

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

Département des sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité. Productions végétales





Thème

**Etude du potentiel de production
de quelques variétés de blé dur
dans les zones sublittorales**

Présenté par  Mlle CHAOUADI Khadidja

 Mlle LHADJ MOHAND Hadjila

Devant le jury

 Mme BOUTEBTOUB Wahiba	MCB	Présidente
 Mme LAHMISSI Amina	MCB	Promotrice
 Dr. KHERIF Omar Directeur FDPS-	ITGC	Co-promoteur
 Mme PLOSKAYA Marina	MCB	Examinatrice

Année universitaire

2023-2024

Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce travail, on tient à exprimer nos sincères remerciements et notre gratitude à

Notre promotrice Mme LAHMISSI A. pour nous avoir donné l'opportunité d'accepter de nous superviser.

Nous le remercions tout particulièrement de nous avoir fait confiance, de nous avoir guidé, corrigé et encouragé tout au long de ce travail.

Nous remercions notre Co-promoteur M. KHERRIF O. pour les orientations et les conseils durant la réalisation de ce travail

Nous exprimons notre reconnaissance à Mme BOUTABTOUB W. qui a accepté de présider le jury

Nous remercions également Mme CHAIBI-PLOSKAYA M. d'avoir accepté de nous faire l'honneur d'examiner ce mémoire.

Nous exprimons notre reconnaissance à Mme Bouhouchine et Mme Boutbila et à toute l'équipe de l'ITGC d'Oued Smar pour son aide dans toutes les démarches pratiques depuis la mise en place de l'essai jusqu'à la récolte.

Enfin, pour toute personne qui nous a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et que nous n'avons pas cité dans ces quelques lignes.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail

à tous ceux qui me sont chers,

A ma chère mère,

A mon cher père,

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard,
de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

A mes chères sœurs Fatima, Narimane et Wissam,

Pour le soutien et les conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher mari Hakim,

Pour son amour infini et son soutien sans faille.

A mon cher grand-père

A qui je souhaite une longue vie et une bonne santé

A mes chers oncles et tantes

A ma chère amie, mon binôme Khadidja et toute sa famille

A tous les camarades de la promotion Productions Végétales 2023/2024

HADJILA

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents SAÏD et SADJIA

qui me sont les plus chers au monde en reconnaissance de leurs divers sacrifices, de leurs précieux conseils, de leur soutien moral et de leurs encouragements

que dieu vous protège et vous donne longue vie.

A mon très cher frère Amar,

que dieu te garde pour nous.

A mes très chers et adorables sœurs Hadjira, Amina, Sassi, Meriem et leurs maris,

que dieu sera toujours avec vous et illumine vos vies.

A mes chères nièces Sanaa, Nelia, Aylina, maylisse et mon neveu Salaf que dieu les protège.

A mon cher Amine qui je trouve toujours à mes coté

Que dieu le garde pour moi

A mes meilleurs amis Zakia et Hadjila

avec qui je partage tous les moments de ma vie mauvaise ou bonnes, elles m'ont aidé et donné le courage durant ce trajet.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous les camarades de la promotion productions végétales 2023 / 2024.

RHADIJA

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique du blé dur	2
Tableau 2. Principales maladies du blé dur	12
Tableau 3. Superficie, production, rendement de blé dur en Algérie dans l'année..	16
Tableau 4. Normes exigées pour la production de semences.....	24
Tableau 5. Précipitations enregistrées de la région d'Oued Smar durant la campagne 2023/2024	29
Tableau 6. Températures mensuelles de la campagne 2023-2024.....	30
Tableau 7. Bulletin d'analyse du sol de la ferme ITGC Oued Smar.....	31
Tableau 8. Taux d'azote du sol de la ferme Oued Smar	32
Tableau 9. Faculté germinative	41
Tableau 11. Moyennes du nombre de plants par mètre carré.....	43
Tableau 12. Date d'épiaison de chaque variété.	45
Tableau 13. Moyennes de la hauteur des plants.	46
Tableau 14. Moyennes du nombre d'épis par mètre carré.	47
Tableau 15. Moyennes du nombre de grains par 10 épis.	49
Tableau 16. Moyennes du poids de mille grains	50
Tableau 17. Moyennes du rendement biologique de chaque variété.	53
Tableau 18. Maladies observées sur les différentes variétés du blé dur.	54

Liste des figures

Figure 1. Histoire du développement du blé.....	1
Figure 2. Généalogie du blé dur	2
Figure 3. Description morphologique de la plante de blé dur	3
Figure 4. Anatomie et histologie du grain de blé	4
Figure 5. Différents stades de développement du blé	6
Figure 6. Tâche auréolé du blé dur	12
Figure 7. Septoriose du blé dur	12
Figure 8. Oïdium du blé dur	13
Figure 9. Carie commune	13
Figure 10. Rouille brune.....	13
Figure 11. Principaux pays producteurs dans le monde durant la période 2018-2023	14
Figure 12. Principaux exportateurs de blé dans le monde 2014-2023	15
Figure 13. Évolution de superficie, production et collecte des blés durant 1998-2019	17
Figure 14. Étapes de la sélection généalogique du blé	21
Figure 15. Schéma de sélection de blé dur en Algérie (source l'ITGC, 2023)	26
Figure16. Situation géographique de l'ITGC.....	28
Figure 17. Station métrologique de « Oued Smar »	28
Figure 18. Diagramme de la pluviométrie de la campagne 2023-2024	29
Figure 19. Diagramme des Températures durant la campagne 2023-2024.....	30
Figure20. Dispositif expérimentale	33

Figure 21. Semoir expérimental	34
Figure 22. Compteur automatique de grains	35
Figure 23. Balance électronique	36
Figure 24. Faculté germinative sous les conditions de laboratoire	36
Figure 25. Cadre métallique d'un mètre carré	37
Figure 26. Comptage de peuplement	37
Figure 27. Mètre en bois	38
Figure 28. Batteuse à épis.....	39
Figure 29. Faculté germinative	42
Figure 30. Représentation graphique de la faculté germinative	42
Figure 31. Représentation graphique du nombre de plants par mètre carré	44
Figure 32. Représentation graphique de la hauteur des plants	46
Figure 33. Représentation graphique du nombre d'épis par mètre carré.....	48
Figure 34. Représentation graphique du nombre de grains par 10 épis.....	49
Figure 35. Représentation graphique du poids de mille grains	51
Figure 36. Représentation graphique du rendement biologique.....	53
Figure 37. Rouille brune	54
Figure 38. Tache auréolée	54

Liste des abréviations

ETP.	Evapotranspiration Potentielle.
FAO.	Food and Agriculture Organization.
FG.	Faculté germinative.
G1-G4.	De la première génération jusqu'à la quatrième.
ITGC.	Institut Technique des Grandes Cultures.
ITIS.	Integrated Taxonomic Information System.
LCQC.	Laboratoire de Contrôle de Qualité et de Conformité.
MADR.	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
OAIC.	Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.
R1.	Répété 1.
R2.	Répété 2.
SAM.	Sélection assistée par marqueurs
SAU.	Surface Agricole Utilisée
TDR.	Taux de récolte
Tr.	Trace.

Sommaire

Introduction

I. Synthèse bibliographique

Partie 1. Généralités sur le blé dur

1. Historique	1
2. Origine génétique	1
3. Classification botanique	2
4. Description morphologique	3
4.1. Plante.....	3
4.2. Grain.....	4
5. Caractéristiques biologiques	5
5.1. Période végétative	6
5.2. Période reproductrice	6
6. Exigences de la culture du blé	8
6.1. ExigencesécologiqueS.....	8
6.2. Itinéraire technique.....	9
7. Maladies du blé dur	12
8. Importance économique du blé	14
8.1. Dans le monde.....	14
8.2. EnAlgérie.....	16

Partie 2. Amélioration génétique de blé

1. Définition	18
2. Sélection	19
2.1. Sélection classique.....	19

2.2. Sélection moderne.....	21
-----------------------------	----

Partie 3. Production de semences

1. Semence	23
2. Production de semence	23
3. Caractéristiques d'une bonne semence	24
4. Catégories de la semence	24
5. Les étapes de la production de semences	25

Chapitre 2. Matériel et méthodes

1. Étude du milieu d'expérimentation	27
1.1. Présentation De la station d'Oued Smar.....	27
1.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la station	28
1.3. Conditions pédologiques	31
2. Protocole expérimentale	32
2.1. Matériel végétal	32
2.2. Dispositif expérimental	32
3. Conduite de l'essai	35
3.1. Précédent cultural	35
3.2. Travail du sol	35
3.3. Semis	35
3.4. Irrigation	36
3.5. Fertilisation	36
3.6. Désherbage	36
4. paramètres étudiés	36
4.1. Mise en place du couvert végétal	36
4.1.1. Poids DeMille grains (PMG)	36

4.1.2. Faculté germinative	37
4.1.3. Dose de semis	38
4.1.4. Le nombre de plants par mètre carré	38
4.2. Détermination des différents stades phrénologiques	39
4.3. Etude morphologique	39
4.4. Les composants du rendement	40
4.4.1. Nombre d'épis par mètre carré	40
4.4.2. Nombre du grain par 10 épis	40
4.4.3. Le rendement biologique	40

Chapitre 3. Résultats et discussion

1. La mise en place du couvert végétal	41
1.1. Faculté germinative	41
1. 2.Le nombre de plants par mètre carré	43
2. Caractères phrénologiques	45
3. Étude morphologique	45
4. Composants du rendement	47
4.1. Nombre d'épis par mètre carré	47
4.2. Nombre de grains par 10 épis	49
4.3. Poids de mille grains	50
4.4. Rendement biologique	53
5.maladies	54

Conclusion

Références bibliographique

Annexes Résumé

Introduction générale

Les céréales jouent un rôle fondamental à l'échelle mondiale au sein du système agricole. Elles occupent une position centrale et cruciale dans la production alimentaire, offrant une source essentielle de nutriments pour de nombreuses populations à travers le monde. Les céréales représentent un pilier clé de la sécurité alimentaire mondiale, contribuant de manière significative à la satisfaction des besoins énergétiques de la population mondiale.

Selon (Joël et *al.*, 2009), les céréales continuent de constituer la pierre angulaire de notre alimentation en raison de plusieurs facteurs. Leur culture offre des modes de production, de récolte, de stockage et de transport relativement simples, facilitant ainsi leur intégration dans les systèmes alimentaires mondiaux. De plus, la diversité des zones géographiques où les céréales sont produites contribue à assurer une disponibilité mondiale.

Parmi les céréales, le blé se distingue comme la céréale la plus consommée à l'échelle mondiale et la plus largement commercialisée sur le marché international. Une grande partie de la production de blé est destinée à la consommation humaine directe, sous forme de produits tels que le pain, les crêpes, les pâtes, les biscuits et bien d'autres. Le blé est également utilisé dans diverses industries alimentaires pour produire une gamme étendue de produits transformés. Par ailleurs, une portion significative de la récolte de blé est allouée à l'alimentation animale (Namoune et *al.*, 2000).

Ces dernières années, la production de blé a augmenté grâce à l'amélioration des variétés et à l'utilisation de meilleurs intrants. En effet, la FAO « Food and Agriculture Organization of the United Nations » estime que la production mondiale de céréales devrait atteindre durant la campagne 2023/2024, un nouveau niveau record de 2 847 millions de tonnes, soit 1,2 pour cent de plus qu'en 2022/2023.

D'après les données de la FAO, (2023), les trois principaux producteurs de blé au monde en 2021/2022, sont la Chine avec une superficie de 9.597 millions km² et l'Union européenne avec une superficie de 4.233 millions km², chacune produisant plus de 130 millions de tonnes, ainsi que l'Inde avec une superficie 3.287 millions km², avec une production de plus de 100 millions de tonnes.

Le rendement moyen du blé est la résultante de plusieurs composantes, notamment la variété, l'environnement et les pratiques culturales. Il varie d'un pays à un autre, il est d'environ 75qx/ha en France alors qu'en Algérie, ce rendement est considéré exceptionnel.

Selon le ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2020), le blé est un enjeu majeur pour l'Algérie dont la consommation nationale atteint 10 millions de tonnes.

Le blé constitue environ 60 % de la ration alimentaire des Algériens. La production de blé a atteint 3,3 millions de tonnes dont la superficie totale ensemencée en céréales au cours de l'année 2022 est estimée à 2.900.000 hectares dont 54 % en blé dur, 29 % en orge, 14 % en blé tendre et 3 % en avoine (MADR, 2022).

L'Algérie ne produit pas assez de blé dur pour satisfaire les besoins nationaux, elle est le troisième plus grand importateur du blé dans le monde ce qui fait d'elle un marché appétissant pour les producteurs de céréales (MADR, 2020). D'après les données de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC, 2020), les importations de blé en Algérie constituent 65 % du total des importations de céréales. Ces importations atteignent jusqu'à 8 millions de tonnes de blé, engendrant une facture dépassant les 1,9 milliard de dollars.

A ce propos, L'Algérie vise depuis longtemps, à augmenter sa production de blé, pour cela, l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) est chargé du développement de la filière des grandes cultures, rassembler, expérimenter et identifier les techniques susceptibles d'améliorer la productivité des espèces des grandes cultures en relation avec les conditions agroclimatiques. Sur la base de ses résultats, il est chargé de recommander toute technique appropriée et toute action pour augmenter les rendements et atténuer les pertes et l'impact des risques agroclimatiques (ITGC, 2019).

L'ITGC veille sur la production de semences, en qualité et en quantité, des générations de pré-base et de base jusqu'à obtenir la semence certifiée (R1, R2) des variétés et des espèces des grandes cultures sélectionnées.

Dans ce contexte, nous avons réalisé un stage à l'ITGC pour contribuer à l'étude du potentiel de production de quelques variétés de blé dur en cours d'amélioration parmi des centaines de lignées avancées créées et suivies à l'ITGC dans le but de les homologuer et de les inscrire au catalogue national des variétés.

Notre manuscrit renferme trois chapitres, le premier se compose de trois parties : la première présente des généralités sur le blé dur et son importance ; la seconde traite de l'amélioration génétique des plantes et la dernière partie aborde la production de semences. Dans le deuxième chapitre, nous détaillons toutes les méthodes sur lesquelles nous nous sommes appuyés ainsi que les outils utilisés. Dans le troisième chapitre, nous présentons les résultats obtenus ainsi que nos analyses et discussions sur les résultats.

I. Culture de blé dur

1. Historique

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006), c'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il constitue la base alimentaire des populations du globe (Yves et Buyer, 2000). Pendant plusieurs siècles, il a été vénéré comme un dieu et associé à la pluie, l'agriculture et la fécondité (Ruel, 2006).

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010). Sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet, 2000).

Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et *al*, 2001).

2. Origine génétique

Les montagnes du Karaca dag, dans le sud-est de la Turquie, sont le probable berceau des blés.

L'histoire commence par une hybridation naturelle qui a donné un blé tétraploïde (2 jeux de $2 \times 7 = 28$ chromosomes) aux grains vêtus, *Triticum dicoccoides* (Arvalis, 2017). L'évolution du génome de blé a donné deux espèces ancestrales, *Triticum monococcum* et *Triticum dicoccum* qui sont à l'origine de blé, *Triticum durum* et *Triticum aestivum* (fig.1, 2).

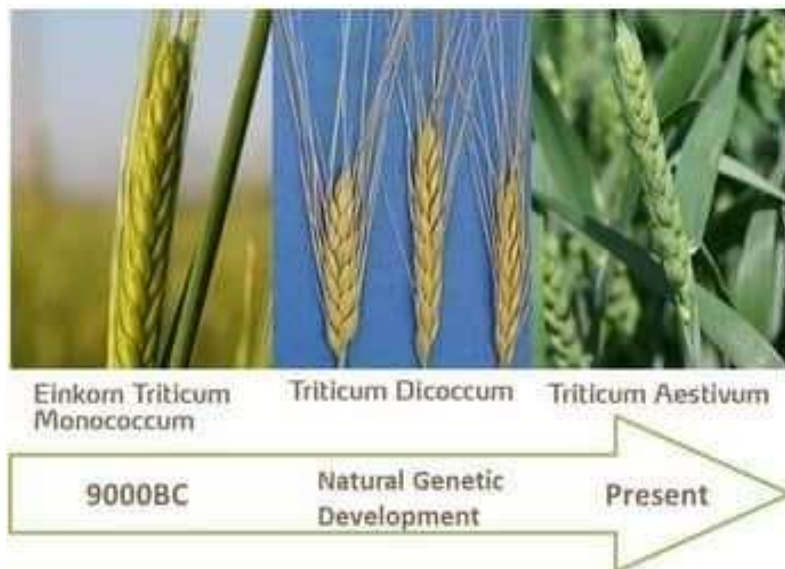
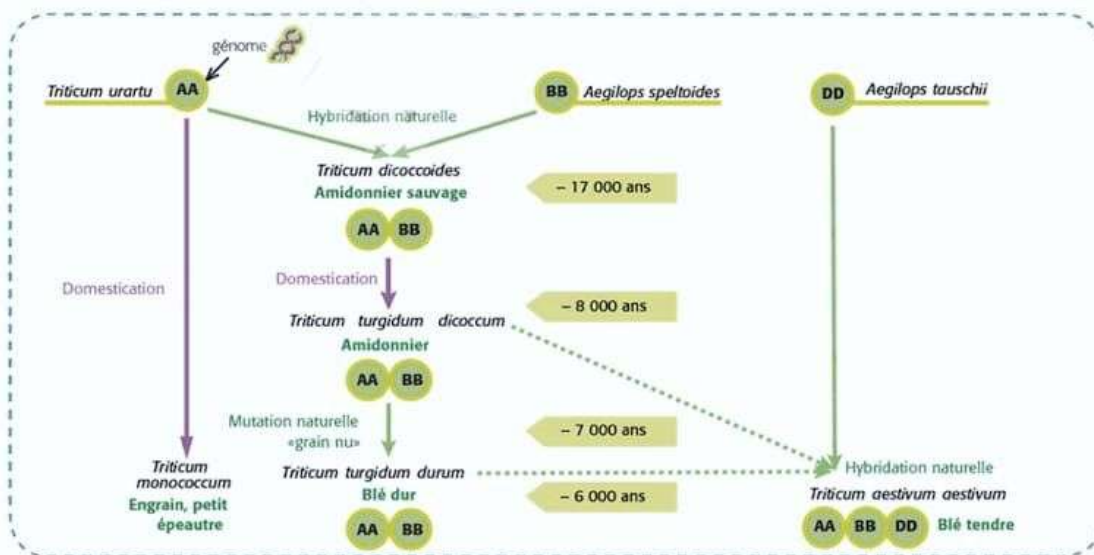


Figure 1. Histoire du développement du blé (Arvalis, 2017)

Le blé dur, proche de celui que nous connaissons aujourd'hui, est apparu environ 7000 ans avant J.C, suite à une mutation donnant un blé à grains nus. C'est un des parents possibles du blé tendre (3 jeux = 42 chromosomes). Le génome D, absent chez le blé dur, a apporté au blé tendre une adaptation aux régions à hiver froid et été humide (fig.2). Le blé dur a ainsi colonisé les régions méditerranéennes pendant que le blé tendre s'étendait en Europe continentale et en Asie centrale (Arvalis, 2017).

**Figure 2.** La généalogie du blé dur (Arvalis, 2017)

3. Classification botanique

Le blé dur, *Triticum durum* est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant à la famille des poaceae. Selon la classification taxonomique du système d'information taxonomique intégré (ITIS : Integrated Taxonomic Information System), la hiérarchie taxonomique du blé dur est la suivante.

Tableau 1. La classification botanique du blé dur (ITIS, 2021) :

Règne	Plantae
Super Division	Embryophyta
Classe	Magnoliophyta
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	<i>Triticum L</i>

espèce

Triticum durum Desf

4. Description morphologique

Il s'agit d'une graminée de hauteur moyenne dont la structure morphologique générale est la suivante :

4.1. La plante

Selon l'ITGC (2001), Clarke et *al.*, (2002), Boulal et *al.*, (2007) et Hamadache (2013), la plante se caractérise par (fig.3) :

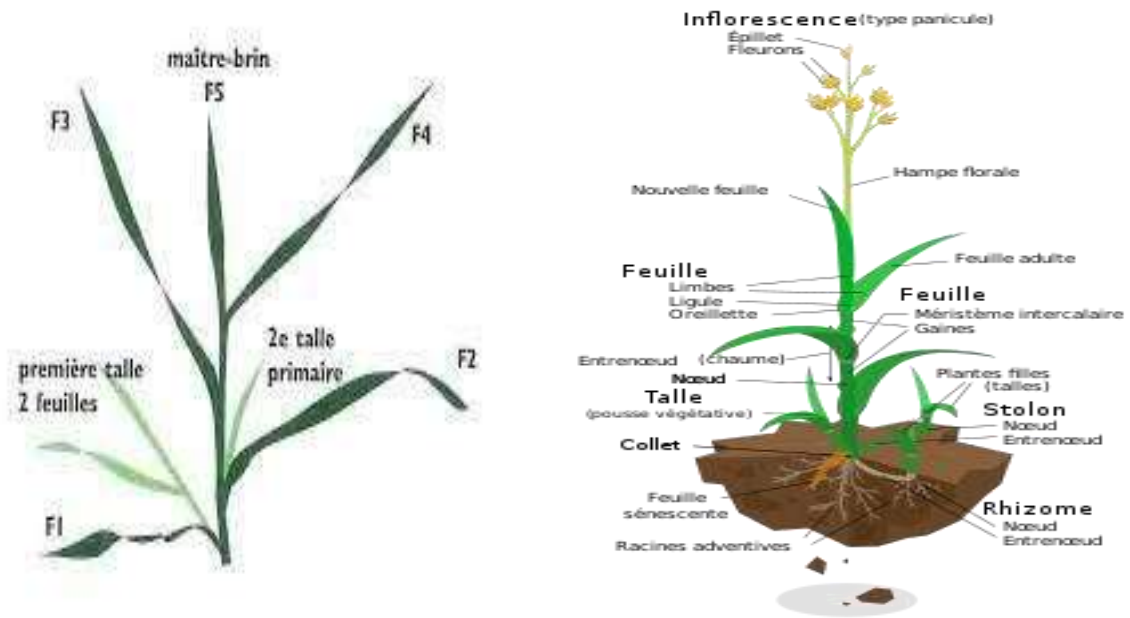


Figure 3. Description morphologique de la plante de blé dur (Wikipédia, consulté en 2024)

a) **La partie aérienne** se compose de :

- ✚ **La tige** : est généralement cylindrique, dressée, creuse et cloisonnée par des nœuds pleins et renflés
- ✚ **Les feuilles** : la feuille du blé est à nervures parallèles et se compose de deux parties ; la gaine et le limbe. La gaine est attachée au niveau des nœuds. Le limbe possède à la base deux prolongements arqués qui embrassent plus ou moins complètement la tige : les oreillettes ou stipules.
- ✚ **L'épi** : est composé de petits épis ou épillets. L'épillet est constitué par une petite grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles.
- ✚ **La fleur** : elle comprend typiquement trois étamines et un ovaire ; c'est une fleur hermaphrodite.

b) **La partie sous-terrain** se compose de :

- ✚ **Les racines** : le blé possède deux types de racines ; les racines séminales ou primaires issues de l'embryon et qui sont propres au maître-brin, et les racines secondaires ou adventices propres aux talles secondaires. Le blé dur, en général, ne forme que 6 racines. (Fig. 3).

4.2. Le grain

Un grain de blé dur pèse entre 30 et 60 mg, mesure environ 8 mm et présente un diamètre moyen de l'ordre de 3 mm. Il présente, sur la surface ventrale, un sillon longitudinal (fig.4).

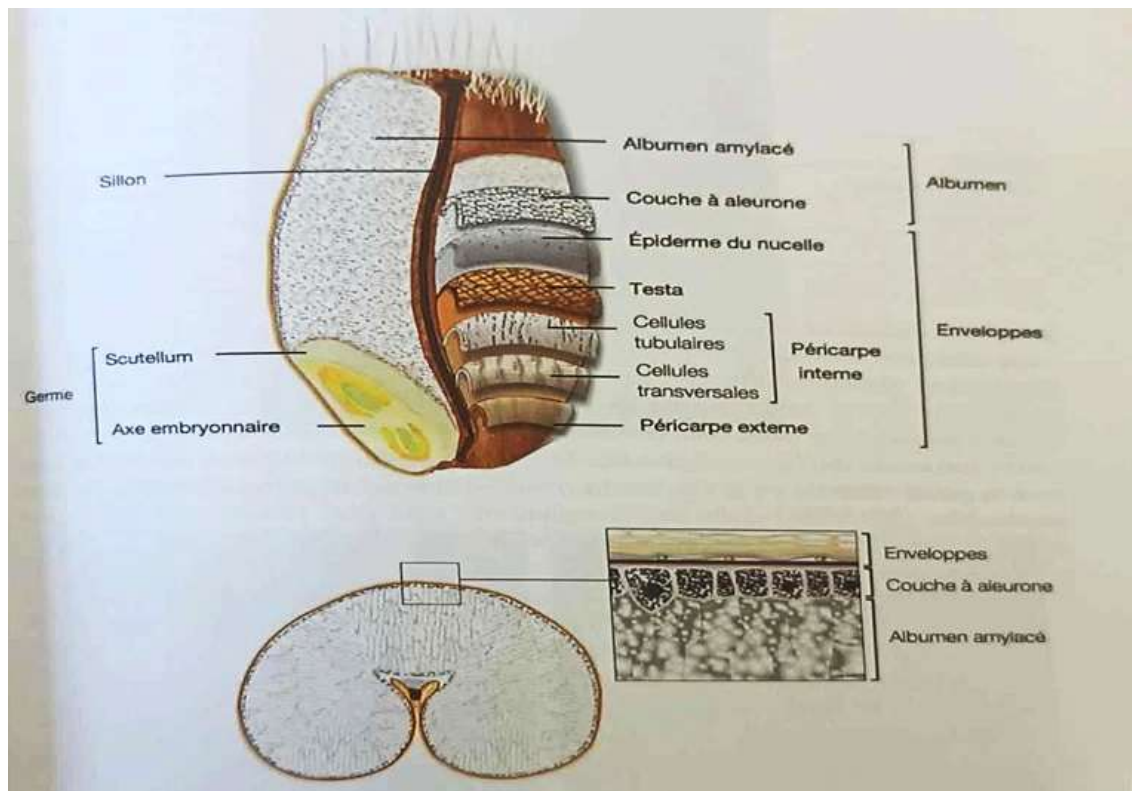


Figure 4. Anatomie et histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005)

La structure et la composition du grain du blé dur sont typiques des céréales à grains nus (Surget et Barron,2005).

- Le germe (3% du poids du grain) est constitué du scutellum et de l'axe embryonnaire, qui donnera, lors de la germination, la tigelle, le mesocotyle et la radicule de la future plantule (Ben Mbarek,2017).
- L'albumen, appelé communément « amande » (86%), est un tissu de réserve destiné à alimenter la jeune plante jusqu'au stade 2 feuilles. Il est constitué

de l'albumen amylicé et de la couche à aleurone. L'albumen amylicé est essentiellement composé d'amidon (82%) et de protéines (12%). A sa périphérie, la couche à aleurone (6-8% de la masse du grain) est, avec l'embryon, un tissu métaboliquement actif qui permet au germe de mobiliser les réserves de l'amande lors de la germination. Elle recouvre l'intégralité de l'albumen amylicé, à l'exception des zones où ce dernier est en contact avec le germe. Lors de l'initiation et au cours de la germination, la couche à aleurone produit les enzymes chargées d'hydrolyser les réserves (amidon et protéines) contenues dans l'albumen amylicé. Elle est particulièrement riche en protéines (28%), en minéraux (12%) et en fibre (49%) (Ben Mbarek, 2017).

- Les enveloppes (11 %) entourent l'albumen. On distingue, de l'extérieur vers l'intérieur : les péricarpes externe et interne, le testa et l'épiderme du nucelle. Elles sont essentiellement composées de fibres (85 %) et riches en minéraux (6 %).

Le grain de blé dur est composé de macronutriments : les glucides (78%), dont le principal est l'amidon, les protéines (14%), les lipides (2.6) et les fibres (5.4). Il contient aussi des micronutriments (vitamines et minéraux).

5. Caractéristiques biologiques

Le cycle évolutif du blé se divise en trois périodes : période végétative, période reproductrice et période de maturation et de dessiccation (fig.5).

Chaque période comporte des stades. Certains sont dits « critiques » par rapport aux conditions de l'environnement. Des échelles ont été données par certains auteurs (Feekes, Zadocks, Jonard, Baggiolini, Kirby) pour noter ces stades (ITGC, 2001).

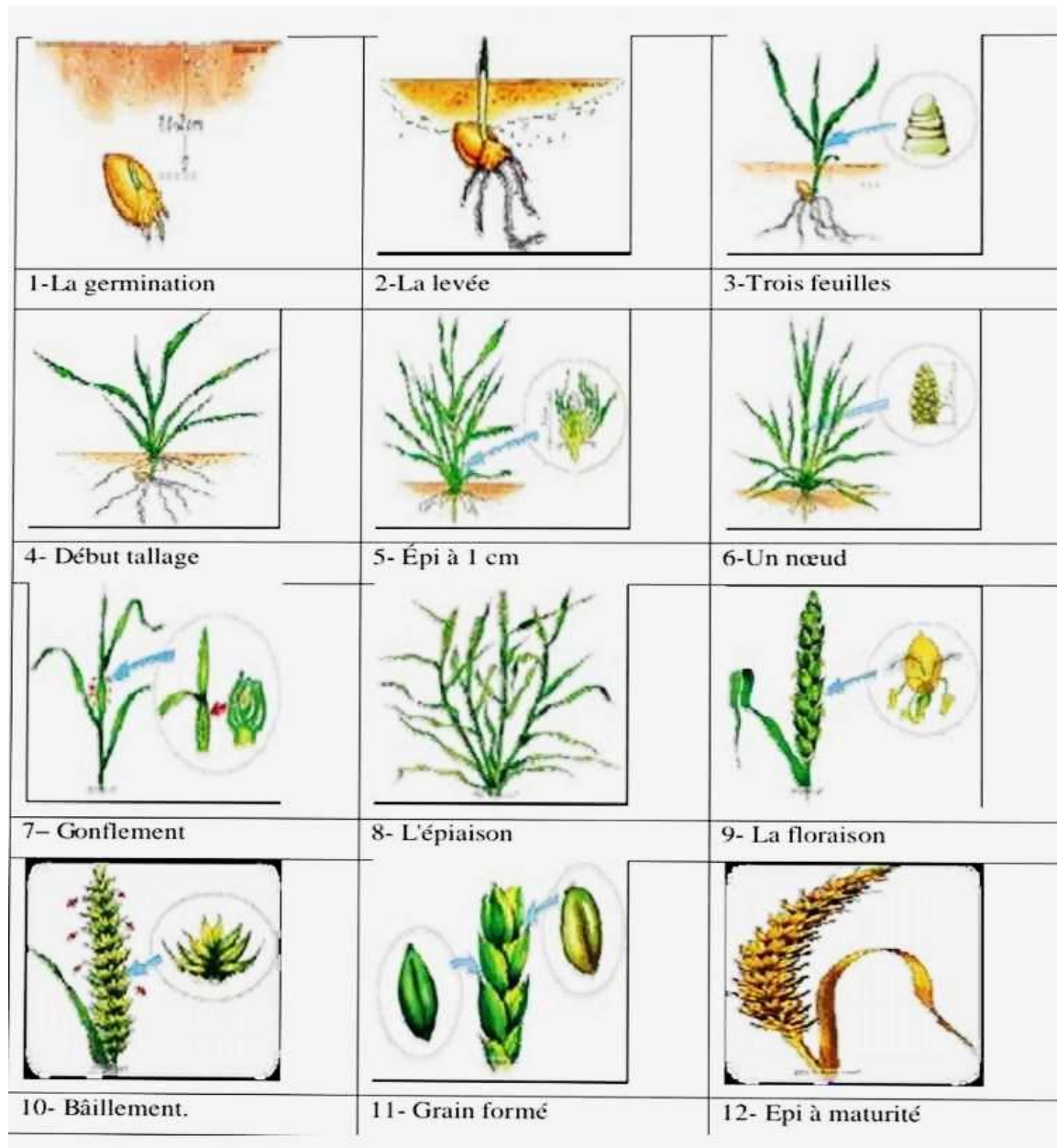


Figure 5. Différents stades de développement du blé (Casnin et al., 2013)

5.1. La période végétative

Selon, Boulal et *al.*, (2007), elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin du tallage. Celle –ci se divise en 2 phases :

- a) **Phase de semis-levée** : la germination est le passage de la semence de l'état de vie lente à l'état de vie active. Elle se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance du coléoptile qui s'entrouvre pour laisser passer la première feuille vers la surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule vit sur les réserves de la graine ;

- b) **Phase début tallage – stade plein tallage** : Dès que la première feuille a percé le coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche, la première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, la troisième et la quatrième toutes en positions alternées.

Le tallage est un mode de développement propre aux graminées, il débute à la troisième feuille lorsqu'un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage.

5.2. La période reproductrice

D'après Hamadache (2001), ITGC (2001), Mazouz (2006) et Hamadache (2013) (fig.5) cette période se caractérise par :

- a) **Phase de montaison** : dans cette période se différencient les ébauches de l'inflorescence. À ce stade la croissance et le développement de la céréale sont en phase exponentielle, le jeune épi se trouve à 1 cm du plateau de tallage. C'est la bonne période pour le premier ou second (zone-subhumide) apport d'azote, aussi la culture à ce stade craint les gels ou les températures inférieures à -4°C , qui agissent sur la fertilité de l'épi.
- b) **Phase de gonflement** : la graine de la dernière feuille se trouve gonflée par l'épi encore dans la tige. À ce stade, une vingtaine d'épillets par épi sont imités. Durant cette phase, la méiose pollinique commence et les grains de pollen s'élaborent, la méiose dure 1 à 2 jours.

Une baisse de température peut induire une stérilité des gamètes mâles et une élévation des températures ($>30^{\circ}\text{C}$) peut par contre engendrer une stérilité femelle.

- c) **Phase d'épiaison** : elle correspond à la sortie de l'épi de la gaine de la dernière feuille. Ce stade correspond au moment où 50% des épis sont à moitié sortis des gaines des dernières feuilles. A ce stade, les fleurs les moins développées, soient les fleurs de la base de l'épi, dégénèrent. Une gelée tardive (avril) durant ce stade peut provoquer la stérilité des fleurs chez les variétés précoces semées tôt.
- d) **Phase de floraison** : elle correspond à l'apparition des étamines sur l'épi, à ce stade, la fécondation s'est déjà accomplie. Elle marque la fin de l'épiaison et le début de formation des graines. La tige de l'épi à ce stade a achevé sa croissance, elle possède alors 5 à 6 nœuds.

e) **Phase de grossissement du grain** : pendant cette étape, la plante ajuste son fonctionnement pour se concentrer sur le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Initialement, les grains s'organisent et les cellules se multiplient, avec des besoins inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes. au fil du temps, les besoins des grains augmentent, le poids des grains dans l'épi augmente, tandis que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10 à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison.

f) **Phase de maturation** : se compose de trois étapes successives :

La première est définie comme une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, elle se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre).

La seconde concerne l'accumulation des assimilats, le poids frais des graines continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue et se termine par le stade pâteux où le grain s'écrase en formant une pâte.

La dernière étape est qualifiée de phase de dessiccation, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique.

6. Les exigences de la culture du blé

Pour assurer un développement optimal de la culture à chaque étape, plusieurs facteurs doivent converger, favorisant ainsi des rendements accrus.

6.1. Exigences écologiques

Les exigences écologiques du blé dur sont citées par Allaoui (2005), ITGC (2008), Maachi (2005), Ondo Eo (2014) et Chekhma (2020) :

a) Température

La germination commence dès que la température dépasse 0°C. Avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22°C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés, de même la température agit sur la vitesse de croissance. Elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance : c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités, chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières.

b) Eau

Le blé dur est plus adapté que le blé tendre aux régions où la pluviométrie annuelle moyenne est faible. La production de blé dur en Algérie, est concentrée sur les hautes terres du centre, du Nord et du Nord-ouest, à 1800-2800 m d'altitude. Pour produire une récolte acceptable, il faut au moins 250mm d'eau (ITGC, 2008).

c) Sol

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds, des sols lumineux argilo-calcaires, argilo siliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristique pédologique, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité, un pH de 6,5 à 7,5 semble adéquat puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote.

d) Eclairage

La lumière est le facteur qui affecte directement le fonctionnement normal de la photosynthèse et le comportement du blé. Si le blé est placé dans les meilleures conditions d'éclairage, de bonnes talles peuvent être garanties.

I.6.2. Itinéraire technique

Le choix de l'itinéraire technique dépend de la culture considérée et de ses exigences spécifiques en terme de technique culturales, ainsi que des pratiques culturales qui sont souvent liées à l'environnement économique et socioculturel d'une région donnée (Prevost, 2006).

Selon Alaoui (2005), ITGC (2006), Aboudrare (2009) et Latreche (2011), l'itinéraire technique de la culture du blé est le suivant :

a) Choix variétale

Les qualités recherchées dans une variété dépendent de l'objectif que s'est fixé l'agriculteur et des conditions climatiques et pédologiques locales.

Pour choisir une variété, il faut avoir les caractéristiques fondamentales suivantes : la productivité, qualité, précocité, résistance.

b) Précédent cultural

Le meilleur précédent du blé est une culture sarclée (pomme de terre-betterave), une légumineuse alimentaire (pois-chiche ou lentille) ou une légumineuse fourragère (bersim).

c) Travail du sol

Le travail du sol recommandé pour la culture de blé dur est constitué de 3 opérations nécessaires à la préparation d'un bon lit de semence :

- **Labour** :sa profondeur varie en fonction du type d'outil et peut atteindre 25 à 35 cm. Il constitue la principale étape du travail du sol pour l'installation de la culture ;
- **Reprise du labour** : cette opération succède au labour pour compléter la préparation du sol, tout en diminuant le volume des mottes, elle permet aussi de mélanger les débris végétaux à une profondeur comprise entre 10 à 15 cm.
- **Façons superficielles** : elles permettent un affinement et un nivellement adéquat du lit de semences.

d) Fumure de fond

Le phosphore et la potasse sont deux éléments fertilisants à apporter au moment du labour.

Le phosphore est apporté à la dose de 92 unités/ha en zone de plus de 600mm de pluviométrie et à la dose de 46 unités/ha en zone entre 400 et 600 mm. Le potassium est apporté à la dose de 50 unités/ha. Pour produire un quintal de blé il faut 1.7 kg de P et 2.2 kg de K.

e) Semis

La date de semis est un facteur limitant vis-à-vis le rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques, d'après l'ITGC, (2001), en Algérie, on peut semer dès la fin d'octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm.

f) Fertilisation

Fertilisation azotée :la bonne alimentation en azote est importante pour le blé dur, selon Alaoui (2005), il a besoin de la plus grande part de ses besoins en azote pendant la phase de tallage –remplissage du grain. Il est recommandé d'apporter 92 unités/ha d'azote en zone de plus de 600 mm de pluviométrie, de 46 unités /ha en zone de 400 à 600 mm de pluviométrie.

La dose totale est fractionnée en 2 temps :1/3 au semis2/3 au tallage.

g) Désherbage

Désigne l'action de retirer ou de contrôler la croissance des mauvaises herbes généralement dans le but de favoriser la croissance de la culture. L'application des herbicides est adaptée en

tenant compte du type et de l'étendue des infestations de mauvaises herbes, qu'elles soient monocotylédones telles que la folle avoine, le ray-grass et le brome, ou dicotylédone comme le coquelicot et le faux fenouil dans la culture de blé dur.

La période optimale du désherbage chimique correspond au stade jeune plantule des adventices ou au stade 3-4 feuilles du blé.

h) Irrigation

L'apport de complément d'eau d'irrigation est recommandé en cas de sécheresse (irrigation d'appoint), notamment durant les phases critiques de développement de la culture qui se situent de la montaison au stade de grains pâteux. La dose et la période d'irrigation sont raisonnées en fonction du déficit hydrique (humidité) observé et du stade de développement de la culture.

Il est conseillé, en général de réaliser 3 irrigations de 30 à 40 mm chacune, durant les phases critiques de développement du blé, et cela en cas de sécheresse printanière.

i) Récolte



La période de récolte diffère selon les variétés et la région. Elle s'effectue en Algérie entre juin et juillet (ITGC, 2001). La récolte du blé dur intervient à pleine maturité des grains, à 12% d'humidité et quand :

- ✓ La paille et la végétation sont totalement jaunâtres ;
- ✓ La tige se casse facilement ;
- ✓ Les grains se détachent facilement par frottement de l'épi entre les mains ; ✓ Les grains se cassent sous les dents.

7. Les maladies du blé dur

Les principales maladies observées sur le blé selon Sayoud et *al.*, (2000), Ben Mbarek (2017), Bazemlal (2020) et Arvalis (2021) sont représentées dans le tableau 2 :

Tableau 2. Les principales maladies du blé dur

Maladies	Description
 <p data-bbox="204 719 496 797">□ Tâche auréolé (Duveiller et al.,2012)</p>	<p data-bbox="810 356 1007 392">Agent causale</p> <ul data-bbox="858 412 1390 448" style="list-style-type: none"> • <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> <p data-bbox="906 468 1070 504">Symptômes</p> <ul data-bbox="858 524 1390 797" style="list-style-type: none"> • Des tâches chlorotiques et nécrotiques sur les limbes des feuilles jeunes ou adultes. • Tâche chlorotique avec un petit point de couleur brun foncé au centre de la Tâche.
 <p data-bbox="204 1384 475 1462">□ Septoriose (Arvalis, 2021)</p>	<p data-bbox="810 891 1007 927">Agent causale</p> <p data-bbox="810 947 1374 983">Deux espèces de <i>Septoria</i> s'attaquent au blé</p> <ul data-bbox="842 1003 1390 1193" style="list-style-type: none"> ✓ <i>Septoria tritici</i>, responsable de la Septoriose des feuilles. ✓ <i>Septoria nodorum</i>, responsable de Septoriose des feuilles et des épis. <p data-bbox="810 1214 975 1249">Symptômes</p> <ul data-bbox="890 1270 1390 1480" style="list-style-type: none"> ✚ Les sites d'infection initiaux présentent des tâches irrégulières qui évoluent en lésions chlorotiques allongées, avec des centres pâles devenant nécrotiques et parsemés de petits points noirs.



✚ L'oidium
(Arvalis, 2021)

Agent causale

✚ *Erysiphe graminis*

Symptômes

- ✚ Formation d'un feutrage mycélien duveteux, superficiel de couleur blanche à grise sur la face inférieure des feuilles.



□ La carie commune
(Sayoud et *al.*,2000)

Agent causale

✚ *Tilletia carie*

Symptômes

Les plantes infectées caractérisées par un fort tallage, semblent légèrement plus courtes que les plantes saines. Les épis contaminés, de couleur verte bleuâtre, murissent tôt dans la saison. Les glumes tendent à s'écarter pour faire apparaître des grains malades, de forme arrondies et de couleurs grise brunâtre qui dégage l'odeur caractéristique du poisson. Les grains normaux sont remplacés par des masses sporifères.



□ La rouille brune
(Arvalis, 2021)

Agent causale

✚ *Puccinia triticina*

Symptômes

- ✚ La rouille brune se caractérise par des pustules de petites tailles, circulaires ou ovales, de couleur orange ou brunâtre, préférant la face supérieure des feuilles mais parfois présentes sur la face inférieure.

8. Importance économique du blé

8.1. Dans le monde

Le blé est la première céréale produite et consommée dans le monde, sa production s'élève en 2023 à 650 à 685 millions de tonnes et sa consommation à 160 à 190 millions de tonnes (Yara, 2024).

Les neuf principaux pays producteurs de blé au cours des années de commercialisation 2018/2019 à 2022/2023, en milliers de tonnes. Sur la période de 2022 à 2023, l'Union européenne enregistrait une production supérieure à 134,7 millions de tonnes, la plaçant en tête des régions productrices de blé dans le monde. En 2021/2022, la Chine accusait encore un retard de plus d'un million de tonnes de blé par rapport à l'Union européenne. En 2022/2023 la Chine produisait cependant plus de 3 millions de tonnes de blé que l'Union européenne. L'Inde était le troisième producteur mondial de blé avec près de 110 millions de tonnes (fig. 11).

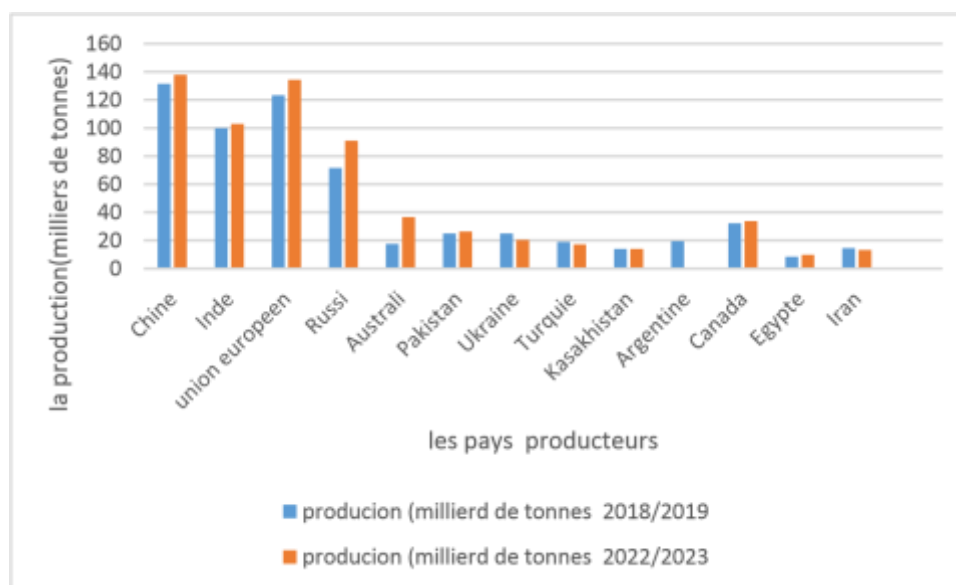


Figure 11. Les principaux pays producteurs de blé durant la campagne 2018/2019 à 2022/2023.

Les pays affichant les plus faibles productions de blé, d'après les données de la FAO en 2021, sont : le Koweït avec 37 tonnes, le Qatar avec 252 tonnes, le Guatemala avec 292 tonnes, le Venezuela avec 551 tonnes et le Cameroun avec 633 tonnes.

Parmi les principaux pays exportateurs de blé dans le monde de 2014 à 2023, la Russie était le plus grand exportateur en 2022/2023, avec 45 millions de tonnes exportées. L'Union européenne occupait la deuxième place avec 35 millions de tonnes, suivie de près par l'Australie. Les États-Unis se trouvaient en quatrième position. L'Ukraine était le sixième

exportateur mondial de blé, avec près de 14,5 millions de tonnes exportées en 2022/2023 (fig.12).

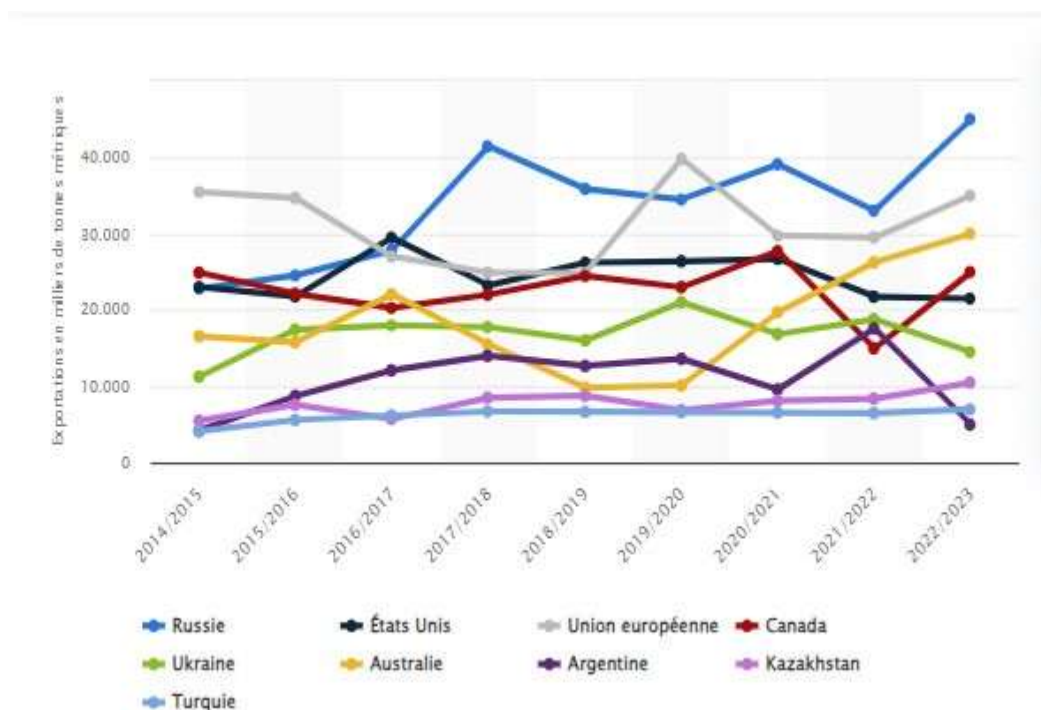


Figure 12. Les principaux pays exportateurs du blé dans le monde 2014-2023 (Statista, 2024)

Selon la figure 12, les principaux pays exportateurs de blé durant la période 2014-2017 incluent l'Union européenne, qui occupe la première place avec 35 000 milliers de tonnes, suivie par le Canada avec 25 000 milliers de tonnes. En revanche, la Turquie et le Kazakhstan occupent les dernières places avec un taux d'exportation ne dépassant pas 5 000 milliers de tonnes.

Pendant la période 2017-2020, une augmentation du taux d'exportation du blé est observée pour la Russie, qui occupe toujours la première place avec 41 000 tonnes, suivie par les États-Unis avec 40 000 tonnes. En revanche, les pays affichant une faible exportation durant cette période sont la Turquie et le Kazakhstan, avec un taux ne dépassant pas 8 000 tonnes.

Pendant la période 2020-2023, ces pays ont affiché une augmentation de leurs exportations de blé. La Russie occupe la première place avec 39 000 tonnes, suivie par l'Union européenne avec 20 000 tonnes. En revanche, les pays affichant une faible exportation durant cette période sont la Turquie, le Kazakhstan et l'Argentine.

Plusieurs pays ne sont pas autonomes et pour satisfaire leurs consommations ont recours à l'importation. En effet, les deux plus grands importateurs de blé au monde en 2021/2022 étaient l'Égypte, avec 13 millions de tonnes importées et la Turquie, avec 11 millions de tonnes. Chacun de ces pays consommait environ 21 millions de tonnes de blé (Statista, 2024).

L'économie mondiale du blé durant la campagne 2021/2022 a été perturbée par la guerre en Ukraine et les tensions entre la Russie et l'occident, ce qui a influencé l'exportation et la production des céréales dans la région (Perthuis, 2022).

8.2. En Algérie

La filière de céréales, en particulier, la filière de blé est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie algérienne. Elle constitue l'un des maillons les plus importants du système alimentaire du pays. Elle représente la première industrie agroalimentaire en Algérie. Cependant, elle connaît une dépendance vis-à-vis de l'étranger pour satisfaire la demande interne en céréales, principalement les blés, mettant ainsi en péril la sécurité alimentaire et la souveraineté du pays (Bekkis et *al.*, 2022).

Les moyennes décennales de la superficie cultivée en céréales indiquent qu'annuellement sont entre 2,4 et 3,2 millions d'hectares, soit 28% à 40% de la surface agricole utilisée (SAU). La plus grande superficie revient au blé dur qui occupe une moyenne de 1,39 million d'hectares durant la période 1965/2019 (DSASI, 2020).

Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour. La consommation locale de blé s'est accrue de 28% entre 2004 et 2011 (Abis, 2012).

Selon les données du MADR (2019), la superficie réservée au blé durant l'année 2019 est présenté dans le tableau 3 :

Tableau 3. Superficie, production, rendement de blé dur en Algérie dans l'année MADR (2019).

Blé dur				
Superficie		TDR	Prod	Rdt
Emblavée (ha)	Récoltée (ha)	(%)	(qx)	(qx/ha)

1664470	1579080	94.9	32087678	20.3
---------	---------	------	----------	------

La superficie ensemencée en blé dur était de 1 664 470 hectares, tandis que la superficie récoltée s'élevait à 1 579 080 hectares, ce qui correspond à un taux de récolte de 94,9 %. Le rendement était de 20,3 quintaux par hectare.

La production de blé en Algérie n'est pas stable d'une année à une autre ainsi que le rendement et la superficie (fig.13).

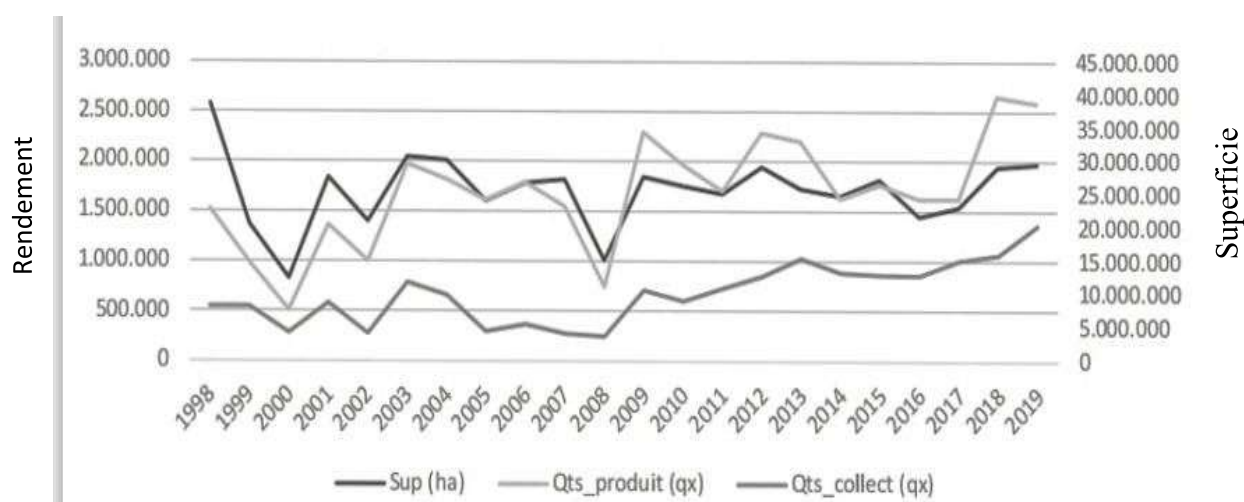


Figure 13. Évolution de superficie, production et collecte des blés durant 1998-2019 (Bekkis et al.,2022).

Les superficies consacrées à la culture de blé et les productions collectées sont variables d'une année à une autre depuis 1998 à 2019 marquant une production maximale de 2500 000Qx durant l'année 2018 avec une superficie de 29.000000 ha en revanche, la production minimale du blé a été obtenue durant l'année 2000 dans une superficie de 10000000 ha (fig.13) ce qui montre l'augmentation des superficies consacrées à cette culture et son rendement.

II. Amélioration génétique de blé

II.1. Définition

Selon Annichiarico *et al.*, (2005), l'objectif principal de tout programme de sélection est de produire des variétés ayant un rendement élevé et stable.

L'environnement dans lequel se fait la sélection joue un rôle crucial. En effet, tous les milieux ne sont pas équivalents en termes de capacité à mettre en évidence les différences génétiques.

L'existence d'une interaction 'génotype × environnement' rend les efforts de sélections plus complexes. Le processus de sélection est différent, selon qu'on voudra chercher l'adaptation spécifique ou l'adaptation générale

Les sélectionneurs de blé dur se concentrent sur l'amélioration simultanée de l'agronomie, de la résistance aux maladies et des qualités. Les caractéristiques agronomiques incluent le rendement, la hauteur de la plante et la biomasse produite aux différents stades de croissance. La résistance aux maladies porte sur les rouilles, la septoriose et la tache bronzée. Les caractères qualitatifs concernent surtout le grain et englobent le poids spécifique, le pourcentage de grains durs vitreux, l'indice du jaune, le taux d'extraction et la teneur protéique (anonyme, 2006).

Le processus de création d'une nouvelle variété commence par le croisement de deux parents ou plus pour produire des hybrides F1. Les sélectionneurs doivent s'assurer que les parents utilisés possèdent la plupart des caractères souhaités pour la nouvelle variété. Les populations autogames F2 issues de l'autofécondation des individus F1, présentent une grande variabilité génétique. La sélection des plants possédant les caractères recherchés commence en F2. Elle se poursuit jusqu'en F7-F8, lorsque la descendance devient uniforme. Cette sélection précoce se fait sur la base des caractères dont l'expression dépendra peu des conditions du milieu, telles que la hauteur, la précocité, la sensibilité aux maladies. La sélection pour des caractères complexes, comme le rendement et la qualité du grain, s'effectue plus tardivement sur un matériel plus génétiquement homogène, en utilisant des dispositifs plus rigoureux pour maîtriser la variation environnementale (Anonyme, 2006).

II.2. Sélection

D'après Doré et Varoquaux (2006), la sélection des plantes prend en considération leur mode de reproduction. La sélection chez les plantes autogames se fait par deux méthodes : sélection classique et sélection moderne.

II.2.1. Sélection classique

En sélection classique, chaque parent fournit la moitié du patrimoine génétique de la descendance, les caractéristiques indésirables peuvent être transmises avec les caractéristiques recherchées et il faut parfois poursuivre la sélection sur des générations pour éliminer les caractéristiques indésirables. A chaque génération, il faut tester les caractéristiques liées à la croissance, à la valeur nutritionnelle et au traitement de la descendance. De nombreuses générations sont parfois nécessaires avant de trouver la bonne combinaison de caractéristiques. La sélection basée sur le phénotype est donc un processus long, exigeant et coûteux, tant financièrement que par le temps nécessaire (Najimi *et al.*, 2003).

Les principales techniques de sélection appliquées aux céréales autogames, notamment le blé, sont :

a) Sélection massale

Selon Ripusudan *et al.*, (2002), la sélection massale est la plus ancienne et la plus simple des méthodes de sélection. Les plantes sont choisies sur la base de leurs phénotypes supérieurs, les graines de ces plantes sélectionnées sont mélangées pour former la sélection massale. Cette dernière est semée pour reconduire à la génération suivante.

On estime que 5 à 10 % de la reproduction du blé s'effectuent par allogamie, ce qui explique l'évolution naturelle des blés diversifiés. La sélection massale sur les blés est efficace (Julien, 2023).

b) Rétrocroisement

Le rétrocroisement, encore appelé backcross, est une méthode de sélection utilisée pour transférer un caractère important commandé par un gène ou un petit nombre de gènes à une lignée présentant des caractères intéressants. Pour ce faire, on vérifie que l'hybride possède le caractère recherché puis on procède à une série de rétrocroisements en sélectionnant à chaque étape les plantes qui portent les caractères d'intérêt (Amadou, 2015).

Selon Gallais et *al.*, (2006), ce mode de sélection consiste à croiser un parent, dit receveur, de bonne valeur agronomique, mais avec un défaut contrôlé par un seul locus, avec l'allèle défavorable (sensible à une maladie dans notre exemple), supposé récessif, et un parent, dit donneur, souvent de moindre qualité agronomique, mais avec l'allèle favorable (résistant à la maladie), dominant.

c) Sélection généalogique

La sélection généalogique consiste à croiser deux variétés en vue de recombinaison des caractères de chacune d'elles dans leur descendance, Cette dernière est criblée pour retenir les combinaisons les plus intéressantes, puis celles-ci sont fixées par autofécondation sous la forme de lignées-pures qui présentent, en principe, la caractéristique de se reproduire à l'identique indéfiniment (Bonneuil et *al.*,2009).

Cette méthode reste encore la plus utilisée pour le blé dur (fig.14). Elle présente l'avantage d'utiliser des volumes réduits du matériel végétal par rapport aux autres méthodes, et d'être très efficace pour des caractères très héréditaires, mais nécessite plusieurs années d'expérimentation pour bien connaître les lignées ainsi créées (Ben Mbarek, 2017).

Ce cycle long génère des gains génétiques faibles par unité de temps et un risque de perte rapide de variabilité génétique. Les dépôts aux épreuves d'inscription se font environ 6 à 8 ans après le croisement de départ (Ben Mbarek, 2017)

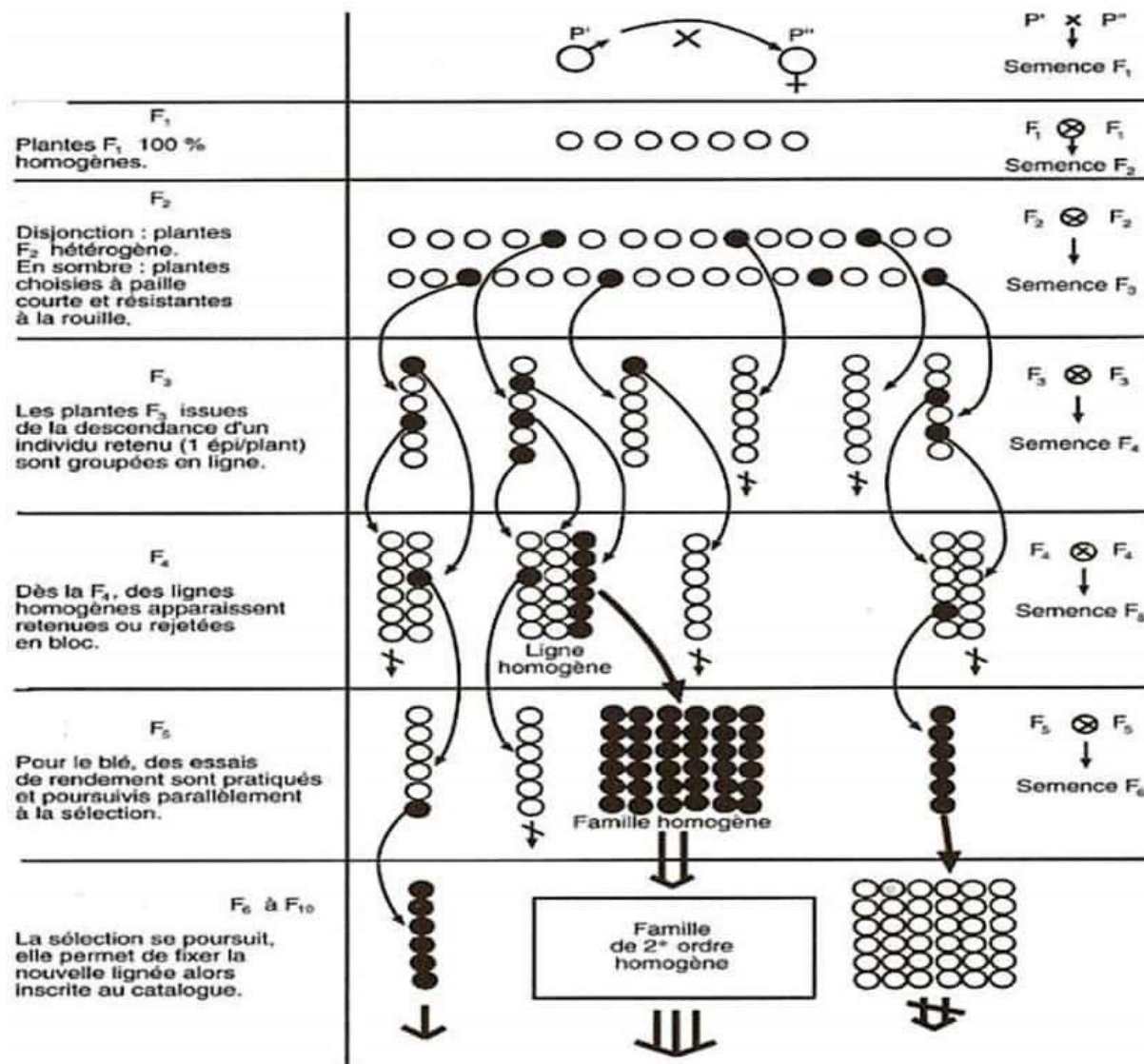


Figure 14. Les étapes de la sélection généalogique du blé (Lafon et *al.*, 1992)

II.2.2. La sélection moderne

L'évolution des méthodes et des outils de l'amélioration des plantes est très dépendante de l'évolution des connaissances en biologie et plus particulièrement en génétique (Gallais, 2010).

Dans les années 1950, le sélectionneur ne faisait appel qu'aux outils de la sélection « phénotypique » avec croisement, autofécondation et expérimentation au champ. Aujourd'hui, les marqueurs moléculaires et les études de génomique apportent une connaissance de plus en plus précise des gènes qui contrôlent des caractères physiologiques, la sélection se fait

majoritairement sur le génotype. On parle alors de « Sélection Assistée par Marqueurs » (SAM) (HAMON, 2024).

a) La sélection assistée par marqueur

La sélection assistée par marqueurs est basée sur l'utilisation des marqueurs moléculaires (petits segments d'ADN situés près d'un gène d'intérêt) (Hamon, 2024).

Les marqueurs moléculaires permettent la description des espèces et variétés (accessions, biotypes), au même titre que les caractères phénotypiques avec les avantages de reproductibilité, stabilité et précocité. En effet, il n'est pas nécessaire de disposer d'une plante à maturité pour en faire la caractérisation à l'aide de marqueurs moléculaires. Ces derniers peuvent simplifier et accélérer les étapes d'un programme d'amélioration des plantes. Après avoir identifié un caractère intéressant sur le plan agronomique dans une espèce sauvage (par exemple la résistance à un agent phytopathogène), l'objectif consiste à introduire, dans une espèce cultivée, un fragment du chromosome de l'espèce sauvage portant le gène responsable du caractère intéressant et repérable par des marqueurs. Cette introduction se fait par croisements successifs : c'est une introgression (Samouelian et *al.*, 2009).

L'application de marqueurs moléculaires dans la sélection du blé panifiable se fait essentiellement pour la résistance aux ravageurs et aux maladies. Le développement ces dernières années des marqueurs ADN offre la possibilité de développer de nouvelles approches pour améliorer l'efficacité des stratégies de sélection. Les marqueurs moléculaires deviennent des outils essentiels dans la sélection du blé tendre (*Triticum aestivum L.*) car ils offrent des solutions alternatives à de nombreux problèmes de sélection résultant des marqueurs phénotypiques traditionnels difficiles et/ou longs à sélectionner par les sélectionneurs de plantes (Najimi et *al.*, 2003).

En comparaison des méthodes de sélection traditionnelles, la SAM s'avère être :

- Plus rapide (quelques jours d'analyse au laboratoire suffisent pour établir un diagnostic de la présence ou de l'absence des gènes d'intérêt dans les plans en cours de sélection);
- Plus précise (détection fiable de la présence ou de l'absence du gène recherché) ;
- Non destructif, car l'analyse des plans est réalisée sur une très faible quantité de matériel végétal (1 cm² de feuille) ;
- Non influencée par des facteurs environnementaux (Hamon, 2024).

III. La production de semence

1. La semence

« La semence est le point de commencement de l'agriculture, source de continuité, de changement et de restauration » (ITGC,2019).

Les semences ont joué un rôle essentiel dans le développement des premières civilisations et aujourd'hui elles sont encore à la base de l'alimentation mondiale. L'émergence d'une agriculture sédentarisée, il y a quelque 10000 ans dans le croissant fertile du Moyen -Orient, est étroitement liée à la mise en culture de formes primitives de blé et d'orge, qui sont à l'origine de nos variétés modernes (Terner,2013).

Les semences sont cruciales pour affronter les défis de l'insécurité alimentaire et du changement climatique. Pour atteindre la sécurité alimentaire, les agriculteurs dépendent des semences de qualité des variétés appropriées à leurs besoins (FAO, 2011).

2. La production de semences

Il existe de multiples façons de se procurer les semences nécessaires à chaque saison ; cela va du simple prélèvement de grains sur la récolte précédente à l'achat chez un distributeur faisant partie d'un réseau commercial international. L'objectif global est d'assurer la fourniture de semences de haute qualité, qui doit permettre d'améliorer les revenus des agriculteurs, la sécurité alimentaire et la prospérité d'un État (Terner, 2013).

La production de semences consiste à mettre à disposition des producteurs des semences de la meilleure qualité possible et selon les variétés demandées. Elle consiste à apporter aux producteurs un produit conservant les qualités génétiques de la variété choisie. Il s'agit d'éviter autant que possible toute pollution par d'autres variétés ou par des mauvaises herbes indésirables (Lacharme, 2001).

La production des semences se fait en 6 ou 7 générations ; chaque génération est produite à partir de la génération antérieure. Chaque génération suit des règles de production et des contrôles y sont effectués afin de vérifier que la semence satisfait à des critères de qualité donnés et pourra être utilisée pour les générations suivantes (Lacharme, 2001).

En Algérie, cette production de semences propriété des 51 établissements producteurs agréés, est confiée à un réseau de 2.785 agriculteurs multiplicateurs. Ces derniers sont chargés de

reproduire les variétés et de fournir des lots de semences de qualité germinative, de pureté spécifique, variétale et sanitaire conforme (Kheddam, 2012).

4. Les caractéristiques d'une bonne semence

Les caractéristiques d'une bonne semence sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 4. Normes exigées pour la production de semences (Smati, 2017)

Critères de qualité	Pureté Variétale (‰) minimum	Pureté spécifique (%) minimum	Faculté germinative (%) minimum	Humidité (%) maximum
G1 à G4	999	98	85	14
R1	997	98	85	14
R2	990	98	85	14
R3	970	98	85	14

a) La pureté variétale

D'après l'ITGC (2008), pour les céréales telles que le blé, l'orge et l'avoine, l'objectif est d'obtenir des semences avec une pureté variétale minimale de : 999 pour mille grains pour les semences de pré-base et de base (G1-G4) ; 997 pour mille grains pour les semences de première reproduction (R1) ; 990 pour mille grains pour les semences de deuxième reproduction (R2).

b) La pureté spécifique

Elle est de 98 % pour les Semences de pré base et de base, 93% pour les semences certifiées des céréales en générales (ITGC, 2008).

c) La faculté germinative

Elle est de 85% pour toutes les générations des céréales (ITGC,2008).

d) Humidité maximale

Pourcentage de la quantité d'eau contenu dans un lot de semences considéré par rapport à son poids frais (exprimant en pour cent), elle de 14 % au minimum pour les céréales (ITGC, 2008).

4. Les catégories de la semence

Selon L'ITGC, Hamidouche (2002) et Smati (2017), la diversité des catégories de semences est essentielle pour la préservation et l'amélioration des cultures.

a) Matériel de départ

Il s'agit du matériel initial (lignée ou clone) qui permet de répondre ou de poursuivre chaque année la sélection conservatrice de la variété. Les épis provenant des plantes initiales sont appelés G0, ils sont semés en lignes. Le produit obtenu par le battage des lignes forme la première génération, appelée G1. Le produit obtenu par semis de la première génération forme la deuxième génération appelée G2.

b) Semence de pré-base : (génération antérieures aux semences de base)

Il s'agit des semences d'une génération se situant entre le matériel de départ et la semence de base. Le produit obtenu par le semis de la deuxième génération forme la troisième génération ou G3. A la demande de l'établissement producteur, la G3 peut être certifiée en tant que semence de base.

c) Semence de base

Il s'agit de semences produites selon les règles de sélection conservatrice de l'espèce, et normalement prévues pour la production de semences certifiées. Le produit obtenu par le semis de la troisième génération forme la quatrième génération ou G4 qui constitue normalement la semence de base. Les classements en semences de base de la G4 sont subordonnés aux résultats enregistrés en culture sur le ou les échantillons prélevés sur la G3.

d) Semences certifiées

Il s'agit de semences provenant directement de multiplication de semences de base ou le cas échéant, à la demande de l'obteneur et après accord de l'organisme concerné d'une semence de pré-base. MACIEJEWSKI (1991), affirme toutefois, que dans les conditions définies par les règlements techniques ou lorsque l'autorisation en aura été donnée par arrêté ministériel, la catégorie semence certifiée pourra être subdivisée en semences certifiées de première reproduction (R1), semences certifiées de deuxième génération (R2), etc., suivant le rang de la génération en cause.

5. Les étapes de la production de semences

La production de semences de blé se fait selon les étapes résumées dans la figure 15 :

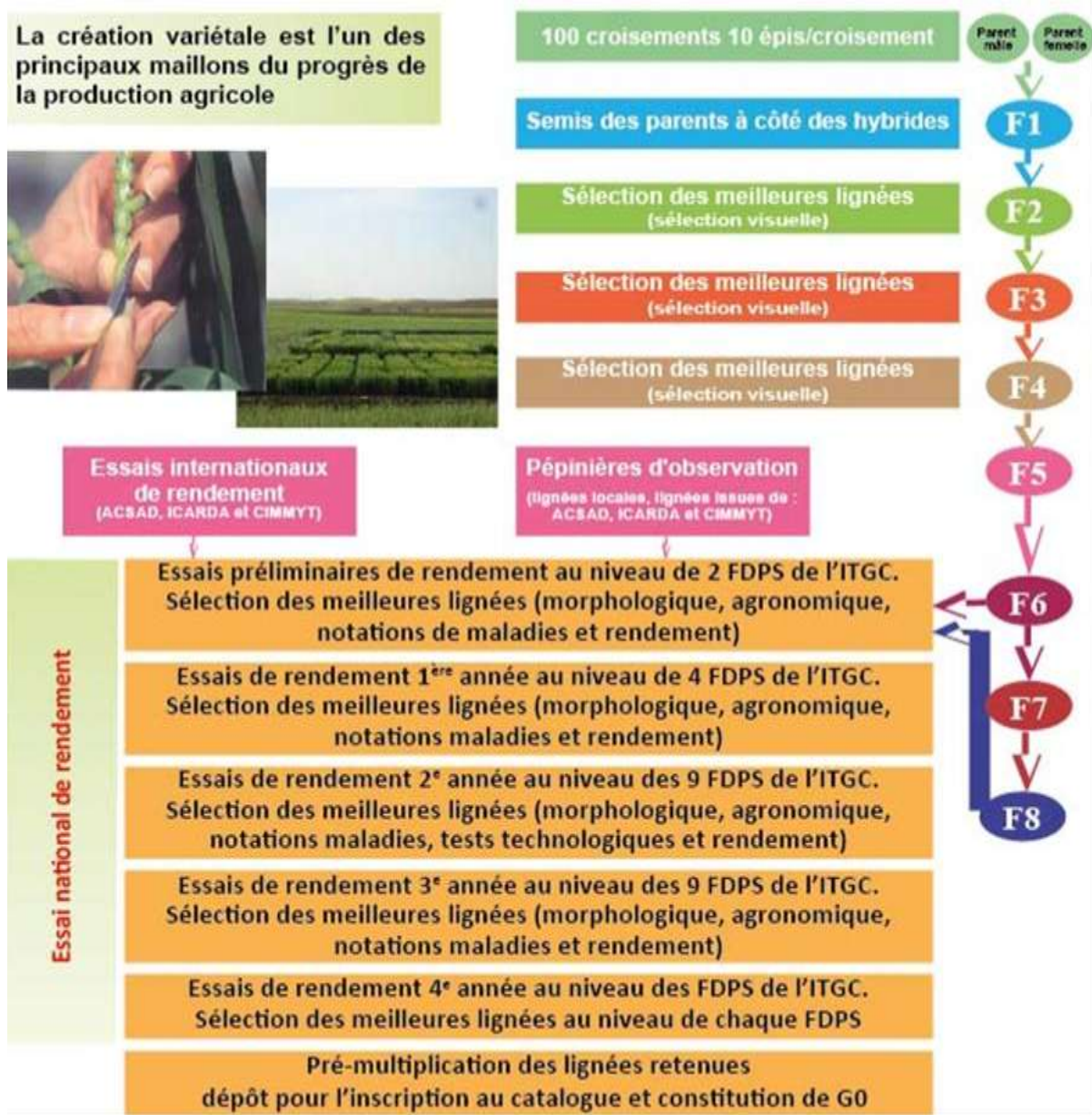


Figure 15. Schéma de sélection de blé dur en Algérie (source l'ITGC, 2023).

D'après Hamidouche (2002), la production de semences sélectionnées démarrant par la sélection d'épis parfaitement identiques à la variété à multiplier (fig.15), formant ainsi la génération de départ, connue sous le nom de G0. Ces épis sélectionnés sont soumis à un contrôle rigoureux tout au long du cycle végétatif pour ne conserver que ceux qui présentent une similitude suffisante avec la variété cible ; ceux qui montrent des caractéristiques différentes sont éliminés systématiquement. Les lignées de départ donnent naissance à des semences généalogiques de première génération, appelées G1, qui sont ensuite multipliées pour produire la G2, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la semence certifiée (R1 et R2). Des contrôles et des purifications sont effectués tout au long des cycles végétatifs sur toutes les générations.

II Matériel et méthodes

L'expérimentation fait partie du Programme National d'Amélioration du Blé (PNAB). Il s'agit d'un essai réalisé dans le but d'évaluer le potentiel de production de 10 variétés (lignées avancées) de blé dur dans les zones sublittorales en les comparant à deux variétés témoins (Simeto et Amar 6), dans le but de les inscrire au catalogue national des variétés.

1. Etude du milieu d'expérimentation

L'essai est réalisé au niveau de la station expérimentale de l'institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) d'Oued Smar(fig.16), durant la campagne 2023-2024.

1.1. Présentation de la station d'Oued Smar

La station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) à Oued Smar, Alger (fig.16), est un centre de recherche agricole dédié à l'amélioration des pratiques agricoles et à l'innovation dans le domaine des grandes cultures en Algérie. Cette station dispose de parcelles expérimentales où sont testées différentes variétés de cultures, ainsi que des systèmes de culture et des techniques agricoles novatrices. Elle est également équipée de laboratoires d'analyse pour étudier la qualité des sols et des plantes, ainsi que des installations pour la recherche en irrigation et en protection des cultures.

La station occupe une superficie de 47 hectares et est dédiée chaque année à la production de semences de base, à la recherche expérimentale et à la culture de fourrage vert. Elle est située dans la partie nord-est de la plaine de la Mitidja, à une altitude de 24 mètres au-dessus du niveau de la mer, avec des coordonnées géographiques de 36°43 de latitude nord et 30°84 de longitude. La plaine de la Mitidja se trouve dans une zone caractérisée par un climat subhumide (fig.16).

La station de l'ITGC à Oued Smar joue un rôle essentiel dans le développement de l'agriculture algérienne en proposant des solutions adaptées aux défis actuels tels que la sécurité alimentaire, la durabilité environnementale et l'efficacité économique.



Figure 16. Situation géographique de l'ITGC (Google earth, 2024)

1.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la station

La station se caractérise par les conditions pédoclimatiques de la Mitidja et possède une station météorologique qui permet d'étudier le climat de la station (fig.17).



Figure 17. La station météorologique de « Oued Smar »

1.2.1. Précipitation

Les données de la pluviométrie enregistrées durant la campagne 2023-2024 sont représentées dans le tableau 5 et la figure 18.

Tableau 5. Précipitations enregistrées de la région d’Oued Smar durant la campagne 20232024 ITGC (2024).

Mois	Précipitation (mm)			Nombre de jours de pluie	Total
	1 ^{er} décade	2 ^{eme} décade	3 ^{eme} décade		
Septembre	05	12	00	05	17
Octobre	00	00	3.5	01	3.5
Novembre	08	00	79.5	04	87.5
Décembre	04	58.5	00	09	62.5
Janvier	27	25	00	07	52
Février	04	51.2	108	09	163.2
Mars	18.5	00	07	03	25.5
Avril	00	0.6	00	01	0.6
Mai	16.5	0.7	00	2	17.2

Ces données sont représentées sous forme d’un diagramme dans la figure 18.

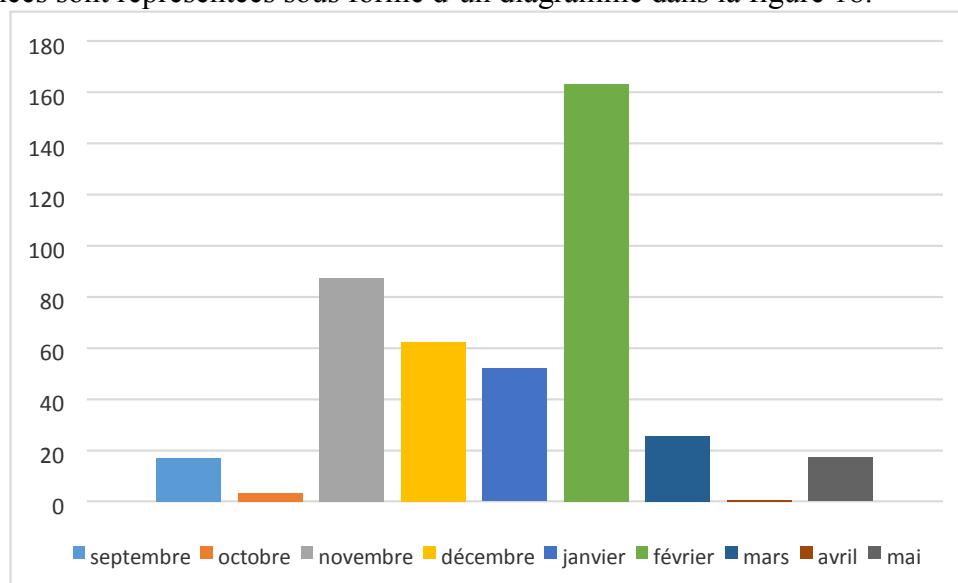


Figure 18. Diagramme de la pluviométrie de la campagne 2023-2024 (ITGC, 2024)

Les précipitations jouent un rôle important dans l’apparition et la disparition du tapis végétal. Selon le tableau 5 et la figure 18, la répartition mensuelle des quantités de pluie tombées dans

la commune d’Oued Smar durant l’année 2023-2024, est très varié. On remarque que la quantité maximale est enregistrée au mois de février (163.2 mm) et la quantité minimale est enregistrée le mois d’avril (0.6 mm).

1.2.2. Température

Les données de températures enregistrées durant la campagne 20223-2024 sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6. Les températures mensuelles de la campagne 2023-2024 ITGC (2024).

Mois	Moyennes des températures (°c)
Septembre	24
Octobre	23.36
Novembre	16.77
Décembre	13.17
Janvier	12.26
Février	16.4
Mars	17.9
Avril	18.4
mai	20.7

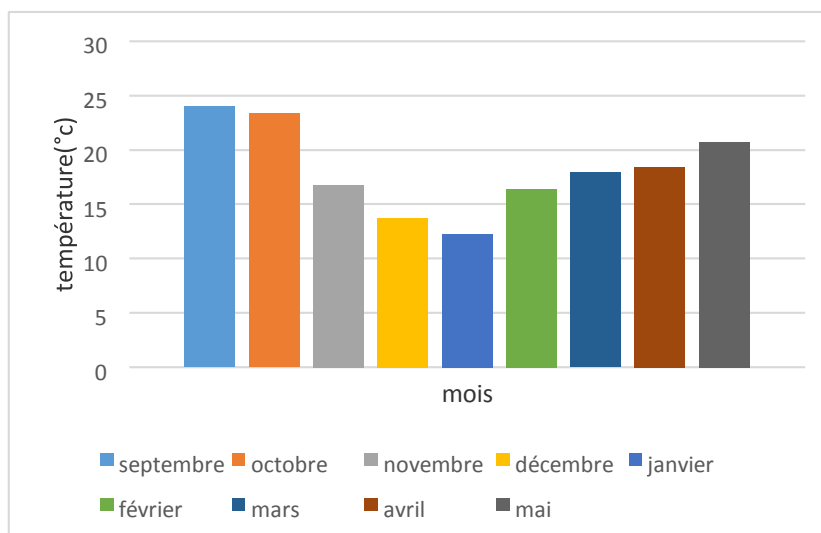


Figure 19. Diagramme des Températures durant la campagne 2023-2024

D'après les données du tableau 6 et de la figure 19, la température moyenne maximale est enregistrée en septembre (24°C), tandis que la températures moyenne minimale (12,26°C) est observée en janvier.

1.3. Conditions pédologiques

Les propriétés physico-chimiques du sol sont déterminées par une analyse du sol réalisée par l'ITGC (tab.7).

Tableau 7. Bulletin d'analyse du sol de la ferme ITGC Oued Smar. (ITGC, 2012)

Profondeur	Sable %	Argile %	Limon %	K ppm	Pols en ppm	Carbone Total %	Conductivité Us/cm
0-20cm	8	60	32	216.10	16.20	16.59	116.50
20-40cm	12	60	28	212.40	11.90	T	98.84
40-60cm	8	60	32	216.20	8.60	T	98.00

Profondeur	Na Meq/100 g	Mg Meq/100g	Ca Meq/100g	pH
0-20cm	0.34	3.48	27.96	7.85
20-40cm	0.36	3.51	26.18	7.69
40-60cm	0.33	3.57	17.79	7.71

L'analyse du sol est réalisée à trois profondeurs différentes et les résultats montrent que le sol est d'après le triangle de texture est argilo-limoneux, riche en carbone et en potassium, en éléments minéraux et son pH est équilibré et légèrement alcalin (7,69 à 7,85).

Pour l'azote, élément important pour la culture du blé, l'analyse est réalisée cette année (2024) dans un laboratoire privé (Altesse lab.) à Blida (tab.8).

Tableau 8. Le taux d'azote du sol de la ferme Oued Smar. (LCQC, 2024)

Profondeur	Azote (N) (g/kg)
0-20cm	2.22
20-40cm	3.32

Les résultats montrent que la teneur en azote est faible ce qui nécessite un apport azoté pour la culture.

2. Protocole expérimentale

2.1. Matériel végétal

L'essai a porté sur 10 variétés de blé dur comparées à 2 variétés témoins. Ces 10 variétés étudiées sont obtenues à l'ITGC dans le cadre d'un programme d'amélioration et création variétale (PNAB), elles sont au stade lignées avancées et doivent être étudiées sur deux ans (2 répétitions R1, R2).

Les variétés témoins utilisées sont introduites en Algérie à partir de différents pays :

La variété Simeto, Italienne introduite en Algérie en 1988 (annexe2). La variété Amar 6 (Syrienne), introduite en Algérie en 2011 (annexe 3).

2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté dans cet essai est le bloc aléatoire avec quatre répétitions (Fig.20) (annexe 4), chaque bloc comporte 12 parcelles élémentaires où chacune d'elles correspond à une variété.

	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3		Bloc 4
	<i>Parcelle variété</i>		<i>Parcelle variété</i>		<i>Parcelle variété</i>		<i>Parcelle variété</i>
1	V 1	24	V 10	25	V 5	48	V 4
2	V 2	23	V 8	26	V 12	47	V 10
3	V 3	22	V 11	27	V 9	46	V 1
4	V 4	21	V 6	28	V 11	45	V 7
5	V 5	20	V 12	29	V 8	44	V 6
6	V 6	19	V 2	30	V 7	43	V 11
7	V 7	18	V 5	31	V 4	42	V 12
8	V 8	17	V 4	32	V 3	41	V 9
9	V 9	16	V 1	33	V 10	40	V 2
10	V 10	15	V 9	34	V 6	39	V 8
11	V 11	14	V 3	35	V 1	38	V 5
12	V 12	13	V 7	36	V 2	37	V 3

Figure 20. Dispositif expérimentale adopté pour l’essai réalisé.

On a choisi de nommer les 12 variétés comme suit : V1 et V12 pour les témoins, Amar 6 et Simeto respectivement, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11 pour les variétés étudiées.

- Nombre de facteurs : 1 « variété » ;
- Nombre de niveaux : 12 ;
- Nombre de répétitions : 4 ;
- Nombre de parcelles élémentaires :48 ;
- La superficie d'une parcelle élémentaire : $5\text{m} \times 1.2\text{m}=6\text{m}^2$;
- Nombre de lignes par parcelle :6 espacées de 0.2 m ;
- Espace entre les blocs :1 m.

3. La conduite de l'essai

3.1. Précédent cultural

L'essai est réalisé après une culture céréalière (blé).

3.2. Travail du sol

Il se résume comme suit :

a) Le labour

Le labour est réalisé à l'aide d'une charrue le 20 Août 2023.

b) Le recroisement

Il est réalisé à deux reprises le 08/12/2023.

c) L'hersage

Le travail est réalisé le 24 décembre 2023 avec un cover crop, il a permis d'affiner et de niveler correctement le lit de semences.

3.3. Le semis

Le semis est réalisé le 26 décembre 2023 pour toutes les variétés, à l'aide d'un semoir expérimental HEGE 80 (fig.21), avec une largeur de 1,2 m et un espacement entre les rangs de 20 cm.

Cette date dépasse légèrement la période optimale recommandée, habituellement située entre début novembre et mi-décembre, en raison de conditions climatiques défavorables.



Figure 21. Semoir expérimental HEGE 80 à la station ITGC d'Oued Smar.

33.4. L'irrigation

Puisque les conditions de culture étaient défavorables concernant les précipitations, une irrigation est effectuée le 30/01/2024 pour remédier à la sécheresse.

3.5. La fertilisation

L'azote est essentiel pour une bonne croissance du blé dur. Le premier apport d'azote, à raison de 100 kg/ha, est effectué le 31 janvier 2024. Tandis que le deuxième, de 50 kg/ha, est réalisé le 6 mars 2024.

3.6. Désherbage

Le premier désherbage est effectué le 5 février 2024 avec le produit Tarzec, à raison de 90 g/ha. Le second est réalisé le 7 mars 2024, en utilisant Dialen à 1 L/ha et TOPIK à 0,9 L/ha.

Malgré ces traitements, une forte présence de plantes adventices est observée au cours de l'essai.

4. Les paramètres étudiés

4.1. Mise en place du couvert végétal

a) Le poids de mille grains (PMG)

Une quantité de grains de chaque variété est prélevée pour sélectionner des grains entiers qui seront comptées à l'aide d'un compteur automatique de la marque de NUMIGRAL (fig.22),

puis la masse des 1000 grains est pesée à l'aide d'une balance électronique de la marque YP402 N (fig.23). Le comptage est effectué le 26 novembre 2023.



Figure 22. Compteur automatique de la marque de NUMIGRAL utilisé dans l'expérimentation.



Figure 23. Balance électronique de la marque YP402 N utilisée dans l'expérimentation.

b) La faculté germinative

Le pouvoir germinatif des semences, ou faculté germinative, correspond au pourcentage de grains qui germent pendant une période de 7 à 10 jours, dans des conditions contrôlées de température, d'humidité et d'éclairage.

Pour chaque variété de blé dur, nous avons placé 100 grains sur du coton humide dans des conditions de laboratoire pendant 7 jours, puis nous avons compté le nombre de grains ayant germé (fig.24). Cette opération est effectuée le 26 novembre 2023.



Figure 24. Grains mis en germination pour déterminer la faculté germinative.

c) La dose de semis

La dose de semis est calculée en utilisant la formule suivante :

$$\frac{\text{Peuplement} * \text{PMG}}{\text{FG}}$$

Le peuplement : 300 plants ;

PMG : poids de mille grains ;

FG : la faculté germinative.

d) Le nombre de plants par mètre carré

La densité de peuplement est déterminée pour chaque parcelle élémentaire, au stade épiaison, en utilisant un cadre métallique d'un mètre carré (fig.25) placé au hasard sur la zone de comptage (fig.26).

Le comptage est réalisé le 17 mars 2014.



Figure 25. Cadre métallique d'un mètre carré utilisé pour déterminer la densité du peuplement.



Figure 26. Comptage de peuplement à l'aide du cadre métallique (CM)

4.2. Détermination des différents stades phénologiques

Le suivi de la culture a permis de déterminer les différents stades phénologiques des génotypes testés.

4.3. Etude morphologique

Le caractère morphologique étudié est la hauteur des plants. À partir d'un échantillon de plantes prélevé au hasard sur chaque parcelle élémentaire, nous avons mesuré la distance de la base de la tige jusqu'à l'épi à l'aide d'un mètre en bois (fig.27). Cette mesure est effectuée le 15 avril 2024.



Figure 27. Mètre en bois utilisé pour déterminer la hauteur des plants.

4.4. Les composants du rendement

a) Nombre d'épis par mètre carré

Le dénombrement est réalisé en utilisant le cadre métallique, déjà utilisé pour déterminer la densité du peuplement, placé en diagonale dans une zone choisie au hasard.

Cette mesure est effectuée le 16 avril 2024.

b) Nombre du grain par 10 épis

Dix épis de chaque variété sont prélevés pour chacune des 4 répétitions, en utilisant des ciseaux. Ensuite, les grains de chaque épi sont extraits à l'aide d'une batteuse à épis (fig.28), puis comptés avec un compteur automatique.

Ce paramètre est effectué le 27 mai 2024.



Figure 28. Batteuse à épis utilisée pour extraire les graines

c) Le rendement biologique

Le rendement biologique (le rendement théorique) est la quantité maximale de grain de blé que l'on peut récolter par unité de surface dans des conditions idéales.

Le rendement moyen par hectare est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains/épi} \times \text{Poids du grain (g)}$$

Sachant que

$$\text{Nombre de grains/m}^2 = \text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains/épi}$$

$$\text{Nombre de grains/épi} = \frac{\text{Nombre de grains total compté}}{\text{Nombre total d'épis collectés}}$$

$$\text{Poids d'un grain (g)} = \text{PMG}/1000$$

$$\text{Rendement (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre de grains/m}^2 \times \text{poids du grain (g)}$$

$$\text{Rendement (qx/ha)} = \text{Rendement (g/m}^2\text{)} \times 10\,000/100\,000$$

$$\text{Rendement biologique (qx/ha)} = \text{Rendement (g/m}^2\text{)} / 10$$

Résultats et discussions

Les résultats obtenus sont analysés et discutés pour tirer des conclusions.

1. La mise en place du couvert végétal

a) La faculté germinative

Les résultats relatifs à la faculté germinative sont représentés dans le tableau 10, illustrés par les figures 29, 30 et l'annexe 5.

Tableau 10. La faculté germinative de la semence utilisée.

Variétés	Faculté germinative (%)
V1(Amar 6, témoin 1)	90
V2	86
V3	87
V4	98
V5	90
V6	83
V7	87
V8	96
V9	94
V10	97
V11	88
V12(Simeto, témoin 2)	88



Figure 29. La faculté germinative de la semence des 12 variétés étudiées.

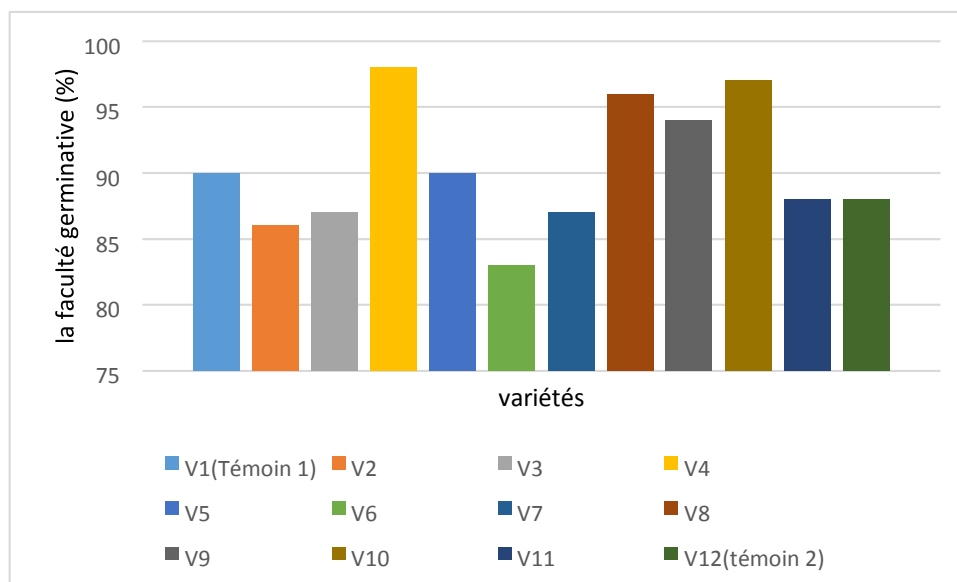


Figure 30. Représentation graphique de la faculté germinative.

Les différentes variétés étudiées ont une faculté germinative supérieure à 80 %. Le génotype V4 possède la faculté germinative la plus élevée 98 % tandis que le génotype V6 a la faculté germinative la plus faible 83 % par rapport aux témoins

La variété V4 représente la faculté germinative la plus élevée (98 %), suivie par la V10 (97 %), alors que V6 représente la valeur la plus faible avec (83 %).

Selon la FAO (2015), un taux de germination supérieur à 85% est généralement considéré comme acceptable, tandis qu'un taux supérieur à 90% est optimal pour les semences

de blé dur. Ces normes assurent une bonne densité de peuplement et une production maximale ce qui permet de classer les variétés étudiées comme suit :

Les variétés V4, V5, V8, V9 et V10 ont une faculté germinative optimale avec les valeurs 98%, 90%, 96%, 94% et 95% respectivement. Le témoin V1 présente une faculté germinative de 90%.

Les variétés V2, V3, V7 et V11 ont faculté germinative supérieur à 85%, 86%, 87% et 88% respectivement. Le témoin V2 présente une faculté germinative de 88%.

La faculté germinative joue un rôle important dans la détermination de la qualité de semences. En effet, d'après Ben Mbarek (2017), la faculté germinative élevée chez les céréales, est traduite par une levée rapide et homogène avec un développement vigoureux du coléoptile, du coléorhize et des racines primaires ou séminales. Le vieillissement des semences engendre une levée nulle ou retardée avec un développement d'organes végétatifs chétifs et rabougris.

Le taux de grains non germés peut être expliqué selon leurs états comme suit :

- Intacts : la semence n'a pas encore atteint sa maturité physiologique ;
- Pourris : la semence a perdu son pouvoir germinatif à cause d'une infection par un germe pathogène notamment cryptogamique ou bactérien ou bien une longue période de stockage sous de mauvaises conditions, telles que le manque d'aération, les températures élevées, l'humidité relative élevée, favorable pour le développement des moisissures.

b) Le nombre de plants par mètre carré

Les résultats relatifs au nombre de plants par mètre carré sont représentés dans le tableau 11 et annexe 7 et illustrés par la figure 31.

Tableau 11. Les moyennes du nombre de plants par mètre carré

Variétés	V1	V2	V3	V4
moyennes	112.25±57.99	93.75 ± 30.79	75.5 ± 38.66	72 ± 26.98
Variétés	V5	V6	V7	V8
Moyennes	63.5 ±32.76	57 ±10.81	88±46.33	53.75±21.81
Variétés	V9	V10	V11	V12

moyennes	141 ± 27.31	113.25 ± 28.92	77.75 ± 31.06	56.75 ± 25.73
-----------------	-------------	----------------	---------------	---------------

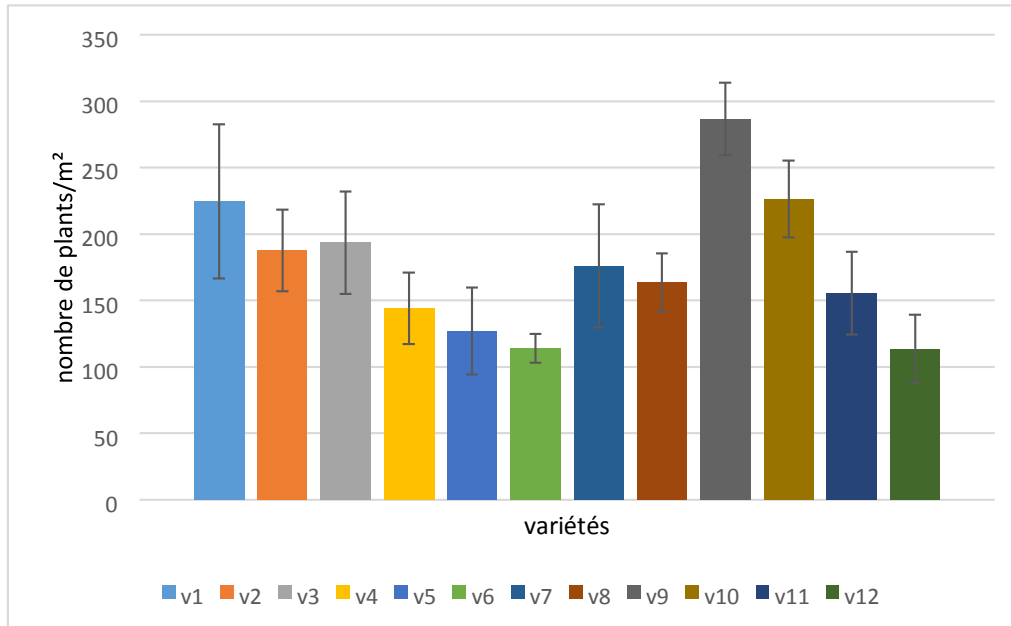


Figure 31. Représentation graphique du nombre de plants par mètre carré.

L'analyse de variance ANOVA montre une différence non significative.

Les résultats relatifs à ce paramètre (tableau 11 et figure 31) montrent que la variété V9 présente le nombre de plants par mètre carré le plus élevé (141), par contre la variété témoin V12 présente la valeur la plus faible (56.75).

L'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie INRAA (2017), recommande une densité de peuplement pour la culture de blé dur de 250 à 350 plants par mètre carré pour optimiser les rendements. Une densité trop élevée peut entraîner une compétition excessive entre les plants, tandis qu'une densité trop faible peut réduire le rendement total.

Les résultats obtenus (141 par V9, 112 par le témoin Simeto et 56 par le témoin Amar 6) sont nettement inférieurs aux normes recommandées par l'INRA à cause de la levée hétérogène sur terrain qui peut être due aux conditions du semis. En effet, selon Prévost (2006) et Hamadache (2013), le nombre de plants par mètre carré, est influencé par deux conditions importantes :

- ✚ Conditions pédoclimatiques (l'eau, O₂, la température, et le sol).
- ✚ Etat structural du sol (battance), ainsi que des conditions de semis, état du lit de semence et profondeur de semis et des conditions climatiques postérieurs au semis.

La faible densité de peuplement obtenue conduit à la nécessité de refaire l'essai dans des conditions contrôlées pour confirmer la densité de peuplement de chaque variété qui présent selon Rebetzke et *al.*, (2014), un intérêt pour :

- ✚ Évaluer la densité de semis optimale ;
- ✚ Identifier les problèmes de germination ;
- ✚ Prédire le rendement potentiel ;
- ✚ Ajuster les pratiques culturales.

2. Caractères phénologiques

Parmi les caractères phénologiques (levée, tallage, montaison, épiaison et floraison) le stade épiaison est pris en considération pour déterminer La densité de peuplement (nombre de plant par m²).

Tableau 12. La date d'épiaison de chaque variété.

variété	Semis	Epiaison
V1 témoin	26/12/2023	16/03
V2		27/03
V3		16/03
V4		20/03
V5		12/03
V6		14/03
V7		23/03
V8		25/03
V9		27/03
V10		25/03
V11		27/03
V12 témoin		23/03

Les résultats obtenus montrent que les génotypes étudiés présentent des dates d'épiaison différentes, certains sont plus précoces que les témoins et d'autres sont plus tardives (tab.12). Ce qui permet la possibilité de semer ces variétés à différentes dates selon la précocité de

l'épiaison. En effet, selon Ben Mbarek, (2017), la date de semis varie en fonction de la précocité de l'épiaison et de la floraison du génotype, lesquelles sont influencées par la température, le type de blé, la fertilité du sol et son état hydrique.

3. Étude morphologique

Le caractère pris en considération dans cette étude est la hauteur des plants.

Les résultats concernant ce caractère sont représentés dans le tableau 13 et annexe 8 et illustrés par la figure 32.

Tableau 13. Les moyennes de la hauteur des plants(cm) :

Variétés	V1	V2	V3	V4
Moyennes	62,25±56,25	67,75±30,91	72,5±75	68,75±8,91
Variétés	V5	V6	V7	V8
Moyennes	67,25±52,91	64±28,66	65,25±24,91	67±16,66
Variétés	V9	V10	V11	V12
Moyennes	66±42	71,25±6,91	70±75,33	67,25±14,91

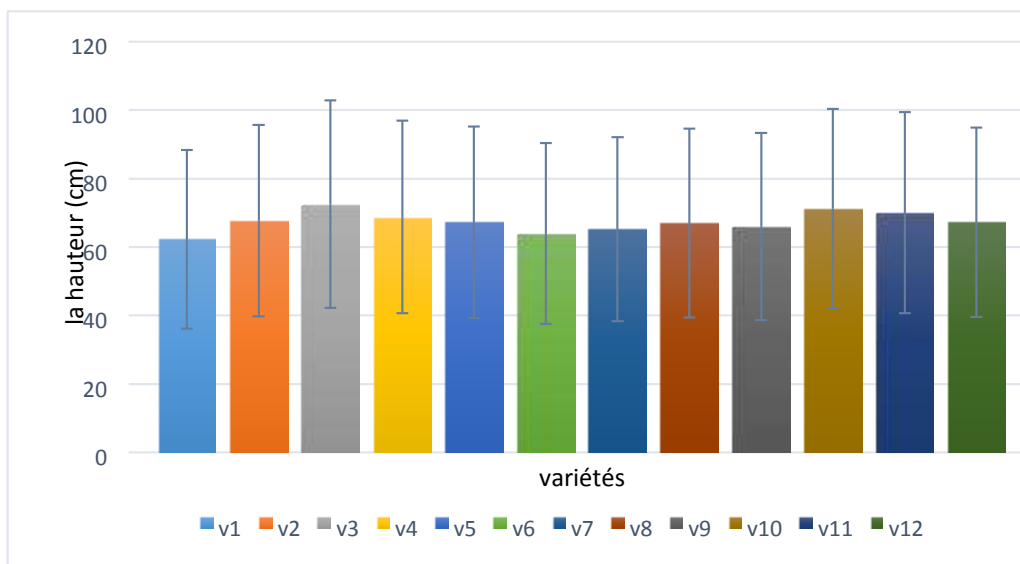


Figure 32. Représentation graphique de la hauteur des plants

L'analyse de variance ANOVA montre une différence non significative.

Selon les données de la figure 32 et du tableau 13 : la variété la plus haute est la V3 avec une moyenne de 72.5 cm, suivie par la V10 avec une moyenne de 71.25 cm, cependant la valeur la plus faible est enregistrée par la variété témoin V1 avec une moyenne de 62.25 cm.

Soltner (1999), signale que, la hauteur des plants est une caractéristique variétale, mais l'apport d'azote agit positivement sur la hauteur de la tige en favorisant l'allongement des entre nœuds.

Selon (Monneveux et *al.*, 2002), une paille relativement haute confère à la plante une meilleure tolérance à la sécheresse grâce aux constituants glucidiques qu'elle conserve et qui contribuent à l'élaboration de la matière sèche des grains en cas de déficit hydrique.

Selon Ben Abdellah et Ben Salem (1993), les variétés à paille haute ont une meilleure adaptation au déficit hydrique. Cependant, l'inconvénient de cette hauteur élevée de paille est le risque de la verse mécanique causée par les vents violents et les pluies torrentielles.

Selon Jardat (1993), la hauteur des plants est contrôlée par quatre paires de gènes, et une large héritabilité.

D'après Simpson (1968), les plantes plus courtes sont plus productives que les plantes à paille haute, ceci s'explique par le fait que les premières ont une capacité de tallage importante, chaque talle va s'allonger et émettra une inflorescence (épi), ce qui augmente le peuplement épi, par conséquent on assiste à un accroissement du rendement. Cette capacité du tallage permet d'échapper au dégât occasionné par le climat.

En Algérie, la majorité des variétés cultivées de blé dur sont à paille moyenne. L'agriculture algérienne a toujours tendance à préférer ces dernières à cause de leur rentabilité en paille, servant pour l'alimentation de bétail (Lounes et Guerfi, 2011).

4. Les composants du rendement

a) Nombre d'épis par mètre carré

Les résultats concernant le nombre d'épis par mètre carré sont représentés dans le tableau 14 et annexe 9, illustrés par la figure 33.

Tableau 14. Les moyennes du nombre d'épis par mètre carré :

Variétés	V1	V2	V3	V4
moyennes	117 ± 43.36	92.5 ± 44.91	98 ± 32.34	134.5 ± 57.52
Variétés	V5	V6	V7	V8

Moyennes	132 ± 15.12	72.75 ± 13.76	79.75± 34.30	92.5 ± 38.45
Variétés	V9	V10	V11	V12
moyennes	104.5 ± 37.52	103.25± 16.54	96 ± 36.63	131 ± 60.87

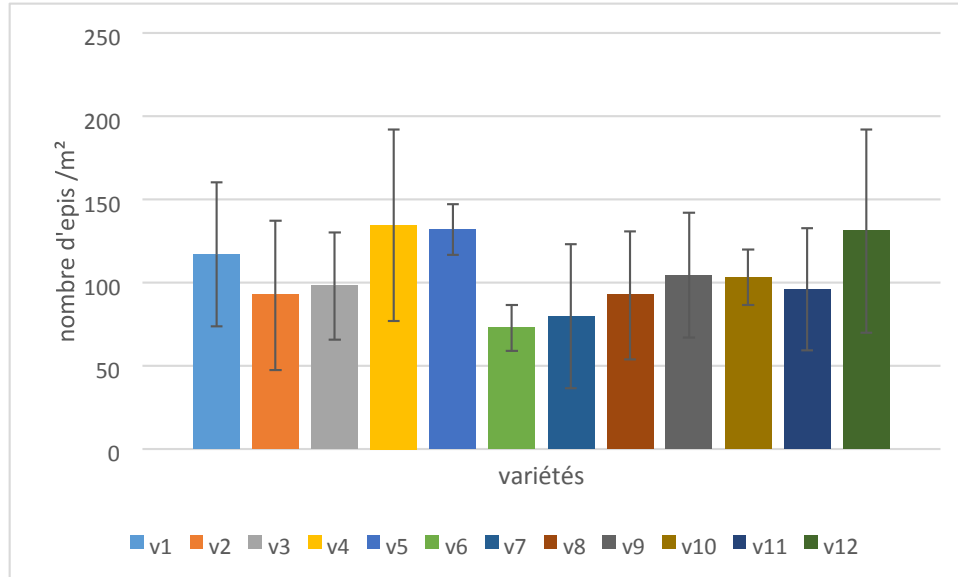


Figure 33. Représentation graphique du nombre d'épis par mètre carré.

La figure 33 et le tableau 14 illustrent la variation du nombre d'épis par mètre carré. La variété V4 montre la valeur la plus grande avec une moyenne de 134.5 épis/m², par opposition, la variété V6 montre la valeur la plus faible avec une moyenne de 72.75 épis/m².

L'analyse statistique par ANOVA révèle une différence non significative.

Normes du nombre d'épis par mètre carré pour le blé dur d'après Hariri et Bouzerzour (2006) sont :

- Faible : Moins de 300 épis par mètre carré
- Moyen : Entre 300 et 500 épis par mètre carré
- Élevé : Plus de 500 épis par mètre carré

Les résultats obtenus (417,25 par V11, 325,75 par le témoin Simeto et 333,25 par le témoin Amar 6) sont nettement inférieurs aux normes données donc la levée hétérogène a conduit à des stades phénologiques hétérogènes ce qui a influencé le nombre de grains par épis. En effet, Couvreur (1985), indique que le nombre d'épis/m² est lié à l'état de la végétation à la sortie de l'hiver (nombre des plants et état de tallage).

Les facteurs génétiques et les facteurs pédoclimatiques ont un impact important sur le nombre de grain par mètre carré qui dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée, et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage(BELAID, 1986 ; Zair, 1994) . Le nombre d'épis subira une forte diminution si le déficit hydrique intervient durant la phase de montée des épis Gâte et *al.*, (1992).

b) Nombre de grains par 10 épis

Les résultats relatifs au nombre de grains par épi sont représentés dans le tableau 15 et annexe 10, illustrés par la figure 34.

Tableau 15. Les moyennes du nombre de grains par 10 épis :

Variétés	V1	V2	V3	V4
moyennes	325,75 ± 125,12	369,25 ± 114,54	386,25 ± 85,72	325,5 ± 82,23
Variétés	V5	V6	V7	V8
Moyennes	288,75 ± 77,08	311,75 ± 69,17	295 ± 36,79	290 ± 100,32
Variétés	V9	V10	V11	V12
moyennes	405,5 ± 63,49	307,25 ± 71,77	417,25 ± 54,67	333,25 ± 45,66

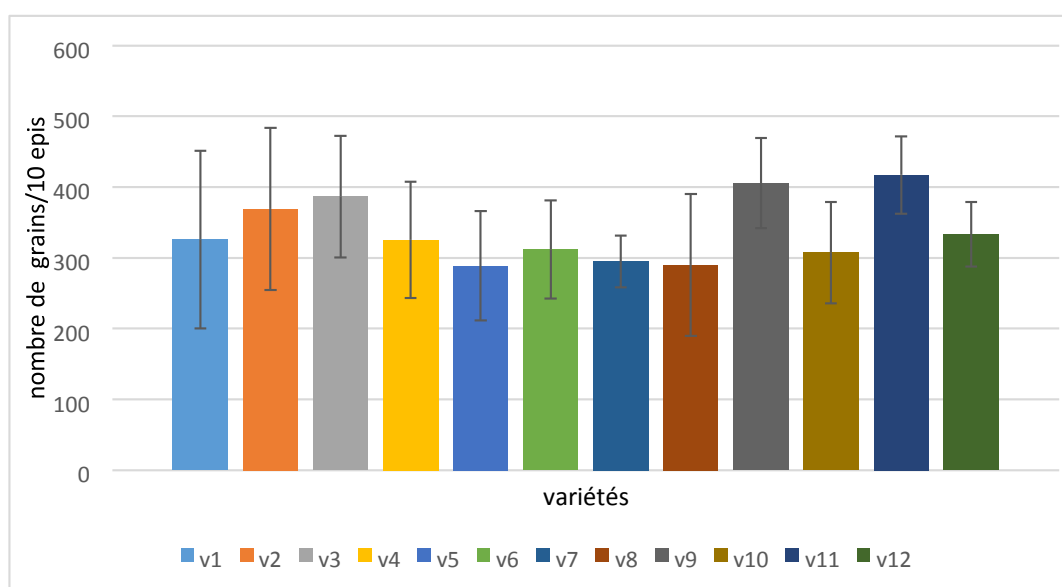


Figure 34. Représentation graphique du nombre de grains par 10 épis

La moyenne la plus élevée en grains par 10 épis est obtenue par la variété V11 avec 417,25 grains/ 10 épis, suivie de la variété V9 avec une moyenne de 405.5 grains/10 épis, tandis que la variété V5 a présenté le nombre le plus faible avec une moyenne de 288,75 grains / 10 épis (fig. 34), (tab 15).

L'analyse de variance (ANOVA) indique qu'il n'y a pas de différence significative.

D'après Benbelkacem et Yahia (2000), les variétés de blé peuvent être classées selon le nombre moyen de grains par épi comme suit :

- Faible : Moins de 25 grains par épi ;
- Moyen : Entre 25 et 40 grains par épi ;
- Élevé : Plus de 40 grains par épi.

Les variétés V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V10 et V12 présentent un nombre moyen de grains par épis moyen avec les valeurs 32,5 ; 36,92 ; 38,62 ; 32,55 ; 28,87 ; 31,17 ; 29,53 ; 29,01 ; 30,72 et 33,32 respectivement.

Les variétés V9 et V11 ont un nombre moyen des grains par épis élevé avec les valeurs 40,57 et 41,62 respectivement.

Le nombre de grains par épi est une composante cruciale dans l'élaboration du rendement (Jean, 2022). Il est influencé par des facteurs trophiques dont l'azote est l'un des principaux éléments (Jonard (1980)). En effet, une carence en azote au moment de la fécondation réduit le nombre de grains par épi, en augmentant le nombre de fleurs avortées (Gâte, 1995).

Durant l'itinéraire technique de notre essai l'apport de l'azote a été respecté ce qui peut expliquer le nombre de grains par épis obtenu.

c) Poids de mille grains

Les résultats relatifs au poids de mille grains avant le semis et après la récolte sont représentés dans le tableau 16 et 17 et annexe 11, illustrés par la figure 35.

► PMG avant le semis**Tableau 16.** Le poids de mille grains avant le semis

Variétés	V1	V2	V3	V4	V5	V6
PMG (g)	40.61	31.30	34.67	39	41.26	34.47

Variétés	V7	V8	V9	V10	V11	V12
PMG (g)	41.76	35.59	36.04	36.38	35.67	36.54

Le tableau 16 montre que la variété V7 (41.76) présente le poids de mille grains le plus élevé, suivit par la V5(41.26). La variété qui affiche le poids de mille grains le plus faible est la V2 (31.30).

➤ **PMG après la récolte**

Tableau 17. Les moyennes du poids de mille grains :

Variétés	V1	V2	V3	V4
moyennes	32.97 ± 15,32	39.35 ± 3.70	45.69 ± 6.03	45.83 ± 9.42
Variétés	V5	V6	V7	V8
Moyennes	33,85 ± 10.47	26,99 ± 10.38	30,04 ± 13.70	42,44 ± 7.25
Variétés	V9	V10	V11	V12
moyennes	30,86 ± 15.80	36,23 ± 11.62	34,40 ± 6.47	38,69 ± 10.89

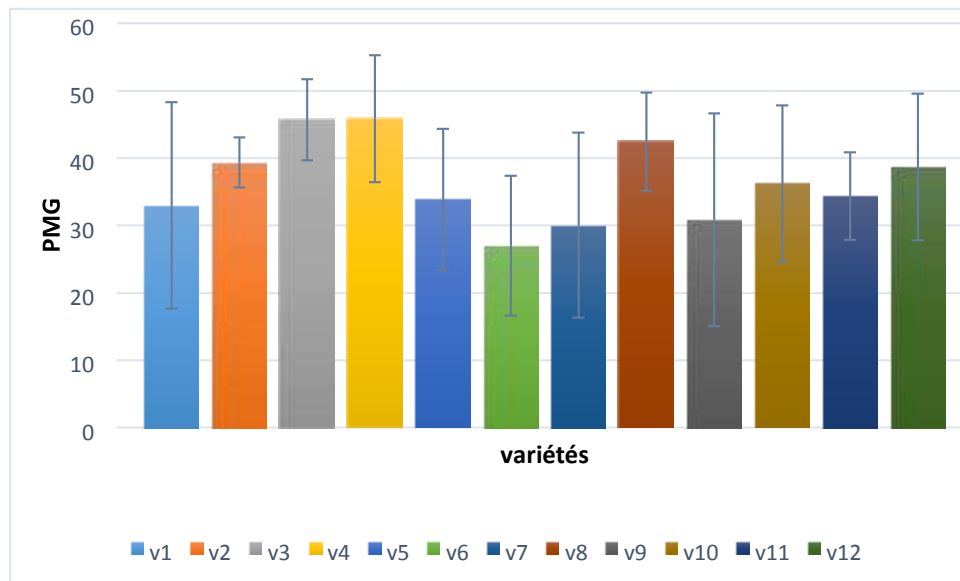


Figure 35. Représentation graphique du poids de mille grains

Une analyse de variance (ANOVA) indique qu'il n'y a pas de différence significative (annexe 11).

Le tableau 17 et la figure 35 montrent que la valeur supérieure est enregistrée par la variété V4 avec une moyenne de 45.83 g, et la valeur la plus faible est enregistrée par la variété V6 avec une moyenne de 26.99 g.

Le poids de mille grains (PMG) est un indicateur important de la qualité et du rendement du blé dur. Les valeurs du PMG varient selon les conditions climatiques, les pratiques culturales et les variétés cultivées. Voici une classification générale du poids de mille grains pour le blé dur selon Bouzerzour et Benmahammed (2004) :

- Faible : Moins de 35 g ;
- Moyen : Entre 35 et 45 g ;
- Élevé : Plus de 45 g.

Les variétés V1, V6, V7, V9 et V11 ont un PMG faible avec les valeurs 32,97 ; 33,85 ; 26,99 ; 30,04 ; 30 ,86 et 34,40 respectivement.

Les variétés V2 et V8 ont un PMG moyen avec les valeurs 39,35 et 42,44 respectivement.

Les variétés V3 et V4 ont un PMG élevé avec des valeurs 45,69 et 45,83 respectivement.

Les différents PMG obtenus peuvent être dus soit à la variété soit aux conditions de la culture. Etant donné que toutes les variétés en subissent les mêmes conditions de culture donc la différence est due à la variété ou probablement au déficit hydrique au stade remplissage des grains constaté sur terrain par un échaudage plus au moins faible. En effet, selon (Belaid, 1996 ; Ben Mbarek, 2017), ce caractère agronomique traduit la bonne qualité des grains et l'alimentation hydrique et minérale de la culture. Il dépend, essentiellement, de l'espèce, de la date et de la densité de semis, des conditions de conduite de la culture et du stockage de la récolte. En fait, il reflète l'impact de stress abiotique et biotique sur la culture et le produit récolté.

Le PMG est influencé par l'alimentation hydrique car selon Gâte (1995) et Belaid (1996), à 20 jours de la maturation le grain emmagasine l'amidon provenant des tiges et de feuilles jaunissant, mais non desséchées dans la plante, cette migration nécessite une circulation d'eau dans la plante. Si l'Evapotranspiration Potentielle (ETP) est forte, la plante se dessèche brusquement, le grain sera ridé est léger ce qui implique l'échaudage.

d) Le rendement biologique

Les résultats relatifs au rendement biologique de chaque variété sont représentés dans le tableau 18, annexe 12, illustré par la figure 36.

Tableau 18. Les moyennes du rendement biologique de chaque variété (qx/ ha) :

Variétés	V1	V2	V3	V4
moyennes	16.96 ± 9.15	12.29 ± 3.58	18.01 ± 10.78	18.32 ± 3.49
Variétés	V5	V6	V7	V8
Moyennes	13.34 ± 6.79	6.19 ± 3.13	11.06 ± 4.77	10.18 ± 1.36
Variétés	V9	V10	V11	V12
moyennes	12.01 ± 6.15	11.54 ± 5.07	13.09 ± 3.23	17.36 ± 8.47

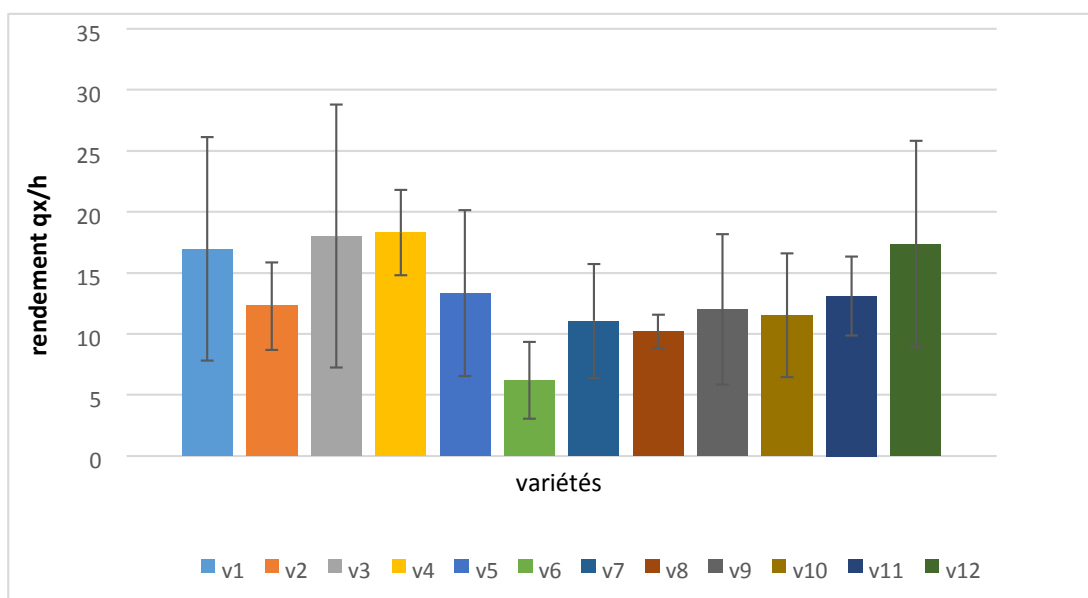


Figure 36. Représentation graphique du rendement biologique.

Le tableau 18 et la figure 36 montrent que la variété V4 présente le rendement biologique le plus élevé avec une moyenne de 18.32 qx/ha, suivie par la variété V3 avec une moyenne de 18.01 qx/ha. La valeur la plus faible est présentée chez la variété V6 avec une moyenne de 6.19 qx/ha.

L'analyse de variance (ANOVA) indique qu'il n'y a pas de différence significative.

Les normes du rendement biologique selon Hariri et Bouzerzour (2006) :

- Faible : Moins de 2 tonnes par hectare (t/ha)

- Moyen : Entre 2 et 4 tonnes par hectare (t/ha)
- Élevé : Plus de 4 tonnes par hectare (t/ha)

Le rendement biologique (le rendement théorique) est la quantité maximale de grain de blé que l'on peut récolter par unité de surface dans des conditions idéales. Son estimation avant maturité complète peut être évaluée au stade grains laiteux-pâteux (stade fin de la migration des réserves). Où il faut prendre en considération les pertes par égrenage et durant la moisson pour se rapprocher du rendement réel (ITGC, 2015).

Selon Bouzerzour et Ben Mahamad (1995), le nombre d'épis et de grain par épi restent des caractères déterminants dans la formation du rendement de blé, il est influencé par les conditions climatiques et de condition de culture.

4. Les maladies

Les maladies observées sur le terrain sont résumées dans le tableau 19.

Tableau 19. Les maladies observées sur les différentes variétés du blé dur.

Maladies	La rouille brune	La tache auréolé (%)
variétés		
V1		0
V2		0
V3		0
V4	Traces	1
V5		0
V6		2
V7		2
V8		2
V9		0
V10		2
V11		2
V12	Traces	2

Traces, 1 et 2 présentent le degré de sensibilité de la variété à la maladie.

Les maladies observées sont :

La tâche auréolée, sur les feuilles des variétés V4 et V12,

La rouille brune, les variétés touchées sont V4 ; V6 ; V7 ; V8 ; V10 ; V11 ; V12 (tab.19).



Figure 37. La rouille brune



Figure 38. La tâche auréolée

Parmi les critères recherchés dans les variétés, la tolérance aux maladies est un caractère important pour minimiser les pertes de rendement (Benhamou, 2009).

Les conditions climatiques de cette campagne 2023/2024 étaient défavorables au développement des maladies. En effet, le développement de la maladie dépend de la présence de l'agent pathogène, des conditions du milieu et du génotype de la plante.

Conclusion

Le blé dur est une culture céréalière majeure, elle reste confrontée à des contraintes biotiques et abiotiques ainsi qu'à des pratiques culturales parfois inadaptées.

Dans le cadre de l'amélioration du système d'adaptation variétale du blé dur (*Triticum durum*) en Algérie et de l'étude de l'intensification et de la diversification des grandes cultures dans le pays. Dix nouvelles variétés de blé dur sont étudiées en comparaison à deux variétés témoins, à travers des paramètres phénologiques, morphologiques et le rendement dans des conditions pédoclimatiques propres à une zone sublittoral au niveau de la station expérimentale ITGC d'Oued Smar.

Les résultats de cette étude classe les variétés de blé dur étudiées, au même titre que les deux témoins utilisés concernant tous les caractères étudiés (la faculté germinative, la densité de plants, la hauteur des plants, le nombre d'épis, le nombre de grains par épis, le poids de mille grains (PMG) et le rendement biologique).

Les variétés étudiées présentent des caractéristiques qui permettent leur introduction dans le sublittoral de l'Algérie, ce qui diversifie les variétés dans le pays.

Ces résultats sont préliminaires et doivent être complétés par d'autres essais selon le schéma de production de semences de blé adopté par l'ITGC. Pour soit les inscrire au catalogue national des variétés ou recommencer le schéma d'amélioration pour produire d'autres variétés plus intéressantes.

Références bibliographiques

- Abis S., 2012. Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM Paris : 241-247
- Aboudrare A. (2009). Évaluation des effets du travail du sol sur les propriétés physiques du sol et la productivité de la culture de blé dur en zone semi-aride. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Allaoui S B., 2005.referentiel pour la conduite technique de la culture du blé dur (*Triticum durum*)15p.
- Annicchiarico, P., Bellah, F., Chiari, T., 2005 Defining subregions and estimating benefits for a specific-adaptation.
- Anonyme, 2008 principaux stades repères de la végétation en céréales. Disponible sur www.gembloux.ulg.ac.be/phytotechnie-temperee/pic/Stades.pdf (20/02/2024)
- ARVALIS. Blé dur : guide de culture, Edition ARVALIS –institut du vegetal,2017, p96.
- Bazemlal, 2020. L'oïdium du blé. Revue céréales, 12, 15-20.
- Bekkis.S, Mohamed Amine Benmehaias, Achène Kaci. Les enjeux de la dépendance de la filière de blé en Algérie : Analyse par asymétries de réponses de l'offre dans la chaîne de valeur.NEW MEDIT N. 1/2022.p147
- BELAID D. 1996. Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'agronomie. Batna. 187p
- Belaid, D, 1986 ; Aspect de la céréaliculture algérienne. OPU. Alger. 126 p.
- Benbelkacem, A., & Yahia, H. (2000). Variability and Genetic Improvement of Durum Wheat in Algeria. CIHEAM Options Méditerranéennes.
- Ben Mbarek kamel. 2017.Manuel des grandes cultures – Les cereales .edition universitaire européennes.256p.

Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2003 7 (1), 17–35

Bonneuil christophe, Frédéric Thomas 2009 .gènes ,pouvoirs et profits.recherche publique et regimes de production des savvoirs de Mendel aux OGM : 581p

Boulal H., Zaghoune O., El Mouradi M., 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) :175p

Bouzerzour, H., & Benmahammed, A. (2004). Agronomic Performance of Durum Wheat Cultivars Grown in the Semi-Arid Regions of Algeria. Dans cette étude, les auteurs discutent des performances agronomiques des variétés de blé dur, y compris le poids de mille grains.

Casnin.C , Jean..F (2013). Le blé ,une plante pour etudier la biologie de la plante.

Chekhma Madjida, Hachimi fatima zahra aib yasmi 2020, « monoculture et culture en a Couvreur E(1985): Formation du rendement du blé et risque climatiques. Perspectives agricoles N°95.PP 12-19ssociation-céréales.

Clarke J.M., Norvell W.A, Clarke F.R et Buckley T.W., 2002. "Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. " Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie, 82:27-33.

Christophe Bonneuil, Frédéric Thomas. GÈNES, POUVOIRS ET PROFITS. Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM. Quae-ECLM, 2009.

Doré C. et Varoquaux F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA. 497p

DSASI (Direction de Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information), 2020. Statistiques de Série B : Rapport annuel.

FAO (2015). Seed Policy and Programmes in the Near East and North Africa: Proceedings of the Regional Technical Meeting on Seed Policy and Programmes. FAO Plant Production and Protection Paper No. 185.

Feillet P., (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.p308.

Feldman M., ER. Sears. 1981. The wild gene resources of wheat. Sci. Am.244 : 98–109.

Gâte P, (1995): Ecophysiologie de blé. Ed Lavoisier, 429p.

Hamadache A., 2001. Stades et variétés de blé, document de vulgarisation, ITGC, DFRV, Alger, 22p.

- Hamadache A., 2013. Grande cultures : principaux itinéraires techniques des principales espèces de grandes cultures pluviales cultivées en Algérie et en Afrique du nord (agriculture conventionnelle), le blé, Tome 1, 1er édition : 256p.
- Hamidouche, M., 2002. La production des semences sélectionnées des céréales, ITGC, Algérie. Guide pratique.
- Hariri, N., & Bouzerzour, H. (2006). Effect of Water Stress on Growth and Yield Components of Durum Wheat Varieties under Algerian Semi-Arid Conditions
- Henry Y., De Buyser J, (2001). L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- INRAA (2017). Guide des Bonnes Pratiques Agronomiques pour les Cultures Céréalières en Algérie. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
- ITGC, 2008. Fiche technique de la culture du blé dur (*Triticum durum*). Edition ITGC, Algérie.
- ITGC, 2010. Cultures et coûts de production des grandes cultures. Éditions ITGC, Algérie
- ITGC, 2019. Fiche technique de la culture du blé dur (*Triticum durum*). Edition ITGC, Algérie.
- Joel.A.2009.blé dur.de là l'organisation des filières à la structuration d'un réseau méditerranéen.
- Jonard. P (1964) : Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Annal de l'amélioration des plantes, pp 101-130.
- Julien, 2023.fiche technique « blés ». Pratiquer la sélection massale sur sa ferme.
- Kheddam, M., 2012. Info semences et plants (site CNCC Alger). P2
- Lacharme M., 2001. La production de semences certifiées ; Règles à suivre à l'exploitation. Mémento Technique de Riziculture
- Lafon. IP ; tharaud,C et levey, B.biologie des plantes cultivées .physiologie de developpement genetique et amelioration,Tome II,(1992),
- Latreche .2011. Mémoire le rendement effcience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur. Sous les effets du précédent culturale et de l'outil de labour du sol.487p.
- Maachi. 2005.etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : évaluation de l'effcience de l'irrigation et de la fertilisation azotée, thèse, Ing, agro, sah, ITAS, ouargla,91p

- Mazouz L. 2006. Etude de la contribution des paramètres phénol-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi -aride. Mémoire de Magistère. Déprt.Agronomie. Université Hadj Lakhdar, Batna ,70p.
- Mouellef A., (2010). Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T.durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82 pages.
- Najimi Bouchra, samir El Jaafari, Mohamed Jlibène, Jean-Marie Jacquemin, 2003, application des marqueurs moleculaires dans l'amélioration du blé dans la resistane aux maladie et aux insectes. p30.
- Namoune. H et Kezih.R ,2000. Utilisation du blé dur en Algérie et méthodes d'évaluation de la qualité .5p.
- Ondo Eo,2014 ; caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain, thèse de doctorat, université de Bourgogne
- Ouanzar S., (2012). Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magister, Université de Sétif, 67 p.
- Perthuis, C. d. (2022). Récupéré sur futuribles: <https://theconversation.com/les-impacts-de-la-guerre-en-ukraine-sur-les-marches-agricoles-et-la-securite-alimentaire-178628>
- Prevost P,2006 : les bases de l'agriculture 3 eme, Ed Lavoiasier ,123p
- Ripusadn. L ,Paliwal.F ,2002. Sélection récurrente demi-frère pour améliorer le rendement en grains.
- Ruel T., (2006), Document sur la culture du blé, édition Educagri.p96
- Sayoud .M 2000.approche de lutte contre les maladies fongique du blé dur.
- Smati, Y., 2017. La semence des céréales, rapport ITGC Alger P3
- Soltner D., 1999. Les grandes productions végétales, 19 éditions, sciences et techniques agricoles : 464p.
- Surget A., Barron C. 2005. Histologie du grain de blé. Industrie des céréales, 3-7gumineuses- : fertilisation minérale et biologique.» 2020.
- Turner M., 2013. Les semences. Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 272 p. Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires méditerranéens
- Wadley G., Martin A., (1993). The Origins of Agriculture?A Biological Perspective and New Hypothesis.Australian Biologist 6: 96-105

Yves,H et Buyer.J., (2000), l'origine des blés. Pour les sciences hors-série n° 26,60 -62 p

ZAIR M,1994 : L'irrigation d'appoint et fertilisation azotée de blé dur. Céréaliculture N°24.

<https://blog.vegenov.com/2024/03/selection-assistee-par-marqueurs-sam/>

<https://fr.statista.com/a-propos/> <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/ble/>

<https://.fao.state3.fao.org/>

<https://madrp.gov.dz/agriculture/statistiques-agricoles/>

Annexe 1. Le taux d'azote

 **LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ & DE CONFORMITÉ**
Tél / Fax : 025 23 81 02 / Mobile : 0541 48 04 77
Email : altesselab@gmail.com
Adresse : Rue Zibara en face l'hôpital Frenckéon - BLIDA

 **Bulletin d'analyse physicochimique** Date : 01.02.2024

Numéro d'inscription au laboratoire : 2
Client: MAATSEKI Yasser
Adresse : BLIDA
Nature de produit : Sol (20-40cm)
Quantité : 1 échantillon
Echantillon reçu / prélevé le : 31.01.2024 / analysé le : 01.02.2024

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode/référence
Azote	g/kg	3.32	Méthode de Kjeldahl


Responsable du laboratoire


Scanné avec CamScanner

Annexe 2. fiche technique de premier témoin




Blé dur

Simeto



Origine : Italie
 Pédigrée : Capeiti x valvona
 Obtenteur : IAO ITALIO
 Demandeur : ITGC
 Année d'inscription : 1998

CARACTÉRISATION AU CHAMP

	Coléoptile	
	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
	Première feuille	
	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
	Plante	
	Port au tallage:	Demi-dressé
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Nulle ou très faible
	Hauteur (tige, épi et barbes) :	Moyenne
	Dernière Feuille:	
	Glaucescence de la gaine :	Très forte
	Glaucescence du limbe :	Forte
	Epoque d'épiaison (1er épillet visible sur 50% des plantes) :	Précoce
	Barbes	
	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
	Tige	
	Pilosité du dernier nœud :	Nulle ou très faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Forte
	Epi	
	Glaucescence :	Forte

CARACTÉRISATION SUR ÉPI SEC

Barbes	
Distribution des barbes :	Sur toute la longueur
Longueur par rapport à l'épi :	Plus longues
Couleur :	Noire

92



Epi

Longueur à l'exclusion des barbes :
 Pilosité du bord du 1er article du rachis :
 Couleur (à maturité) :
 Forme en vue de profil :
 Compacité :

Court
 Nulle ou très faible
 Blanc
 Pyramidale
 Moyenne



Paille

Moelle en section transversale

Peu épaisse

Glume inférieure

Forme de la glume :
 Forme de la truncature :
 Largeur de la truncature :
 Longueur du bec :
 Forme du bec :
 Pilosité de la face externe :

Allongée
 Inclinaison
 Étroite
 Court
 Droit
 Absente



Grain

Forme :
 Longueur des poils de la brosse vue dorsale :
 Coloration au phénol :

Demi-allongé
 Moyenne
 Faible

Type de développement :

Hiver

CARACTÉRISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Rendement :
 Poids de mille grains (PMG) :
 Qualité semoulière :
 Mitadinage :
 Teneur en protéines :

Élevé
 Élevé
 Très bonne
 Résistante
 15,80%

RÉSISTANCE AUX MALADIES

Oïdium sur feuille :
 Oïdium sur épi :
 Rouille brune :
 Charbon :
 Fusariose :
 Septoriose :

Moyennement sensible
 Résistante
 Moyennement sensible
 *
 *
 Moyennement sensible

Annexe 3. Fiche technique du deuxième témoin

Targui



Origine : Syrie
 Pédigrée : ID94.0920-C-OAP-7AP
 Obtenteur : ITGC Sétif
 Demandeur : ITGC
 Année d'inscription : 2011

CARACTÉRISATION AU CHAMP



Coléoptile

Pigmentation anthocyanique :

Nulle ou très faible

Première feuille

Pigmentation anthocyanique :

Nulle ou très faible

Plante

Port au tallage :

Dressé

Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :

Faible

Hauteur (tige, épi et barbes) :

Moyenne

Dernière Feuille:

Glaucescence de la gaine :

Moyenne

Glaucescence du limbe :

Faible

Epoque d'épiaison (1er épillet visible sur 50% des plantes) :

Précoce

Barbes

Pigmentation anthocyanique :

Nulle ou très faible

Tige

Pilosité du dernier nœud :

Faible

Glaucescence du col de l'épi :

Moyenne

Epi

Glaucescence :

Moyenne

CARACTÉRISATION SUR ÉPI SEC

Barbes

Distribution des barbes :

Longueur par rapport à l'épi :

Couleur :

Sur toute la longueur
 Plus longues
 Blanchâtre

**Epi**

Longueur à l'exclusion des barbes :	Moyen
Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Forte
Couleur (à maturité) :	Blanc
Forme en vue de profil :	Pyramidale
Compacité :	Moyenne

**Paille**

Moelle en section transversale	Peu épaisse
--------------------------------	-------------

Glume inférieure

Forme de la glume :	Allongée
Forme de la troncature :	Droite
Largeur de la troncature :	Moyenne
Longueur du bec :	Court
Forme du bec :	Légèrement coudé
Pilosité de la face externe :	Absente

**Grain**

Forme :	Demi-allongé
Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	Courts
Coloration au phénol :	Faible

Type de développement :	Hiver
-------------------------	-------

CARACTÉRISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Rendement :	Élevé
Poids de mille grains (PMG) :	Élevé
Qualité semoulière :	Bonne
Mitadinage :	Résistante
Teneur en protéines :	16,09%

RÉSISTANCE AUX MALADIES

Oidium sur feuille :	Résistante
Oidium sur épi :	Résistante
Rouille brune :	Résistante
Charbon :	Résistante
Fusariose :	Résistante
Septoriose :	Résistante

Annexe 4. Dispositif expérimental

v4	v10	v1	v7	v6	v11	v12	v9	v2	v8	v5	v3
48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
v5	v12	v9	v11	v8	v7	v4	v3	v10	v6	v1	v2
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
v10	v8	v11	v6	v12	v2	v5	v4	v1	v9	v3	v7
24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Annexe 5. La faculté germinative



Annexe 6. Les épis de différentes variétés



Annexe 7. Le nombre de plants/m²

ANALYSE DE
VARIANCE

Source	des Somme des carrés	des Degré de liberté	Moyenne des variations carrés	des F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	32299,4166	7	1,9492201	2	0,06505602	2,066608478
A l'intérieur des groupes	54230,5	36	1506,402778			
Total	86529,9166	47				

Annexe 8. La hauteur des plants

ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	SDC	DDL	Moyenne des carrés	F	P	Valeur critique pour F
Entre Groupes	117212	11	10655,63636	1,02943062	0,44197356	2,066608478
A l'intérieur des groupes	372636	36	10351			
Total	489848	47				

Annexe 9. Le nombre d'épi /m²

ANALYSE DE
VARIANCE

Source des variations	des Somme des carrés	des Degré de liberté	Moyenne des variations carrés	des F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	18157,72917	11	1650,702652	1,05543179	0,42195261	2,066608478
A l'intérieur des groupes	56304,25	36	1564,006944			
Total	74461,97917	47				

Annexe 10. Le nombre de grains /10 épis

ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	SDC	DDL	Moyenne des carrés	F	P	Valeur critique pour F
Entre Groupes	90733,9167	11	8248,53788	1,24831789	0,29278942	2,06660848
A l'intérieur des groupes	237878	36	6607,72222			

Total 328611,917 47

Annexe 11. Poids de mille grains

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations SDC</i>	<i>DDL</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	1630,73258	11	148,248416	1,29149477	0,2686212,06660848
A l'intérieur des groupes	4132,37676	36	114,788243		
Total	5763,10934	47			

Annexe 12. Le rendement biologique

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations SDC</i>	<i>DDL</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	2485,19156	11	225,926505	1,00969351	0,45755695 2,06660848
A l'intérieur des groupes	8055,27031	36	223,757509		
Total	10540,4619	47			

Résumé

« L'agriculture est la plus ancienne occupation de l'homme : c'est elle qui fournit l'indispensable nourriture, irremplaçable source de vie »

La filière de céréales est en particulier la filière de blé est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie algérienne. Elle constitue l'un des maillons les plus importants du système alimentaire du pays. Elle représente la première industrie agroalimentaire en Algérie.

Le blé dur (*Triticum durum*) occupe une position de premier plan parmi les cultures céréalières, représentant la majorité des ressources énergétiques.

Cependant, la production de blé dur reste insuffisante avec des rendements très variables. C'est pourquoi l'ITGC travaille à l'amélioration de la qualité des cultures afin d'augmenter les rendements et d'adapter les cultures aux changements climatiques.

Dans ce cadre, notre étude porte sur 10 variétés de blé dur comparées à deux variétés témoins locales, dans le but d'évaluer leur potentiel de production sous les conditions climatiques naturelles de la zone sublittoral « Oued Smar » durant la campagne 2023-2024.

L'étude examine les caractéristiques végétatives et morphologiques des plantes, telles que le nombre de plants par mètre carré, la hauteur des tiges, le nombre d'épis par mètre carré, ainsi que le rendement, afin de les inscrire dans le catalogue officiel.

Mots clés. Blé dur- amélioration- adaptation-variétés – rendement.

Summary

«Agriculture is man's oldest occupation: it provides the indispensable food, irreplaceable source of life»

The cereal sector is in particular the wheat sector is a strategic sector and represents a considerable weight in the Algerian economy. It is one of the most important links in the country's food system. It represents the first agrifood industry in Algeria.

Durum wheat (*Triticum durum*) occupies a leading position among cereal crops, representing the majority of energy resources.

However, durum wheat production remains insufficient with very variable yields. That's why the ITGC is working to improve crop quality to increase yields and adapt crops to climate change.

In this context, our study focuses on 10 durum wheat varieties compared to two local control varieties, in order to assess their production potential under the natural climatic conditions of the «Oued Smar» sub-littoral zone during the 2023-2024 season.

The study examines the vegetative and morphological characteristics of plants, such as the number of plants per square meter, the height of the stems, the number of ears per square meter, as well as the yield, in order to include them in the official catalogue.

Keywords. Durum wheat- improvement- adaptation-varieties - yield.

ملخص

"الزراعة هي أقدم مهنة للإنسان: فهي توفر الغذاء الأساسي، ومصدر الحياة الذي لا يمكن تعويضه" يعتبر قطاع الحبوب، وخاصة قطاع القمح، قطاعا استراتيجيا ويمثل ثقلا كبيرا في الاقتصاد الجزائري. وهو يشكل إحدى أهم الروابط في النظام

الغذائي في البلاد. وهي تمثل الصناعة الغذائية الزراعية الرائدة في الجزائر.

مكانة رائدة بين محاصيل الحبوب، حيث يمثل غالبية موارد الطاقة (*Triticum durum*) يحتل القمح القاسي تحسین جودة المحاصيل من

أجل زيادة ITGC ومع ذلك، لا يزال إنتاج القمح القاسي غير كاف مع عوائد متفاوتة للغاية. ولهذا السبب تعمل

الغلة وتكيف المحاصيل مع تغير المناخ في هذا السياق، تركز دراستنا على 10 أصناف من القمح القاسي مقارنة بصنفين محليين للمراقبة، بهدف تقييم إمكاناتها الإنتاجية في ظل الظروف

المناخية الطبيعية للمنطقة الساحلية "واد السمار" خلال حملة 2023-2024 تتناول الدراسة الخصائص الخضريّة والمورفولوجية للنباتات، مثل عدد النباتات في المتر المربع، وارتفاع السيقان، وعدد السنابل في المتر المربع، وكذلك المحصول، بهدف إدراجها في المحصول الرسمي. الكلمات الدالة. القمح القاسي – التحسين – الأصناف – التكيف – المح