



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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

بوعرييج برج الإبراهيمي البشير محمد جامعة

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

والكون الأرض وعلوم والحياة الطبيعة علوم كلية

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

قسم الفلاحيية العلوم

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration de plantes

Intitulé :

Evaluation du comportement de quelques variétés du blé dur
(*Triticum durum* Desf.) en zone semi aride

Présenté par :

MOHAMADI Malak & RAHMANI Ichraq Nor El Houda

Soutenu le 11 / 06/ 2024, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	M. SEMARA Lounis	MCA	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A
Encadrant :	M. SEBBANE Mahieddine	MAB	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A
Examineur :	M. FELLAHI Zine El Abidine	MCA	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A

Année universitaire : 2023/2024

Table de matière

Remerciements	I
Dédicaces.....	II
Dédicaces.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V
Liste des abréviations	VI
I. Introduction	1
II. Matériels et méthodes	3
1. Zone d'étude.....	3
2. Matériel végétal	4
4. Conduction de l'essai.....	4
4. Plantes adventices, maladies et ravageurs	4
5. Suivi de l'essai et mesures effectuées.....	5
5.1. Mesures agronomiques	5
5.2. Mesures phénologique	5
5.3. Mesures morphologiques et physiologiques	6
6. Conditions climatiques.....	6
7. Analyse des données	7
III. Résultats	8
1. Plantes adventices, maladies et ravageurs	8
1.1. Adventices	8
1.2. Maladies.....	9
1.3. Ravageurs et auxiliaires	9
2. Caractère agronomiques	9
3. Mesures morphologiques et physiologiques	10
4. Mesures phénologiques.....	11
5. Relation entre les mesures et classification des variétés	12
5.1. Relations entre les mesures.....	12

5.2. Classification des variétés	13
IV. Discussion	14
1. Plantes adventices, maladies, ravageurs et axillaires	14
2. les conditions climatiques	14
3. Evaluation du comportement	14
4. Classification des variétés	16
V. Conclusion.....	18
VI. Références bibliographiques	19
VII. Annexe : tableaux d'analyse de la variance	
Résumé	
ملخص.....	

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.

Nous tenons à adresser en premier lieu nos vifs remerciements à notre encadrant. Dr. **SEBBANE Mahieddine**, qui nous a proposés ce thème et nous a initiés dans cette voie de recherche.

On avoue qu'il a toujours été présent, compétent et surtout efficace dans sa supervision. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance la plus dévouée pour toutes les informations, références bibliographiques, réflexion, correction..... qu'il nous a apportés et qui ont nourri ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de jury ;

Dr. **SMARA Lounis** pour avoir bien voulu présider le jury

Dr. **FELLAHI Zine El Abidine** pour avoir bien voulu examiner notre travail, c'est un honneur pour nous pour juger

Nous aimerons remercier tous nos enseignants durant tout notre parcours d'étude.

Nous exprimons notre sincère gratitude au monsieur le directeur de l'**ITGC Sétif** pour son soutien précieux de ce travail.

Nous tenons également à remercier tous les **cadres** de l'**ITGC** et de l'**INRAA** de Sétif d'avoir été si gentils avec nous et de nous avoir permis de réaliser notre mémoire avec eux.

Nous remercions également tout les **ingénieurs** des **laboratoires** de l'**université** Mohamed El Bachir El Ibrahimi – BBA

Enfin, nous remercions gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Avant l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

*"Je dédie mon travail à l'âme de mon cher **père**, que Dieu ait son âme."*

*"À mon cher **grand-père**, qui a été comme un père pour moi et le meilleur soutien dans ma vie."*

*"À ma **mère**, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, pour tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie."*

*"À mon **frère**, mon soutien et ma source de force."*

*"À mes chers oncles, **Nabíl** et **Kamal**"*

*"À **Abdelatif** la personne qui a été mon point fort dans mes moments difficiles"*

*"À mes **grands-mères**, mes **oncles** et mes **tantes**. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie"*

*"À tous les **cousins**, les **voisins** et les **amis** que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements"*

*"Sans oublier mon binôme **Malak** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet".*

ICHRAQ NOR EL HOUDA

Dédicaces

Mes remerciements vont tout d'abord à mon DIEU

A l'épaulé solide Mon père Hassan pour les valeurs nobles ,l'éducation et le soutien.

A la plus belle perle du monde, ma mère Hadjira pour leur sacrifice, amour prière et soutien.

Mon cher frère Ahmed Yacine

A ma chères sœur Khaoula ,et leurs enfants Anes et Hani

A mes sœur Nousaiba et Ibtihel qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance.

A mon binôme Ichraq qui a su me soutenir, m' encourager, tout le long de l'années.

A mes collègues de promo et a tous ceux qui ont contribué de prés et de loin pour ce que ce travail soit possible.

MALAK

Liste des tableaux

Tableau 1: Données géographiques de la zone d'étude.....	3
Tableau 2: Liste des variétés de blé dur étudiées et leur origine.	4
Tableau 3: Moyennes de caractères agronomiques et signification de la différence entre les moyennes des variétés.	10
Tableau 4: Moyennes de caractères morphologiques et physiologiques et signification de la différence entre les moyennes des variétés.....	11
Tableau 5: Moyennes des mesures phénologiques et signification de la différence entre les variétés.....	11
Tableau 6: Matrice de corrélation (pearson).....	12

Liste des figures

Figure 1: Image Satellite de la parcelle de l'essai a Setif (Google Map,2024).....	3
Figure 2: Vue generale de l'essai aux differents stades de croissance	5
Figure 3: Diagramme ombrothermique de la saison 2023/2024 (https://fr.tutiempo.net/)	7
Figure 4: Quelques plantes adventices observees sur la parcelle de l'essai.	8
Figure 5: Symptomes des chloroses observees dans l'essai.....	9
Figure 6: Quelques ravageurs et auxiliaires observees dans l'essai	9
Figure 7: Premier Biplot de l'analyse en composantes principales.	13
Figure 8: Classification des varietes par l'analyse en composantes principales.	17

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composantes principales

ANOVA : analyse de la variance

CE : Conductivité électrique

CHL: Taux de chlorophylle,

EP: Nombre d'épis par plante

FAO : Food and Agriculture Organisation

HT: Hauteur de la tige

IT: Indice de tallages, nombre de talles par plante

NE : Nombre des épis par mètre carré

NJE: Nombre e jours a l'épiaison.

NJF : Nombre e jours a la floraison.

NP: Nombre de plants par mètre carré

NT : Nombre de talles par mètre carré

PF: Poids frais d'une plante

PS: Poids sec d'une plante

PT : poids de pleine turgescence

SF : Surface foliaire

SM: Stabilité membranaire.

TRE: Teneur relative en eau

APS : Agence nationale de la presse

ITGC : Institut technique des grandes cultures

DSASI: Direction de la Statistique Agricole et des systèmes d'Information. Ministère de
L'Agriculture et du développement Rural.

I. Introduction

La population mondiale est d'environ 8 milliards d'habitants, et elle devrait atteindre 9,5 milliards en 2050 (Nations Unies, 2022). Cette croissance rend la satisfaction des besoins des populations plus difficile à l'avenir, particulièrement en matière d'alimentation, qui repose sur les céréales et leurs dérivés dans plusieurs pays du monde. En conséquence, une pression supplémentaire s'exerce sur la demande de céréales cultivées et consommées à grande échelle telles que le blé, le riz et le maïs, en raison de leur importance économique et nutritionnelle (Shewry, 2021).

Le blé, la deuxième céréale produite au monde, constitue la principale source nutritionnelle de la population humaine, assurant 20 % de leurs besoins énergétiques (Shewry, 2021). Le blé tendre est le blé le plus répandu, suivi par le blé dur qui occupe 5% des terres réservées aux blés dans le monde (Kirouani *et al.*, 2019). Cependant, le blé dur est l'aliment de base dans plusieurs pays, particulièrement dans le bassin méditerranéen où il est principalement cultivé.

le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une plante annuelle originaire du croissant fertile, issue du croisement interspécifique entre *Triticum urartu* (génome A) et *Aegilops speltoides* (génome B) (Ceoloni et Jauhar, 2006). Par l'intérêt qu'elle suscite, cette plante s'est propagée le long des côtes méditerranéennes ou, sous l'effet de la sélection humaine et naturelle, des populations locales adaptées aux régions de culture sont développées. Ces variétés ancestrales étaient la source principale d'alimentation des populations locales jusqu'à l'ère de la révolution verte (Ortiz *et al.*, 2007). A partir des années 1970, les variétés locales sont progressivement remplacées par des variétés améliorées, courtes, précoces et productives.

La culture du blé dur est principalement répandue dans la région méditerranéenne. Elle s'est également étendue à d'autres pays, considérés comme non traditionnels, en tant que culture de rente, à cause de son prix plus élevé que celui du blé tendre, en raison de la demande de l'industrie agroalimentaire pour le grain de blé dur. En 2019, par exemple, sur les 17 millions d'hectares de blé dur emblavés, environ 38,1 millions de tonnes ont été récoltés (Xynias *et al.*, 2020). Le grain de blé dur est principalement transformé en semoule, qui est ensuite utilisée pour la fabrication des pâtes telles que les spaghettis, les macaronis, le couscous, des galettes... ainsi que d'autres produits de boulangerie (Feillet, 2000).

En Algérie, le plus grand pays d'Afrique, la majorité des 8,5 millions d'hectares de terres agricoles sont utilisés pour cultiver des céréales. Pour la saison 2023/2024, plus de 2,6 millions d'hectares sont consacrés à la culture des céréales (APS, 2024). Le blé dur, traditionnellement la principale céréale consommée par les Algériens, est la première culture dans le pays. Elle occupe, en moyenne, 1,5 million d'hectares (DSASI, 2020), principalement dans les hautes plaines. La culture est essentiellement conduite en pluvial. Ce mode de conduite, dans la région méditerranéenne déjà connue pour ses faibles précipitations et leur irrégularité, rend la production très sensible aux variations climatiques. Cet effet s'est accentué avec les changements climatiques.

La production des céréales et du blé en Algérie est instable et insuffisante. Bien que la production annuelle ait augmenté de 80 000 tonnes, et que le rendement ait progressé de 0,03 t/ha entre 1997 et 2018 (Sebbane, 2021), le pays continue de chercher des solutions pour accroître la production et réduire sa dépendance aux marchés internationaux. Entre 2018 et 2020, par exemple, 73,8 % des besoins en céréales ont été couverts par les importations (FAO, 2023). À cette difficulté s'ajoute le changement climatique, notamment le déficit hydrique, qui est passé de 79,3 % en 2000 à 137,9 % en 2020, selon les estimations de la FAO (2023).

En plus de la limitation des terres agricoles, Faures *et al.* (2002) ont prévu que l'augmentation du rendement contribuera aux deux tiers de l'accroissement de la production dans les pays en développement à l'horizon 2030. Cette performance s'améliore par l'intensification des systèmes de production et la sélection de génotypes adaptés et productifs.

La sélection des génotypes repose sur les ressources génétiques disponibles, les méthodes de sélection, et les objectifs visés. La sélection des blés vise à améliorer les traits associés au rendement, à la qualité et à la résistance aux stress biotiques et abiotiques (Mourad *et al.*, 2019). L'utilisation de génotypes appropriés contribuera à l'amélioration des productions.

Cette étude d'une collection de neuf (09) variétés de blé dur repose sur des caractères agronomiques, phénologiques et morpho-physiologiques. Son objectif est d'évaluer leur comportement dans la région d'étude et de repérer les traits d'adaptation.

II. Matériels et méthodes

1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la station expérimentale de l'ITGC de Sétif (Figure 1), située dans les hautes plaines de l'est algérien (Tableau 1). Cette région méditerranéenne se caractérise par un climat semi-aride, connu pour ses hivers froids, ses précipitations irrégulières d'une moyenne de 400 mm par an (Rouabhi *et al.*, 2018), ses gelées printanières, et parfois des vents de sirocco qui coïncident avec la fin du cycle des céréales d'hiver (Bouzerzour et Monneveux, 1992). Le sol de la parcelle est de type limono-sableux.

Tableau 1: Données géographiques de la zone d'étude.

Position	Altitude	Latitude	longitude
Sétif (Algérie)	981 m	36°10'05" N	5°21'46" E



Figure 1: Image satellite de la parcelle de l'essai à Sétif (google map, 2024)

2. Matériel végétal

Dans cette étude, une collection de six (06) variétés anciennes et de trois (03) variétés améliorées a été testée. Les informations détaillées sur ces variétés sont répertoriées dans le Tableau 02.

Tableau 2: Liste des variétés de blé dur étudiées et leur origine.

Code	Nom	Pédigrée	Origine
V1	Mohamed Ben Bachir	Population locale	Algérie
V2	Oued Zenati	Population locale	Algérie
V3	Bidi 17	Population locale	Algérie
V4	Hedba 3	Population locale	Algérie
V5	Guemgoum R'kham	Population locale	Algérie
V6	Djenah Khotifa	Population locale	Algérie
V7	Boutaleb	Hedba 3/Ofanto	Algérie
V8	Simeto	Capeiti x valvona	Italie
V9	Gtadur	Gaviota x Durum	Mexique

4. Conduction de l'essai

L'essai a été précédé d'une jachère travaillée. Durant cette saison, une préparation du sol classique a été effectuée, comprenant un labour profond suivi de façons superficielles pour préparer le lit de semis et recevoir les graines.

Le 28 décembre 2023, le semis a été réalisé manuellement avec une densité de 300 grains/m², dans des parcelles constituées de six (06) lignes de 1,5 m de longueur, avec un espacement de 0,2 m entre les lignes. Ces parcelles sont réparties selon un dispositif en bloc aléatoire complet avec trois (03) répétitions.

Concernant la fertilisation, 80 kg/ha de di-ammonium phosphate (DAP), contenant 20% d'azote et 46% de phosphore, ont été incorporés au sol comme fumure de fond. Quant à la fumure de couverture, sous forme d'urée (46% d'azote), elle a été fractionnée en deux doses de 30 kg/ha, une au début du tallage et l'autre au stade fin de tallage.

4. Plantes adventices, maladies et ravageurs

Les adventices rencontrées dans l'essai sont notées et identifiées. Les adventices ont été contrôlées par un désherbage chimique, en utilisant un herbicide anti-dicotylédones (*Mustang*[®] 360 SE) et un herbicide anti-monocotylédones (*Topik*[®] 080 EC) aux doses recommandées. Cette tâche a été complétée par un désherbage manuel au fur et à mesure des visites de l'expérimentation. La présence des ravageurs et des symptômes de maladies ont été aussi notés.

5. Suivi de l'essai et mesures effectuées.

Dès l'installation de l'essai, des visites régulières ont été effectuées durant lesquelles des observations et des mesures ont été réalisées (Figure 2). L'évaluation du comportement des variétés testées s'est basée sur une variété de mesures agronomiques, phénologiques, morphologiques et physiologiques.



Figure 2: Vue générale de l'essai aux différents stades de croissance

5.1. Mesures agronomiques

Sur un échantillon d'un mètre linéaire (1 m) au milieu des parcelles, les caractères agronomiques suivants ont été mesurés: le peuplement, le nombre de talles et le nombre d'épis par unité de surface, le mètre carré. Le nombre de talles par plant (indice de tallage) et le nombre de talles fertiles par plant ont aussi été calculés.

Au stade floraison, la biomasse fraîche et sèche d'un plant a été calculée sur la moyenne d'une dizaine (10) de plants.

5.2. Mesures phénologique

La phénologie de la culture a été suivie par la notation des dates de levée, d'épiaison et de floraison, qui sont utilisées pour mesurer le nombre de jours à l'épiaison et le nombre de jours à la floraison.

La date de la levée coïncide avec l'apparition de 90% des plants levés. La date d'épiaison et la floraison ont été déterminées à l'apparition des 50% des épis et à la floraison des 50% des épis successivement.

5.3. Mesures morphologiques et physiologiques

Au stade de floraison, divers paramètres morphologiques et physiologiques ont été évalués comme suit :

- **Hauteur de la tige** : La hauteur de la tige, mesurée du sol au début de l'épi (épis non inclus), a été prise sur trois (03) échantillons.
- **Surface foliaire** : calculée à partir de photos de trois (03) feuilles étendard complètement développées, en utilisant le seuil de coloration avec le logiciel « *ImageJ 1.52* » (Schneider *et al.*, 2012).
- **Teneur relative en eau** : Cette mesure a été réalisée sur un échantillon de 3 feuilles étendard sélectionnées au hasard dans chaque parcelle. Elle a été déterminée selon la méthode décrite par Barrs (1968). Les limbes des feuilles ont été pesés immédiatement pour obtenir le poids frais (PF), puis placés dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et mis à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24 heures, les feuilles ont été retirées, essuyées avec du papier absorbant pour éliminer l'eau de la surface, puis pesées à nouveau pour obtenir le poids de pleine turgescence (PT). Les échantillons ont ensuite été mis à l'étuve à 40 °C pendant 72 heures et pesés pour obtenir le poids sec (PS). La teneur relative en eau a été calculée selon la formule suivante : $TRE (\%) = [(PF-PS) / (PT-PS)] \times 100$.
- **Stabilité membranaire** : Cette mesure a été effectuée sur une feuille drapeau entièrement développée, choisie au hasard dans chaque parcelle. Ces feuilles ont été lavées à l'eau courante, puis rincées avec de l'eau distillée et découpées en segments d'environ un (01) cm de longueur. Dix (10) segments du limbe foliaire ont été placés dans un tube à essai, rincés avec de l'eau distillée. Ensuite, 10 ml d'eau distillée ont été ajoutés à chaque tube, qui ont été laissés à température ambiante. Une première lecture (EC1) a été effectuée avec le conductimètre 24 heures après, avant de mettre les tubes dans un bain-marie à une température de 100 °C pendant une heure. La deuxième lecture de la conductivité (EC2) a été faite 24 heures après le traitement dans le bain-marie. La stabilité membranaire (SM), représentant le pourcentage de cellules saines, a été estimée en déduisant le pourcentage des cellules endommagées par le stress, selon la procédure décrite par Bajji *et al.* (2001), comme suit :
 $SM (\%) = 100 \times (1 - (EC1 / EC2))$.
- **Teneur en chlorophylle** : Le taux de chlorophylle a été mesuré par chlorophylle-mètre (SPAD). Les mesures ont été effectuées sur le champ, sur trois (03) feuilles étendard dans la même parcelle de manière aléatoire.

6. Conditions climatiques

La saison agricole 2023/2024, d'après le diagramme ombrothermique (Figure 03), a été caractérisée par des alternances entre périodes sèches et humides, avec un total de précipitations de 163,3 mm entre décembre et avril. Après une période de sécheresse en septembre et octobre, des précipitations importantes ont été enregistrées en décembre. La première période de sécheresse potentiellement impactante pour notre culture a eu lieu en janvier, suivie de fortes précipitations en février et mars. La deuxième période de sécheresse,

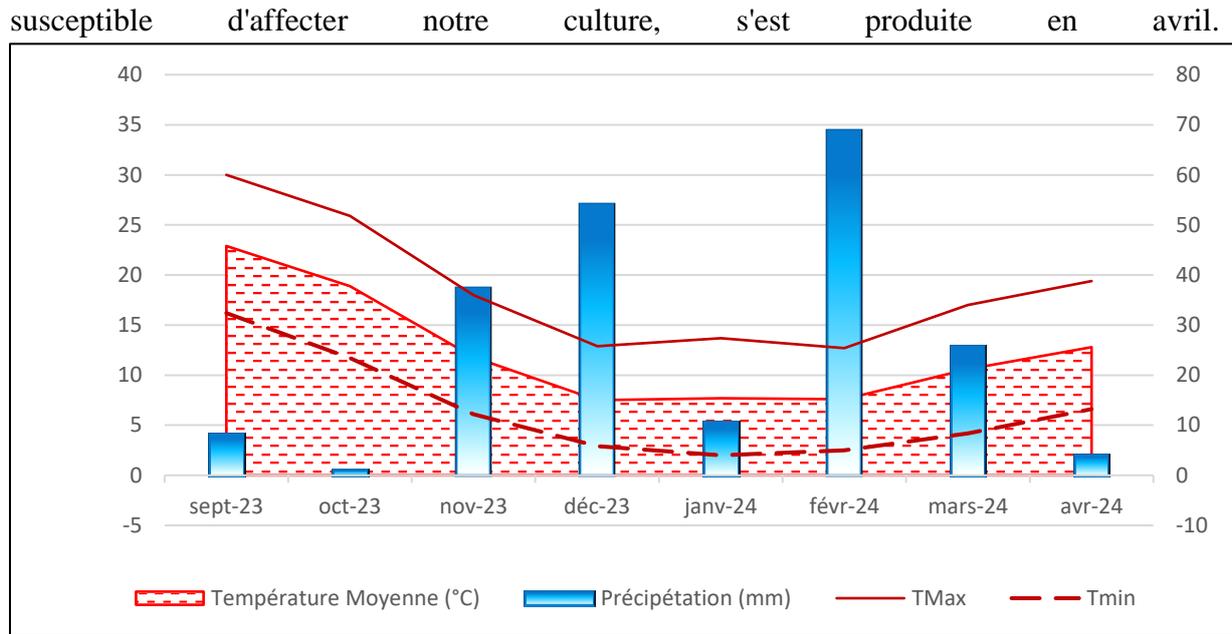


Figure 3 : Diagramme ombrothermique de la saison 2023/2024 (<https://fr.tutiempo.net/>)

7. Analyse des données

En utilisant le logiciel « XLSTAT.2019 » (Addinsoft, 2024) , l'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs, variété et bloc, a été réalisée pour évaluer la signification de l'effet génotypique sur les différentes mesures effectuées. En cas de différence significative, un test de comparaison multiple des moyennes *HSD* a été réalisé.

Une analyse des corrélations a également été menée pour déterminer s'il existe des relations entre les différentes mesures effectuées. Pour classifier les variétés étudiées, une analyse en composante principale (*ACP*), une technique d'analyse multivariée, a été utilisée.

III. Résultats

1. Plantes adventices, maladies et ravageurs

1.1. Adventices

Une variété d'adventices a été observée sur le champ de l'essai (Figure 4). Les espèces identifiées, selon Tanji (2005), appartiennent aux groupes des monocotylédones, telles que l'orge des rats, le phalaris, le brome, etc., ainsi qu'aux dicotylédones, telles que le chénopode blanc, le renoué des oiseaux, le coquelicot, etc.

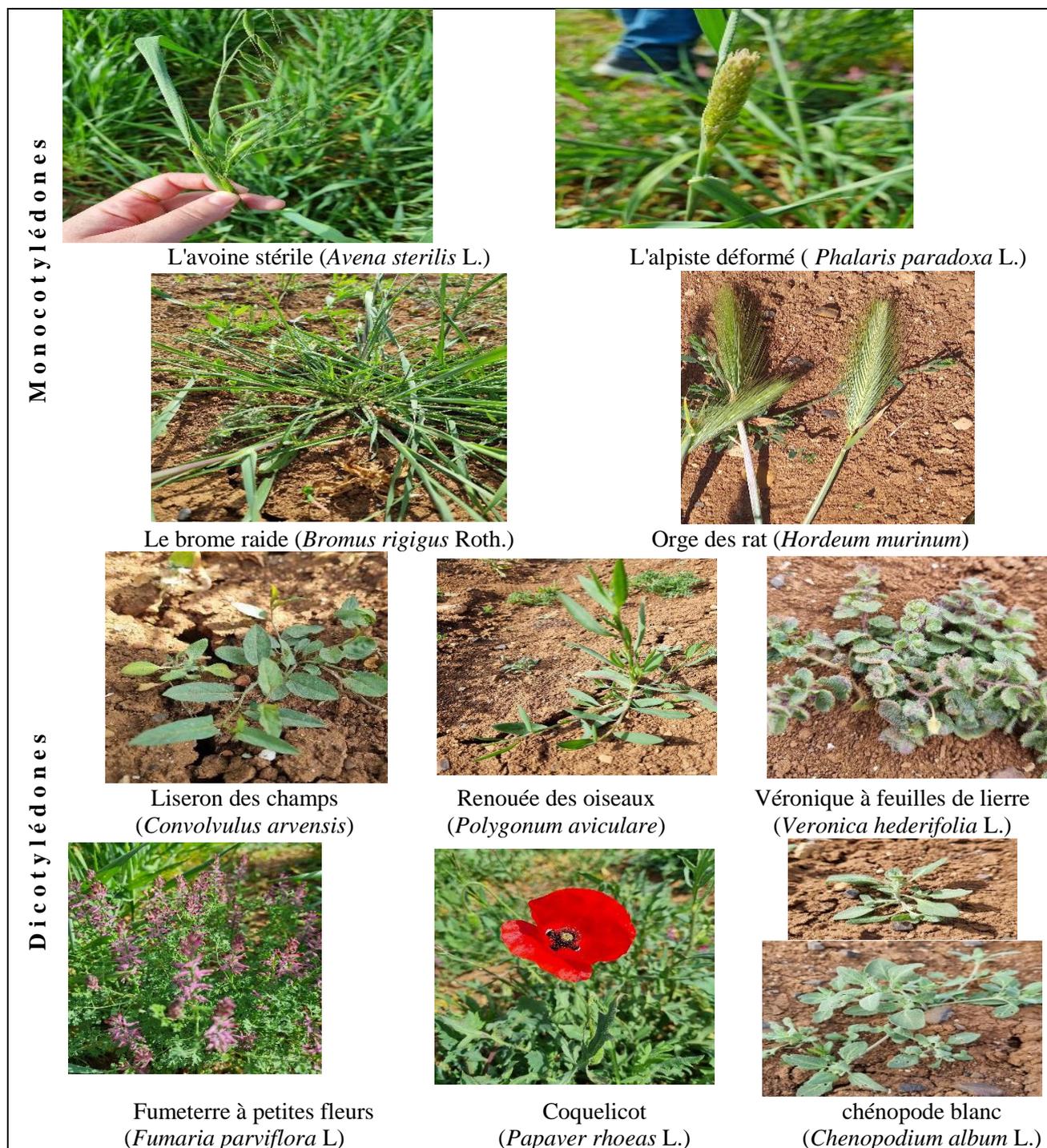


Figure 4 : Quelques plantes adventices observées sur la parcelle de l'essai.

1.2. Maladies

Des symptômes d'helminthosporiose ont été observés sur les feuilles de certains pieds, particulièrement dans les parcelles de la variété V5 (Figure 5). Ces taches sont apparues sur les feuilles formées aux stades de tallage et de montaison.

Des symptômes de viroses ont également été observés sur quelques plants dans les bordures de certaines parcelles (Figure 5), probablement transmises par des pucerons.



Figure 5 : Symptômes de chloroses observés dans l'essai

1.3. Ravageurs et auxiliaires

Les dégâts, tels que des feuilles rongées, ainsi que la présence de larves et d'adultes du criocère, un coléoptère, ont été observés sur les feuilles de certaines parcelles. Des pucerons verts et oranges ont également été observés. Ces derniers ont attiré des coccinelles, leur prédateur naturel (figure 06).

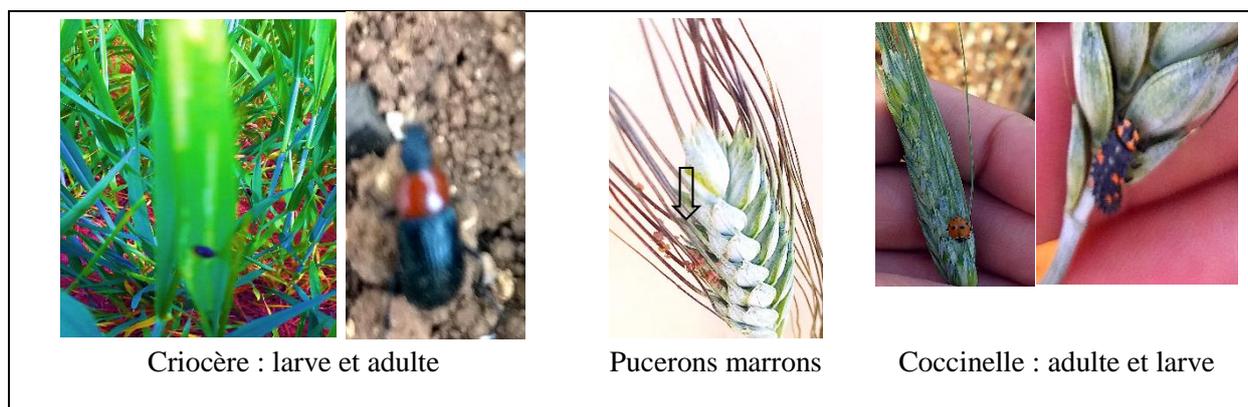


Figure 6: Quelques ravageurs et auxiliaires observés dans l'essai

2. Caractère agronomiques

L'analyse de la variance (Tableau 03) a montré l'absence de différence significative entre les variétés testées pour la densité des plants, le nombre de talles, l'indice du tallage et le poids sec des plants au stade floraison. La moyenne de ces paramètres était de 255,3 plants/m² pour le peuplement, 519,26 talles/m² pour le nombre de talles, 2,08 talles par plantes et 8,8 g pour le poids sec d'un plant au stade floraison.

En revanche, la différence a été significative pour le nombre d'épis par m² et par plant et le poids frais des plants. Le nombre d'épis le plus important, 410 épis/m², a été enregistré par le génotype V9, qui partage cette position avec le reste des génotypes à l'exception du génotype V5 selon le test HSD. Ce dernier, V5, a enregistré le nombre d'épis le plus faible, 238,33/m², et, selon le test HSD, partage son groupe avec le reste des génotypes sauf V9. De plus, le génotype V9 a enregistré le nombre d'épis par plant le plus important, 1,93.

Concernant le poids frais des plantes, le premier groupe homogène a été formé par le génotype V2 avec un poids frais moyen de 18,18 g, associé aux génotypes V9, V8, V3 et V5. Alors que le génotype V7 a enregistré un poids frais moyen de 10,28 g, le plus faible des génotypes.

Tableau 3 : Moyennes de caractères agronomiques et signification de la différence entre les moyennes des variétés.

Variété	NP	NT	NE	IT	EP	PF	PS
V9	216,67 a	595,00 a	410,00 a	2,78 a	1,93 a	17,24 a	09,78 a
V2	276,67 a	555,00 a	326,67 ab	1,99 a	1,18 b	18,18 a	10,22 a
V1	281,67 a	615,00 a	363,33 ab	2,15 a	1,30 b	12,32 bc	08,21 a
V8	226,67 a	478,33 a	311,67 ab	2,22 a	1,38 b	17,15 a	10,11 a
V3	288,33 a	508,33 a	316,67 ab	1,78 a	1,11 b	14,03 abc	08,91 a
V4	233,33 a	451,67 a	263,33 ab	1,95 a	1,13 b	14,81 ab	08,98 a
V7	263,33 a	540,00 a	333,33 ab	2,06 a	1,27 b	10,17 c	06,90 a
V5	208,33 a	428,33 a	238,33 b	2,14 a	1,18 b	14,45 abc	09,08 a
V6	303,33 a	501,67 a	291,67 ab	1,68 a	0,98 b	11,56 bc	06,98 a
Pr>F (Variété)	0,135	0,687	0,043	0,507	0,010	0,031	0,130
Pr>F (Bloc)	0,210	0,417	0,015	0,465	0,007	0,528	0,447

NP (plant/m²) : nombre de plants, NT (talles/m²) : nombre de talles, NE (épis/m²) : nombre des épis, IT: indice de tallages, EP: Epis par plante, PF (g) et PS (g): poids frais et poids sec d'un plant au stade floraison . Les moyennes avec la même lettre sont égales selon le test HSD au seuil 0.05. Pr>F : niveau de signification : P>0.05= non significatif, P<0.05 = significatif, P<0.01= hautement significatif, P<0.001= très hautement significatif.

3. Mesures morphologiques et physiologiques

Les résultats obtenus, comme indiqués dans le Tableau 04, montrent une différence significative entre les moyennes des variétés pour la surface foliaire et la hauteur de la tige. Les variétés V5 (19,99 cm²) et V3 (21,21 cm²) ont enregistré des valeurs moyennes supérieures à celles des autres variétés, les plaçant dans un groupe distinct selon le test HSD. Concernant la hauteur de la tige, les variétés ont été réparties en cinq groupes homogènes, le premier groupe étant composé des génotypes V6 et V5, avec des hauteurs moyennes de 104,33 cm et 100,89 cm respectivement.

L'effet du génotype a été significatif sur la teneur relative en eau (TRE), tandis que son effet sur la stabilité membranaire (p=0,091) et le taux de chlorophylle (p=0,507) n'a pas atteint le seuil de signification. La TRE la plus élevée a été enregistrée pour la variété V8,

atteignant 89%, tandis que la variété V6 a présenté la TRE la plus basse, à 75%. Quant aux teneurs en chlorophylle, elles ont varié entre 47,52 (V5) et 52,13 (V1), et les moyennes de stabilité membranaire ont varié entre 74% (V8) et 88% (V3).

Tableau 4: Moyennes de caractères morphologiques et physiologiques et signification de la différence entre les moyennes des variétés.

Variété	SF(cm ²)	HT(cm)	Chl(spad)	TRE (%)	SM (%)
V3	19,99 a	87,89 d	51,55 a	85 ab	88 a
V9	14,03 b	67,56 e	51,88 a	84 ab	86 a
V4	13,72 b	100,89 ab	50,67 a	84 ab	83 a
V5	21,21 a	93,78 bcd	47,52 a	83 ab	83 a
V8	14,90 b	69,00 e	51,82 a	89 a	74 a
V2	14,46 b	96,33 bc	51,06 a	82 ab	79 a
V1	12,65 b	89,44 cd	52,13 a	80 ab	84 a
V6	12,66 b	104,33 a	49,29 a	75 b	85 a
V7	12,73 b	67,89 e	52,35 a	82 ab	75 a
Pr>F (Variété)	< 0,001	< 0,001	0,507	0,039	0,091
Pr > F (Bloc)	0,301	< 0,001	0,460	0,045	0,951

SF: Surface foliaire, HT: hauteur de la tige, Chl: taux de chlorophylle, TRE: Teneur relative en eau, SM: stabilité membranaire. Les moyennes avec la même lettre sont égales selon le test HSD au seuil 0.05. Pr>F : niveau de signification : P>0.05= non significatif, P<0.05 = significatif, P<0.01= hautement significatif, P<0.001= très hautement significatif

4. Mesures phénologiques

Les dates d'épiaison ont été enregistrées entre le 18/04/2024 et le 05/05/2024, tandis que les dates de floraison ont été enregistrées entre le 01/05/2024 et le 09/05/2024. L'analyse de la variance (Tableau 05) a révélé une différence significative entre les variétés en ce qui concerne leur précocité à l'épiaison et à la floraison.

Tableau 5: moyennes des mesures phénologique et signification de la différence entre les variétés

Variété	Nombre e jours à l'épiaison	Nombre e jours à la floraison
V6	114,00 a	118,67 a
V5	114,67 a	117,33 ab
V2	113,67 a	118,00 ab
V1	113,00 a	117,33 ab
V4	113,67 a	116,33 ab
V3	112,67 a	117,00 ab
V9	107,33 b	114,67 ab
V7	105,67 b	114,33 ab
V8	100,67 c	114,33 b
Pr > F (Variété)	< 0,001	0,025
Pr > F(Bloc)	0,51	0,42

Les moyennes avec la même lettre sont égale selon le test HSD au seuil 0.05. Pr>F : niveau de signification : P>0.05= non significatif, P<0.05 = significatif, P<0.01= hautement significatif, P<0.001= très hautement significatif

Le test post-hoc a classé les variétés en trois groupes distincts en termes de précocité à l'épiaison et en deux groupes homogènes pour la précocité à la floraison. La variété V8 s'est avérée être la plus précoce, avec 100,67 jours pour l'épiaison et 114,33 jours pour la floraison. En revanche, la variété V6 a été la plus tardive à l'épiaison, avec 114 jours, et à la floraison, avec 118,67 jours.

5. Relation entre les mesures et classification des variétés

5.1. Relations entre les mesures

L'analyse des corrélations (Tableau 06) a révélé des relations significatives entre plusieurs mesures. Les résultats montrent une forte corrélation entre le nombre d'épis par m² et le nombre de talles ($r = 0,92$), ainsi qu'entre le nombre d'épis par plante ($r = 0,75$). Ces deux derniers sont aussi positivement reliés entre eux ($r = 0,97$). D'autre part, la corrélation a été significative et négative ($r = -0,96$) entre le peuplement et l'indice de tallage.

Le poids sec des plants a montré une relation positive avec le poids frais ($r = 0,97$) et la teneur relative en eau des feuilles ($r = 0,70$). Le taux de chlorophylle dans la feuille étandard a été positivement lié au nombre de talles ($r = 0,67$) et au nombre de talles épis avec un coefficient de corrélation plus important ($r = 0,75$).

Les deux paramètres phénologiques, le nombre de jours à l'épiaison et à la floraison, ont été positivement corrélés entre eux ($r=0,88$). Il ont aussi été positivement corrélés avec la hauteur de la tige où les coefficients de corrélation enregistrés sont $r = 0,88$ et $r = 0,91$ respectivement. D'autre part, la hauteur de la tige a été négativement et significativement corrélée avec l'indice de tallage ($r = -0,68$) et les talles épis par plante ($r = -0,75$).

Tableau 6: Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	NP	NT	NE	IT	EP	PF	PS	SF	HT	CHL	TRE	SM	NJE
NP	0,36												
NT	0,12	0,92											
NE	-0,69	0,40	0,61										
IT	-0,55	0,51	0,75	0,97									
EP	-0,47	-0,02	0,15	0,46	0,43								
PF	-0,52	-0,05	0,11	0,46	0,41	0,97							
PS	-0,30	-0,53	-0,46	-0,10	-0,17	0,20	0,32						
SF	0,40	-0,33	-0,59	-0,68	-0,73	-0,12	-0,15	0,11					
HT	0,21	0,67	0,75	0,28	0,43	0,04	0,06	-0,52	-0,61				
Chl	-0,62	-0,28	0,00	0,38	0,36	0,59	0,70	0,36	-0,53	0,30			
TRE	0,21	0,10	0,06	-0,08	0,00	-0,10	-0,10	0,30	0,44	-0,27	-0,35		
SM	0,35	-0,11	-0,38	-0,47	-0,52	-0,17	-0,17	0,25	0,88	-0,56	-0,58	0,65	
NJE	0,56	-0,09	-0,38	-0,62	-0,65	-0,12	-0,16	0,17	0,91	-0,56	-0,66	0,49	0,88

NP (plant/m²) : nombre de plants, NT (talles/m²) : nombre de talles, NE (epis/m²) : nombre des epis, IT: indice de tallages, EP: Epis par plante, PF (g) et PS (g): poids frais et poids sec d'un plant au stade floraison . SF (cm²) : surface foliaire, HT (cm) : hauteur de la tige, CHL (spad): taux de chlorophylle, TRE (%) : teneur relative en eau, SM (%): stabilite membranaire. NJE (jour) : nombre e jours a l'epiaison. NJF (jour): nombre e jours a la floraison. les valeurs en gras sont differentes de 0 a un niveau de signification alpha=0,05

5.2. Classification des variétés

Le premier biplot de l'ACP (figure 07) synthétise 70,04% des variations des mesures effectuées. Le premier axe, F1, qui représente 47,6% des variations, synthétise principalement les variations de l'indice de tallage (IT), des talles fertiles par plant (EP), de la teneur en chlorophylle (Chl) et de la teneur relative en eau (TRE) dans le sens négatif. Il représente également les variations de la hauteur de la tige (HT), du nombre de jours à l'épiaison (NJE) et à la floraison (NJF) dans le sens positif. Le deuxième axe, F2, avec 22,44% des variations, synthétise les variations des poids frais (PF) et sec (PS) ainsi que celles de la surface foliaire (SF), toutes dans le sens positif. On remarque aussi les variations de la stabilité membranaire n'ont pas été significativement représentées par ces deux premiers axes, F1 et F2, de l'ACP.

Concernant la répartition des variétés étudiées, les variétés ancestrales sont toutes placées à droite par rapport au premier axe F1, tandis que les variétés améliorées sont positionnées à gauche. Par rapport au deuxième axe F2, les variétés V7, V1 et V6 sont placées en bas du graphe, alors que le reste des génotypes est placé en haut.

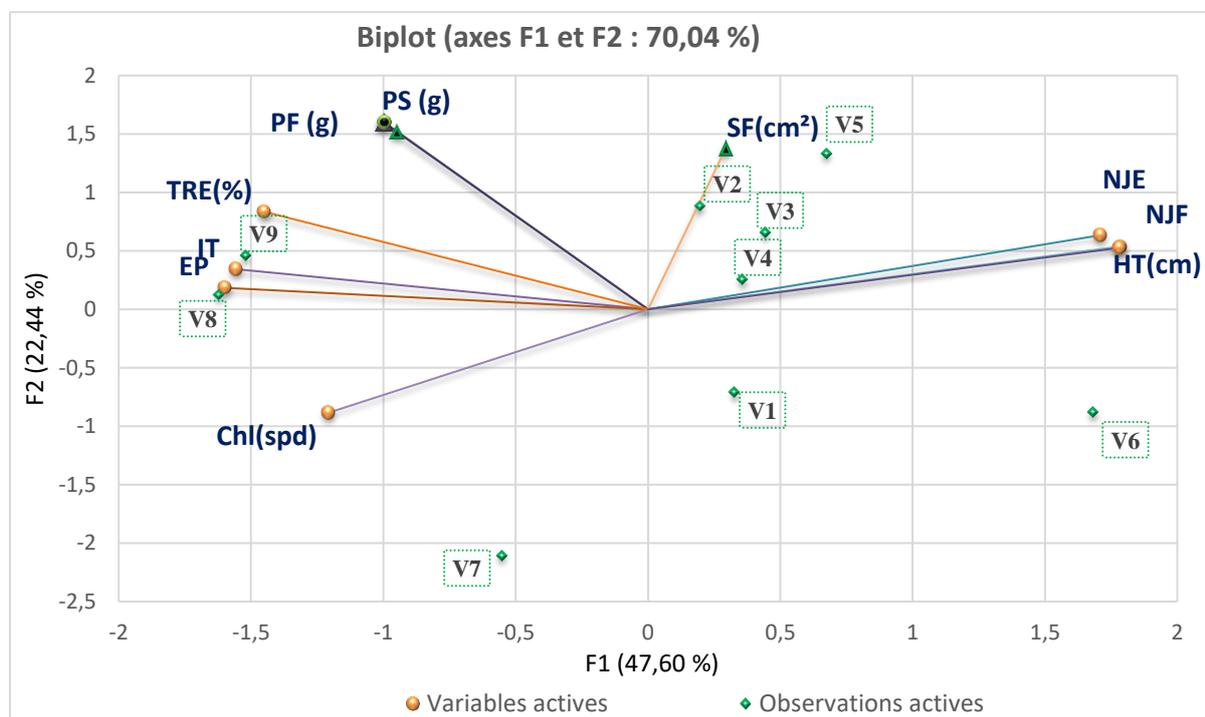


Figure 7: Premier biplot de l'analyse en composantes principales.

IV. Discussion

1. Plantes adventices, maladies, ravageurs et axillaires

La faible production céréalière résulte des contraintes pédoclimatiques et de facteurs biotiques tels que les insectes, les maladies fongiques et les adventices. Une approche intégrée de contrôle implique des mesures pour prévenir les infestations ou les maintenir sous un seuil tolérable, justifiant l'utilisation de pesticides si nécessaire. Un contrôle efficace repose sur la connaissance des ennemis et vecteurs, le suivi continu, l'estimation des pertes potentielles, ainsi que le choix et l'application correcte des techniques de production et des pesticides (Sebbane, 2021).

Les observations effectuées montrent que, malgré les mesures préventives (jachère travaillée) et curatives (traitement par herbicides), des adventices ont persisté. Cela souligne l'importance à accorder au contrôle des adventices pour limiter les pertes de production de blé dur en zone semi-aride.

L'apparition des symptômes d'helminthosporiose sur la variété V5 suggère sa sensibilité par rapport aux autres variétés. De même, la présence des criocères et des pucerons, ainsi que des symptômes de viroses, souligne l'importance de surveiller ces ravageurs dans la région de production. Par ailleurs, la présence des coccinelles suggère qu'elles devraient être prises en considération dans une approche écologique pour le contrôle des pucerons dans les systèmes de production céréalière de la région.

2. les conditions climatiques

Les données climatiques révèlent un déficit hydrique en début de cycle, notamment en janvier dans notre étude. Ce déficit peut affecter le peuplement et la capacité de tallage en limitant le développement des racines et en réduisant la surface foliaire, retardant ainsi le démarrage de la culture. Cela peut ensuite diminuer le nombre d'épis produits, une composante essentielle du rendement. Cependant, les besoins en eau de la culture à ce stade sont limités.

En revanche, un déficit hydrique aux stades de montaison et d'épiaison peut affecter considérablement le rendement finale (Saeidi *et al.*, 2015) en affectant surtout la fertilité des épis et le nombre de graines produites (Abid *et al.*, 2018).

3. Evaluation du comportement

L'amélioration des plantes cultivées, y compris le blé dur, vise principalement à accroître la production en termes de quantité et de qualité. Cette amélioration peut être réalisée de différentes manières, soit en se basant directement sur le rendement final, soit en sélectionnant des caractéristiques phénotypiques éprouvées ou à identifier, associées de manière directe ou indirecte à la production.

Cette étude présente une évaluation de diverses variétés dans des conditions semi-arides. La culture pendant cette saison a été confrontée à un léger déficit hydrique au début du cycle et à un déficit hydrique plus marqué entre les stades de montaison et d'épiaison. Les mesures ont été terminées avant la récolte, de sorte que l'évaluation repose sur des traits agronomiques, phénologiques, morphologiques et physiologique, mesurés avant la maturité et la récolte.

Le peuplement est crucial pour la productivité, surtout dans des environnements climatiques instables. En cas de déficit hydrique, un peuplement relativement faible permet d'optimiser le rendement en maximisant la production de biomasse et de talles fertiles (Sebbane *et al.*, 2022). L'absence de différence significative entre les variétés pour le peuplement offre une meilleure précision dans la comparaison des caractéristiques individuelles des plantes des variétés étudiées. La différence statistiquement significative pour les caractères agronomiques est apparue avec la fertilité des talles par plante, qui influe directement sur l'une des composantes du rendement, à savoir le nombre d'épis par unité de surface. La corrélation positive ($r=0,75$) entre ces deux traits renforce cette conclusion. Ces résultats ont également mis en lumière la présence de variabilité au sein de la collection des variétés étudiées.

Les corrélations identifiées suggèrent que le nombre d'épis, une composante essentielle du rendement, dépend largement d'une capacité de tallage significative et, surtout, de la fertilité des talles ou des talles épis. La relation négative entre l'indice du tallage et le peuplement souligne l'un des avantages de la capacité de tallage : la capacité à compenser les plants manquants.

La production de biomasse avant la floraison est un trait associé au rendement des céréales, notamment en présence de déficit hydrique en fin de cycle, une caractéristique typique du climat méditerranéen (Reynolds *et al.*, 2001; Blum, 2014). La corrélation entre la biomasse à la floraison et la teneur relative en eau ($r=0,70$), un indicateur de tolérance à la sécheresse, renforce l'importance de la biomasse pour la productivité dans des conditions de déficit hydrique.

Le taux de chlorophylle est important dans la capture et la conversion de l'énergie solaire en matière organique. Sa concentration est souvent liée à une activité photosynthétique significative, et sa diminution est proportionnelle à l'impact et à la sensibilité au stress (Reynolds *et al.*, 2001; Allahverdiyev, 2015). D'autre part, la stabilité membranaire représente le pourcentage de cellules préservées et non endommagées par le stress. Ce trait physiologique est essentiel dans la sélection pour la tolérance au stress. Les résultats de notre étude ont montré des niveaux de chlorophylle et de stabilité membranaire similaires entre les variétés testées, indiquant une proximité dans leur tolérance au stress vécu.

Les résultats ont également révélé que le taux de chlorophylle est étroitement lié à des caractéristiques agronomiques telles que le nombre de talles, et surtout la fertilité des talles. La forte corrélation observée suggère que la fertilité est attribuable à une capacité photosynthétique plus élevée, même en cas de stress. Ainsi, ce trait peut être utilisé comme

critère de sélection pour identifier des génotypes à la fois productifs et résistants au déficit hydrique.

La surface foliaire et la hauteur de la tige, tout comme le génotype, sont soumises à l'influence des conditions de croissance. Des valeurs élevées de ces paramètres suggèrent des conditions de croissance favorables ainsi qu'une certaine résilience au stress en cas de situations défavorables. Dans notre étude, les variétés anciennes ont présenté les plus grandes hauteurs de tige, tandis que les variétés V3 et V5 se sont distinguées par des feuilles plus larges, leur conférant ainsi une surface photosynthétique plus étendue. Cependant, des recherches antérieures ont noté des corrélations modestes entre la surface foliaire et le rendement en grain (Oulmi *et al.*, 2016), tandis que la hauteur de la tige a été associée à un cycle végétatif plus prolongé.

La teneur relative en eau (TRE) a montré une corrélation positive avec le poids frais ($r = 0,59$), bien que cette corrélation n'ait pas atteint le seuil de signification ($p=0,09$), et le poids sec ($r=0,70$). Cette constatation souligne l'importance de ce paramètre physiologique pour la productivité et l'efficacité dans l'utilisation des ressources, notamment de l'eau, étant le principal facteur de production dans la région. Des niveaux élevés de TRE, surtout en période de déficit hydrique, peuvent résulter d'une meilleure capacité à acquérir et/ou à conserver l'eau (Rachmilevitch *et al.*, 2006). C'est pourquoi ce trait est utilisé comme critère de tolérance au déficit hydrique, et donc de productivité, en période de stress hydrique. Dans notre étude, la variété V6 s'est distinguée par une TRE plus faible, suggérant une sensibilité plus marquée au déficit hydrique par rapport aux autres variétés.

La phénologie des génotypes est un facteur crucial dans la culture du blé, car chaque stade du cycle présente des caractéristiques et des vulnérabilités spécifiques. Dans les hautes plaines algériennes, les risques majeurs pour la production sont les gelées printanières et le déficit hydrique accompagné de températures élevées, susceptibles de réduire les rendements. Les gelées printanières, si elles surviennent pendant l'épiaison, peuvent affecter la fertilité des épis en entraînant une coulure. De même, le déficit hydrique pendant le remplissage des graines peut également causer des pertes.

Pour s'adapter à ces contraintes, le choix de la date de semis est crucial, en tenant compte de la phénologie des variétés, notamment leur précocité à l'épiaison et la durée totale du cycle. L'objectif est de retarder l'épiaison pour éviter les gelées printanières et de compléter le cycle avant l'arrivée des périodes de sécheresse en fin de cycle. Ainsi, les variétés précoces telles que V7, V8 et V9 dans notre étude présentent un avantage d'adaptation aux conditions du climat méditerranéen.

4. Classification des variétés

Le premier axe de l'analyse en composantes principales (ACP) peut être utilisé comme indicateur de la longueur de la tige et de la durée du cycle dans le sens positif (à droite) et comme indicateur des traits ayant une relation positive avec le rendement dans le sens négatif (à gauche). En revanche, le deuxième axe indique une croissance considérable dans les

conditions expérimentales. En se basant sur ces indications et sur le graphique de l'ACP (figure 08), les variétés étudiées peuvent être regroupées comme suit :

1. **Premier groupe (G1) :** Ce groupe se compose des variétés ancestrales V2, V3, V4 et V5, caractérisées par une grande taille de tige, une maturité tardive et une productivité élevée, en raison de leur corrélation avec biomasse produite. La variété V1 est également incluse dans ce groupe, bien qu'elle ait une surface foliaire (SF) moins importante.
2. **Deuxième groupe (G2) :** Ce groupe englobe les variétés V8 et V9, qui présentent une paille courte, une capacité de tallage et de production d'épis des élevée, une teneur élevée en chlorophylle (Chl), ainsi qu'une capacité à maintenir leur hydratation selon la TRE. Ces variétés se montrent efficaces dans l'utilisation des ressources, notamment de l'eau, ce qui se reflète dans la biomasse fraîche et sèche produite.
3. **Autres variétés :**

La variété V7 se distingue des variétés du G2 (V8 et V9) en raison de sa biomasse par plante inférieure.

La variété V6 se démarque des autres génotypes principalement en raison de ses valeurs relativement faibles de TRE, Chl et SF parmi les caractères morpho-physiologiques.

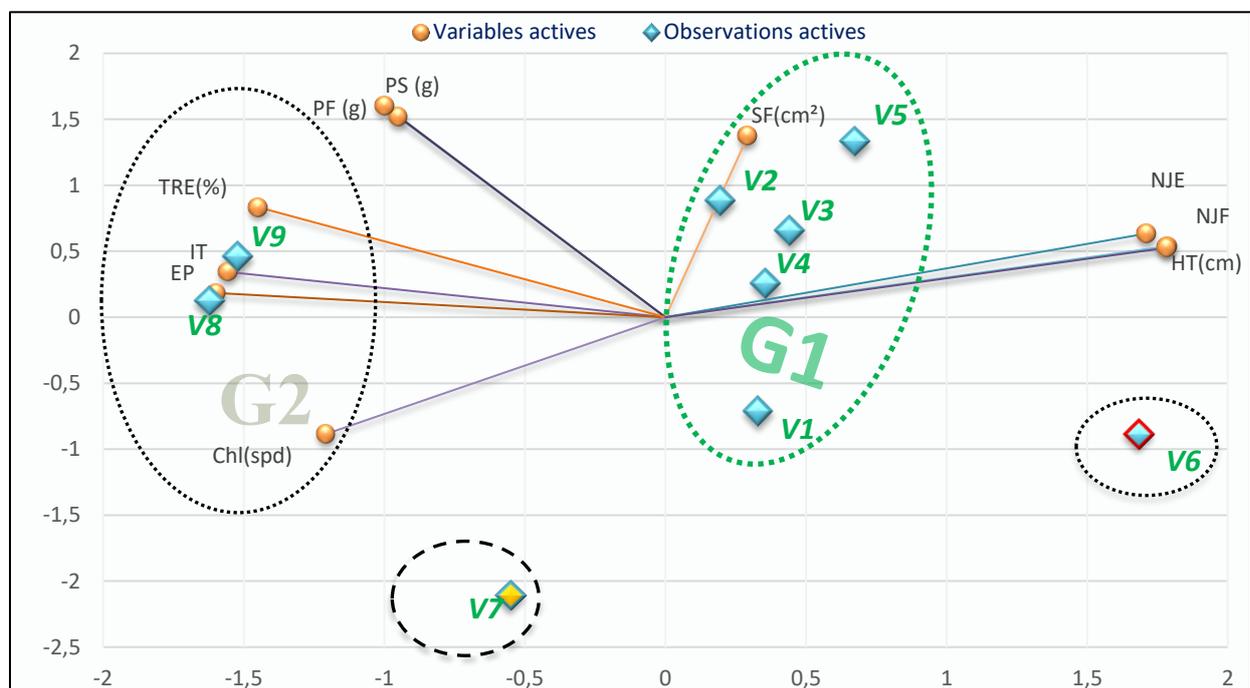


Figure 8: Classification des variétés par l'analyse en composantes principales.

V. Conclusion

Cette étude présente une évaluation de neuf variétés de blé dur en zone semi-aride. Le but de cette évaluation était de comprendre les différences entre les génotypes en termes d'adaptation aux conditions semi-arides, de résilience au stress hydrique et de potentialité de rendement, afin de guider les futurs programmes de sélection variétale.

L'étude s'est déroulée dans des conditions climatiques caractérisées par un déficit hydrique limité en début de cycle, particulièrement en janvier. Un déficit hydrique plus prononcé a également été observé aux stades critiques de montaison et d'épiaison, impactant la fertilité des épis et le nombre de graines produites.

Les résultats de l'analyse de la variance ont montré la présence d'une variabilité significative entre les variétés, notamment en ce qui concerne la fertilité des talles, la surface foliaire (SF), et la teneur relative en eau (TRE). L'analyse des corrélations a révélé une corrélation positive entre la TRE et le poids sec ($r = 0,70$), soulignant l'importance de ce trait pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité. La teneur en chlorophylle (CHL) s'est révélée liée à des traits agronomiques tels que la fertilité des talles, suggérant son utilisation comme critère de sélection pour les génotypes résistants au déficit hydrique. Les variétés présentant une TRE et une CHL élevées ont montré une meilleure tolérance au stress hydrique.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) montrent que les variétés peuvent être classées comme suit : un premier groupe (G1) comprend les variétés ancestrales V2, V3, V4 et V5, ainsi que V1. Ces variétés sont caractérisées par une grande taille de tige, une maturité tardive et une productivité élevée. Un deuxième groupe (G2) englobe les variétés V8 et V9, qui possèdent une paille courte, une bonne capacité de tallage et de production d'épis, et une efficacité élevée dans l'utilisation des ressources. Quant aux autres variétés, la variété V7 se distingue par une biomasse par plante inférieure à celle de G2, tandis que la variété V6 se démarque par des valeurs relativement faibles de TRE, CHL et SF.

Des mesures complémentaires et des essais supplémentaires sont nécessaires pour confirmer les résultats obtenus et approfondir les connaissances sur les mécanismes de tolérance au stress hydrique. Il est crucial de tester ces variétés dans différentes conditions climatiques et sur plusieurs cycles de culture pour assurer la fiabilité des traits identifiés pour la sélection.

VI. Références bibliographiques

- Abid, M., Ali, S., Qi, L. K., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., Snider, J. L., & Dai, T. (2018). Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Reports*, 8(1), 4615.
- Addinsoft. (2024). XLSTAT statistical and data analysis solution. <https://www.xlstat.com>
- Allahverdiyev, T. I. (2015). Physiological traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought stress. *Agricultural Sciences*, 6(8), 848-859.
- Algérie Presse Service. (2024, March 18). Les unités de production agricoles se spécialiseront dans les cultures stratégiques. <https://www.aps.dz/regions/168418-les-unites-de-production-agricoles-se-specialiseront-dans-les-cultures-strategiques>
- Bajji, M., Lutts, S., & Kinet, J. M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160(4), 669-681.
- Barrs, H. D. (1968). Determination of water deficits in plant tissues. In T. T. Kozlowski (Ed.), *Water deficits and plant growth* (Vol. 1, pp. 235-368). Academic Press.
- Blum, A. (2014). The abiotic stress response and adaptation of triticale—A review. *Cereal Research Communications*, 42(3), 359-375.
- Bouzerzour, H., & Monneveux, P. (1993). Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts-plateaux de l'Est algérien. In *Les Colloques de l'INRA* (No. 64, pp. 139-158).
- Ceoloni, C., & Jauhar, P. P. (2006). Chromosome engineering of the durum wheat genome: Strategies and applications of potential breeding value. In R. J. Singh & P. P. Jauhar (Eds.), *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: Cereals* (Vol. 2, pp. 27-59). CRC Press.
- Direction de la Statistique Agricole et des systèmes d'Information. (2021). [Statistical report]. Ministère de L'Agriculture et du développement Rural.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *World food and agriculture – Statistical yearbook 2023*. FAO.
- Faurès, J. M., Hoogeveen, J., & Bruinsma, J. (2002). *The FAO irrigated area forecast for 2030*. FAO.
- Feillet, P., Autran, J. C., & Icard-Verniere, C. (2000). Pasta brownness: An assessment. *Journal of Cereal Science*, 32(3), 215-233.
- Kirouani, A., Kiar, R. O., Boukhalfoun, L., & Fellahi, Z. E. A. (2019). Caractérisation de quelques variétés Algériennes de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) par le biais des marqueurs phénotypiques. *Journal of Applied Biosciences*, 142, 14464-14477.
- Mourad, A. M., Alomari, D. Z., Alqudah, A. M., Sallam, A., & Salem, K. F. (2019). Recent advances in wheat (*Triticum* spp.) breeding. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: Cereals* (Vol. 5, pp. 559-593). Springer.

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). World population prospects 2022. <https://population.un.org/wpp/>
- Ortiz, R., Trethowan, R., Ferrara, G. O., Iwanaga, M., Dodds, J. H., Crouch, J. H., Crossa, J., & Braun, H. J. (2007). High yield potential, shuttle breeding, genetic diversity, and a new international wheat improvement strategy. *Euphytica*, 157, 365-384.
- Oulmi, A., Semecheddine, N., Fellahi, Z. E., Selmi, M., Laala, Z., Rabti, B., & Benmahammed, A. (2016). Étude de la réponse et du comportement des individus de quatre populations de blé dur (*Triticum durum* Desf.) envers les variables phéno-morpho-physiologiques et agronomiques sous conditions des zones semi-aride. *Revue Agriculture*, 12, 100-113.
- Rachmilevitch, S., Lambers, H., & Huang, B. (2006). Root respiratory characteristics associated with plant adaptation to high soil temperature for geothermal and turf-type *Agrostis* species. *Journal of Experimental Botany*, 57(3), 623-631.
- Rouabhi, A., Kebiche, M., & Hafsi, M. (2018). Climate change during the last century in Sétif Province. *Agriculture*, 8(2), 61-75.
- Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I., & McNab, A. (Eds.). (2001). Application of physiology in wheat breeding. CIMMYT.
- Saeidi, M., & Abdoli, M. (2015). Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(4), 885-898.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671-675.
- Sebbane, M., Hafsi, M., & Tahirine, M. (2022, December 1). Contribution de quelques traits dans la biomasse et le rendement de quelques variétés locales de blé dur sous déficit hydrique [Paper presentation]. Première Journée d'Etude sur la Vulnérabilité de la Céréaliculture : Quelles solutions pour demain ? « JE-VCQSD 2022 », Tiaret, Algérie.
- Sebbane, M. (2021). Opportunités d'amélioration de la production de blé dur en zone à contrainte hydrique [Doctoral dissertation, Université Ferhat Abbas Sétif 1].
- Shewry, P. R. (2021, November 20). The contribution of wheat to human nutrition and health. A Year on the Field. <https://ayearonthefield.com/the-contribution-of-wheat-to-human-nutrition-and-health/>
- Tanji, A. (2005). Adventices du blé et de l'orge au Maroc. Editions INRA Maroc.
- Xynias, I. N., Mylonas, I., Korpetis, E. G., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I. D., & Mavromatis, A. G. (2020). Durum wheat breeding in the Mediterranean region: Current status and future prospects. *Agronomy*, 10(3), 432.

VII. Annexe : tableaux d'analyse de la variance

Nombre de plants (plant/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	28846,30	3605,79	1,88	0,13
Bloc	2	918,52	459,26	0,24	0,79
Erreur	16	30731,48	1920,72		
Total	26	60496,30			

Nombre de talles (talles/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	94651,85	11831,48	0,70	0,69
Bloc	2	91162,96	45581,48	2,70	0,10
Erreur	16	270270,37	16891,90		
Total	26	456085,19			

Nombre d'épis NE(épis/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	62683,33	7835,42	2,71	0,04
Bloc	2	35466,67	17733,33	6,13	0,01
Erreur	16	46266,67	2891,67		
Total	26	144416,67			

Indice de tallage

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	2,40	0,30	0,95	0,51
Bloc	2	0,85	0,42	1,34	0,29
Erreur	16	5,07	0,32		
Total	26	8,33			

Nombre d'épis par plante

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	1,79	0,22	3,91	0,01
Bloc	2	0,46	0,23	4,02	0,04
Erreur	16	0,92	0,06		
Total	26	3,16			

Poids frais d'une plante (PF (g))

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	181,25	22,66	2,95	0,03
Bloc	2	10,23	5,12	0,67	0,53
Erreur	16	122,99	7,69		
Total	26	314,48			

Pois sec d'une plante (PS (g))

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	36,17	4,52	1,91	0,13
Bloc	2	4,02	2,01	0,85	0,45
Erreur	16	37,95	2,37		
Total	26	78,14			

Surface foliaire (SF(cm²))

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	247,03	30,88	7,46	< 0,001
Bloc	2	10,72	5,36	1,30	0,30
Erreur	16	66,20	4,14		
Total	26	323,95			

Hauteur de la tige (cm)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	5089,88	636,24	53,14	< 0,001
Bloc	2	407,76	203,88	17,03	< 0,001
Erreur	16	191,57	11,97		
Total	26	5689,22			

Teneur en chlorophylle (SPAD)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	59,83	7,48	0,95	0,51
Bloc	2	12,88	6,44	0,82	0,46
Erreur	16	126,39	7,90		
Total	26	199,10			

Teneur relative en eau (TRE %)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	0,03	0,00	2,77	0,04
Bloc	2	0,01	0,01	3,79	0,05
Erreur	16	0,02	0,00		
Total	26	0,07			

Stabilité membranaire (SM_(%))

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	0,06	0,01	2,15	0,09
Bloc	2	0,00	0,00	0,05	0,95
Erreur	16	0,05	0,00		
Total	26	0,11			

Nombre de jour à l'épiaison (jours)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	571,85	71,48	54,95	< 0,001
Bloc	2	1,85	0,93	0,71	0,51
Erreur	16	20,81	1,30		
Total	26	594,52			

Nombre de jours à la floraison (jours)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	8	64,00	8,00	3,51	0,02
Bloc	2	4,22	2,11	0,93	0,42
Erreur	16	36,44	2,28		
Total	26	104,67			

Résumé

Cette étude évalue neuf variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région de Sétif, en Algérie, pour déterminer leur adaptation aux conditions semi-arides. La saison agricole a été marquée par un déficit hydrique limité au début du cycle et un autre important aux stades montaison et épiaison. L'analyse de variance a révélé une variabilité significative entre les variétés pour le nombre d'épis par plante et par unité de surface, la biomasse fraîche par plante à la floraison, la surface foliaire, la teneur relative en eau (TRE), la hauteur de la tige et la précocité à l'épiaison et à la floraison. La TRE et le poids sec des plantes étaient positivement corrélés, tandis que la teneur en chlorophylle (CHL) était liée à la fertilité des talles. Cela suggère l'utilisation de la TRE, de la CHL et de la fertilité des talles dans la sélection pour la tolérance au déficit hydrique et la productivité. L'analyse en composantes principales a classé les variétés en deux groupes : cinq variétés ancestrales avec une longue tige, un cycle long et une biomasse élevée, et deux variétés améliorées avec une paille courte, une bonne capacité de tallage et une utilisation efficace des ressources. La troisième variété améliorée avait une biomasse inférieure à celle du deuxième groupe, tandis que la sixième variété ancestrale avait des valeurs relativement faibles de TRE, de CHL et de surface foliaire. Des mesures et des essais supplémentaires sont recommandés pour confirmer ces résultats et comprendre les mécanismes de tolérance au déficit hydrique.

Mots clés: Blé dur (*Triticum durum* Desf.), Zone semi-aride, Déficit hydrique, Variété, Sélection.

ملخص

تقيم هذه الدراسة تسعة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) في منطقة سطيف بالجزائر لتحديد مدى تكيفها مع الظروف شبه الجافة. تميز الموسم الزراعي بنقص مائي محدود في بداية الدورة وآخر أكثر حدة تزامن مع مرحلتَي الاستطالة والتسييل. كشف تحليل التباين عن وجود اختلاف معتبر بين الأصناف فيما يتعلق بعدد السنابل لكل نبتة ولكل وحدة مساحة، والكتلة الحيوية الطازجة للنباتة عند الإزهار، والمساحة الورقية، والمحتوى النسبي من الماء (TRE)، وارتفاع الساق، والتبكير في التسييل والإزهار. كانت TRE والكتلة الجافة للنباتات مترابطة إيجابياً، بينما كان محتوى الكلوروفيل (CHL) مرتبطاً بخصوبة الأشطاء. وهذا يشير إلى استخدام TRE و CHL وخصوبة الأشطاء في الانتقاء لتحمل نقص المياه والإنتاجية. صنف التحليل بالمكونات الرئيسية الأصناف إلى مجموعتين: خمس أصناف قديمة ذات ساق طويلة ودورة طويلة وكتلة حيوية عالية، وصنفين محسنين ذو ساق قصيرة وقدرة جيدة على الأشطاء واستخدام فعال للموارد. كان للصنف المحسن الثالث كتلة حيوية أقل من المجموعة الثانية، بينما كان للصنف القديم السادس قيم منخفضة نسبياً من TRE و CHL والمساحة الورقية. القيام بقياسات وتجارب إضافية ستساعد في تأكيد هذه النتائج وفهم آليات تحمل نقص المياه.

كلمات مفتاحية: القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)، منطقة شبه جافة، نقص مائي، صنف، انتخاب