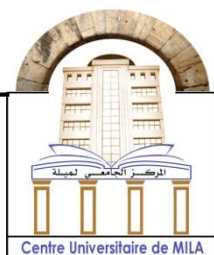


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**La production de la semence céréalière hybride : cas de
l'orge (*Hordeum vulgare* L.)**

Présenté par :

➤ **LAKHAL Ikhlas**

Devant le jury :

M^{me} TALHI Fahima

MCA

Présidente

M^{me} MEKAOUSI Radhia

MCB

Examinatrice

M^{me} BOUCHETAT Fawzia

MCA

Promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant tout, je rends grâce à **Dieu** Tout-Puissant pour son soutien et ses bienfaits, sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude aux membres du jury pour le temps qu'ils m'ont consacré, ainsi que pour la qualité de leurs remarques et de leurs conseils, qui ont enrichi ce mémoire de manière significative.

Je remercie tout particulièrement Madame BOUCHETAT Fawzia, mon encadrante, pour son accompagnement attentif, sa disponibilité, sa bienveillance constants tout au long de ce projet.

Mes remerciements vont également à Madame TALHI Fahima, présidente du jury, pour l'attention portée à mon travail, ainsi que pour ses observations pertinentes et constructives.

Je tiens aussi à remercier Madame MEKAOUSI Radhia pour sa participation active à l'évaluation de ce mémoire et pour la richesse de ses commentaires.

À vous toutes, je témoigne ma profonde reconnaissance pour votre contribution précieuse à la réussite de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble du personnel de la Ferme Pilote KHELAFI Ahmed de Tiberghien en particulier Monsieur le gérant, ainsi qu'aux membres de la CCLS, pour leur soutien et leur collaboration tout au long de la réalisation de ce travail. Un merci particulier à toutes les personnes, qu'elles aient contribué directement ou indirectement, à cette démarche. Je n'oublie pas non plus de remercier ma famille pour ses sacrifices et son soutien constant, sans lesquels ce projet n'aurait pas pu voir le jour.

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

Au nom de Celui qui, lorsqu'on s'attache à Lui, raffermi nos pas et apaise nos cœurs.

À Allah, le premier vers qui je me tourne, le plus proche à entendre, le plus compatissant à savoir. À Lui seul revient tout le mérite, dans chaque moment de patience, chaque lueur d'espoir, chaque bien facilité sur ce chemin. (Et dis : "Seigneur, augmente-moi en savoir.") [Taha : 114] Louange à Allah, en premier et en dernier, dans le visible comme dans l'invisible, Lui qui m'a accordé la réussite, l'endurance, et a mis sur ma route tant de causes et de personnes précieuses.

Que les prières et la paix soient sur notre Prophète Mohammed ﷺ, lui qui a dit : « Quiconque emprunte un chemin à la recherche du savoir, Allah lui facilitera par cela un chemin vers le Paradis. » .En cet instant, je lève les mains en gratitude, d'abord vers Allah,

puis vers mes chers parents...Que Dieu les récompense pour tout. Je vous dédie le fruit de cette persévérance, car vous êtes la source, la force, et la beauté de ce parcours. Vous m'avez appris à continuer malgré la fatigue, à faire confiance à Dieu quand le chemin se resserre. Merci pour cet amour silencieux qui ressemble à une prière, invisible... mais qui me porte à chaque pas.

À celui dont je porte le nom avec fierté, À celui qui a retiré les épines de mon chemin pour y semer le repos, À mon père...Ce n'est pas le fardeau qui a courbé le dos de mon père, mais l'amour, pour me porter. Je retenais parfois mes désirs, et lui... les devinait sans que je parle.

À celle qui m'a enseigné la morale avant les mots, au pont qui me mène vers le Paradis, à la main invisible qui a écarté les obstacles de mon chemin, et dont les prières nocturnes portaient toujours mon nom...Ma mère, ma bienaimée, mon inspiration.

À ceux dont la présence est un cadeau du ciel, Mes sœurs, mon frère et mon beau-frère, vous êtes ma force, mon sol ferme, le pilier de mon cœur. Quand la vie devenait étroite, vos pas l'élargissaient. Et quand je chutais, vos paroles me relevaient. Merci d'avoir été là, avec vos cœurs avant vos pas.

je remercie mon cousin « Wael » pour ses encouragements.

À ma tante, qui a quitté ce monde avant de voir ce moment, Que Dieu te fasse miséricorde, toi qui fus une seconde mère pour moi. J'entends encore ta voix pleine de fierté dire : « J'espère te voir réussir, incha'Allah. » tu es partie, mais ta prière ne m'a jamais quittée. J'en ressens les bienfaits chaque jour.

Résumé

Dans un contexte marqué par la nécessité de renforcer la sécurité semencière et de valoriser les cultures adaptées aux zones semi-arides, ce travail s'inscrit dans une perspective d'amélioration génétique de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) par hybridation. L'étude a porté sur l'évaluation agronomique de 23 génotypes hybrides de la génération F5, issus de croisements diallèles entre neuf variétés (locales et introduites), comparés à deux témoins locaux (Saïda et Tichedrett). L'expérimentation a été conduite sur six campagnes agricoles à la Ferme Pilote Khelafa Ahmed (Tiberguent – Mila), selon un dispositif en blocs aléatoire complets. Huit paramètres clés ont été mesurés, incluant la hauteur des plantes, le nombre de grains par épi, le poids de mille grains, et la productivité de la plante. L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les génotypes, avec l'expression d'un effet génotypique favorable sur plusieurs caractères chez certains hybrides, en particulier la productivité. 17 hybrides sur 23 ont exprimé une productivité dépassant les valeurs moyennes enregistrées chez les témoins (**H1, H2, H3, H5, H6, H8, H9, H11, H13, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H22, H23**). La productivité la plus importante est donnée par l'hybride **H22** avec (**111 g**). Par ailleurs, l'étude met en évidence des contraintes socioéconomiques freinant l'adoption de l'orge hybride, notamment le déséquilibre des politiques de subvention en faveur du blé, malgré des coûts similaires en intrants. En effet, ces résultats soulignent le potentiel des hybrides F5 comme levier d'innovation pour les programmes de sélection variétale, et appellent à une stratégie intégrée alliant la recherche, le soutien technique et l'incitation des producteurs de semence.

Mots clés : orge (*Hordum vulgare* L.) ; hybrides F5 ; productivité ; amélioration génétique ; sélection variétale.

مستخلص

تأتي هذه الدراسة ضمن الجهود الرامية إلى تطوير المحاصيل الزراعية بما يتماشى مع متطلبات الأمن الغذائي وظروف البيئات شبه الجافة، من خلال اعتماد أساليب التهجين الوراثي. وقد تم التركيز على محصول الشعير (*Hordeum vulgare* L.) عبر تنفيذ برنامج تهجين بين مجموعة من الأصناف المحلية والمستقدمة، مما أسفر عن إنتاج 23 تركيباً وراثياً هجيناً من الجيل الخامس (F5)، تمت مقارنتها بصنفين محليين معروفين هما سعيدة وتشيدرت. أنجزت التجارب الزراعية في المزرعة التجريبية "خليفة أحمد" بمنطقة تيرقنت (ولاية ميله) على مدار ستة مواسم، وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة الذي يُسهم في تحسين دقة النتائج وتقليل أثر التباين البيئي. وقد شملت الدراسة مجموعة من المؤشرات المورفولوجية والفسيولوجية، كارتفاع النبات، عدد الحبوب في السنبله، وزن ألف حبة، والإنتاجية لكل نبات. بيّنت النتائج تمايزاً واضحاً بين التراكيب الوراثية المدروسة، حيث أظهرت مجموعة من الهجن أداءً إنتاجياً يفوق الأصناف المحلية، من بينها الهجين H22 الذي حقق أعلى مردودية بمتوسط قدره 111 غراماً لكل نبتة. تُبرز هذه المعطيات أهمية الاستفادة من الموارد الوراثية الهجينة في تطوير أصناف ذات كفاءة إنتاجية عالية، وتؤكد الحاجة إلى مواصلة الجهود البحثية الميدانية التي تُمكن من تحقيق تكيف أفضل للمحاصيل مع التغيرات المناخية والبيئية المتسارعة، ضمن رؤية زراعية مستدامة تركز على الابتكار العلمي.

الكلمات المفتاحية: الشعير (*Hordeum vulgare* L.) هجائن الجيل الخامس؛ الإنتاجية؛ التحسين الوراثي؛ الانتقاء الصنفي .

Abstract

In a context marked by the need to strengthen seed security and enhance crops adapted to semi-arid zones, this work is part of a genetic improvement perspective for barley (*Hordeum vulgare* L.) through hybridization. The study focused on the agronomic evaluation of 23 hybrid genotypes from the F5 generation, resulting from diallel crosses between nine varieties (local and introduced), compared to two local controls (Saida and Tichedrett). The experiment was conducted over six agricultural campaigns at the Khelafa Ahmed Pilot Farm (Tiberguent - Mila), using a randomized complete block design. Eight key parameters were measured, including plant height, number of grains per spike, thousand-grain weight, and plant productivity. Statistical analysis revealed significant differences between genotypes, with the expression of a favorable genotypic effect on several traits in certain hybrids, particularly productivity. 17 out of 23 hybrids expressed productivity exceeding the average values recorded in the controls (H1, H2, H3, H5, H6, H8, H9, H11, H13, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H22, H23). The highest productivity was achieved by hybrid H22 with (111 g). Furthermore, the study highlights socioeconomic constraints hindering the adoption of hybrid barley, notably the imbalance in subsidy policies favoring wheat, despite similar input costs. These results underscore the potential of F5 hybrids as a lever for innovation in varietal selection programs, and call for an integrated strategy combining research, technical support, and incentives for seed producers.

Keywords: Barley (*Hordeum vulgare* L.); F5 hybrids; productivity; genetic improvement; varietal selection

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
مستخلص	
Abstract	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Chapitre I : Généralités sur l'orge

1. Présentation de l'espèce.....	5
2. Classification botanique de l'orge	5
2.1. Classification selon la fertilité des épillets latéraux.....	5
2.2. Classification de l'orge selon le cycle de croissance	7
2.3. Classification selon l'utilisation.....	8
3. Contraintes biotiques majeures affectant la culture de l'orge	9
3.1. L'helminthosporiose	9
3.2. Oïdium (<i>Blumeria graminis</i>).....	10
3.3. Fusariose (<i>Fusarium graminearum</i>)	11
3.4. Charbon de l'orge (<i>Ustilago nuda</i>).....	11
4. Lutte Contre les Maladies de l'orge	12
5. Caractéristiques agronomiques et Physiologiques de l'orge	13
5.1. Caractéristiques agronomiques	13
5.2. Caractéristiques Physiologiques	13
5.2.1. Tolérance au stress hydrique	14
5.2.2. Teneur relative en eau (TRE)	14
5.2.3. Taux de chlorophylle.....	14
5.2.4. Cycle de développement	14

5.2.5. Système racinaire	14
5.3. Exemples de Réponses Physiologiques au Stress	14
5.3.1. Accumulation de proline	14
5.3.2. Variabilité intervariétale	14
6. Importance économique de l'orge en Algérie	15

Chapitre II : Production et valorisation de la semence d'orge

1. Les semences dans le monde	17
1.1. Organisation du marché mondial	17
1.2. Innovation : hybrides, OGM et sélection classique	17
1.3. Défis mondiaux	17
2. La semence d'orge en Algérie	18
2.1. Organisation et réglementation	18
2.2. Évolution et production	18
2.3. Étapes de production de la semence d'orge	19
2.4. Contraintes de la filière semencière	19
2.5. Perspectives et axes d'amélioration	19
3. La semence d'orge dans la wilaya de Mila	20
3.1. Contexte et organisation locale	20
3.2. Contraintes spécifiques	20
3.3. Perspectives de développement	22

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Objectif de l'expérimentation	25
2. Présentation du site expérimental	25
3. Conditions climatiques	26
3.1. Température	26
3.2. Précipitation	27
4. Caractéristiques du sol	28
5. Protocole Expérimental	29
5.1. Critères de sélection des parents	30

5.1.1. La productivité	31
5.1.2. L'alternativité	31
5.1.3. La résistance à la sécheresse	31
5.1.4. La résistance à la verse	31
5.1.5. La résistance contre les maladies	31
5.1.6. Bonne vigueur initiale	31
5.1.7. Résistance relative au stress hydrique	31
5.1.8. Potentiel de rendement élevé.....	31
5.2. Dispositif expérimental.....	31
6. Conduite des Essais	32
6.1. Préparation du Sol.....	33
6.2. Semis.....	33
6.3. Désherbage.....	34
6.3.1. Désherbage Manuel.....	34
6.4. Mauvaises herbes	35
6.5. Ravageurs.....	35
6.6. Les principaux insectes auxiliaires utiles à l'orge	36
6.6.1. Coccinelles (Coccinellidae).....	36
6.6.2. Chrysopes (Chrysopidae)	37
6.6.3. Syrphes (Syrphidae)	37
6.7. Maladies Foliaires Observées	37
6.7.1. Helminthosporiose (<i>Drechslera teres</i>)	37
6.7.2. Ramulariose (<i>Ramularia collo-cygni</i>).....	38
6.8. L'engrais azoté.....	38
6.9. Récolte	39
7. Méthode d'étude	40
7.1. Détermination de différents stades phénologiques	40
7.1.1. Nombre de talles épis par Plante	40
7.1.2. Hauteur des plantes à la floraison	40

7.1.3. Longueur du col de l'épi	41
7.1.4. Longueur de la Barbe	41
7.1.5. Longueur de l'épi	42
7.2. Les Paramètres mesurés au laboratoire	43
7.2.1. Nombre de grains par épi	43
7.2.2. Poids de mille grains	43
7.2.3. Productivité	43
8. Techniques d'analyse statistique	44
 Chapitre IV : Résultats et discussions	
Etude de comportement de la génération F5	46
1. Les caractères morphologiques	46
1.1. Hauteur de la plante à floraison (HPF)	46
1.2. La longueur de l'épi (LE).....	48
2. Les caractères de résistance à la sécheress	50
2.1. Longueur de col de l'épi (LC) :	51
2.2. La longueur de la barbe (LB).....	52
3. La productivité et ses composantes	54
3.1. Le nombre de talles épis par plante (NTE)	54
3.2. Nombre de grains par épi (NGE)	56
3.3. Poids de mille graines (PMG).....	58
3.4. La productivité (PRO).....	60
Conclusion.....	65
Références bibliographiques	68

Liste des figures

Figure 1. L'orge à deux rangs	6
Figure 2. l'orge à six rangs	6
Figure 3. Différenciation morphologique entre l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs .	7
Figure 4. l'orge d'hiver	8
Figure 5. l'orge de printemps	8
Figure 6. L'Helminthosporiose sur l'orge	10
Figure 7. Oïdium (<i>Blumeria graminis</i>) de l'orge.....	10
Figure 8. Fusariose (<i>Fusarium graminearum</i>)	11
Figure 9. Représente Charbon de l'orge (<i>Ustilago nuda</i>)	12
Figure 10. La localisation géographique de la commune de Tiberghent wilaya de Mila, site d'experimentation de l'orge hybride (ferme pilote khelafa Ahmed) 2024/2025.....	26
Figure 11. Les températures moyennes (c) enregistrées à Tiberghent durant la campagne (2024/2025)	27
Figure 12. La pluviométrie cumulé (mm) enregistrée à Tiberghent durant la campagne (2024/2025)	27
Figure 13. Dispositif expérimental adopté au cours de la campagne agricole 2024/2025	32
Figure 14. Semis au sein d'une parcelle expérimentale 2024/2025	34
Figure 15. Le désherbage manuel campagne (2024/2025)	35
Figure 16. Mauvaises herbes campagne (2024/2025)	35
Figure 17. Attaque de chenille de Machaon, sur les feuilles des plantes 2024/2025	36
Figure 18. Coccinelle auxiliaire sur l'orge 2024/2025	37
Figure 19. Symptômes de maladies foliaires à la base des tiges d'orge (Helminthosporiose probable) observés sur différents peuplements 2024/2025	38
Figure 20. Représente l'engrais d'urée granulés de marque Azoferte M21 2024/2025 ..	39
Figure 21. Récolte des génotypes d'orge 2024/2025	39
Figure 22. La mesure de tallage des plantes 2024/2025	40

Figure 23. Hauteur des plantes à la floraison2024/2025	41
Figure 24. Mesure de la longueur de la barbe d'un épi de la plante2024/2025	42
Figure 25. La longueur de l'épi campagne (2024/2025)	42
Figure 26. La mesure du nombre de grains par épi 2024/2025	43
Figure 27. La mesure du PMG	43
Figure 28. La hauteur des plantes à la floraison	48
Figure 29. La longueur de l'épi	50
Figure 30. Longueur de col de l'épi chez les génotypes	52
Figure 31. La longueur de la barbe mesurée chez les génotypes	54
Figure 32. Le nombre de talles épis par plante.....	56
Figure 33. Nombre de grains par épis	58
Figure 34. Poids de mille grains	60
Figure 35. la productivité de la plante.....	62
Figure 36. Représente la comparaison morphologique des épis entre les 2 témoins et les 23 hybrides 2024/2025.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification des types d'orge selon fertilité des épillets latéraux	6
Tableau 2. Caractéristiques de l'orge d'hiver et de l'orge de printemps.....	8
Tableau 3. Classification des types d'orge selon leur utilisation	9
Tableau 4. Schéma de générations de semences d'orge et leur usage en Algérie	18
Tableau 5. La répartition granulométrique du sol à Tiberguent	28
Tableau 6. Analyse des échantillons du sol du site expérimental.....	29
Tableau 7. Liste des différents parents.....	29
Tableau 8. Fiches descriptives des variétés ; fiches détaillées	30
Tableau 9. Les résultats relatifs à la hauteur des plantes à la floraison.....	47
Tableau 10. Les résultats relatifs à la longueur de l'épi.	49
Tableau 11. longueur de col de l'épi	51
Tableau 12. Les résultats relatifs à la longueur de la barbe.....	53
Tableau 13. Les résultats relative au nombre de talles épis par plante.....	55
Tableau 14. Nombre de grain par épi.....	57
Tableau 15. Les résultats relatifs au poids de mille graines	59
Tableau 16. Les résultats relatifs au la productivité théorique.....	61

Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est l'une des céréales les plus anciennes cultivées par l'Homme. Sa domestication remonte à plus de 10 000 ans dans les régions du Croissant Fertile, avant de s'étendre progressivement aux climats tempérés, arides, et de haute altitude (**Tricase et al., 2018**). Sa remarquable capacité d'adaptation lui permet aujourd'hui de s'implanter dans des environnements très contrastés, notamment dans les zones semi-arides et arides soumises à une forte variabilité climatique. Grâce à sa précocité, sa rusticité, sa tolérance au froid, et sa capacité à produire sur des sols pauvres, l'orge s'impose comme une culture stratégique pour renforcer la résilience des systèmes agricoles (**Ceccarelli et al., 2020**). Actuellement, l'orge occupe la quatrième place parmi les céréales les plus cultivées, avec une production annuelle estimée à plus de 162 millions de tonnes sur près de 48 millions d'hectares (**FAO, 2024**). Elle joue un rôle fondamental dans plusieurs filières : elle est essentiellement destinée à l'alimentation animale et à la transformation industrielle (malt, brasserie), mais elle intervient aussi dans l'alimentation humaine traditionnelle dans certaines régions (**Baik et Ullrich, 2008**). Plus récemment, son usage comme ensilage de plante entière pour la production de bioénergies est apparu comme une piste innovante. L'orge représenterait ainsi environ 15 % de la consommation mondiale de céréales, un chiffre qui témoigne de son importance stratégique (**Bouchetat, 2023**). Son succès agronomique s'expliquerait non seulement par un cycle de développement court et une croissance rapide en début de saison, mais aussi par les progrès récents en génétique et en conduite culturale. Les efforts d'amélioration variétale ont permis de renforcer sa compétitivité dans des contextes de production très diversifiés. Le choix de la variété apparaît donc comme un facteur central d'adaptation aux contraintes climatiques et agronomiques.

Toutefois, après une certaine durée d'exploitation, les performances de nombreuses variétés tendent à diminuer. Les cultivars autochtones se révèlent souvent sensibles à la verse et aux maladies, tandis que les variétés introduites sont fortement affectées par les variations environnementales, ce qui limite leur stabilité en conditions réelles (**Bouchetat, 2022**).

Malgré son potentiel, l'orge demeure sous-valorisée dans plusieurs régions, notamment en Algérie, où elle est reléguée au second plan derrière le blé. Cette marginalisation est renforcée par des rendements souvent faibles, une gamme variétale restreinte et un accès limité aux semences certifiées, qu'elles soient locales ou importées (**MADR, 2023**). Dans un contexte d'accroissement des stress climatiques et de diminution des ressources, cette culture

pourrait pourtant jouer un rôle essentiel dans la transition vers des systèmes agricoles plus durables.

La sélection variétale basée sur la création d'hybrides performants constitue aujourd'hui une des pistes les plus prometteuses pour relancer cette culture. Grâce aux avancées en génomique, sélection participative et la création variétale, il devient possible d'identifier des génotypes alliant haut rendement, stabilité phénotypique et tolérance aux contraintes abiotiques (**Kaiser et Jiang, 2023**). La valorisation de semences traitées, qu'elles soient issues de lignées locales ou de variétés introduites, accompagnée d'un encadrement technique et de mesures incitatives (subventions, fermes pilotes), permettrait d'encourager l'adoption de cette culture par les agriculteurs. Une approche intégrée, combinant diversité génétique, innovation technique et adaptation locale, offrirait ainsi un levier puissant pour repositionner l'orge dans les systèmes de production nationaux.

A cet effet, l'étude se propose d'étudier le comportement de trente-cinq hybrides F5 issus d'un croisement diallèle entre cultivars autochtones et introduits afin de sélectionner les meilleurs germoplasmes.

Ce travail de fin d'études est structuré en cinq chapitres, abordant successivement les aspects généraux, techniques et analytiques liés à la production de semences hybrides d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Chaque chapitre répond à un objectif précis et s'articule comme suit :

Chapitre I : Généralités sur l'orge

Revue bibliographique sur l'espèce *Hordeum vulgare* L., abordant ses caractéristiques botaniques, agronomiques et physiologiques, les principales maladies fongiques, les classifications variétales, ainsi que son importance économique en Algérie, notamment dans la wilaya de Mila.

Chapitre II : Production et valorisation des semences d'orge

Présentation du marché mondial des semences, des méthodes de sélection (OGM, hybrides), et de l'organisation de la filière semencière en Algérie. Ce chapitre traite aussi des contraintes locales et des perspectives de développement dans la wilaya de Mila.

Chapitre III : Matériel et méthodes

Description du protocole expérimental mis en place pour évaluer 23 hybrides F5 comparés à deux témoins locaux. Sont détaillés : le site d'essai, le choix des parents, les conditions culturales, les mesures en laboratoire, ainsi que les méthodes statistiques utilisées.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Analyse des performances des génotypes étudiés sur le plan morphologique, physiologique et agronomique. Ce chapitre met en évidence les caractères influençant la productivité, et identifie les hybrides les plus performants, notamment le génotype H22.

Conclusion

Ce travail met en évidence le rôle clé de l'hybridation dans l'amélioration génétique de l'orge, en révélant plusieurs génotypes F5 prometteurs, notamment en conditions semi-arides. L'intégration de ces hybrides dans les systèmes de production nécessite un encadrement technique renforcé, une sélection variétale adaptée et une plus grande implication des agriculteurs pour valoriser pleinement leur potentiel agronomique et technologique.

Chapitre I : Généralités sur l'orge

1. Présentation de l'espèce

L'orge, une céréale annuelle appartenant à la famille des Poacées, est une plante qui a marqué l'histoire agricole de l'humanité. Son feuillage vert clair, sa ligule bien développée et ses oreillettes glabres témoignent de son adaptation aux environnements semi-arides. De plus, sa capacité de tallage exceptionnelle renforce sa résilience face aux conditions climatiques difficiles. Ce qui distingue particulièrement l'orge, c'est son grain enveloppé de glumelles qui restent attachées après le battage. Cette caractéristique lui confère une teneur élevée en cellulose brute, idéale pour l'alimentation animale, mais également cruciale pour la production de malt dans l'industrie brassicole. Cette dualité d'usage, qui permet à l'orge de répondre à la fois aux besoins alimentaires et industriels, illustre son importance stratégique (**Gous et al., 2016**). Sur le plan génétique, l'orge est une monocotylédone diploïde avec un génome relativement vaste ($2n = 14$, taille estimée à $5,44 \times 10^3$ Mb) (**Pourkheirandish et al., 2015**). Cette complexité génétique explique en partie sa diversité et sa capacité à s'adapter à des environnements variés, des plaines fertiles aux régions montagneuses arides. Cette adaptabilité représente un atout majeur face aux défis du changement climatique, notamment dans les zones où les ressources hydriques sont limitées (**FAO, 2020**).

2. Classification botanique de l'orge

La classification de l'orge repose sur plusieurs critères, chacun mettant en évidence une caractéristique spécifique de cette céréale. Ces distinctions ne sont pas uniquement théoriques ; elles ont des implications pratiques majeures pour les agriculteurs et les industries agroalimentaires, notamment en ce qui concerne le choix des variétés adaptées aux différentes utilisations (**Zahou et al., 2018**).

2.1. Classification selon la fertilité des épillets latéraux

L'un des principaux critères de classification repose sur la fertilité des épillets latéraux, ce qui détermine le nombre de rangées de grains sur l'épi comme est-il présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Classification des types d'orge selon fertilité des épillets latéraux (Taketa et Komatsuda, 2008).

Types d'orge	Caractéristiques	Utilisation principale	Analyse et observations
orge à deux rangs (<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>Distichum</i>)  Figure 1. L'orge à deux rangs (photo personnelle)	seul l'épillet médian est fertile, donnant un épi comportant deux rangées de grains.	production de malt en raison de sa teneur élevée en amidon et de son faible taux de protéines.	cette orge est particulièrement prisée dans les régions tempérées, où elle bénéficie d'un climat favorable à son développement.
orge à six rangs (<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>Hexastichum</i>)  Figure 2. l'orge à six rangs (photo personnelle)	les trois épillets de chaque nœud sont fertiles, produisant ainsi un épi à six rangées de grains	utilisée pour le malt, elle est très appréciée pour l'alimentation animale grâce à sa productivité élevée	Son rendement supérieur en fait un choix idéal pour les élevages qui nécessitent une importante quantité de fourrage.

La figure suivante montre la différenciation morphologique entre l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs selon la disposition et la fertilité des épillets .

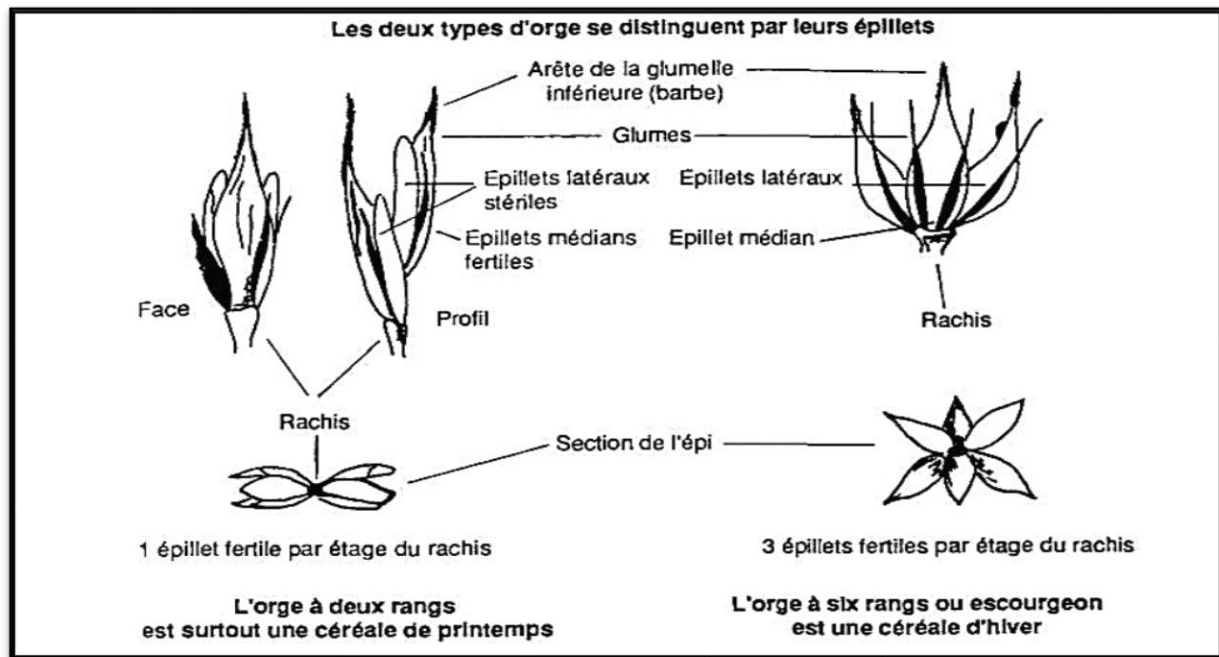


Figure 3. Différenciation morphologique entre l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs

(http://pfeda.univ-lille1.fr/iaal/docs/dess1997/biere/pro_fin_rap.pdf p13)

2.2. Classification de l'orge selon le cycle de croissance

Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre l'orge d'hiver et l'orge de printemps, fondée sur la durée de leur cycle végétatif ainsi que leurs principales caractéristiques agronomiques.

Tableau 2. Caractéristiques de l'orge d'hiver et de l'orge de printemps selon INRA (2023).

Types d'orge	Cycle (jours)	Analyse et observations
Orge d'hiver:  Figure 4. l'orge d'hiver https://www.arvalis.fr/infos-techniques/varietes-dorge-dhiver-les-premiers-resultats-2024-0)	210 à 270 Jours	cette orge est particulièrement adaptée aux régions froides, où elle profite des précipitations hivernales.
Orge de printemps:  Figure 5. l'orge de printemps https://www.saatchi.com/fr/saatgut/cereales-dhiver/suez/)	90 à 150 Jours	son cycle court ne permettent pas une implantation précoce. Ce contraste entre les 2 types d'orge souligne l'importance de la gestion agronomique adaptée.

2.3. Classification selon l'utilisation

Cette classification permet de distinguer les différents types d'orge en fonction de leurs propriétés physiologiques et agronomiques, ainsi que de leurs applications pratiques dans

divers secteurs. Le tableau ci-dessous représente une classification des types d'orge selon leur utilisation, en mettant en évidence leurs principales caractéristiques et leurs usages spécifiques (Roques, 1924) (Gous et al., 2015).

Tableau 3. Classification des types d'orge selon leur utilisation (Arvalis, 2025).

Types d'orge	Caractéristiques	Utilisation
Orge fourragère	Riche en fibres Dans les régions pastorales	Principalement destinée à l'alimentation animale
Orge brassicole	Faible taux de protéines et riche en amidon	Pour la production de malt.

3. Contraintes biotiques majeures affectant la culture de l'orge

Plusieurs études mettent en évidence les principales contraintes biotiques qui limitent la production de l'orge, notamment les maladies et les ravageurs, comme le souligne (Bouremani, 2025).

3.1. L'helminthosporiose

L'une des maladies les plus destructrices de l'orge est l'helminthosporiose, causée par le champignon *Helminthosporium teres* (également connu sous les noms de *Drechslera teres* ou *Pyrenophora teres*). Cette maladie se transmet principalement par les semences infectées (Steffenson, 2018), d'où l'importance d'utiliser des semences certifiées et saines. Les premiers symptômes apparaissent généralement un à deux mois après la levée des plantules. Ils se manifestent par des taches brunes ovales (3x5 mm) entourées d'un halo chlorotique jaune pâle. Ces taches, situées entre deux nervures, présentent un centre clair marqué par une zone de chlorose. À un stade avancé, des nécroses se forment sur les deux faces des feuilles. En cas d'infection sévère, les feuilles deviennent totalement nécrosées, compromettant ainsi la photosynthèse et entraînant une baisse significative du rendement (Park et al., 2015). Cette maladie est particulièrement problématique dans les régions humides et tempérées où les conditions climatiques favorisent la prolifération du champignon. Dans les cas critiques, les pertes de rendement peuvent atteindre 30 à 50 % (CABI, 2019). L'helminthosporiose affecte

également la qualité des grains, avec des conséquences économiques majeures pour les agriculteurs et l'industrie agroalimentaire.



Figure 6. L'Helminthosporiose sur l'orge

(<https://www.reussir.fr/grandes-cultures/maitriser-une-helminthosporiose-toujours-plus-agressive>)

(https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/orge/maladies_de_l_orge/helminthosporiose_de_l_orge/)

3.2. Oïdium (*Blumeria graminis*)

- Symptômes : Feuilles couvertes d'un dépôt blanc poudreux (Wikifarmer, 2023).
- Impact : Réduction de la photosynthèse et baisse du rendement (Wikifarmer, 2023).



Figure 7. Oïdium (*Blumeria graminis*) de l'orge

(https://fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=12&type_acc=4&id_ac=c=433)

3.3. Fusariose (*Fusarium graminearum*)

- Symptômes : Décoloration des épis et contamination par des mycotoxines (INSPQ, 2009).
- Impact : Risques sanitaires pour les animaux et les humains (INSPQ, 2009)



Figure 8. Fusariose (*Fusarium graminearum*)

(<https://www.agrifind.fr/alertes/orge/orge-fusariose/amp/>)

3.4. Charbon de l'orge (*Ustilago nuda*)

Symptômes : ils apparaissent à partir de l'épiaison. Les épis sont recouverts d'une masse noire pulvérulente, constituée de spores du champignon (chlamydospores) ; Les enveloppes des graines, ainsi que leur contenu, sont détruites et remplacées par cette masse noirâtre ; Après la dispersion des spores, seul le rachis de l'épi persiste, complètement nu, d'où le nom de "charbon nu" (Bailey, 2004).

- Impact Nuisibilité : Le charbon nu est une maladie sans gravité majeure (Nielsen et al., 1984).
- Fréquence: Les pertes de rendement sont minimales et proportionnelles au nombre d'épis touchés (Bailey, 2004).
- Toxicité : Cette maladie n'est pas toxique. La parcelle peut donc être récoltée et collectée sans risque (Bailey, 2004).



Figure 9. Représente Charbon de l'orge (*Ustilago nuda*)

(<https://www.syngenta.fr/traitements/charbon-de-lorge>)

(https://fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=12&type_acc=4&id_acc=442)

4. Lutte Contre les Maladies de l'orge

La lutte contre les maladies de l'orge repose sur une approche intégrée combinant plusieurs leviers complémentaires et indispensables pour assurer une protection durable et efficace des cultures : en premier lieu, la sélection et l'utilisation de variétés résistantes ou peu sensibles aux principaux pathogènes fongiques, ce qui constitue le moyen le plus efficace pour limiter la pression parasitaire sans risque de contournement brutal, bien que cette résistance puisse s'éroder lentement avec le temps ;(FAO, 2021) en second lieu, l'adoption de pratiques agronomiques adaptées telles que la rotation des cultures sur plus de deux ans sans plante hôte pour réduire la survie des champignons, ainsi que le choix judicieux de la date de semis pour limiter l'exposition précoce aux maladies ; enfin, la mise en œuvre d'une protection chimique raisonnée avec des traitements fongicides appliqués aux stades clés de développement de la plante (notamment au stade 1 nœud et à la sortie des barbes), (EPPO, 2023) en privilégiant l'alternance et la combinaison de modes d'action différents (triazoles, SDHI, strobilurines, IDM) afin de limiter le risque d'apparition de résistances chez les populations pathogènes, tout en respectant des seuils d'intervention précis (par exemple 10 % de feuilles atteintes pour les variétés sensibles à l'helminthosporiose) ; cette stratégie intégrée, complétée par une surveillance régulière des cultures et l'utilisation d'outils numériques pour anticiper les périodes à risque, permet de maîtriser efficacement les principales maladies

foliaires telles que l'helminthosporiose, l'oïdium, la ramulariose, et le piétin-échaudage, tout en optimisant les rendements et en préservant la durabilité des moyens de lutte disponibles face à l'évolution constante des populations de pathogènes **(INRAE, 2022)**.

5. Caractéristiques agronomiques et Physiologiques de l'orge

L'orge, en tant que culture céréalière majeure, présente un ensemble de caractéristiques agronomiques et physiologiques spécifiques qui conditionnent son adaptation aux différents environnements et influencent directement son rendement. Ces traits sont essentiels pour orienter les choix variétaux et les pratiques culturales adaptées aux contraintes locales. Voici les principales caractéristiques agronomiques et physiologiques de l'orge **(Boudiaf et Bensefa, 2023)**.

5.1. Caractéristiques agronomiques

L'orge se distingue par une grande diversité de traits agronomiques essentiels à sa productivité et son adaptation, notamment une forte capacité de tallage supérieure à celle du blé qui permet d'augmenter le nombre d'épis par mètre carré **(Lakshmi et Irma, 2017)**. Sa fertilité des épis varie entre 20 et 45 grains par épi selon les variétés **(Lakshmi et Irma, 2017)**, tandis que le poids de mille grains est généralement compris entre 45 et 55 g **(Lakshmi et Irma, 2017)**. La hauteur de la plante oscille entre 30 et 120 cm selon les conditions environnementales **(Boufenar-Zeghouane, 2006)**. Son système racinaire est superficiel, majoritairement situé dans les 50 premiers centimètres du sol, mais certaines racines peuvent atteindre 150 cm de profondeur **(Boufenar-Zeghouane, 2006)**. Certaines variétés présentent une bonne tolérance à la verse, un critère important pour la sélection variétale **(Boufenar-Zeghouane, 2006)**. Enfin, la précocité à l'épiaison constitue un facteur clé d'adaptation aux conditions climatiques locales **(Ben Rejeb et al., 2021)**. Ces caractéristiques, combinées à la sélection variétale, permettent d'améliorer la tolérance aux stress abiotiques et d'optimiser le rendement en fonction des exigences industrielles et des conditions agroclimatiques locales **(Ben Rejeb et al., 2021)**.

5.2. Caractéristiques Physiologiques

L'étude des caractéristiques physiologiques de l'orge permet d'identifier les mécanismes impliqués dans son adaptation et sa productivité.

5.2.1. Tolérance au stress hydrique

L'orge présente une variabilité importante de tolérance à la sécheresse selon les géotypes. Les caractères racinaires (longueur et volume racinaire) et la capacité d'accumulation de proline sont des indicateurs de tolérance (**Gallais et Bannerot, 1992**).

5.2.2. Teneur relative en eau (TRE)

Ce paramètre reflète la capacité de la plante à maintenir son hydratation sous stress hydrique, un critère clé pour la sélection de variétés résistantes à la sécheresse (**Gallais et Bannerot, 1992**).

5.2.3. Taux de chlorophylle

Le taux de chlorophylle totale de la feuille étendard est un indicateur de la capacité photosynthétique de la plante, influençant directement la productivité en conditions de stress (**Seyed et Tahri, 2020**).

5.2.4. Cycle de développement

L'orge passe par plusieurs stades : germination, tallage, montaison, épiaison, floraison, remplissage du grain et maturation. La durée de ces phases influence l'adaptation et le rendement (**Gallais et Bannerot, 1992**).

5.2.5. Système racinaire

Un système racinaire profond et volumineux favorise l'absorption de l'eau et des nutriments, améliorant la tolérance au stress hydrique (**Seyed et Tahri, 2020**).

5.3. Exemples de Réponses Physiologiques au Stress**5.3.1. Accumulation de proline**

L'accumulation de proline dans les tissus est une réponse adaptative fréquente de l'orge face au stress hydrique, jouant un rôle dans l'osmorégulation et la protection cellulaire (**Bouremani, 2025**).

5.3.2. Variabilité intervariétale

Les études montrent une grande variabilité entre les variétés d'orge dans leur réponse au stress hydrique, ce qui permet de sélectionner les géotypes les plus tolérants pour les zones arides (**Bouremani, 2025**).

6. Importance économique de l'orge en Algérie

En Algérie, l'orge occupe une place stratégique dans l'agriculture nationale, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Pour la saison agricole 2024-2025, plus de 3 millions d'hectares sont dédiés aux céréales **(APS, 2024)**, dont environ 1 million d'hectares consacrés à l'orge **(Agrichem Algérie, 2016)**. La production céréalière nationale devrait atteindre près de 5 millions de tonnes en 2025 **(Algerie Eco, 2024)**, avec une récolte d'orge en nette progression **(Horizons, 2024)**. Les wilayas les plus importantes dans la production d'orge sont Bouira, qui occupe la première place nationale en 2024 **(Horizons, 2024)**, ainsi que Sétif, Mila, Constantine et Guelma, qui représentent une part significative de la production céréalière dans le nord du pays **(APS, 2024)**. Dans le Sud, des wilayas comme Adrar, Ouargla, Biskra et El Meniaa se distinguent par leurs superficies emblavées et leurs rendements élevés, avec des productions attendues respectivement à 1, 5 million de quintaux pour Adrar et une hausse de 40 % à Ouargla par rapport à la saison précédente ces wilayas bénéficient d'une mobilisation importante de moyens humains et matériels pour assurer la réussite des campagnes de moisson-battage **(Anonyme, 2025)**. Les rendements dans le Sud dépassent souvent 55 quintaux à l'hectare, atteignant parfois 80 quintaux dans certaines zones, témoignant de progrès significatifs dans la production ces performances contribuent à l'objectif national d'autosuffisance, avec la fin programmée des importations d'orge prévue pour 2026 **(APS, 2024)** l'orge est principalement utilisée pour l'alimentation animale, notamment dans l'élevage ovin, pilier de l'économie rurale algérienne. Elle est valorisée sous forme de grains et de paille, apportant une source énergétique essentielle pour le bétail. Par ailleurs, l'orge est consommée localement pour l'autoconsommation humaine, notamment sous forme de farine ou de gruaux dans certaines régions. Des pratiques innovantes telles que la culture hors sol de l'orge germée sont en développement pour pallier les déficits alimentaires en fourrage, surtout dans les zones à contraintes climatiques sévères.

Ces usages confirment l'importance cruciale de l'orge dans la sécurité alimentaire animale et la durabilité des systèmes d'élevage en Algérie.

.

.

***Chapitre II : Production et
valorisation de la semence
d'orge***

La semence constitue l'élément fondateur de toute production agricole durable. Sa qualité influence directement le rendement, la résistance aux maladies et la stabilité de la culture face au changement climatique **(ISTA, 2024)**.

Il existe deux grands types de semences : la semence fermière (issue de la récolte précédente, réutilisée par l'agriculteur sans contrôle officiel) et la semence certifiée (produite et contrôlée selon des normes strictes). La semence certifiée assure une pureté variétale, une vigueur germinative supérieure et une meilleure sécurité sanitaire, alors que la semence fermière, bien que moins coûteuse, expose à des risques de dégénérescence génétique et de maladies **(FAO, 2023)**.

1. Les semences dans le monde

1.1. Organisation du marché mondial

Le secteur semencier mondial est dominé par de grands groupes qui investissent massivement dans la recherche et l'innovation. Le marché mondial des semences dépasse 65 milliards de dollars, avec une croissance continue grâce à la demande en semences de haute qualité **(ISF, 2024)**.

1.2. Innovation : hybrides, OGM et sélection classique

Les semences hybrides résultent du croisement de deux lignées pures, offrant une vigueur hybride (hétérosis) et des rendements élevés, mais nécessitant un achat **annuel (Louwaars et de Boef, 2023)**. Les OGM (organismes génétiquement modifiés) sont obtenus par modification directe de l'ADN pour introduire des caractères spécifiques (résistance à un herbicide, tolérance à la sécheresse, etc.). Contrairement aux hybrides, les OGM font l'objet de débats éthiques et réglementaires, et leur adoption varie selon les pays **(ISF, 2024)**.

La sélection classique reste essentielle, notamment dans les pays en développement, pour améliorer la résilience sans recourir systématiquement à la biotechnologie **(FAO, 2023)**.

1.3. Défis mondiaux

Dans plus de 60 % des pays d'Afrique, plus de 70 % des agriculteurs utilisent encore la semence fermière, faute d'accès ou de moyens pour acquérir des semences certifiées **(FAO, 2023)**. Les politiques publiques et la coopération internationale sont essentielles pour démocratiser l'accès à la semence de qualité **(Louwaars et de Boef, 2023)**.

2. La semence d'orge en Algérie

2.1. Organisation et réglementation

En Algérie, la filière semencière est structurée autour de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures) et de la CCLS (Centrale de Coopération des Céréales et Légumineuses Sèches), sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture (**Ministère de l'Agriculture, 2024**). La production suit un schéma pyramidal :

Semence pré-base → base → certifiée R1 → certifiée R2, avec des contrôles à chaque étape (**ISTA, 2024**). Afin de clarifier l'organisation de la production semencière en Algérie, le tableau suivant présente la succession des générations de semences de l'orge, leurs producteurs et leurs usages respectifs.

Tableau 4. Schéma de générations de semences d'orge et leur usage en Algérie

Source (ITGC et ISTA, 2024).

Génération	Producteur	Usage principal
Pré-base	Station expérimentale	Multiplication de base
Base	Station / Multiplicateur agréé	Production de semence certifiée R1
Certifiée R1	Multiplicateur agréé	Distribution aux agriculteurs
Certifiée R2	Multiplicateur agréé	Ré-ensemencement parfois commercial

2.2. Évolution et production

La courbe d'évolution de la superficie cultivée en semence d'orge montre une hausse régulière d'environ 4 % par an entre 2010 et 2024, passant de 11 000 ha à plus de 15 500 ha (**FAO, 2023**).

La production nationale de semence certifiée a atteint 40 000 tonnes en 2023, couvrant environ 30 % des besoins, le reste provenant de la semence fermière (**ITGC, 2024**).

Cette situation limite le progrès génétique et la maîtrise sanitaire des cultures (**Benbelkacem et al., 2022**).

2.3. Étapes de production de la semence d'orge

La production de semence d'orge suit des étapes rigoureuses :

- a) Sélection variétale, Les variétés sont choisies selon leur adaptation locale, leur rendement et leur résistance aux maladies (**Aissat et al., 2023**).
 - b) Production de pré-base et de base, La pré-base est multipliée en station, puis la base est produite en conditions contrôlées avec suivi strict pour éviter la contamination (**ISTA, 2024**).
 - c) Multiplication certifiée (R1/R2), Les agriculteurs multiplicateurs reçoivent la semence de base et produisent la R1, puis éventuellement la R2, sous contrôle technique (**ITGC, 2024**).
 - d) Suivi et contrôle qualité, Des inspections de champ et des analyses en laboratoire (germination, pureté, pathogènes) sont réalisées à chaque étape (**ISTA, 2024**).
- E) Récolte, stockage et distribution, La récolte se fait à maturité optimale, suivie d'un triage et d'un stockage en conditions contrôlées avant la distribution via la CCLS et les coopératives (**CCLS, 2023**).

2.4. Contraintes de la filière semencière

- Faible taux de renouvellement des semences (moins de 25 %) (**FAO, 2023**).
- Vulnérabilité aux aléas climatiques (sécheresse, gel) (**Bouchetat et al., 2021**).
- Manque d'incitations financières pour la multiplication de l'orge (**ITGC, 2024**).
- Présence de maladies transmises par la semence (**ISTA, 2024**).

2.5. Perspectives et axes d'amélioration

- a) Augmenter le taux de renouvellement, Intensifier la sensibilisation et offrir des subventions pour encourager l'achat de semences certifiées (**ITGC, 2024**).
- b) Soutien technique et financier, Équiper les multiplicateurs, faciliter l'accès au crédit et offrir des formations continues (**Ministère de l'Agriculture, 2024**).
- c) Développement variétal, Investir dans la sélection de variétés tolérantes à la sécheresse et aux maladies (**Aissat et al., 2023**).
- d) Modernisation logistique, Améliorer le stockage, la traçabilité et la distribution (**CCLS, 2023**).

- e) Implication des agriculteurs, Favoriser leur participation dans la sélection et la diffusion des semences (**Benbelkacem et al., 2022**).
- f) Recherche et partenariats internationaux, Renforcer la coopération scientifique et l'intégration des biotechnologies (**ISF, 2024**).

3. La semence d'orge dans la wilaya de Mila

3.1. Contexte et organisation locale

Mila est une wilaya stratégique pour la production céréalière grâce à ses conditions agroclimatiques variées et à la présence d'infrastructures agricoles (**ITGC 2024**). Selon les estimations des techniciens locaux, plus de 20 multiplicateurs agréés sont actifs dans la wilaya de Mila, couvrant une superficie semencière de plus de 800 hectares en 2024 (**ITGC 2024**). Les techniciens de l'ITGC et de la CCLS assurent un suivi rapproché des parcelles et des analyses régulières en laboratoire.

3.2. Contraintes spécifiques

La filière semencière d'orge en Algérie, et plus spécifiquement dans la wilaya de Mila, fait face à un ensemble de contraintes structurelles, techniques, économiques et organisationnelles qui limitent son développement optimal. Ces contraintes peuvent être regroupées comme suit :

A. Faible taux de renouvellement des semences certifiées

Malgré les efforts de vulgarisation, moins de 25 % des agriculteurs algériens utilisent chaque année des semences certifiées, la majorité préférant la semence fermière pour des raisons de coût ou d'habitude (**FAO, 2023**). Ce phénomène est encore plus marqué dans certaines communes rurales de Mila, où la sensibilisation reste insuffisante (**ITGC, 2024**).

B. Sensibilité aux aléas climatiques

La production semencière est fortement impactée par la variabilité des précipitations, la sécheresse et parfois le gel printanier, ce qui entraîne des fluctuations importantes des rendements et de la qualité des semences (**Bouchetat et al., 2021**). À Mila, ces aléas peuvent compromettre une partie de la récolte, surtout sur les parcelles non irriguées.

C. Insuffisance des infrastructures de stockage et de conditionnement

Le manque de silos modernes et d'installations de conditionnement adaptées entraîne parfois des pertes post-récolte significatives et une dégradation de la qualité des semences (CCLS 2023).

D. Encadrement technique limité

Le nombre de techniciens spécialisés et de sessions de formation reste insuffisant pour couvrir l'ensemble des multiplicateurs, notamment dans les zones éloignées ou difficiles d'accès (ITGC , 2024).

E. Difficultés d'accès au financement

Les multiplicateurs rencontrent souvent des obstacles pour obtenir des crédits agricoles ou des subventions, ce qui limite leur capacité à investir dans des équipements modernes ou à élargir leurs surfaces semencières (Ministère de l'Agriculture, 2024).

F. Prévalence des maladies et des ravageurs

Certaines maladies transmises par la semence, telles que la carie ou l'helminthosporiose, persistent en l'absence de traitements systématiques et d'un contrôle sanitaire rigoureux (ISTA, 2024).

G. Commercialisation et logistique

La distribution des semences certifiées souffre parfois de retards, de ruptures d'approvisionnement ou de difficultés de transport, notamment dans les zones montagneuses de Mila (CCLS Mila, 2023).

H. Manque de valorisation des variétés locales

Le potentiel génétique des variétés locales d'orge n'est pas suffisamment exploité ou valorisé dans les programmes de multiplication, ce qui limite l'adaptation aux conditions agroclimatiques spécifiques de Mila (Aissat et al., 2023). En résumé, la levée de ces contraintes nécessite une approche intégrée :

- Renforcement de l'encadrement technique,
- Modernisation des infrastructures,
- Soutien financier ciblé,
- Amélioration de la logistique,

- Et valorisation de la recherche locale.

3.3. Perspectives de développement

L'avenir de la filière semencière d'orge en Algérie dépend de la capacité à relever plusieurs défis et à saisir de nouvelles opportunités, tant au niveau national que local. Au niveau national, il est essentiel d'augmenter le taux de renouvellement des semences certifiées, qui reste inférieur à 25 % chez les agriculteurs. Cela passe par des campagnes de sensibilisation ciblées, des incitations financières et une meilleure accessibilité des semences de qualité, notamment dans les zones rurales éloignées (**ITGC, 2024**). Le soutien technique et logistique aux multiplicateurs doit également être renforcé : modernisation des équipements de récolte et de stockage, accès facilité au crédit agricole, et formation continue sur les bonnes pratiques de production semencière (**MADR, 2024**). La recherche variétale doit s'intensifier pour développer des variétés d'orge tolérantes à la sécheresse et résistantes aux maladies, en valorisant les ressources génétiques locales et en favorisant la collaboration avec les centres de recherche internationaux (**Aissat et al., 2023**) et (**ISF, 2024**). La digitalisation de la traçabilité, l'amélioration des infrastructures de distribution et l'implication accrue des coopératives agricoles sont des leviers majeurs pour garantir la qualité et la disponibilité des semences certifiées sur tout le territoire (**CCLS, 2023**). À l'échelle de la wilaya de Mila, la filière bénéficie déjà d'un tissu de plus de 20 multiplicateurs agréés et d'une superficie semencière de plus de 800 hectares (**ITGC, 2024**). Pour renforcer ce potentiel, il est recommandé de :

- Moderniser les infrastructures de stockage et de conditionnement localement.
- Multiplier les sessions de formation technique pour les agriculteurs multiplicateurs.
- Encourager la mise en place de plateformes de démonstration variétale dans les principales zones semencières de la wilaya (Oued Endja, Grarem, Ferdjioua...).
- Développer des partenariats entre les coopératives locales, l'ITGC et les instituts de recherche pour l'adaptation des innovations aux réalités agroclimatiques de Mila.

En somme, la réussite du développement de la filière semencière d'orge en Algérie et à Mila passe par une synergie entre politique publique, innovation technique, et engagement des acteurs locaux, afin de garantir une sécurité alimentaire durable et résiliente face aux changements climatiques (**FAO, 2023**) et (**ITGC, 2024**). Le secteur semencier de l'orge, du global au local, est vital pour la sécurité alimentaire et la durabilité agricole.

En Algérie et à Mila, la structuration, la modernisation et l'implication des acteurs locaux sont essentielles pour relever les défis de demain.

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Objectif de l'expérimentation

Dans une démarche visant à améliorer le rendement de l'orge, cette étude a été initiée afin d'évaluer les performances agronomiques de 23 hybrides d'orge ainsi que de deux variétés locales utilisées comme témoins. L'objectif principal de cette recherche est d'identifier les géotypes les plus performants, c'est-à-dire ceux qui expriment au mieux leur potentiel génétique en termes de rendement et de qualités agronomiques, tout en démontrant une capacité avérée à s'adapter aux conditions climatiques spécifiques de la zone nord de la wilaya de Mila.

La problématique centrale de cette étude repose sur une interrogation clé : le géotype exerce-t-il une influence significative sur les caractères agronomiques analysés ?.

En d'autres termes, cette recherche cherche à déterminer s'il existe une corrélation entre le facteur génétique et les performances observées pour l'ensemble des caractères étudiés.

Cette approche permet non seulement d'évaluer le rôle du géotype dans l'expression des traits agronomiques, mais aussi de sélectionner les géotypes les mieux adaptés aux contraintes environnementales locales, contribuant ainsi à l'amélioration durable de la production d'orge dans cette région.

2. Présentation du site expérimental

L'expérimentation a été réalisée dans la ferme pilote Khelafa Ahmed, située au nord-ouest de la wilaya de Mila, dans la commune de Tiberguent. Cette localité occupe une position centrale au sein de la wilaya de Mila, à environ 4 km de Rouached et à 25 km à l'ouest de Mila. Les coordonnées géographiques précises du site sont les suivantes : 36° 24' 34" Nord et 6° 2' 23" Est. Ce site a été choisi pour son importance stratégique et sa représentativité des conditions climatiques et pédologiques spécifiques à la région. Il offre un cadre propice à l'évaluation des performances agronomiques des géotypes étudiés, tout en permettant d'observer leur adaptation aux contraintes environnementales locales.

La figure ci-après représente la localisation géographique de la commune de Tiberguent, située dans la wilaya de Mila, qui a servi de site d'expérimentation pour les essais d'orge hybride au cours de la campagne agricole 2024/2025. Cette localisation correspond à la ferme pilote Khelafa Ahmed.



Figure 10. La localisation géographique de la commune de Tiberguent wilaya de Mila, site d'expérimentation de l'orge hybride (ferme pilote khelafa Ahmed) 2024/2025 (Google earth, 2025)

3. Conditions climatiques

Tiberguent est une région humide, caractérisée par un climat relativement doux mais un été chaud, avec une moyenne pluviométrique de 865.1 mm dans les années pluvieuses et de fortes chaleurs et des vents chauds de fin de cycle provoquant parfois des déficits hydriques qui touchent surtout la phase de remplissage du grain. Tiberguent bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré, marqué par une humidité notable et des étés chauds. La pluviométrie annuelle moyenne atteint environ 865, 1 mm durant les années les plus humides. Cependant, la fin de la saison estivale est souvent caractérisée par des vagues de chaleur intenses et des vents chauds, qui peuvent engendrer des déficits hydriques, affectant particulièrement la phase cruciale de remplissage du grain dans les cultures

3.1. Température

Les données sur la température à Tiberguent pour la période 2024/2025 sont représentées dans le graphique ci-dessous :

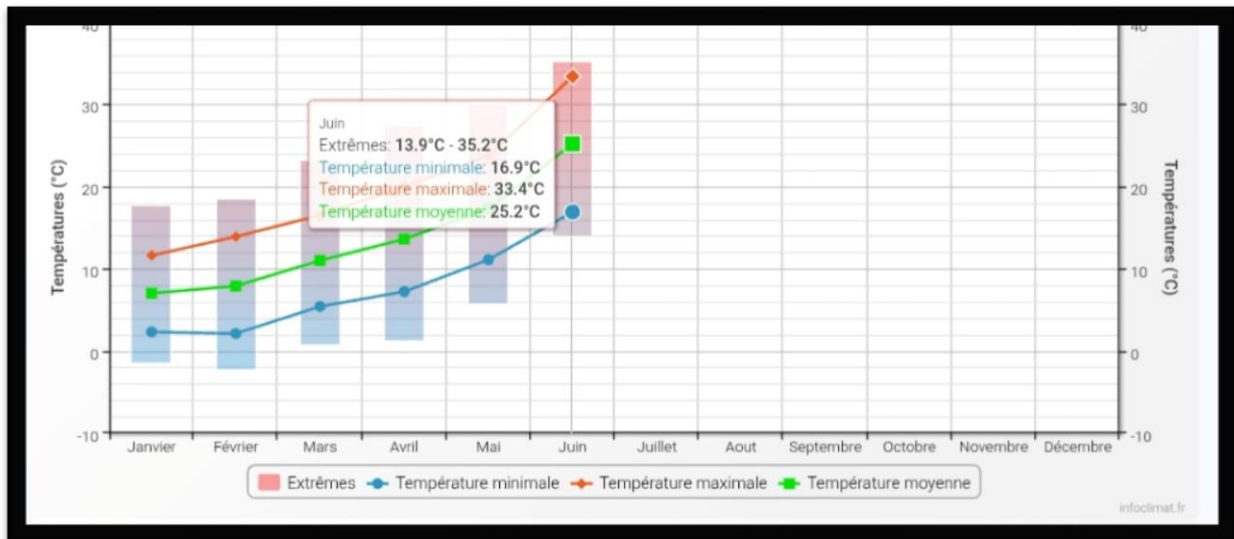


Figure 11. Les températures moyennes (c) enregistrées à Tiberghent durant la campagne (2024/2025) (<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2018/setif/valeurs/60445.html>)

3.2. Précipitation

La pluviométrie enregistrée à la station météorologique de Tiberghent dans la wilaya de Mila, pendant la campagne agricole 2024/2025.

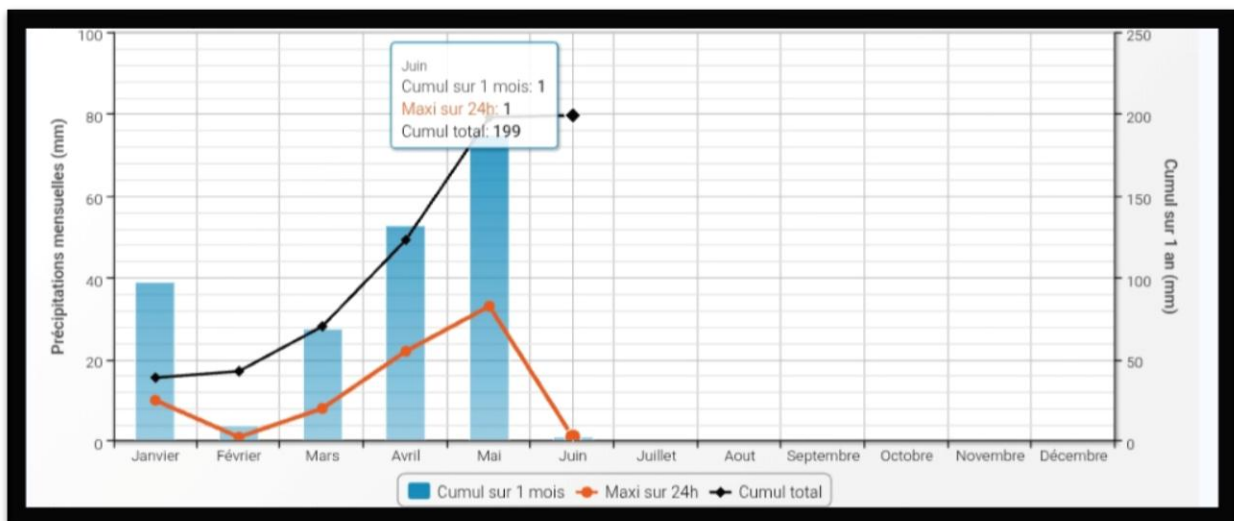


Figure 12. La pluviométrie cumulé (mm) enregistrée à Tiberghent durant la campagne (2024/2025) (<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2018/setif/valeurs/60445.html>)

La pluviométrie enregistrée durant la campagne agricole (2024-2025) qui s'étale de septembre à Juin révèle des quantités en eau disponible au cours des six mois (Septembre ; Octobre ; Novembre ; Décembre ; Mars et Avril). Par contre, un déficit hydrique est très remarquable Durant trois mois (Janvier ; Février ; Mai), (Figure 12) ce qui influence le cycle

végétatif de la Plante et par conséquent, le rendement en grain. Les besoins en eau nécessaires pour un bon Rendement de l'orge sont de l'ordre de 450 à 500 mm (variant selon le climat et la durée du cycle végétatif de la variété).

4. Caractéristiques du sol

Le sol de la station expérimentale présente une texture limono-argileuse. L'analyse physique réalisée a principalement porté sur la détermination de la granulométrie du sol, qui représente la répartition des particules selon leur taille. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le Tableau suivant, qui détaille la composition granulométrique du sol de la région de Tiberguent.

Tableau 5. La répartition granulométrique du sol à Tiberguent

Profondeur (cm)	Granulométrie					CaCO ₃	CaCO ₃	Gypse	PF ₂	PF ₃
	A	LF	LG	SF	SG	Totale	Actif			
0-12cm	37.20	28.35	24.26	05.04	01.76	12.07	10.00	00.68	34.11	33.22
12-53cm	28.05	45.60	19.20	03.07	02.91	14.40	12.50	04.84	37.83	35.66
53 et+	30.10	49.28	16.31	00.21	04.10	19.09	16.00	06.11	30.47	30.01

(Source : Ferme Khelafa Ahmed, 2020)

Les résultats d'analyse physico-chimique des échantillons de sol prélevés sur le site expérimental de la ferme pilote Khelafa Ahmed (commune de Tiberguent, wilaya de Mila) sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ces analyses, effectuées en amont de la campagne agricole 2024/2025, permettent de caractériser la nature du sol et d'évaluer sa fertilité afin d'adapter au mieux les pratiques culturales de l'orge hybride.

Tableau 6. Analyse des échantillons du sol du site expérimental

Profondeur (cm)	pH 1/25	CE GS/m 1.5	MO	N	P2O5 Ppm	Meq/100g					
						Ca	Mg	Na	K	CEC	V
0-12cm	07.60	00.35	03.39	00.18	86.83			00.79	01.69	35.2	
12-53cm	07.90	0232	01.17	00.14	125.20			02.17	01.32	32.00	
53 et+	07.70	03.42	-	-	61.25			-	01.04	24.00	

(Source : Ferme Khelafa Ahmed, 2020)

5. Protocole Expérimental

La campagne agricole (2024/2025) sera consacrée à l'étude de 23 hybrides issus d'un croisement diallèle entre neuf variétés d'orge, incluant à la fois des variétés locales et introduites. Parmi ces variétés figurent notamment Saida, Tichedrett, Soufaras, Rihane, El Bahia, Plaisant et Express, qui ont été utilisées pour générer les hybrides analysés dans cette recherche.

Ce protocole vise à évaluer le potentiel agronomique de ces hybrides, en mettant l'accent sur leur performance, leur adaptation aux conditions environnementales spécifiques et leur contribution potentielle à l'amélioration du rendement de l'orge.

Le tableau ci-dessous présente la liste exhaustive des différents parents utilisés dans cette étude, accompagnés de leurs principales caractéristiques génétiques et/ou phénotypiques.

Tableau 7. Liste des différents parents.

Variétés		Catégorie
Saida	T01	Variété à six rangs
Tichedrett	T02	Variété à six rangs
Rihane	03	Variété à six rangs
El-Fouara	04	Variété à six rangs
El-Bahia	05	Variété à six rangs
Soufara	06	Variété à deux rangs
Nadawa	07	Variété à six rangs
Express	08	Variété à six rangs
Plaisant	09	Variété à six rangs

Le tableau suivant présente les fiches descriptives détaillées des différentes variétés étudiées. Ces fiches compilent des informations clés sur les caractéristiques morphologiques, physiologiques et agronomiques propres à chaque variété, permettant une meilleure compréhension de leur potentiel et de leur comportement en conditions expérimentales ou culturales.

Tableau 8. Fiches descriptives des variétés ; fiches détaillées

Variétés	Description
Saida 183	Obtenteur : ITGC de Saida ☐ Pedigree : sélection dans la population locale ☐ Origine : locale ☐ Demandeur : ITGC ☐ Type de variété : lignée pure
Tichedrett	Obtenteur : ITGC de Sétif ☐ Pedigree : C95203S F4N°21 1998/99 ☐ Origine : station d'amélioration des plantes, en 1931 ☐ Demandeur : ITGC ☐ Type de variété : lignée pure
Rihane 03	Obtenteur : ITGC ferme de Cidi belabes ☐ Pedigree : AS 4611ATHS 2L-1AP-3AP-OAP ☐ Origine : ICARDA (Syrie) ☐ Type de variété : lignée pure
El Fouara Dénomination Locale : Deir Allah	Obtenteur : ITGC de Sétif ☐ Pedigree : Deir Allah 106/strain 205// Gerbel ICB 85-1376-0AP-2AP-0AP Origine : ICARDA (Syrie) ☐ Demandeur : ITGC ☐ Type de variété : lignée pure
Soufara « s »	Orge à deux rangs sélectionnés par la station ITGC de Sétif, à partir de l'essai régional d'orge (RBYT), confectionnée par l'ICARDA, mis en place au cours de la campagne 1984-1985, c'est une variété très performante, suite à sa forte capacité de production d'épis par unité de surface, elle se caractérise par une meilleure stabilité du rendement en grain et reste comme témoin pour cette caractéristique
El Bahia	Obtenteur : ITGC de Sétif ☐ Demandeur : ITGC ☐ Origine : Algérie ☐ Année de dépôt : 2002 ☐ Pedigree : Tichedrett/RebelleC5 95203 SF4

Source: (ITGC, 2006)

5.1. Critères de sélection des parents

Le choix des parents utilisés pour le croisement a été guidé par plusieurs critères essentiels, reflétant leur importance agronomique et leur capacité à répondre aux défis environnementaux et productifs. Ces critères sont les suivants :

5.1.1. La productivité

Capacité des variétés à assurer un rendement élevé, garantissant ainsi une production optimale d'orge dans différentes conditions.

5.1.2. L'alternativité

Aptitude de la plante à être semée sur un intervalle étendu de plusieurs mois, offrant une flexibilité accrue dans la planification des cultures.

5.1.3. La résistance à la sécheresse

Tolérance aux températures élevées, un facteur crucial pour s'adapter aux conditions climatiques souvent rigoureuses de la région.

5.1.4. La résistance à la verse

Capacité de la plante à maintenir une structure robuste, réduisant ainsi les risques de verse (flétrissement) sous l'effet du vent ou des fortes pluies.

5.1.5. La résistance contre les maladies

Résistance aux principales maladies affectant l'orge, permettant de limiter les pertes économiques et d'améliorer la qualité des récoltes.

5.1.6. Bonne vigueur initiale

Capacité de la plante à émerger rapidement et se développer vigoureusement après le semis, assurant une meilleure implantation et réduisant la concurrence avec les adventices.

5.1.7. Résistance relative au stress hydrique

Tolérance de la plante aux périodes de sécheresse, permettant de maintenir sa croissance et ses rendements même en cas de faible disponibilité en eau.

5.1.8. Potentiel de rendement élevé

Aptitude de la plante à produire une grande quantité de grains ou de biomasse par unité de surface, grâce à une efficacité optimale dans l'utilisation des ressources (eau, lumière, nutriments).

5.2. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée selon un plan en blocs complets randomisés à un facteur, comprenant 25 unités expérimentales : 23 hybrides d'orge et 2 témoins (Saida et Tichedrett), répartis en deux répétitions (R1 et R2). Chaque génotype a été implanté deux fois, avec une

répartition aléatoire des traitements au sein de chaque bloc, afin de limiter les biais liés aux effets environnementaux locaux. Les blocs, disposés linéairement en deux rangées principales, mesurent chacun 1 mètre de large sur 3 mètres de long, avec un espacement de 2 mètres entre blocs, assurant une bonne aération et une distribution homogène des plants. Chaque parcelle élémentaire couvre ainsi une surface d'environ 25 m², ce qui permet une évaluation fiable et représentative des paramètres agronomiques étudiés.

La disposition des génotypes dans les blocs a été consignée dans un carnet de terrain, avec une inversion partielle entre les deux répétitions :

Bloc 1 : T1 – H1 – H2 –H3–H4–H5–H6–H7–...– H23 – T2.

Bloc 2 : T2 – H23 – H22 –H21–H20–H19–H18– ... – H1 – T1.

Cette méthodologie assure une rigueur expérimentale optimale pour l'analyse comparative des performances des différents génotypes. La figure suivante représente le dispositif expérimental .



Figure 13. Dispositif expérimental adopté au cours de la campagne agricole 2024/2025

(Photo personnelle)

6. Conduite des Essais

Au cours de la campagne 2024/2025, les essais ont été suivis de manière rigoureuse dans la ferme pilote de Tiberguent. Des mesures méthodiques ont été effectuées pour chaque témoin ainsi que pour l'ensemble des hybrides étudiés.

6.1. Préparation du Sol

La préparation du sol a suivi un protocole technique précis, mettant en œuvre des outils adaptés tels que les charrues, la herse, les binettes et les râpeaux. Les étapes de travail du sol ont été réalisées comme suit :

Travail profond : Le labour a été effectué à une profondeur moyenne de 30 cm à l'aide d'une charrue, permettant d'améliorer la structure du sol et de favoriser l'enracinement des plantes.

Reprise de labour : Un passage croisé avec une Cover-Crop a été réalisé pour affiner la texture du sol et éliminer les résidus végétaux.

Techniques superficielles : Ces opérations, réalisées manuellement, visaient à créer un lit de semences approprié en améliorant les caractéristiques physiques du sol, telles que la porosité et la rétention d'eau.

Ces étapes garantissent un environnement favorable à la germination et au développement initial des cultures, tout en optimisant les conditions agronomiques du site expérimental.

6.2. Semis

L'orge est semée avant les blés, de septembre à octobre, mais nous avons procédé au semis tardif (fin décembre). Le semis, effectué manuellement à une profondeur de 3 cm dans le lit de semences. Les semis ont débuté le 24 décembre 2024 par la première rangée de génotypes, suivie de la seconde rangée le 1er janvier 2025. Le sol avait été préparé au préalable par les agriculteurs, avec un labour profond, sans apport initial d'engrais azoté.

Le semis a été réalisé manuellement, sans aucun outillage mécanique. Une binette a été utilisée pour ouvrir les sillons à la main. Les graines ont ensuite été placées manuellement, puis recouvertes de terre pour assurer une bonne levée.

La culture a été conduite en sec, sans irrigation artificielle, et a reposé exclusivement sur les précipitations naturelles.

La figure ci-dessous représente Semis au sein d'une parcelle expérimentale.



Figure 14. Semis au sein d 'une parcelle expérimentale 2024/2025 (Photo personnelle)

6.3. Désherbage

6.3.1. Désherbage Manuel

Le désherbage manuel a été réalisé de manière systématique tout au long de la période de croissance de l'orge pour limiter la compétition entre les adventices et la culture. Cette opération cruciale a permis de réduire l'impact négatif des mauvaises herbes, telles que le gaillet gatteron, le gaillet blanc, la luzerne polymorphe, l'aromatique oseille, le papaver somniferum et le phalaris paradoxal, qui sont connues pour favoriser l'installation de parasites et de maladies affectant l'orge (Figure 15).

Le désherbage a été effectué à cinq reprises en 2025, aux dates suivantes :

15 février 2025 / 27 février 2025 / 23 mars 2025 / 3 avril 2025 / 13 avril 2025

Une dernière intervention a été réalisée le 28 avril 2025, suivie d'une vérification finale le 4 mai 2025, afin d'assurer un contrôle total des adventices jusqu'à la fin du cycle de culture.

Ces interventions ont été réalisées manuellement, principalement à l'aide de binettes et des mains, au stade de floraison (notamment lors de la première intervention le 17 mars 2024). Cette méthode a permis de préserver la santé des plants d'orge tout en minimisant les risques liés à l'utilisation de produits chimiques.

L'objectif principal était de limiter la compétition pour les ressources (eau, lumière, nutriments) et d'éviter la propagation de maladies ou de parasites associés aux adventices, garantissant ainsi une meilleure productivité de la culture.

La figure ci-dessous représente le désherbage manuel.



Figure 15. Le désherbage manuel campagne (2024/2025) (Photo personnelle)

6.4. Mauvaises herbes

Malgré les mesures prises, nous avons constaté une forte présence de mauvaises herbes parmi les plantes. Les variétés principalement identifiées sont (*Brassica rapasub* sp). (*Sylvestris* var.) (*Esculenta* sp).

La figure ci-dessous représente les mauvaises herbes.



Figure 16. Mauvaises herbes campagne (2024/2025) (photo personnelle)

6.5. Ravageurs

La culture d'orge est sujette à des attaques par divers ravageurs qui peuvent causer des dommages significatifs aux plants, affectant ainsi leur croissance et leur rendement. Parmi les principales espèces animales identifiées lors de cette expérimentation, on peut citer :

Les pucerons : Ces insectes sont particulièrement redoutables car ils se nourrissent de la sève des plantes, affaiblissant leur vigueur et favorisant la transmission de maladies virales.

La chenille légionnaire d'automne : Cette ravageuse peut provoquer des dégâts importants en s'attaquant aux feuilles et aux parties tendres des plants d'orge.

La mineuse de l'orge : Elle creuse des galeries dans les feuilles, perturbant le processus de photosynthèse et réduisant ainsi la productivité des cultures.

Les fourmis : Bien qu'elles ne se nourrissent pas directement de l'orge, elles peuvent favoriser la propagation de pucerons en les protégeant pour exploiter leur miellat.

Les criocères : Ces coléoptères attaquent principalement les épis, entraînant une réduction du rendement et une détérioration de la qualité des grains.

Ces ravageurs représentent une menace majeure pour la santé et la performance des variétés d'orge étudiées. Leur présence a été observée tout au long du cycle cultural, nécessitant une surveillance constante afin de limiter leurs impacts négatifs sur la production.



Figure 17. Attaque de chenille de Machaon, sur les feuilles des plantes 2024/2025 (Photo personnelle).

6.6. Les principaux insectes auxiliaires utiles à l'orge

Les insectes auxiliaires sont des alliés naturels du champ : ils protègent la culture contre les ravageurs (pucerons, chenilles, etc.) et favorisent la biodiversité. Voici les plus importants pour l'orge :

6.6.1. Coccinelles (Coccinellidae)

Rôle : Prédateurs de pucerons et d'autres petits insectes nuisibles.

Bénéfice : Limite les attaques de pucerons, fréquents sur l'orge.

6.6.2. Chrysopes (Chrysopidae)

Rôle : Les larves mangent pucerons, thrips et acariens.

Bénéfice : Très efficaces contre de nombreux ravageurs.

6.6.3. Syrphes (Syrphidae)

Rôle : Les larves sont de gros consommateurs de pucerons.

Bénéfice : Limite les populations de pucerons, adultes pollinisateurs.



Figure 18. Coccinelle auxiliaire sur l'orge 2024/2025 (photo personnelle)

6.7. Maladies Foliaires Observées

Les symptômes visibles sur les feuilles basses de l'orge, tels que le jaunissement, le dessèchement et la nécrose, permettent d'identifier plusieurs maladies foliaires potentielles. Voici une description des maladies probables observées :

6.7.1. Helminthosporiose (*Drechslera teres*)

Symptômes : Présence de taches allongées brunes à centre clair, accompagnées de jaunissement et de dessèchement des feuilles basales.

Observation : Cette maladie est fréquente en conditions humides ou après un stress environnemental. Les lésions observées sur les photos correspondent typiquement à cette pathologie.

Présence probable : Oui, étant donné les caractéristiques des lésions sur les feuilles basses.

6.7.2. Ramulariose (*Ramularia collo-cygni*)

Symptômes : Petites taches rectangulaires brunes aux contours nets, souvent entourées d'un halo jaune. Ces symptômes apparaissent principalement sur les feuilles plus âgées.

Observation : Bien que moins évidente que l'helminthosporiose, cette maladie peut être présente, surtout si les symptômes se manifestent en fin de cycle végétatif.

Présence possible : Oui, mais moins typique que l'helminthosporiose sur ces photos.



Figure 19. Symptômes de maladies foliaires à la base des tiges d'orge (Helminthosporiose probable) observés sur différents peuplements 2024/2025 (photo personnelle)

6.8. L'engrais azoté

L'apport d'engrais azotés revêt une importance capitale, car il joue un rôle déterminant à la fois sur le rendement global des cultures et sur la qualité de la récolte. En particulier, l'azote contribue à augmenter significativement le taux de protéines dans les grains, un critère essentiel pour la valorisation de l'orge, notamment dans les filières brassicoles ou fourragères. Une fertilisation azotée bien maîtrisée permet ainsi d'optimiser non seulement la quantité produite, mais aussi la valeur nutritionnelle et commerciale des grains récoltés.

Un apport de fertilisant minéral (M21 Azoferte) a été effectué le 03 avril 2025, pour accompagner la phase de tallage. Le dosage final par hectare sera précisé après traitement complet des données.



Figure 20. Représente l'engrais d'urée granulés de marque Azoferte M21 2024/2025

(Photo personnelle)

6.9. Récolte

La période de récolte varie en fonction des génotypes et des conditions spécifiques à la région. Pour cette expérimentation, la récolte a été effectuée manuellement la première rangée le 29/05/2025 la deuxième rangée 11/06/2025

Les échantillons ont ensuite été conservés dans des conditions appropriées afin de préserver leur intégrité pour les analyses ultérieures.



Figure 21. Récolte des géotypes d'orge 2024/2025

(Photo personnelle)

7. Méthode d'étude

L'étude a consisté à examiner divers paramètres agronomiques à différents stades phénologiques de la culture, en effectuant des mesures et des comptages sur le terrain expérimental. Ces observations ont permis d'évaluer les performances des hybrides testés tout au long de leur cycle de développement.

7.1. Détermination de différents stades phénologiques

Le suivi des stades phénologiques (levée, montaison, épiaison) a été réalisé pour chaque génotype afin d'évaluer leur précocité. Un stade est considéré comme atteint lorsque 50 % des plantes dans une parcelle présentent le caractère étudié.

7.1.1. Nombre de talles épis par Plante

Au stade de plein tallage, une évaluation du nombre de talles (épis) par plante a été réalisée pour chaque hybride testé. Pour ce faire, 10 plantes ont été sélectionnées aléatoirement dans chaque parcelle élémentaire. Cette mesure permet d'estimer la capacité de chaque génotype à produire des talles, qui constituent les axes porteurs d'épis et jouent un rôle crucial dans le rendement final de l'orge. Un nombre élevé de talles par plante est généralement associé à un potentiel de productivité plus important, car chaque talle peut donner lieu à un épi supplémentaire. Cette donnée est donc essentielle pour comparer les performances agronomiques des différents génotypes étudiés



Figure 22. La mesure de tallage des plantes 2024/2025 (Photo personnelle)

7.1.2. Hauteur des plantes à la floraison

Pour évaluer la hauteur des plantes, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire de 10 plantes par parcelle élémentaire au moment de la floraison. À l'aide d'une règle graduée, nous avons mesuré la distance verticale entre la base de chaque plante, au niveau du sol, et l'extrémité de l'épi. Ces mesures, exprimées en centimètres, permettent de mieux

comprendre le comportement des génotypes vis-à-vis de leur croissance et leur capacité à résister à des facteurs comme le vent ou les fortes pluies, qui peuvent provoquer la verse.

Cette étape est essentielle, car elle offre un aperçu concret non seulement de la vigueur des plantes, mais aussi de leur adaptation aux conditions environnementales spécifiques du site expérimental. En observant ces hauteurs, nous pouvons également anticiper les performances globales des hybrides en termes de stabilité et de rendement.



Figure 23. Hauteur des plantes à la floraison 2024/2025 (photo personnelle)

7.1.3. Longueur du col de l'épi

Il s'agit de la distance entre le dernier nœud et la base de l'épi, mesurée à partir de 10 Plantes sélectionnées au hasard pour chaque hybride.

7.1.4. Longueur de la Barbe

La longueur de la barbe a été mesurée pour 10 génotypes sélectionnés au hasard dans chaque parcelle expérimentale. Cette caractéristique, bien qu'apparemment simple, peut fournir des informations précieuses sur les différences morphologiques entre les variétés et leur adaptation aux conditions environnementales.



Figure 24. Mesure de la longueur de la barbe d'un épi de la plante 2024/2025 (photo personnelle)

7.1.5. Longueur de l'épi

Pour chaque parcelle élémentaire, la longueur de 10 épis sélectionnés au hasard a été mesurée au stade d'épiaison. Les mesures ont été prises de manière précise, en allant de la base de l'épi jusqu'à l'extrémité de la barbe. Cependant, pour éviter tout biais lié à la présence de la barbe, les calculs se sont concentrés sur la longueur de l'épi sans inclure la barbe. Cette étape est cruciale pour évaluer le développement des épis, qui jouent un rôle central dans la production de grains. Une longueur d'épi importante peut être associée à un potentiel de rendement élevé, car elle reflète souvent une meilleure capacité à produire un nombre accru de grains par épi. Ces données permettent ainsi de comparer les performances des différents génotypes et d'identifier ceux qui présentent les caractéristiques les plus prometteuses pour une productivité optimale.



Figure 25. La longueur de l'épi campagne (2024/2025) (photo personnelle)

7.2. Les Paramètres mesurés au laboratoire

7.2.1. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est crucial pour évaluer le rendement, car il reflète la fertilité de l'épi. Nous avons compté les grains issus des épis prélevés précédemment pour chaque génotype. Cette mesure permet d'estimer la productivité et d'identifier les hybrides les plus performants.



Figure 26. La mesure du nombre de grains par épi 2024/2025 (photo personnelle)

7.2.2. Poids de mille grains

Après avoir rassemblé et nettoyé les récoltes, mille grains ont été comptés à la main pour chaque parcelle, puis pesés à l'aide d'une balance de précision. Ce paramètre est essentiel pour évaluer la qualité et la densité des grains.



Figure 27. La mesure du PMG (photo personnelle)

7.2.3. Productivité

La productivité a été calculée en tenant compte de trois paramètres fondamentaux : le nombre d'épis par plante, le nombre de grains par épi et le poids moyen du grain (PMG).

Cette approche intégrée permet d'estimer efficacement le rendement potentiel de chaque génotype.

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Nombre de grains/épi} \times \text{talle épi} \times \text{PMG}}{1000}$$

8. Techniques d'analyse statistique

Les données collectées ont été analysées par le logiciel SPSS. Ce logiciel nous a permis de traiter les données. L'analyse de la variance permet de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normale et de même variance à partir des échantillons aléatoires simples et indépendant les uns des autres, ce test global préalable et indispensable.

Le seuil de signification est de 5% car la signification des différences est exprimée en fonction de probabilité (p).

- $P > 0.05$: les traitements ne sont pas significativement différents.
- $P \leq 0.05$: les traitements sont significativement différents.
- $P \leq 0.01$: les traitements sont hautement et significativement différents.
- $P \leq 0.001$: les traitements sont très hautement et significativement différents.

Le coefficient de variation

$$Cv = \frac{\text{écart type}}{\text{Moyenne}} \times 100$$

Chapitre IV : Résultats et discussions

Etude de comportement de la génération F5

Durant la campagne agricole (2024/2025) nous avons procédé à l'étude de vingt-cinq génotypes d'orge dont deux témoins par l'évaluation de huit paramètres agronomiques : le nombre de talles épis par plante (**NTE**), La hauteur des plants à la floraison (**HPF**), la longueur de l'épi (**LE**), la longueur de la barbe (**LB**), longueur du col de l'épi (**LC**), le nombre de grain par épi (**NGE**), poids de mille grains (**PMG**) et la productivité de la plante (**PRO**)

1. Les caractères morphologiques

Deux paramètres morphologiques la hauteur des plantes à la floraison et longueur de l'épi sont mesurés en (cm)

1.1. Hauteur de la plante à floraison (HPF)

Le **tableau 9** Comporte les données relatives à la hauteur de la plante à floraison qui sont illustrées par la **figure 28**

Tableau 9. Les résultats relatifs à la hauteur des plantes à la floraison

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	67±0	BCDEF	12, 17	0.0001
H2	83±1, 0724	AB		
H3	70±4	BCDEF		
H4	61±3	DEF		
H5	74±8	BC		
H6	81±2	ABC		
H7	81±1	ABC		
H8	73±3, 04421	BCD		
H9	72±7	BCD		
H10	57±4, 05839	F		
H11	79, 0633±6	ABC		
H12	59±3	EF		
H13	79±5	ABC		
H14	61±2	DEF		
H15	80±3	ABC		
H16	79±2	ABC		
H17	69±6	BCDEF		
H18	76±7	ABC		
H19	78±6	ABC		
H20	74±3	BC		
H21	69±0	BCDEF		
H22	81±5, 0161	ABC		
H23	79±9	ABC		
T1	83±2	AB		
T2	89, 0433±2	A		

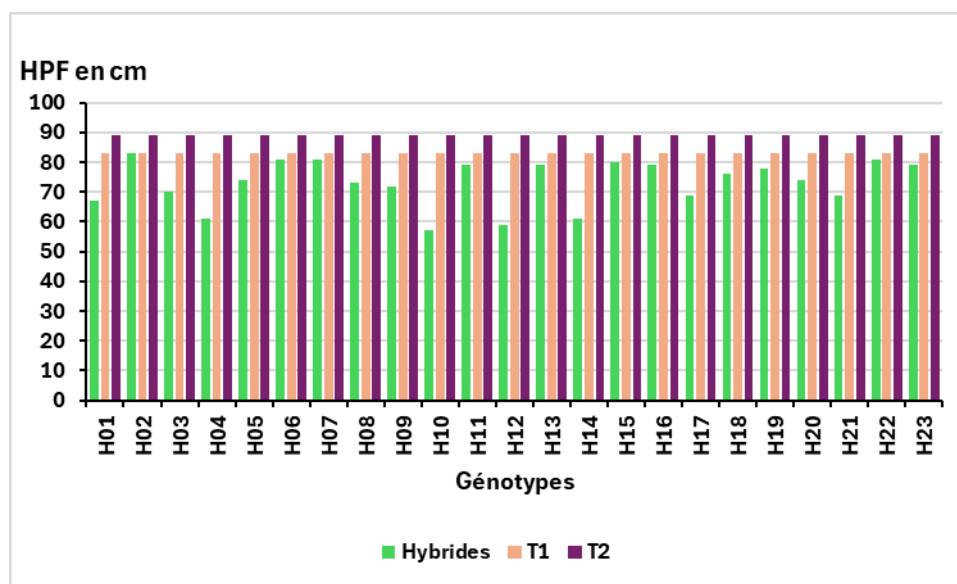


Figure 28. La hauteur des plantes à la floraison

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les hybrides testés pour le paramètre hauteur des plantes à la floraison avec une probabilité de **0.0001**. D'après le test de **Newman- Keuls**, nous constatons plusieurs groupes homogènes, la hauteur la plus importante est exprimée par le témoin **T2** avec une valeur moyenne de **(89, 04 cm)**, suivi de **T1** et **H2** avec une valeur moyenne de **(83 cm)**. Les plus faibles hauteurs ont été enregistrées chez les hybrides **H10** et **H12** soient respectivement **(57 cm ; 59 cm)**. Tous les hybrides expriment une hauteur des plantes à la floraison moins importante par rapport aux témoins. Plusieurs auteurs cités par **Allamet al., (2015)** indiquent que les variétés des céréales les plus tolérantes à la sécheresse sont des variétés à paille hautes. Selon le même auteur, cette tolérance est induite par un développement racinaire important en profondeur permettant l'extraction de l'eau des horizons profonds dans les zones semi-arides. Par contre, les variétés à paille longue représentent l'inconvénient de la verse dans les zones potentielles à forte précipitation (**Arvali, 2016**).

1.2. La longueur de l'épi (LE)

La longueur de l'épi obtenu pour chaque génotype est représentée dans le **tableau 10** et illustrée par la **figure 29**.

Tableau 10. Les résultats relatifs à la longueur de l'épi.

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	10±1	AB	11, 11	0.0001
H2	7±01	CDE		
H3	9±1, 08154	ABC		
H4	9±03	ABC		
H5	8±02	BCDE		
H6	7±01	DE		
H7	9±01	ABC		
H8	9±01	BCD		
H9	9±02	BCD		
H10	9±04	ABC		
H11	8±02	BCDE		
H12	10±03	AB		
H13	7±01	CDE		
H14	11±01	A		
H15	10±01	AB		
H16	8±01	BCDE		
H17	8±01	BCDE		
H18	10±01	AB		
H19	10±01	AB		
H20	9±01	ABC		
H21	10±03	AB		
H22	7±01	DE		
H23	10±3	AB		
T1	9±2	ABC		
T2	6±1	E		

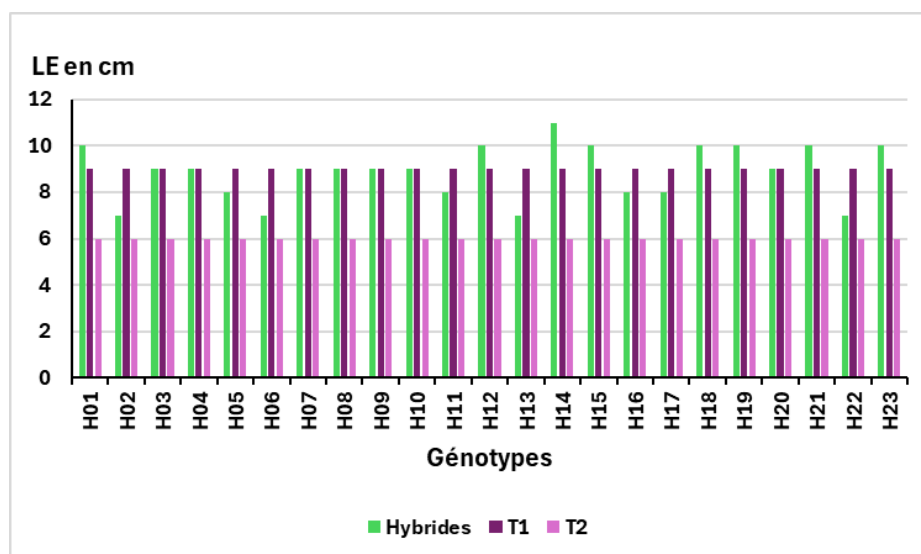


Figure 29. La longueur de l'épi

L'analyse de la variance du facteur génotype montre un effet très hautement significatif pour la longueur de l'épi avec une probabilité de **0.0001**. D'après le test de **Newman- Keuls**, nous constatons plusieurs groupes homogènes, l'épi le plus long a été obtenu par l'hybride **H14** soit une valeur moyenne de **(11 cm)**, suivi par les hybrides **H1, H12, H15, H18, H19, H21 et H23** avec une valeur moyenne de **(10 cm)**. 8 hybrides sur 23 (**H14, H1, H12, H15, H18, H19, H21, H23**) ont exprimé des valeurs moyennes supérieures à celles des témoins. En revanche, tous les hybrides ont enregistré des valeurs moyennes supérieures au T2.

Selon **Slafer et Savin (1991)**, la longueur de l'épi est étroitement corrélée à la capacité de la plante à accueillir un plus grand nombre de fleurons fertiles, et donc à influencer directement le nombre de grains par épi. De plus, **Aissat et al., (2023)** précisent que cette caractéristique, bien qu'en partie génétique, est sensible aux facteurs environnementaux comme la densité de semis et les niveaux de nutrition azotée pendant la phase de montaison ainsi que **Baker et al., (1980)** confirment que dans les céréales autogames, une plus grande longueur d'épi permet souvent une meilleure organisation spatiale des épillets, réduisant ainsi la compétition interne pour les ressources et favorisant un remplissage homogène des grains et présentent un intérêt agronomique certain, notamment dans les régions à potentiel hydrique moyen, car ils peuvent produire un épi plus long, porteur de grains mieux répartis et mieux nourris

2. Les caractères de résistance à la sécheresse

Les caractères de la résistance à la sécheresse comme la longueur de la barbe et la longueur du col de l'épi sont mesurés au champ.

2.1. Longueur de col de l'épi (LC) :

Les résultats relatifs à la longueur du col de l'épi compris dans le **tableau 11** qui sont illustrées par la **figure 30**.

Tableau 11. longueur de col de l'épi

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	8±1	A	14, 28	0.0001
H2	8±0	A		
H3	8±1	A		
H4	6±0	A		
H5	6±1	A		
H6	7±1	A		
H7	8, 01±0	A		
H8	7±0	A		
H9	8±1	A		
H10	7±0	A		
H11	7±0	A		
H12	6±0	A		
H13	8±1	A		
H14	6±0	A		
H15	7±1	A		
H16	7±0	A		
H17	6±0	A		
H18	7±1, 08972	A		
H19	7±1	A		
H20	8±1	A		
H21	7±1	A		
H22	8±1	A		
H23	6±0	A		
T1	8±0	A		
T2	8±1	A		

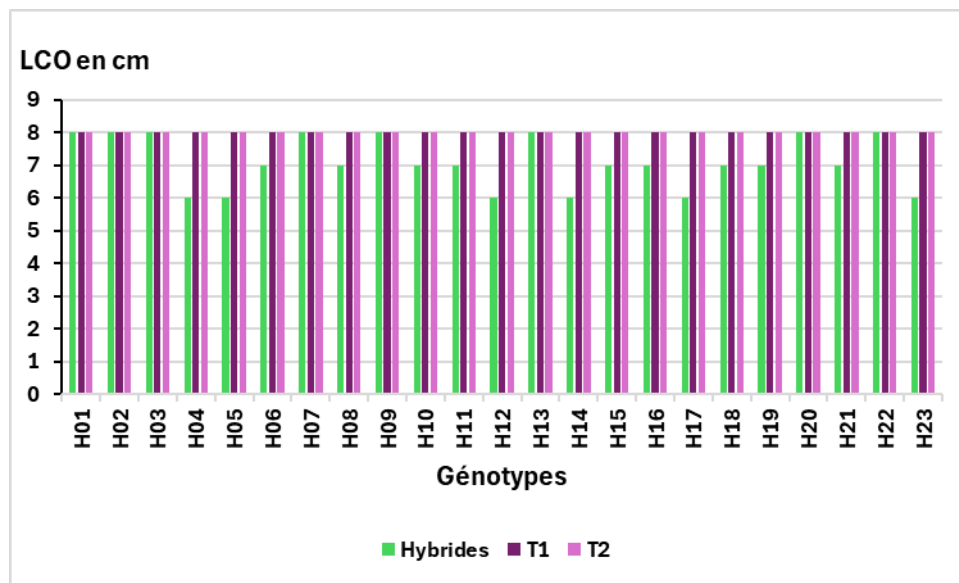


Figure 30. Longueur de col de l'épi chez les génotypes

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative avec une probabilité de 0.0001 pour le caractère longueur du col de l'épi. D'après le test de Newman-Keuls, nous constatons un seul groupe homogène, les longueurs les plus importantes sont exprimées par les hybrides H1, H2, H3, H7, H9, H13, H20, H22 et les témoins T1, T2 avec une valeur moyenne de (8 cm). Les plus faibles longueurs ont été enregistrées chez les hybrides H4, H5, H12, H14, H17, H23 soit une valeur moyenne de (6 cm). Tous les hybrides expriment une longueur du col de l'épi relativement stable par rapport aux témoins. Selon Lakshmi et Irma (2017), la longueur du col détermine en partie la résistance à la verse et facilite la circulation des nutriments vers l'épi durant la phase de remplissage des grains. Gallais et Bannerot (1992) expliquent que le col long peut réduire les interactions mécaniques entre les entre-nœuds, ce qui améliore la portance et l'aération de l'épi, réduisant ainsi les risques d'infections fongiques en fin de cycle. En outre, Boufenar-Zeghouane, (2006) rapporte que dans les zones semi-arides, une longueur modérée du col est souvent associée à une meilleure tolérance au stress hydrique, car elle limite la distance de transport des solutés en cas de déficit hydrique.

2.2. La longueur de la barbe (LB)

Les résultats relatifs à la longueur de la barbe sont compris dans le tableau 12 et illustrés par la figure 31

Tableau 12. Les résultats relatifs à la longueur de la barbe.

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	27±2, 02073	AB	7, 99	0.0001
H2	25±1	ABCDE		
H3	28±2	A		
H4	26±1, 07221	ABCD		
H5	24±2	BCDEF		
H6	22±1	EF		
H7	26±0	ABCD		
H8	26±0	ABCD		
H9	24±0	BCDEF		
H10	25±0	ABCDE		
H11	25±0	ABCDE		
H12	22±0	DEF		
H13	25±1, 07221	ABCDE		
H14	23±1	CDEF		
H15	21±1	F		
H16	23, 0567±1	CDEF		
H17	26±1	ABCD		
H18	24±0	BCDEF		
H19	25, 0567±0	ABCDE		
H20	24±1	BCDEF		
H21	23±0	CDEF		
H22	20±1	F		
H23	27±1, 01036	AB		
T1	26±2	ABCDE		
T2	28±1, 05655	AB		

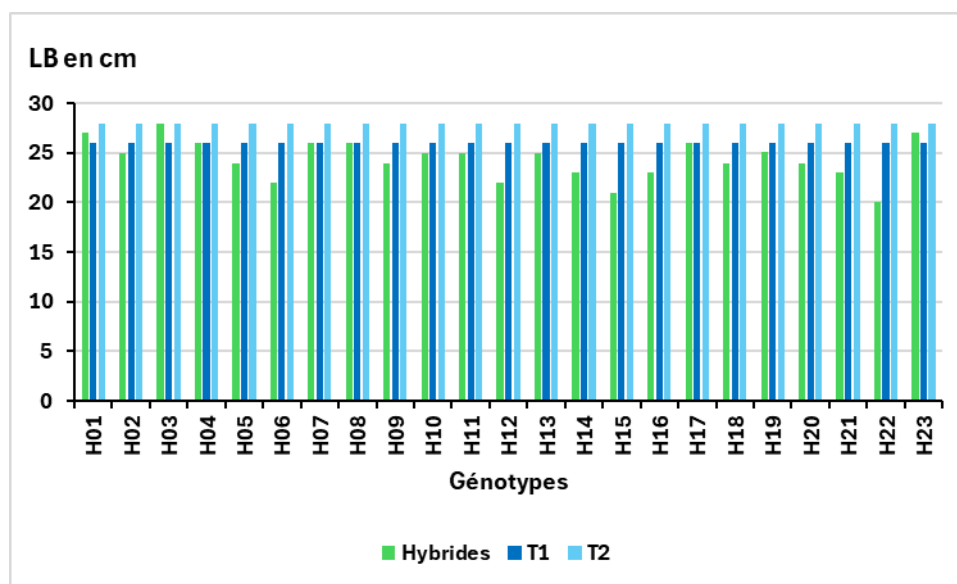


Figure 31. La longueur de la barbe mesurée chez les génotypes

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les génotypes testés pour le paramètre la longueur de la barbe avec une probabilité de **(0.0001)**. La barbe la plus longue est obtenue par le T2 et le H3 avec une valeur moyenne de **(28 cm)**, suivis de H1 et H23 avec une valeur moyenne de **(27 cm)**. Les plus faibles longueurs ont été enregistrées chez les hybrides H22 et H15 soient respectivement **(20 cm et 21 cm)**. La majorité des hybrides expriment une longueur de la barbe moins importante par rapport aux témoins. La longueur de la barbe est considérée comme un caractère de résistance à la sécheresse (**Hadjichristodoulou, 1993**), les barbes longues permettant de réduire la transpiration et de protéger l'épi contre les stress environnementaux. Les génotypes présentant des barbes plus longues peuvent donc présenter un avantage adaptatif dans les conditions semi-arides (**Nemmar1980**).

3. La productivité et ses composantes

Le nombre de talles épis ; le nombre de grains/ épi et le poids de mille grains sont les composantes de la productivité

3.1. Le nombre de talles épis par plante (NTE)

Les valeurs du tallage épi sont représentées dans le **tableau 13** et illustrées par la **figure 32**.

Tableau 13. Les résultats relative au nombre de talles épis par plante

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	9±0	EF	21, 42	0.0001
H2	13, 0833±1	CDEF		
H3	16±4	BCD		
H4	11±0	CDEF		
H5	15±2, 03706	BCDE		
H6	16±1	BCD		
H7	12±1	CDEF		
H8	15±0	BCDE		
H9	17±1	BC		
H10	13±0	CDEF		
H11	16±2	BCD		
H12	10±1	DEF		
H13	13, 0267±2	CDEF		
H14	13±1	CDEF		
H15	15±3	BCDE		
H16	8±0	F		
H17	14, 0567±1	BCDEF		
H18	14±3	BCDEF		
H19	22±3	A		
H20	16±4	BCDE		
H21	10±0, 07506	DEF		
H22	20±1	AB		
H23	17±2	BC		
T1	9±0	EF		
T2	10±1	DEF		

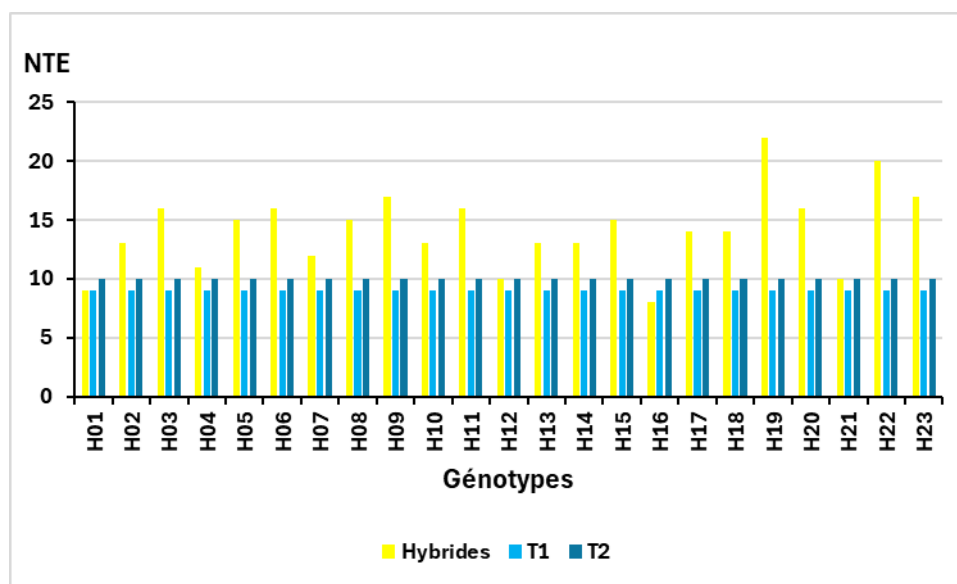


Figure 32. Le nombre de talles épis par plante

L'analyse de la variance du facteur génotype montre un effet très hautement significatif pour le caractère nombre de talles épis par plante avec une probabilité de **0.0001**. D'après le test de **Newman- Keuls** nous constatons plusieurs groupes homogènes, **Le meilleur nombre de talles épis a été atteint chez l'hybride H19 avec une valeur moyenne de (22 talles épis), suivi de H22 avec une valeur moyenne de (20 talles épis)**. Les plus faibles nombres ont été enregistrés chez l'hybride **H16** et les témoins **T1, T2** soient respectivement (**8 ; 9 ; 10 talles épis**). 19 hybrides sur 23 (**H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H13, H14, H15, H17, H18, H20, H19, H22, H23**) ont exprimé des valeurs moyennes supérieures à celles des témoins. **Hucl et Baker, (1989)**, cités par **Sombrero et al., (1993)**, ont montré que la quantité maximale de talles ainsi que le pourcentage de talles complétant leur développement dépendent de la variété, de l'état hydrique, de la nutrition azotée et de la densité de semis. L'émission de talles détermine le nombre d'épis à la récolte et leur poids par la quantité des assimilats transférés vers les grains (**Legouis1992**) in (**djeghdali-benkherbache, 2002**).

3.2. Nombre de grains par épi (NGE)

Les résultats relatifs au nombre de grains par épi sont compris dans le **tableau 14** et illustrés par la **figure 33**.

Tableau 14. Nombre de grain par épi

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	88±7	BCD	8, 23	0.0001
H2	84±4	CD		
H3	98±3, 05505	A		
H4	85±5	CD		
H5	88±4	BCD		
H6	89±3	BCD		
H7	79±2	DE		
H8	85±3	CD		
H9	81±3	CDE		
H10	83±2	CD		
H11	80±6, 02771	DE		
H12	92±1	ABC		
H13	83±4	CD		
H14	86±3	CD		
H15	84±3	CD		
H16	85±4	CD		
H17	73±2	EF		
H18	88±4, 04145	BCD		
H19	79±3	DE		
H20	83±6	CD		
H21	88±2	BCD		
H22	92±3	ABC		
H23	97±3, 05505	AB		
T1	84±1	CD		
T2	68±2	F		

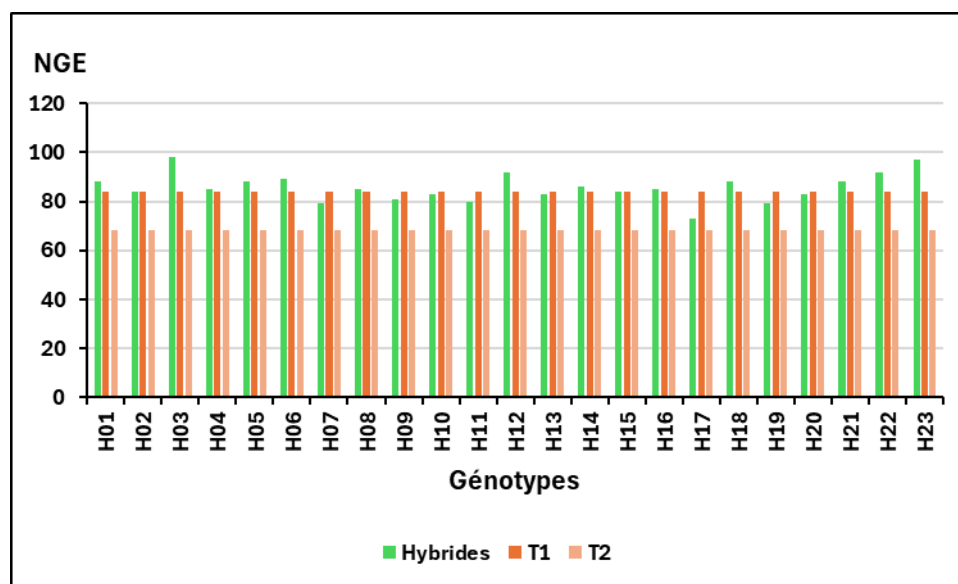


Figure 33. Nombre de grains par épis

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les génotypes testés pour le nombre de grains par épi avec une probabilité de (**0.0001**). D'après le test de **Newman- Keuls**, nous constatons plusieurs groupes homogènes dont les hybrides sont plus productifs que les deux témoins. Le nombre de grains le plus élevé par épi est celui de l'hybride H3 avec une valeur moyenne de (**98 grains**), suivi de H23 avec une valeur moyenne de (**97 grains**). Les plus faibles nombres ont été enregistrés chez le témoin T2 et l'hybride H17 soient respectivement (**68 ; 73 grains**). 13 hybrides sur 23 (H1, H3, H4, H5, H6, H8, H12, H14, H16, H17, H18, H21, H22, H23) ont exprimé des valeurs moyennes supérieures à celles des témoins. La majorité des hybrides donnent un nombre de grains par épi plus important par rapport au témoin T2. **Bouzerzour et Benmahamed, (1995)**, constatent que le nombre de grains par épi varie en fonction des variétés et des dates de semis. Le nombre de grains par épi est selon **Fisher, (1985)** surtout sensible aux variations de nutrition pendant les semaines de croissance active de l'épi (3 ou 4 semaines avant l'épiaison). Selon **Jonard, (1980)**, cité par **Belaid, (1986)**, le nombre de grains par épi est influencé par des facteurs trophiques dont l'azote est l'un des principaux éléments. **Achouri, (1985)** constate que l'augmentation des doses de semis diminue le nombre de grains/épi.

3.3. Poids de mille graines (PMG)

Cette mesure est réalisée au niveau de laboratoire, les résultats sont représentés par le **tableau 15** et illustré par la **figure 34**.

Tableau 15. Les résultats relatifs au poids de mille graines

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	79, 0233±1, 0352	A	13, 77	0.0001
H2	59±4	BCDEF		
H3	68±11, 0151	BCDEF		
H4	49±2	EF		
H5	49±5	EF		
H6	53±3	CDEF		
H7	54±5	CDEF		
H8	57±2	CDEF		
H9	58±1	BCDEF		
H10	59±5	BCDEF		
H11	57±3	CDEF		
H12	52±3	DEF		
H13	64±0	BCDEF		
H14	72±7	AB		
H15	54±0	CDEF		
H16	57±4	CDEF		
H17	58±1	BCDEF		
H18	53±5	CDEF		
H19	56±10, 0203	CDEF		
H20	53±6	CDEF		
H21	48±4	F		
H22	60±3	BCDEF		
H23	59±5	BCDEF		
T1	66±6	BCDEF		
T2	45±0	F		

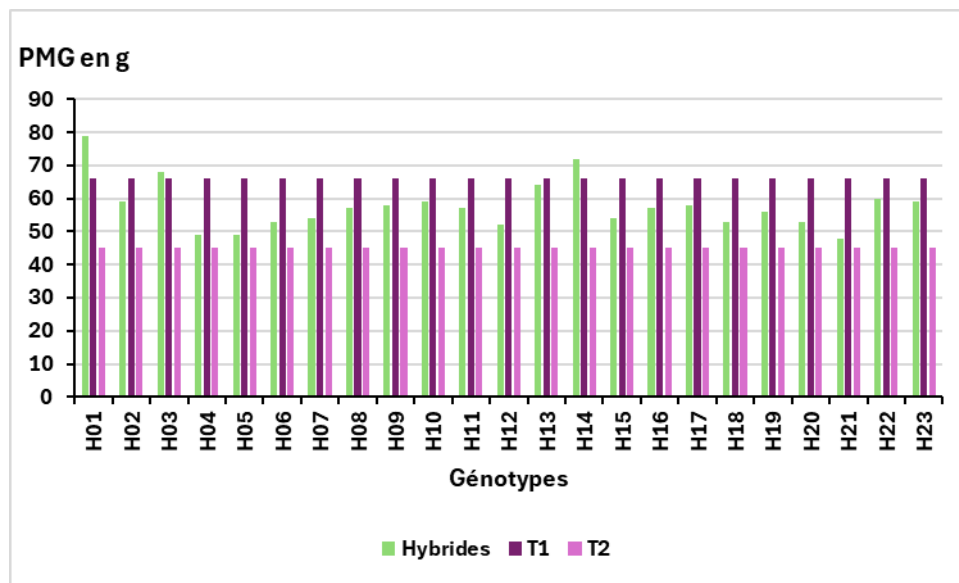


Figure 34. Poids de mille grains

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les génotypes testés pour le paramètre poids de mille grains avec une probabilité de (0, 0001). D'après le test de **Newman- Keuls**, nous constatons plusieurs groupes homogènes. Le poids le plus élevé a été obtenu chez l'hybride **H1** avec une valeur moyenne de (79, 02 g), suivi de **H14** avec une valeur moyenne de (72 g). 3 hybrides sur 23 (**H1, H3, H14**) ont exprimé des valeurs moyennes supérieures à celles des témoins. La majorité des hybrides expriment un poids de mille grains plus important par rapport au témoin T2. Ces différences pourraient provenir d'une part, du caractère variétal du poids de mille grains (**PMG**) et d'autre part, des conditions climatiques dans lesquelles ont évolué les génotypes étudiés. En effet, le PMG est sous l'effet de la matière sèche, matière fraîche, eau et matière protéiques qui diminuent sous l'effet de l'élévation de la température (**Rousset, 1986**). En outre, ce caractère, PMG, est peu maîtrisable car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation du remplissage des grains. Un manque d'eau après la floraison, combiné aux fortes températures, provoquent une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage (**Triboi, 1987 ; Benbelkacem et Kllou, 2000**).

3.4. La productivité (PRO)

Les résultats relatifs à la productivité sont compris dans le **tableau 16** et illustré par la **figure 35**

Tableau 16. Les résultats relatifs au la productivité théorique

Génotype	Moyenne±écart type	Groupes homogènes	CV en %	Probabilité
H1	72±16	BCDE	30, 30	0.0001
H2	65±7	BCDEF		
H3	64±7	BCDEF		
H4	47±4	BFG		
H5	69, 0733±2	BCDEF		
H6	77±6	BCD		
H7	46±1	BC		
H8	75±3	CDEFG		
H9	82±8	BCDEF		
H10	55, 0767±3	DEFG		
H11	59±5	BCDEF		
H12	51±9	BCDEF		
H13	56±4	BCDEF		
H14	61±5	EFG		
H15	70±16	BCDEF		
H16	46, 0767±4	EFG		
H17	60±8	BCDEF		
H18	83±7	B		
H19	107±17	A		
H20	71±12	BCDEF		
H21	44±5	FG		
H22	111±3	A		
H23	102±15	A		
T1	55±1	CDEFG		
T2	31±3	G		

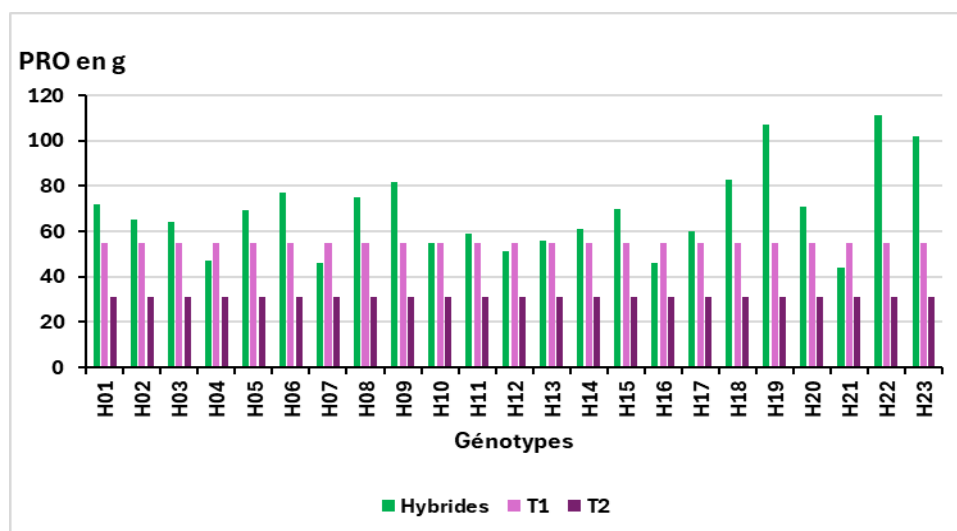


Figure 35. la productivité de la plante

L'analyse de la variance du facteur génotype montre un effet très hautement significatif pour le caractère productivité avec une probabilité de **(0.0001)**. **Le Teste Newman et Keuls**, nous permet de classer les hybrides sous formes des groupes homogène, la meilleure valeur est atteinte chez H22 avec une valeur moyenne de **(111 g)**, suivi de H19 et H23 avec des valeurs moyennes de (107 et 102 g). Les plus faibles productivités ont été enregistrées chez le témoin T2 et l'hybride H21 soient respectivement (31 ; 44 g). **17 hybrides sur 23 (H1, H2, H3, H5, H6, H8, H9, H11, H13, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H22, H23)** ont exprimé des valeurs moyennes supérieures à celles des témoins. La majorité des hybrides donnent une productivité plus importante par rapport au témoin T2. Selon **Fischer et Edmeades, (2010)**, la productivité chez les céréales est un caractère complexe dépendant de plusieurs composantes : le nombre de talles fertiles, le nombre de grains par épi, et le poids de mille grains. La supériorité de certains hybrides observée dans notre étude est probablement due à une synergie entre ces trois composantes, notamment une forte capacité de tallage (NTE) et un bon remplissage du grain. De plus, **Gallais, (1990)** souligne que la productivité est fortement influencée par l'interaction génotype × environnement. Les hybrides F5, issus de croisements dirigés, bénéficient souvent de l'effet d'hétérosis (vigueur hybride), comme rapporté par **Ceccarelli et Grando, (2020)** dans le cas de l'orge cultivé en zones marginales. D'autre part, **Slafer et Araus, (2007)** rappellent que la précocité, la stabilité physiologique, et l'efficacité d'utilisation de l'azote sont également déterminantes dans la productivité en milieu semi-aride. Ces facteurs pourraient expliquer pourquoi les hybrides performants dans notre essai ont surpassé les témoins, malgré des conditions climatiques parfois stressantes (déficit hydrique en mai).

Afin d'illustrer visuellement les différences observées entre les génotypes hybrides et les témoins, nous avons pris des photos comparatives des épis récoltés. Les images ci-dessous permettent d'apprécier les contrastes morphologiques (taille, densité, forme et compacité des épis) entre les témoins T1 et T2 et plusieurs hybrides sélectionnés. Ces différences sont en lien direct avec les résultats agronomiques obtenus, notamment au niveau du nombre de grains par épi, de la longueur de l'épi et de la productivité par plante, déjà détaillés dans les tableaux précédents.

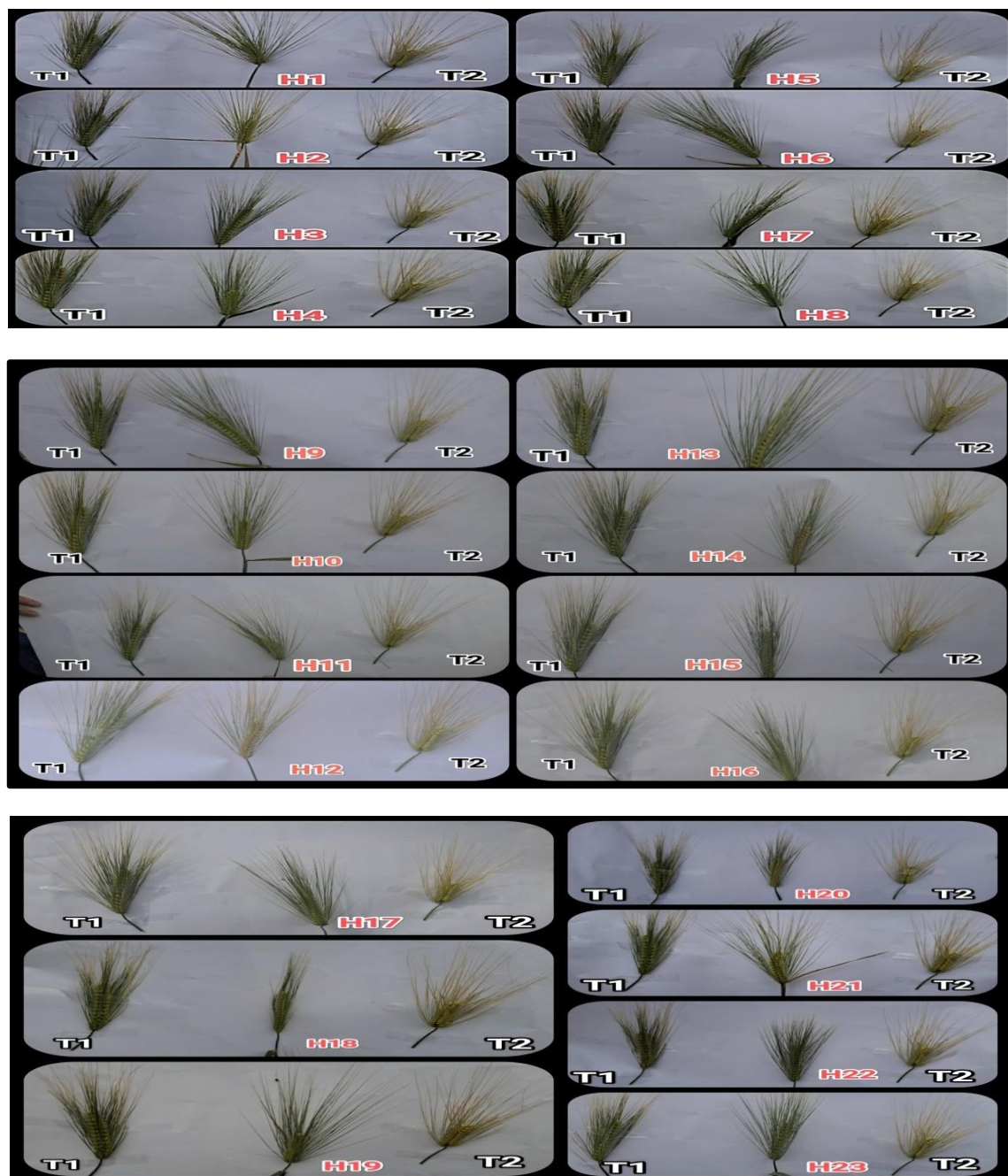


Figure 36. Représente la comparaison morphologique des épis entre les 2 témoins et les 23 hybrides 2024/2025 (photo personnelle).

Conclusion

La présente recherche a mis en évidence l'étude d'une génération F5 d'hybride d'orge par l'évaluation de plusieurs caractères agronomiques afin de sélectionner les meilleurs par rapport aux témoins. En effet, on peut déduire les conclusions suivantes pour :

❖ **Les caractères morphologiques (hauteur des plantes à la floraison et longueur de l'épi)**

- ✓ Tous les hybrides ont donné des épis plus longs que les témoins dépassant ainsi les (**8 cm**) pour une valeur maximale exprimé par **H14** deux hybrides sur vingt-trois (**H2 et H22**) ont exprimé une hauteur supérieure à celle enregistrée chez les témoins. La majorité vingt- et- un sur vingt-trois ont donné une paille courte, inférieure à **67 cm**, ce qui est recherché en raison de sa résistance à la verse.
- ✓ Tous les hybrides ont exprimé des épis plus longs que **T2**, avec une valeur maximale observée chez **H14 (11 cm)**.

❖ **Les caractères de résistance à la sécheresse (la surface de la feuille étendard ; la longueur de la barbe et longueur du col de l'épi)**

- trois hybrides (**H3, H1, H23**) sur vingt-trois ont exprimé une longueur de barbe plus importante que **T2 (≥ 28 cm)**, tandis que la majorité (**20/23**) ont enregistré des valeurs moins importantes. Concernant la longueur du col de l'épi, seuls quelques hybrides (**H1, H2, H3, H20**) ont égalé les témoins avec une valeur de **8 cm**, les autres présentant des longueurs de col inférieures.

❖ **La productivité et ses composantes (le nombre de talles épis ; le nombre de grains/épi et le poids de mille grains)**

- Dix-neuf hybrides ont exprimé un nombre de talles épis supérieur à **T2 (10 talles)**, tandis que quatre hybrides (**H1, H12, H16, H21**) ont donné des valeurs égales ou inférieures à ce même témoin.
- Vingt-deux hybrides ont exprimé un nombre de grains par épi supérieur à **T2 (68 grains)**, avec des pics observés chez **H3 et H23 (98 et 97 grains)**.
- Vingt-et-un hybrides ont exprimé un PMG supérieur à **T2 (45 g)**, avec un maximum chez **H1 (79 g)**.
- Enfin, vingt hybrides sur vingt-trois ont exprimé une productivité supérieure à **T2** avec les valeurs les plus élevées sont enregistrées chez **H22 (111 g)**, **H19 (107 g)** et **H23**

(102g).

Au terme de cette étude, nous suggérons l'élaboration de fiches descriptives pour les hybrides les plus prometteurs (**H22, H19, H23, H1, H3, H14, H12**), en vue de leur valorisation dans les futurs programmes de sélection. Par ailleurs, une évaluation plus approfondie portant sur la valeur agronomique et technologique (VAT), ainsi que sur les caractères de distinction, homogénéité et stabilité (DHS), est vivement recommandée pour valider leur inscription variétale

Références bibliographiques

A

- **Agrichem Algérie. (2016).** Données statistiques internes sur la céréaliculture.
- **Aissat, H., & Djouadi, M. (2023).** Sélection variétale de l'orge en zones steppiques. Cahiers de l'Agriculture Saharienne, 11(1), 15–21.
- **Algerie Eco. (2024).** Perspectives de la campagne céréalière. <https://www.algerie-eco.com>
- **Allam, A., et al. (2015).** Influence de la hauteur des pailles sur la tolérance à la sécheresse. Revue Algérienne d'Agronomie, 5(2), 45–52.
- **APS (Algérie Presse Service). (2024).** Statistiques agricoles en Algérie. <https://www.aps.dz>
- **Arvalis (Institut du végétal). (2016).** Fiches techniques sur les maladies de l'orge. <https://fiches.arvalis-infos.fr>

B

- **Baik, B.-K., & Ullrich, S. E. (2008).** Barley for food : Characteristics and potential uses. CerealFoods World, 53(4), 173–177.
- **Ben Rejeb, S., Mahmoud, A., & Ben Salah, H. (2021).** Phénologie de l'épiaison chez l'orge en conditions climatiques semi-arides. Tunisian Journal of Plant Breeding, 14(2), 88–95.
- **Benbelkacem, H., Chabane, R., & Louanchi, M. (2022).** Contraintes sanitaires et perspectives de la filière semencière en Algérie. Revue Algérienne des Sciences Agricoles, 8(1), 65–72.
- **Bouchetat, F. (2022).** Statut de la culture de l'orge en Algérie. Bulletin de la CCLS, 11(3), 19–25.
- **Bouchetat, F. (2023).** Évolution de la productivité de l'orge en zones sèches. Journal de l'Agriculture Maghrébine, 10(1), 33–40.
- **Boufenar-Zeghouane, L. (2006).** Caractéristiques racinaires des variétés locales d'orge. Revue Sciences & Technologies, 24, 43–50.

- **Bouremani, M. (2025).** Les contraintes biotiques de l'orge. Mémoire d'ingénieur, INA, Algérie.

C

- **CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International). (2019).** Helminthosporiose : Maladie foliaire de l'orge. <https://www.cabi.org>
- **CCLS (Centrale de Coopération des Céréales et Légumineuses Sèches). (2023).** Bilan des activités céréalières. Mila, Algérie.
- **Ceccarelli, S., &Grando, S. (2020).** Barleybreeding in dry areas : Genotype–environment interaction. *Field CropsResearch*, 245, 107625.

E

- **EPPO (Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes). (2023).** Base de données sur les maladies des céréales. <https://www.eppo.int>

F

- **FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). (2023).** Rapport mondial sur les semences. <https://www.fao.org>
- **FAO. (2024).** Base de données internationale sur la production agricole. <https://www.fao.org>
- **Fischer, R. A., &Edmeades, G. O. (2010).** Breeding and cerealyieldprogress. *Crop Science*, 50, 85–98.

G

- **Gallais, A. (1990).** Amélioration des plantes cultivées. Paris : INRA.
- **Gallais, A., &Bannerot, H. (1992).** Amélioration des plantes : Objectifs et méthodes. Paris : INRA.
- **Google Earth. (2025).** Localisation du site expérimental de Mila. <https://earth.google.com>
- **Gous, P. W., Gilbert, R. G., Fox, G. P., & Able, J. A. (2016).** Barleymorphology and grain quality. *Trends in Plant Science*, 21(4), 349–359.

H

- **Horizons. (2024).** Productivité des céréales par wilaya. Journal économique algérien.
<https://www.horizons.dz>
- **Hucl, P., & Baker, R. J. (1989).** Tiller development in barley. Canadian Journal of Plant Science, 69(2), 487–493.

I

- **INRAE (Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement). (2022).** Protection des cultures : Approche intégrée.
<https://www.inrae.fr>
- **ISF (International SeedFederation). (2024).** Rapport mondial sur les semences.
<https://worldseed.org>
- **ISTA (International SeedTesting Association). (2024).** Normes pour les tests de semences agricoles. <https://www.seedtest.org>
- **ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures). (2024).** Rapport technique annuel. Mila, Algérie.
- **ITGC. (2024).** Données locales sur l’orge semencier. Rapport interne.

K

- **Kaiser, H., & Jiang, Y. (2023).** Participatorybarleybreeding. Agricultural Systems, 201, 103432.

L

- **L’Expression. (2025).** La céréaliculture dans le Sud algérien.
<https://www.lexpressiondz.com>
- **Lakshmi, M., & Irma, D. (2017).** Yield traits in barleyunderdrought stress. Journal of Crop Science, 12(3), 44–52.
- **Legouis, M. (1992).** Morphogenèse et rendement chez les céréales. In Djeghdali-Benkherbache (Ed.), Physiologie végétale appliquée, 72–81.
- **Louwaars, N., & de Boef, W. (2023).** Semences, accès et innovation. Rapport ISF.
<https://worldseed.org>

M

- **Météo Algérie. (2024).** Données climatiques pour la wilaya de Mila. Office National de la Météorologie. <https://www.meteo.dz>
- **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2023).** Bilan national de la production semencière. Alger, Algérie.

P

- **Park, R. F., McIntosh, R. A., & Wellings, C. R. (2015).** Barley foliar pathogens. *Plant Pathology Journal*, 31(1), 1–8.
- **Pfeda – Université Lille 1. (1997).** Projet orge et bière. http://pfeda.univ-lille1.fr/iaal/docs/dess1997/biere/pro_fin_rap.pdf
- **Photos de terrain. (2025).** Réalisées par l'auteur lors de l'expérimentation à Mila.
- **Pourkheirandish, M., et al. (2015).** Genome structure and domestication of barley. *Nature Genetics*, 47, 427–432.

S

- **SaatbauFrance. (2024).** Variétés d'orge de printemps. <https://www.saatbau.com/fr/saatgut>
- **Slafer, G. A., & Araus, J. L. (2007).** Physiological traits for improving wheat and barley yield. *Plant Breeding Reviews*, 29, 1–68.
- **Steffenson, B. J. (2018).** Major fungal diseases of barley. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 247–271.
- **SyngentaFrance. (2023).** Charbon de l'orge. <https://www.syngenta.fr/traitements/charbon-de-lorge>

T

- **Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., & Rana, R. (2018).** Economic analysis of barley production. *Agricultural Economics*, 64(3), 145–154.