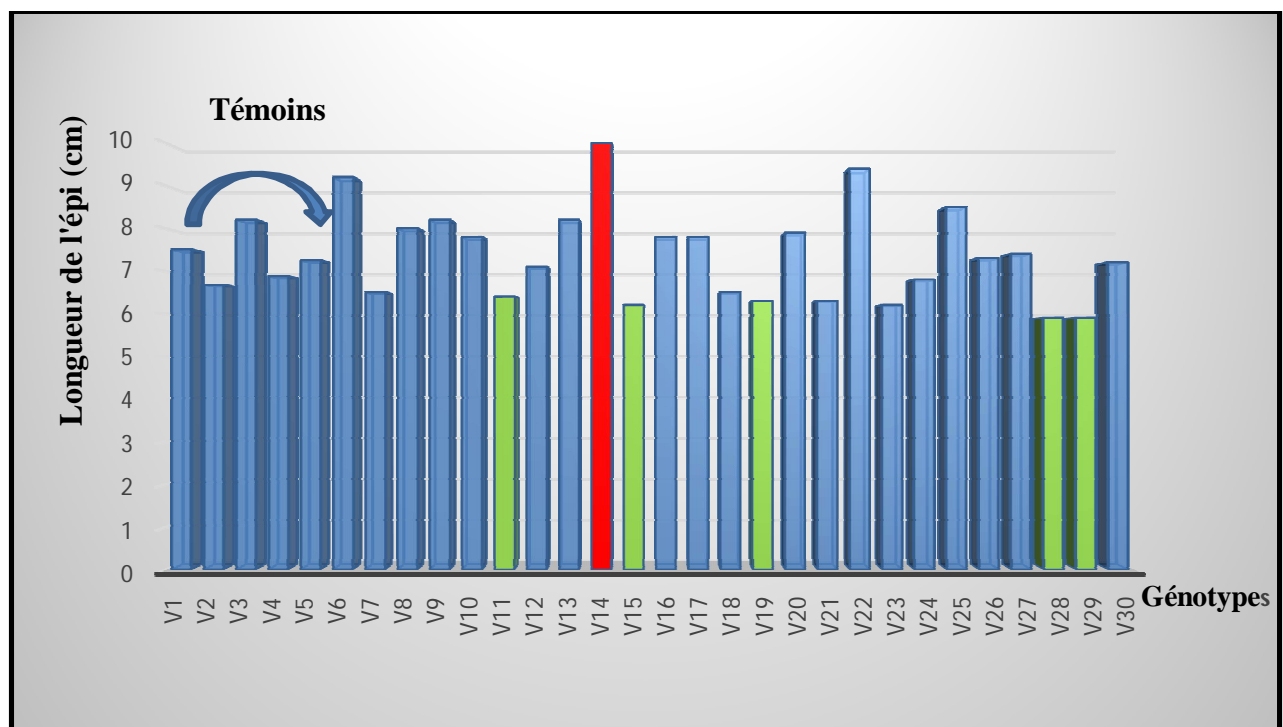


Figure20. Longueurs de l'épi de différents génotypes

Résultats et discussion

III.3.3. Longueur des barbes(LB, cm)

Les résultats de l'analyse de la variance relatifs à la longueur des barbes des génotypes ont montré l'existence de différences entre les génotypes très hautement significative ($p < 0.001$), indiquant ainsi une forte variabilité génétique au sein du germoplasme (Tableau 7).

La moyenne de la longueur a été de 13,2cm. La valeur maximale est enregistrée chez le génotype Tell76 suivi par les génotypes 92023 et Hadba-3 dont les mesures de la longueur ont été respectivement de 16,7 ; 16 et 15,9 (cm). Le génotype 9200314 a montré la moyenne la plus petite d'une valeur de 8,9 cm (Figure 21).

La longueur des barbes semble étroitement liée à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (Slama et al., 2005)

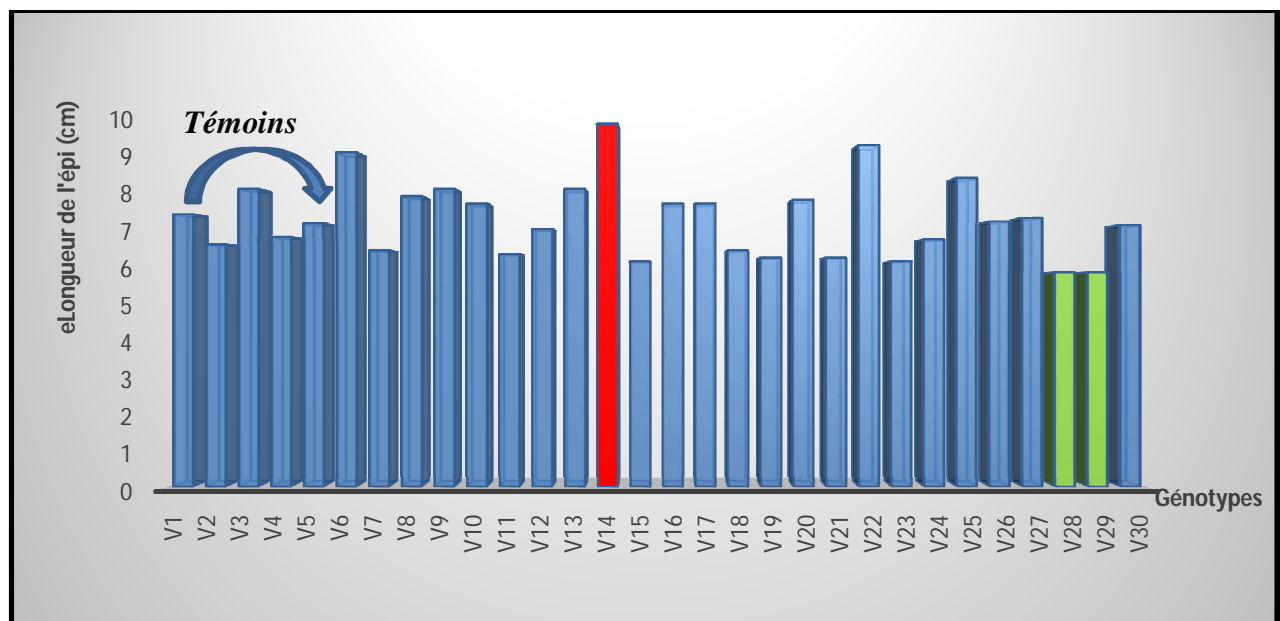


Figure 21. Longueur des barbes des différents génotypes

Résultats et discussion

III.4. Caractères agronomiques

III.4.1. Nombre d'épillets par épi

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative ($p < 0.01$), entre les témoins et les génotypes avec une moyenne globale de 19,92.

Le nombre d'épillets par épi varie entre 17,35 et 23,6, les valeurs les plus élevées sont notées chez les variétés **Oss1**, **Omtel5**, **Beltagy-1**, **Belikh**, **Hadba**, avec 23,6 ; 22,2 ; 22,4 et 21,4 d'épillets par épi, respectivement. La plus basse moyenne est enregistrée chez **Core** avec 17,35 d'épillets par épi.

Selon Gate (2003) le nombre total d'épillets dépend simultanément de la vitesse de production et de la durée de formation des ébauches, l'élévation de température a pour effet d'accélérer la vitesse d'initiation des ébauches et de raccourcir la durée.

Donc les facteurs qui déterminent de façon dominante la production d'épillets sont la température et la durée de jour (Mekli et al ;1995) (Figure 22).

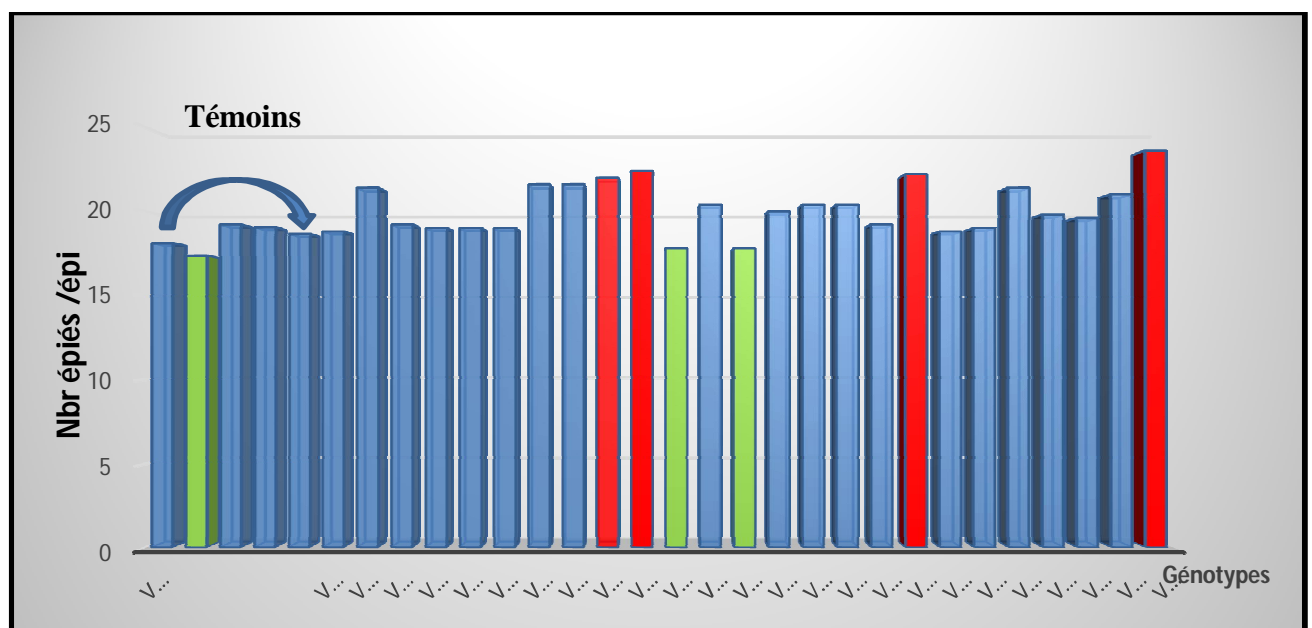


Figure 22. Nombres d'épillets par épi des différents génotypes

Résultats et discussion

III.4.2. Poids de milles grains

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative ($p < 0.01$), dans l'interaction géotypes et témoins, avec une moyenne de 53,88. (Tableau7)

Le poids de mille grains est un paramètre très important utilisé dans la sélection des variétés pour caractériser la grosseur et la densité des grains (Grignac 1981), il précise que le poids de milles grains diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente donc il depend des conditions climatiques et de la nutrition azotée durant la maturation

Le géotype qui a le poids de mille grains le plus élevé est **Barba de lobo** suivie par **Fg/palest** ; **Villemur** ; **Semeto** avec des moyennes respectives de 63,4 ; 63,3 ; 63,01 et 61,4 get celui qui a le plus faible poids est le géotype Wollaroi avec 36,99g (Figure23).

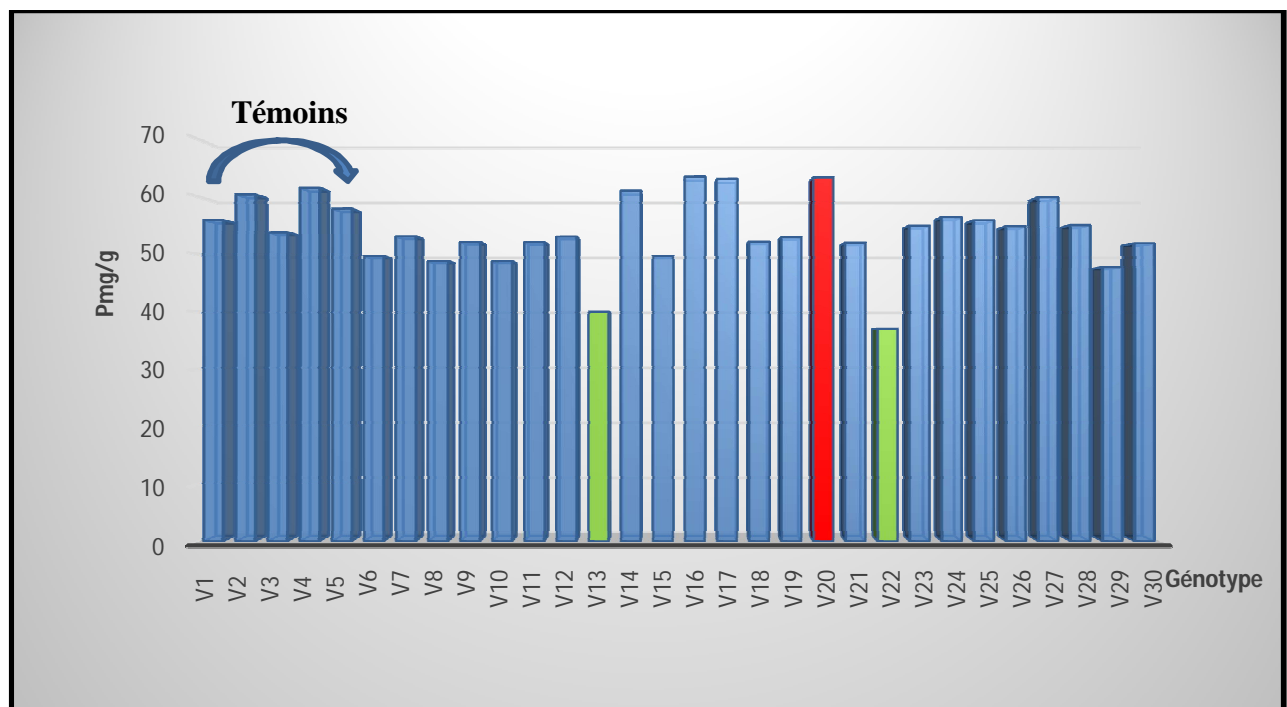


Figure23. Poids de mille grains des différents géotypes

Résultats et discussion

III.4.3. Paramètre du Rendement (Rdt, q /ha)

L'analyse de l'effet variété montre que pour la moyenne du rendement de l'ensemble des génotypes est de 32,57q/ha cependant la variété **Barba de Lobo, Hoggar**, suivi par **Core, Durbel et BD 1-94** affichent les meilleurs rendements en grains avec des moyennes respectives de 66,68, 59,61 ;56,58 ;50,6 et 49,74 q/ha. Les variétés, qui sont significativement les moins productives, sont **Aralduret Tell 76** suivi par **Inrat69** et **Wollaroi**, avec des moyennes de 10,44 ;11,88 ;11,92 et 12,62q/ha (Figure24).

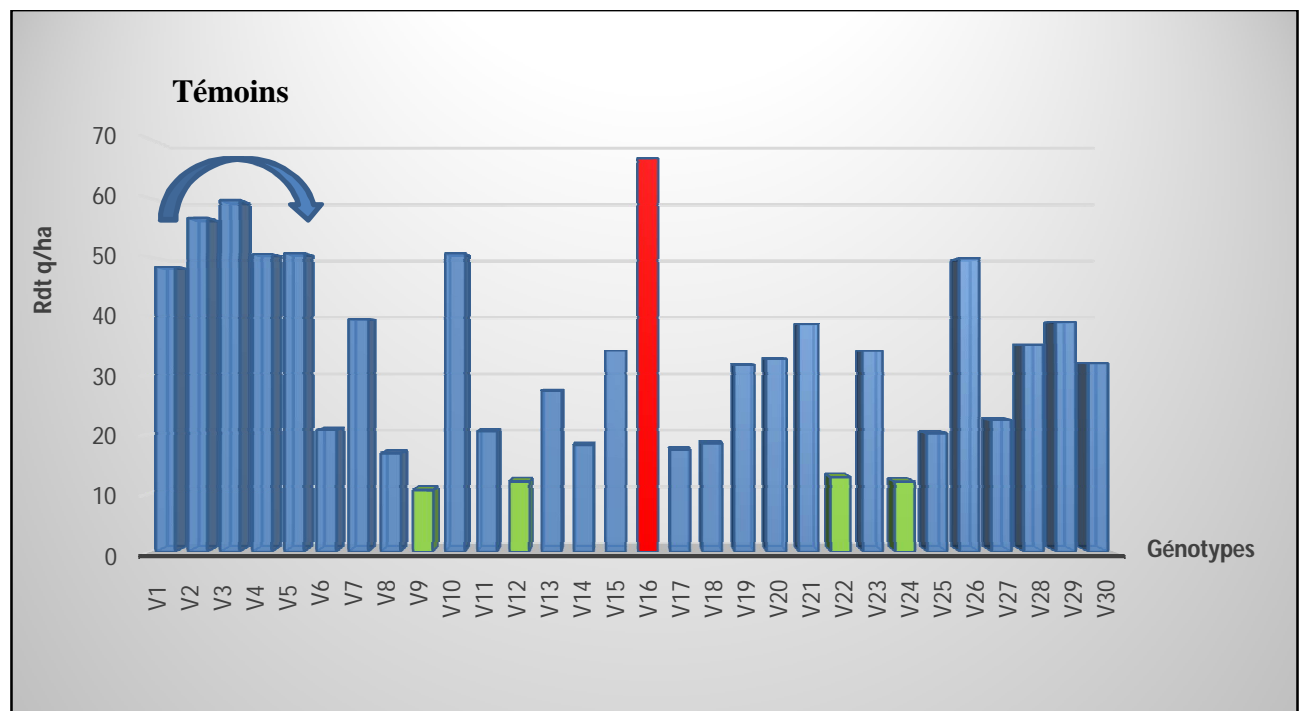


Figure24. Rendement réel en grains des différents génotypes

Résultats et discussion

III.5 Caractères physiologiques

III.5.1 La Chlorophylle (SPAD)

Le teneur en chlorophylle variait de 39,6 à 56,3 SPAD dans les génotypes étudiés, les génotypes **Belliouni**, **Oss-1**, **Hadba**, **Lahn** montrait les valeurs les plus élevées respectivement de 56,3 ; 46,7 ; 58,8 ; 50,7 SPAD et les génotypes **9200314** et **Daki** ont révélé les moyennes faibles du SPAD.

La teneur en chlorophylle peut servir de guide pour la gestion de l'azote dans les systèmes agricoles. Par conséquent, l'étude de la chlorophylle des feuilles dans les cultures pourrait être bénéfique pour augmenter la production (Kizilgeci et *al.* 2019). (Figure.25)

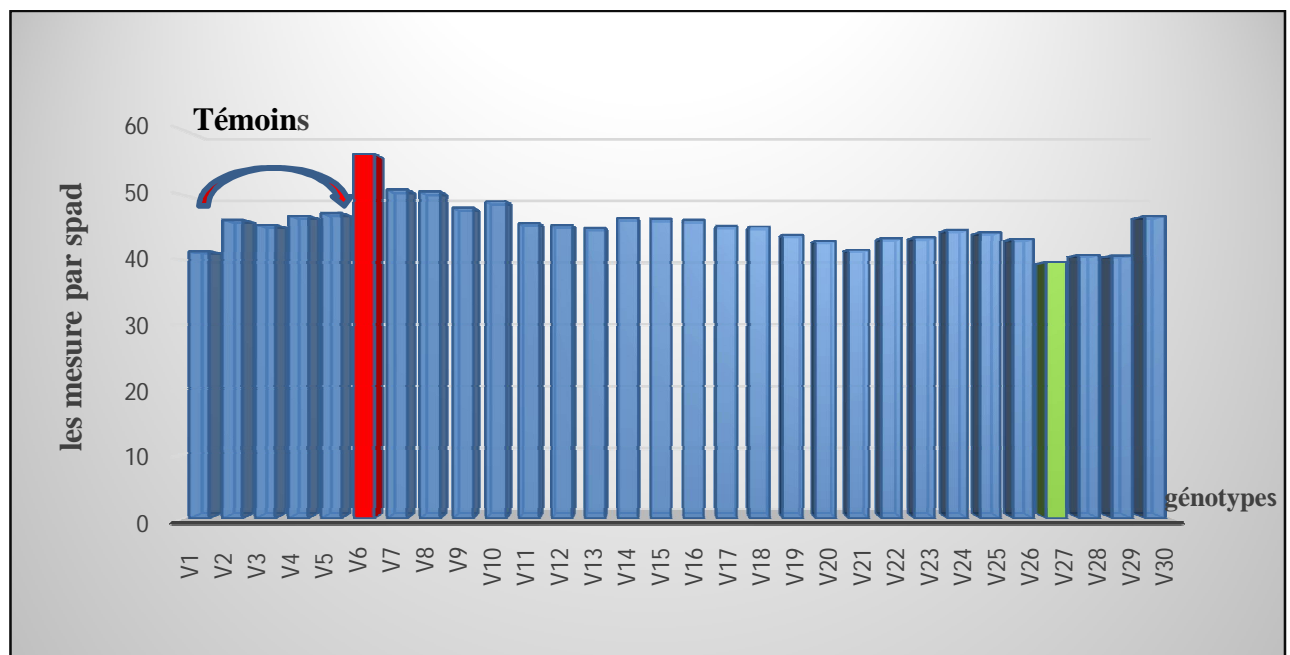


Figure25. La mesure de chlorophylle/ SPAD

Résultats et discussion

III.5.2. Surface foliaire (SF/cm²)

Les valeurs de la surface des feuilles étendards s'étalent entre 27,20 et 73,67.2 cm² chez les géotypes **Belliouni** et **Belikh**. Des écarts importants sont observés entre les minima et les maxima pour ce caractère comme le montre la (Figure 26).

Les feuilles réduites permettent une diminution des pertes en eau et elles constituent un mécanisme majeur en présence d'un stress hydrique important, vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau (Belhassen et *al*, 1995)

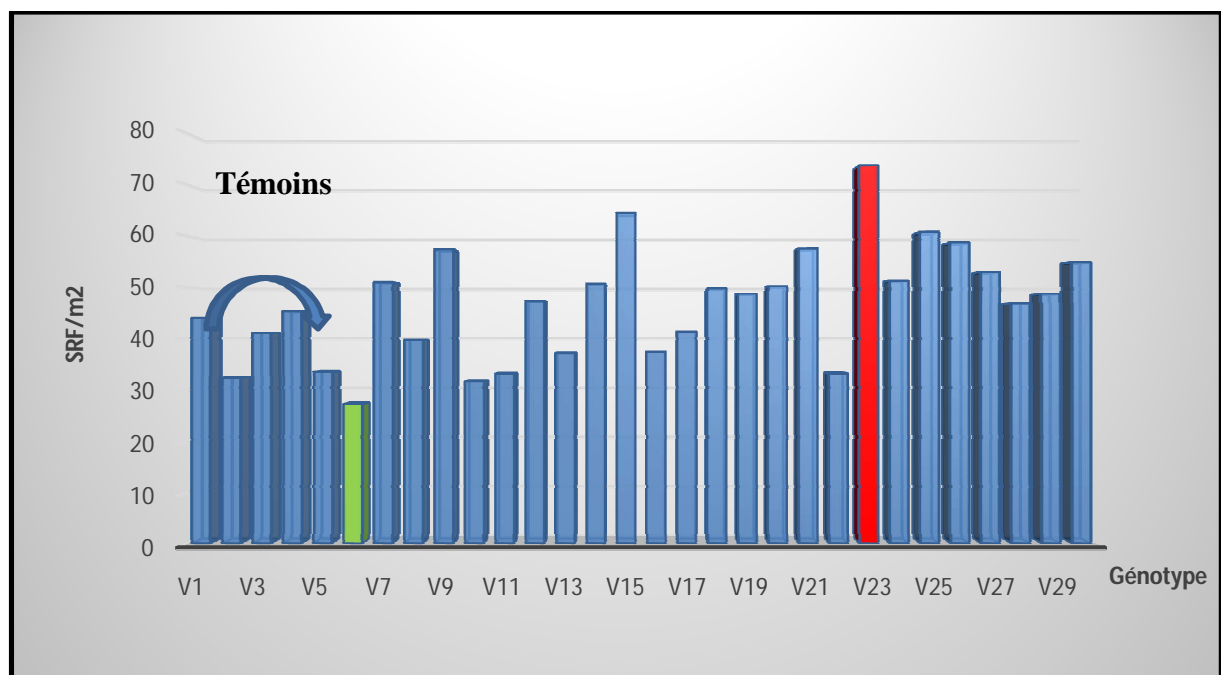


Figure 26. Surface foliaire de différents géotypes

III.5.3. Température du couvert végétale (TCV°C)

L'analyse de l'Anova de la température du couvert végétal avait montré une similitude de moyennes entre les géotypes vu une moyenne élevée parmi l'ensemble des géotypes présentée par **Belikh** de 26,24°C, et une moyenne un peu faible présentée par **Omtel** avec une moyenne de 20,5°C.

L'évolution de cet indice est fonction de l'état hydrique de la plante. Ibrahima (1988) a montré que la diminution n'est pas toujours immédiate. Cela s'explique par l'existence d'une

Résultats et discussion

période de latence qui est plus ou moins longue que le stress hydrique est important. (Figure.27)

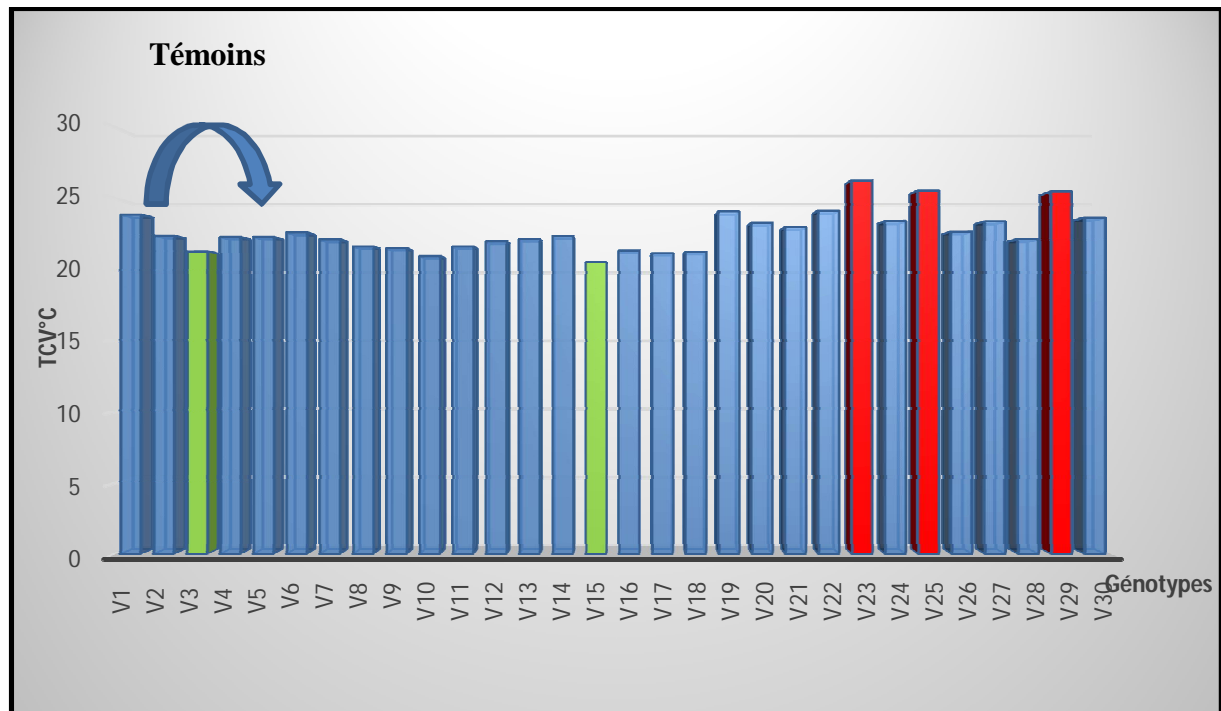


Figure27. Températures du couvert végétal des génotypes

III.6 Etude des principales corrélations

Notre étude porte sur l'évaluation de 30 génotypes de blé dur en vue de la sélection des meilleurs génotypes du point de vue rendement, composantes du rendement et les différents caractères morphologiques, phénologiques et agronomiques ainsi physiologiques qui lui sont liés. Pour cela on a déterminé les principales corrélations entre les différents caractères mesurés.

III.6.1 Matrice de corrélation

La matrice de corrélations (coefficient de Spearman) a été rétablie pour tous les caractères et l'ensemble des génotypes pris en compte (Tableau 7).

Tableau 7. Matrice de Corrélation selon le coefficient de sperman

Résultats et discussion

	SF	TCV	CHL	RDT	LB	PMG	LEP	H	PR	NEP
SF	1,000									
TCV	0,396*	1,000								
CHL	-0,390*	-0,427*	1,000							
RDT	-0,157	-0,106	-0,073	1,000						
LB	0,353	0,161	0,025	-0,144	1,000					
PMG	0,155	-0,077	-0,117	0,298	-0,001	1,000				
LEP	-0,335	-0,080	0,357	-0,253	-0,303	-0,094	1,000			
H	0,353	0,135	-0,321	0,052	0,007	-0,002	-0,205	1,000		
PR	0,263	0,077	-0,182	-0,051	0,288	-0,167	-0,143	0,647**	1,000	
NEP	0,551* *	0,190	-0,095	-0,184	0,224	-0,179	-0,097	0,627** **	0,597** *	1,000

r^2

0.05	0.1	0.01
0.306	0.361	0.463
*	**	***

III.6.2 relations entre les caractères physiologique et phénologique

Le tableau fait apparaître des corrélations positives très hautement significatives entre la hauteur des plants (H), la précocité à l'épiaison et le nombre d'épillets/épi (NEP). Ceci est étayé par les génotypes : **HEDBA-03,904''S''/Logh''S, Beltagy, Belikh2, BD 1-94, Oss1**

, qui semblent être les plus tardifs et présentent les plants les plus hauts et produisent un nombre d'épillets/épi les plus grands. Alors que les génotypes : **Boussalem, core, Waha, Belliouni , Chacan** sont précoces ont des plants plus petits et produisent moins d'épillets/épi.

Il existe des corrélations positives significatives entre la surface foliaire (SF) et la température du couvert végétal (TCV). En effet les génotypes : **Jordan collecte, Belikh, Chacan, Oss1** sont caractérisés par les surfaces foliaires et les températures de couvert végétal les plus

Résultats et discussion

importants ; contrairement aux génotypes : **Core, Waha, Belliouni, Lahn/CH, Durbel** dotés plus basses moyennes.

Il semble que plus la surface foliaire augmente, moins la teneur en chlorophylle (CH) est importante, elle-même liées négativement et significativement au TCV. Ceci est vérifié pour les génotypes : **Core, Waha, Belliouni, Lahn/CH, Durbel** qui affichent les plus petites surfaces foliaires avec CH les plus élevées à l'opposé des génotypes : **Beltagy-1, OMTel, Villemur, Belikh.**

Les génotypes : **Core, Waha, Belliouni, Lahn, Durbel** possèdent la teneur en chlorophylle CH les plus élevées mais affichent les TCV les plus réduites contrairement aux génotypes : **Wollaroi, Belikh, Chacan, Daki**

Une liaison positive et hautement significative existe entre la SF et le nombre d'épillets/épi (NEP). Les génotypes : **Hadba, Omtel, Belikh, BD1-94** sont dotés des SF et des NEP les plus grands inversement **aux génotypes. : Core, Waha, Belliouni, Barba de Lobo**

III .6.3 relations entre les caractères morphologique et phénologique

L'étude des trois paramètres morphologiques (hauteur du plant, longueur de l'épi, et longueur des barbes) montre une corrélation importante entre eux. Les génotypes les plus longs ayant respectivement, la longueur d'épi et la longueur de la barbe sont très intéressants et en particulier le génotype **Beltagy**. Selon Weyrchi (1995), les barbes sont des feuilles rudimentaires ayant une fonction photosynthétique. De nombreux travaux réalisés sur une large gamme de génotypes semblent confirmer le rôle de la barbe dans le remplissage du grain en conditions de déficit hydrique (Gignac, 1965).

Une corrélation positive a été trouvée entre la précocité à l'épiaison d'une part et la hauteur du plant et le rendement réel, comme présenté chez le génotype **Waha**. Sur la base de ces résultats, on constate que la précocité est un caractère important dans la sélection particulièrement dans les zones semi-arides du fait qu'elle permet aux génotypes d'esquiver la sécheresse. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Mongi Melki**¹, et **Ali Dahmane**² (2008).

III.6.4 Relation entre les caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques

Pour répondre à nos objectifs prioritaires à savoir une bonne adaptation et qualité agronomique pour le blé dur Le rendement étant évidemment l'objectif principal à obtenir en

Résultats et discussion

fin de compte, et comme il est un caractère complexe, dépendant de plusieurs caractéristiques, il est sous contrôle polygénique (Hannachi, 2017). Les corrélations génotypiques et phénotypiques sont importantes pour déterminer le degré d'association de divers paramètres contribuant au rendement et le rendement en grain, (Anwar et al., 2009).

D'après les résultats obtenus (Tableau 7), les génotypes ayant le rendement réel le plus élevé sont ceux qui présentent un poids de mille grains élevés, et un nombre d'épis par épi élevé. Présentés chez **Baba de lobo**, **Hoggar**, **Omtell**, **Oss-1**, Soughi et al. (2006) rapportent que le nombre d'épis par plante jouent un rôle déterminant dans la réalisation du rendement en grain et pourra être un critère efficace pour sélectionner des génotypes à haut potentiel de rendement.

La longueur de l'épi est en corrélation positive avec le nombre d'épis par épi et avec la morphologie de la plante comme la hauteur, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Kahali (1995) qui trouve une signification positive entre le rendement et la longueur de l'épi. Par Lftikhar et al. (2009) qui notent que des épis longs portant un nombre de grains par épi et par épillet élevés, contribuent significativement à l'amélioration du rendement grain

CONCLUSION

Conclusion

Dans la perspective d'une caractérisation pour différents paramètres phéno- morpho physiologiques, une évaluation globale d'un germoplasme de blé dur (*Triticum DurumDef*) vis-à-vis des stress abiotiques (Stress hydrique, hautes températures et le froid) est indispensable. La connaissance des associations de caractères associés au comportement des génotypes de blé dur étudié a montré clairement une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés à la phénologie et aux composantes du rendement.

Les résultats que nous avons obtenus suite aux analyses statistiques effectués montrent un effet hautement significatif** entre les génotypes pour la plupart des caractères mesurés. Ainsi pour la majorité des caractères les génotypes évalués ont montré des performances supérieures par rapport aux témoins pour la hauteur du plant la surface foliaire et similaire pour la majorité par le reste des caractères.

Sur la base de ces résultats, on constate que la précocité est un caractère important dans la sélection particulièrement dans les zones semi-arides du fait qu'elle permet aux génotypes d'esquiver la sécheresse de fin de cycle tout en valorisant mieux l'utilisation de l'eau surtout pendant la période de remplissage du grain. Ils méritent d'être reconduits dans des essais semblables dans des différentes zones agroécologiques de l'Algérie pour la sélection des meilleurs cultivars dans les programmes d'amélioration.

RéféRences

BiBl iographiques

Anwar J., Ali M.A., Hussain M., Sabir W., Khan M. A., Zulkiffal M. et Abdullah M., 2009. Assessment of yield criteria in bread wheat through correlation and path analysis. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 19, n°4. Pp. 185-188.

Aravind J, Mukesh Sankar S, Wankhede DP, Kaur V .2021. augmented: Analysis of Augmented Randomised Complete Block Designs. R package version 0.1.5.

Arvalis, 2017. institut du végétal, Référence : 3538, p,96

Atoui A ; Boudour, L, Boudersa N.2021. art evaluation of diversity in some géotypes of Algerian durum wheat using agronomical and biochemical markers ; 10.13057/biodiv/d22044 p 2,7.

Alistair Pask, Julian Pietragalla, Debra Mullan and Matt hew Reynolds Book · January 2012. *Wheat Physiological Breeding, A Field Guide to Wheat Phenotyping* p, 10-141.

Belhassen. Eric, Dominique, philipe moneuveux, 1995. L'adaptation génétique aux contraintes de sécheresse, 51-261.

Ben Belkacem A., Sadli F. et Brinis., 2015. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Zaragoza : CIHEAM. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, n° 22, pp. 61-65.

Bessaoud. O, J.-P. Pélissier, J.-P. Rolland, W. Khechimi. 2019. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. Rapport de recherche, CIHEAM-IAMM., pp.82.

B. Friebe (Kansas State University Manhattan, KS, United States of America), version, 2006. Le blé, une plante domestiquée au génome polyploïde complexe, p21 ,34.

Bulletins statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 23 p.

Bouzerzour, H et Benmahammed, A. 1994. Environmental factor limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria. *Rachis*, p,12,11-14.

Dabin, B. 1970. *Technique rurale en Afrique pédologie et développement*

D, Chetmi, 2009. Thèse ; Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1 p 15, 123

FAO, Rome, Italie, ISBN : 978-92-5-134828-4. : No. 2/2021. Perspectives de récolte et situation alimentaire

Gâte ; 1995. *écophysologie du blé de plante à la culture*. es Lavoisier ,417p.

Gate P .et Giban M ;2003. *Stade du blé*. Edition ITFC, Paris 68p

Grignac, P. (1965). Contribution à l'étude de *Triticum durum* Desf. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, p246.

Grignac, 1965. Contribution d'étude de *Triticum durum* (Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse, 152.

Grignac, 1981, Le blé dur ; technique agricoles. Tome 10.

Habash DZ, Kehel Z, Nachit M. 2009. Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. *Journal of Experimental Botany*

Haipai Liu, Amanda J. Able and Jason A. Able Nitrogen Starvation-Responsive MicroRNAs Are Affected by Transgenerational Stress in Durum Wheat Seedlings p 25

Hannachi A., 2017. Aptitude à la combinaison, sélection mono et multi caractères et adaptabilité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux conditions semi arides. Thèse de doctorat. Université de Ferhat Abbas Sétif 1, 218 p.

Yun-Fang Li, Yu Wu, Nayelli Hernandez-Espinosa, Roberto J. Peña 2013 Stress thermique et sécheresse du blé dur : réponses des génotypes, des paramètres de rendement et de qualité pages 398-404

Huang, S.A., Sirikhachornkit, X. S., Faris, J., Gill, B. S., Haselkorn, R., and Gornicki, P. 2002. Gene encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 99 : 8133- 8138.

Ibrahima A., 1988. Suivi hydrique des cultures par thermométrie infrarouge. Mémoire bibliographie DEA, Montpellier

Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée Année 1950. Les principales espèces et variétés de Blé cultivées en Afrique du Nord, 327-328 p. 16-38 .

Kara, K., 2015. Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de doctorat en sciences (Option : les bases biologiques de la production végétale). Université frères Mentouri Constantine. P. 222

- Khenaouiamina, yakhlefnadiasynthesisworksbiochemical and génétique approches of cerealsquality ; articlegeneticdiversity and molecularcharacterization of algerian durum wheat) 2019 ,109p
- Laddomada, B., Blanco, A., Mita, G., D'Amico, L., Singh, R. P., Ammar, K., ... & Guzmán, C. 2021. Drought and heat stress impacts on phenolicacids accumulation in durum wheat cultivars. *Foods*, 10(9), 2142.
- MadhavaRao, Mahdi Yahyazadeh, RiekeMeinen, Robert Hä 2018Impact de la sécheresse et du stress salin sur la biosynthèse des alcaloïdes dans *Chelidonium majusp*204-212
- MacKey, J. 2005. Wheat :its concept, evolution, and taxonomy. In :Royo C, Nachit MM, Di Fonzo N, Araus JL, Pfeiffer WH, Slafer GA (eds) Durum wheatbreeding :currentapproaches and future strategies. Food ProductsPress, New York, pp 3-61.
- Martinez JP ; Silva H ; Ledent JF & Pinto M ; 2007. Effect of drought stress on the osmoticadjustment, cellwallelasticity and cell volume of six cultivars of commonbeans (*Phaseolusvulgaris* L.) *European journal of agronomy*. Jan., Vol. 26,1, p. 30-38.
- Megherbi, A., Mehdadi, Z., Toumi, F., Moueddene, K., and Bouadjra, S. E. B. 2012. Tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des paramètres morpho physiologiques d'adaptation dans la région de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale). *Acta Botanica Gallica*. 159 (1) : 137-143.
- Mekhlouf, A. ; Dehbi, F ; Hannachi, A. ; Harbi, M. 2012. Réponses du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) aux basses températures en relations avec la capacité de production. *Revue Agriculture* N°3, 13-22p
- Mekhlouf, A. ; Dehbi, F ; Hannachi, A. ; Harbi, M. 2012. Réponses du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) aux basses températures en relations avec la capacité de production. *Revue Agriculture* N°3, 13-22p
- Mekli M, A.P.K Dahmane et Garoui A, effet de la variation saisonnière des facteurs climatiques sur les composantes du rendement des céréales (blé dur et l'orge) INAT. 1995, pp105-114
- Michel Chauvet,1996. La domestication des plantes Université d'été INRA, Thonon-les-Bains,
- Mir RR, Zaman-Allah M, Sreenivasulu N, Trethowan R, Varshney RK. 2012. Integrated genomics,physiology and breedingapproaches for improvingdroughttolérance in crops. *Theoretical and AppliedGenetics*

Mongi. Melki1, et Ali Dahmane2 (2008). Identification de quelques mutants de blé dur performants en conditions de sécheresse naturelle : 47-53

Monpara.A,2011 Grain fillingperiod as a measure of yieldimprovement in breadwheatCropImprovarticle p 7.

M. Soenen- Professeur P. F. Pelshenke, 1962. Problèmes relatifs à la qualité du blé, de la farine et du pain dans les pays de la C.E.E, p, 36

Munns R., 2002.Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239-250.

Poudel, P.B. ;Poudel, M.R. 2020, Heat Stressaffects and tolerance in wheat : A review. J. Biol. Today'sWorld 9, p ;3,6.

Rosyara, UR., Vromman, D. and Duveiller, E. 2008. Canopytempératuredepression as an indicati on of correlativemeasure of spot blotchrésistance and heat stress tolerance in springwheat. Journal of Plant Pathology 90(1), 103–107

Sébastien abis le blé : géohistoire d'un grain au cœur du pouvoir
S e m e n c e mag .fr blé dur et biodiversité.

Série agriculture 18 BRUXELLES 1965, Economie de la production, transformation, et consommation du blé dur dans la CEE.

Statistiques algériennes Greedal ,2018. Ouvrage projet IRDEN

Soughi H.A., Arabi M.K. et Abrubi S.A.M., 2006. Stabilityanalysis of grain yield and study on relationshipbetween traits in Advancedbreadwheatlines in Gorgan. Paj.Saz. Agron. Horti, n° 70, pp. 56-62.

Wardlaw IF., C. Blumenthal, O. Larroque, C. Wrigley. 2002. Contrasting effets of heat stress and heatshock on kernel weight and flourquality in wheat. Funct. Plant Biol., 29 :25–34.

Weyrchi, R.A. 1995. Photosynthèses and water use efficiency of awned and awnelettednearisogeniclines of hard winterwheat. CropSci. 35 ,172-176

Xin M, Peng H, Ni Z, Yao Y, Hu Z, Sun Q. 2019.Wheat réponses and tolerance to high température. In wheat production in changingenvironments. 2019 p ;139-147

Zeghidaali et al ITGC ,2004, projet IRDEN procédés traditionnels et couts de fabrication du couscous de blé dur dans l'exploitation, p 7-31

Zerafa C., Ghenai A. et Benlaribi M., 2017. Comportement Phénologique et Morpho Physiologique de quelques génotypes d'orge et de blé. European Scientific Journal, Vol.13, n°6, pp. 1-13

ANNEXES

Tableau 1. Statistiques descriptives:

Variable	Observations	données ma	données ma	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
srf foli	30	0	30	27,2030	73,6760	46,6891	10,9120
tem vcou ve	30	0	30	20,5000	26,2400	22,6495	1,4159
CHLOROPHYL	30	0	30	39,6000	56,3000	45,3517	3,4190
RDT q/ha	30	0	30	10,4400	66,6800	32,5773	15,9073
Long barbes	30	0	30	8,9000	16,7000	13,0261	2,0273
pmg/ gr	30	0	30	36,9900	63,4000	53,8868	6,1833
Longueur de	30	0	30	5,9000	10,0000	7,3767	1,0498
haüter (cm)	30	0	30	54,4000	134,2000	91,0692	20,7169
épiéson	30	0	30	89,7500	114,0000	100,7917	7,4406
Nbr épier /e	30	0	30	17,3500	23,6000	19,9250	1,5531

Tableau2 .Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	srffoli	tem vcouveg	CHLOROPHY L	RDT q/ha	Long barbes	pmg/ gr	Longueur de l'épi (cm)	hauteur (cm)	épiéson	Nbr épier /e
srffoli	1	0,3958	-0,3897	-0,1569	0,3529	0,1548	-0,3347	0,3528	0,2631	0,5510
tem vcouveg	0,3958	1	-0,4272	-0,1057	0,1612	-0,0770	-0,0799	0,1353	0,0774	0,1895
CHLOROPHY L	-0,3897	-0,4272	1	-0,0731	0,0253	-0,1174	0,3569	-0,3208	-0,1816	-0,0952
RDT q/ha	-0,1569	-0,1057	-0,0731	1	-0,1443	0,2982	-0,2533	0,0516	-0,0508	-0,1843
Long barbes	0,3529	0,1612	0,0253	-0,1443	1	-0,0005	-0,3029	0,0072	0,2881	0,2236
pmg/ gr	0,1548	-0,0770	-0,1174	0,2982	-0,0005	1	-0,0944	-0,0025	-0,1675	-0,1787
Longueur de l'épi (cm)	-0,3347	-0,0799	0,3569	-0,2533	-0,3029	-0,0944	1	-0,2047	-0,1435	-0,0973
hauteur (cm)	0,3528	0,1353	-0,3208	0,0516	0,0072	-0,0025	-0,2047	1	0,6472	0,6268
épiéson	0,2631	0,0774	-0,1816	-0,0508	0,2881	-0,1675	-0,1435	0,6472	1	0,5971
Nbr épier /e	0,5510	0,1895	-0,0952	-0,1843	0,2236	-0,1787	-0,0973	0,6268	0,5971	1
<i>Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05</i>										

Tableau.3 P.value

Variables	srffoli	tem vcouveg	CHLOROPHY L	RDT q/ha	Long barbes	pmg/ gr	Longueu r de l'épi (cm)	hauteur (cm)	épiéson	Nbr épiér /e
srffoli	0	0,0304	0,0333	0,4078	0,0557	0,4142	0,0706	0,0558	0,1601	0,0016
tem vcouveg	0,0304	0	0,0186	0,5783	0,3947	0,6859	0,6748	0,4761	0,6842	0,3158
CHLOROPHY L	0,0333	0,0186	0	0,7010	0,8943	0,5367	0,0529	0,0839	0,3368	0,6166
RDT q/ha	0,4078	0,5783	0,7010	0	0,4469	0,1095	0,1768	0,7865	0,7899	0,3295
Long barbes	0,0557	0,3947	0,8943	0,4469	0	0,9978	0,1037	0,9699	0,1226	0,2350
pmg/ gr	0,4142	0,6859	0,5367	0,1095	0,9978	0	0,6197	0,9897	0,3764	0,3449
Longueur de l'épi (cm)	0,0706	0,6748	0,0529	0,1768	0,1037	0,6197	0	0,2778	0,4495	0,6090
hauteur (cm)	0,0558	0,4761	0,0839	0,7865	0,9699	0,9897	0,2778	0	0,0001	0,0002
épiéson	0,1601	0,6842	0,3368	0,7899	0,1226	0,3764	0,4495	0,0001	0	0,0005
Nbr épiér /e	0,0016	0,3158	0,6166	0,3295	0,2350	0,3449	0,6090	0,0002	0,0005	0
<i>Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05</i>										

Tableau 4. Coefficients de détermination (R²)

Variables	srffoli	tem vcouveg	CHLOROPHY L	RDT q/ha	Long barbes	pmg/ gr	Longueur de l'épi (cm)	hauteur (cm)	épiéson	Nbr épier /e
srffoli	1	0,1566	0,1518	0,0246	0,1246	0,0240	0,1120	0,1245	0,0692	0,3036
tem vcouveg	0,1566	1	0,1825	0,0112	0,0260	0,0059	0,0064	0,0183	0,0060	0,0359
CHLOROPHY L	0,1518	0,1825	1	0,0053	0,0006	0,0138	0,1274	0,1029	0,0330	0,0091
RDT q/ha	0,0246	0,0112	0,0053	1	0,0208	0,0889	0,0642	0,0027	0,0026	0,0340
Long barbes	0,1246	0,0260	0,0006	0,0208	1	0,0000	0,0918	0,0001	0,0830	0,0500
pmg/ gr	0,0240	0,0059	0,0138	0,0889	0,0000	1	0,0089	0,0000	0,0280	0,0319
Longueur de l'épi (cm)	0,1120	0,0064	0,1274	0,0642	0,0918	0,0089	1	0,0419	0,0206	0,0095
hauteur (cm)	0,1245	0,0183	0,1029	0,0027	0,0001	0,0000	0,0419	1	0,4189	0,3929
épiéson	0,0692	0,0060	0,0330	0,0026	0,0830	0,0280	0,0206	0,4189	1	0,3565
Nbr épier /e	0,3036	0,0359	0,0091	0,0340	0,0500	0,0319	0,0095	0,3929	0,3565	1

Résumé

Nous avons entrepris une étude qui s'intéresse à l'évaluation d'un germoplasme de blé dur, constitué de 30 cultivars locaux et introduits, fixés et en phase précoce de sélection. Elle fait partie d'un projet de recherche du PNAB mené dans le cadre d'une coopération entre l'INRAA, ITGC et l'ICARDA et a pour but de créer de nouveaux génotypes qui développent des stratégies d'adaptation. L'expérimentation a eu lieu en plein champ à la station expérimentale de l'INRAA. L'observation a concerné 10 paramètres d'ordre phénologique, morpho-physiologique ainsi que le rendement et ses composantes. Les résultats montrent une grande variabilité dans les paramètres observés avec des différences significatives à très hautement significatives pour tous les traitements observés. Les rendements ont varié entre une moyenne variétale de 30qx/ha avec des pics dépassant les 50 et 60qx/ha. L'importance de ces rendements est liée au poids de mille grains, et un nombre d'épillets par épi élevés. Les génotypes évalués ont montré une performances supérieures par rapport aux témoins pour les caractères tel que la hauteur du plant la surface foliaire et similaire pour la majorité par le reste des caractères. Cette régularité est liée à la capacité des génotypes d'exprimer le maximum de caractères contribuant à son élaboration.

Mots clés : Blé dur, Génotypes, Rendement, Adaptation, Régularité, Sélection

Abstract

We have undertaken a study to investigate the evaluation of a durum wheat germplasm, consisting of 30 local and introduced cultivars, fixed and in the early stages of selection. This study is a part of PNAB research project carried out among INRAA-ITGC-ICARDA cooperation program and aims to create new genotypes that develop adaptation strategies. The experiment took place in the open field at the INRAA experimental station. The observation concerned 10 phenological and morpho-physiological parameters as well as the yield and its components. The results show a great variability in the parameters observed with significant to highly significant differences for all the treatments. The yields varied between a varietal average of 30qx per ha with peaks exceeding 50 and 60qx per ha. The importance of these yields is related to the weight of a thousand kernels, and the number of per spike. The genotypes evaluated showed superior performance compared to controls for characters such as plant height, leaf area and similar for the majority by the rest of the characters. This regularity is linked to the ability of genotypes to express the maximum number of characters contributing to its development.

ملخص

وتثبيتها إدخالها تم ، محليًا صنفاً 30 من تتكون والتي ، الصلب للقمح الوراثة الأصول بتقييم تهتم دراسة أجرينا يتم للمحاصيل التقني المعهد و (ز.ب.و.م)الزراعي للبحث بحثي مشروع من جزء الدراسة هذه.الأولى الانتقاء مراحل وفي تطوير على تعمل جديدة وراثية أنماط إنشاء إلى ويهدف إيكاردا و الكبرى الوطني المعهد بين التعاون من كجزء تنفيذه معاملات 10 ب الملاحظة وتعلقت التجريبية، (ز.ب.و.م) محطة في مفتوح حقل في التجربة أجريت. التكيف استراتيجيات لوحظت التي المعلومات في كبيرًا تباينًا النتائج أظهرت. ومكوناته المحصول إلى بالإضافة وفسولوجية و صرفية فينولوجية متنوع متوسط بين المردود تراوح. ملاحظتها تمت التي المعالجات لجميع جدًا عالية إحصائية دلالة ذات فروق وجود مع نسبة بين ملحوظ ارتباط هناك ان على تدل النتائج.للهاكتار قنطار 60 و 50 تتجاوز معدلات مع رللهاكتار قنطا 30 يبلغ بالصفات مقارنة فائقًا أداء المقيمة الطرز أظهرت. أذن لكل بسنبلة لكل السنبيلات وعدد ، حبة ألف وزن و العام المردود بقدرة الانتظام هذا يرتبط. الصفات بقية خلال من للغالبية بالنسبة ذلك شابه وما الورقة ومساحة النبات ارتفاع مثل الضابطة ..تطورها في تساهم التي الأحرف من ممكن عدد أكبر عن التعبير على الجينية الطرز