

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université du 20 Août 1955 Skikda
Faculté des sciences
Département des sciences agronomiques



جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
كلية العلوم
قسم العلوم الفلاحية

Thèse

Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Par : **BOUROUH Lamia**

Thème

**Performances, rendement et caractéristiques biochimiques
et morpho-physiologiques de nouvelles obtentions
génotypiques de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone
subhumide**

Soutenue le 30/06/2024 devant le jury composé de :

Président de jury	: Mr. Ammar Foufou	MCA. Université 20 Août 1955 Skikda
Examinatrice	: Mme. Samira Touiker	Pr. Université Badji Mokhtar
Examinatrice	: Mme. Larit Sabah	MCA. Université 20 Août 1955 Skikda
Directrice de thèse	: Mme. Nabila Souilah	MCA. Université 20 Août 1955 Skikda
Co-directeur de thèse:	Mr. Mouad Boulacel	MCA. Université Frères Mentouri Constantine 1

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

El Hamdoul-li-ALLAH, qui m'a accordé la volonté, la santé, la patience et le courage nécessaires pour achever cette thèse.

*Je remercie Madame **SOUILAH Nabila**, ma directrice de thèse, pour Son soutien inconditionnel, sa disponibilité et ses conseils éclairés. Malgré ses multiples responsabilités, elle a toujours trouvé le temps de me guider avec patience et bienveillance, offrant un soutien précieux à chaque étape de ma recherche. Mes plus sincères remerciements lui sont adressés, témoignant de mon respect profond et de ma reconnaissance infinie envers elle.*

*Je tiens à exprimer mon profond remerciement envers le Professeur **Hazmoune Tahar** pour ses conseils et son engagement envers mon travail. Je suis reconnaissante pour sa présence constante et son dévouement, qui ont été une source d'inspiration tout au long de ce parcours académique. J'ai l'honneur de le connaître et de travailler avec lui.*

*Mes profonds remerciements vont à mon co-directeur de thèse Dr **Boulacel Mouad** de l'université Frères Mentouri Constantine 1, pour avoir suivi et dirigé en toute modestie ce travail, pour son aide, ses conseils et encouragements, pour le temps qu'il m'a consacré pour réaliser ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aux membres de jury, notamment Monsieur **Foufou Ammar**, MCA à l'université 20 août 1955-Skikda, qui m'a fait l'honneur de présider le jury. Mes remerciements s'adressent également à Mme **Touiker Samira**, Pr à l'université Badji Mokhtar-Annaba et à Mme **Larit Sabah**, MCA à l'université 20 août 1955-Skikda, pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.*

*Je tiens à remercier Dr **Faiza Oudjane**, pour son soutien constant et ses précieux conseils tout au long de ces années. Merci infiniment pour votre accompagnement et votre encouragement.*

*Je dois également remercier l'ensemble de l'Institut Technique des Grandes Cultures **ITGC** d'El Khroub et d'**AXIUM** de Ain Smara pour avoir fourni le matériel végétal nécessaire pour ce travail. Je tiens également à remercier la ferme pilote **Larbi Daoudi** d'El Harrouch.*

*J'exprime ma reconnaissance à Monsieur **Ibrahim Demirtas** ainsi qu'aux ingénieurs du Laboratoire de Recherche Appliquée et du Centre de Recherche (ALUM) en Turquie.*

Je tiens particulièrement à remercier toutes les personnes et les enseignants que j'ai rencontrés et avec qui j'ai eu l'opportunité de travailler au sein du Laboratoire de Développement et de Valorisation des Ressources Phytogénétiques de l'Université Frères Mentouri de Constantine 1.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à tout le personnel technique et administratif du département des Sciences Agronomiques, en particulier ceux qui m'ont offert leur aide et leur encouragement.

Merci également à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, que ce soit de près ou de loin. Même s'ils ne se retrouvent pas dans cette petite liste, ils sont dans mes pensées.

Bourouh Lamia.

Dédicace

À la mémoire de mon cher père,

« Les pères ne meurent pas, même s'ils sont enterrés. »

Papa, ton absence est une douleur silencieuse, mais je me console en sachant que tu es toujours près de moi, veillant sur moi de là-haut. Tes enseignements continuent de m'inspirer, et je m'efforce chaque jour de vivre selon les valeurs que tu m'as transmises. Ton souvenir restera gravé dans nos cœurs pour l'éternité.

{واغفر لأبي}

A ma mère

Aucune langue ne peut exprimer la puissance et la beauté de ma mère. Cette thèse est bien plus qu'un simple document académique ; elle est le témoignage de ton amour infini et de ton soutien sans faille. Chaque mot, chaque idée, est tissé avec les fils de ton encouragement et de ta bienveillance. Merci pour tout ce que tu as fait, et pour tout ce que tu es.

Je t'aime Maman.

A mes frères Aymen et Chakib

Merci d'avoir partagé ce voyage avec moi, d'avoir été mes frères et mes amis, de m'avoir inspiré et encouragé à chaque étape. Avec tout mon amour et ma reconnaissance.

Merci à tous mes amis et collègues spécialement : Raghda Boudjít, Wafa Boukhemkhem, Chaïma Latreche, Bensaallah Hayet, Meriem Lardjani, Assia Kalarasse, Habiba Sabri, Badea'a Alhashash, Evín Muslim ...

Lamia

Titre : Performances, rendement et caractéristiques biochimiques et morpho-physiologiques de nouvelles obtentions génotypiques de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone subhumide.

Résumé :

Notre étude est menée au niveau de la région subhumide à la ferme pilote Larbi Daoudi d'El Harrouch (wilaya de Skikda) au cours de la campagne agricole 2021/2022. Notre objectif est d'évaluer la diversité spécifique de 20 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par la création des fiches descriptive selon les recommandations de l'UPOV (2014) et l'étude des paramètres morpho-physiologiques, phénologiques et biochimiques dans des conditions agro-climatiques naturels. D'après les résultats obtenus, on a observé une diversité des différents paramètres des fiches descriptives. L'indice moyen de la diversité relative (H' moyen=0.48) indique une diversité morphologique intermédiaire entre les épis des différents génotypes étudiés, alors que certains caractères sont monomorphes (la présence, la distribution, la pigmentation et la longueur des barbes et la couleur de la glume inférieure). Les variétés Ovidio, Cirta et Bousselam se distinguent par des niveaux de germination élevés (96%) et la variété Waha présente le taux le plus bas (86%). Les paramètres du rendement les plus élevés sont marqués chez les variétés suivantes : Wahbi (tallage herbacée/plante= 2.93 ± 0.42), Bousselam (tallage épi/plante= 1.77 ± 0.29), Ovidio (nombre d'épi/m² = 423.33 ± 15.95), Gta/durum69 (nombre de grain/épi= 38.8 ± 7.05 , rendement en grain = 68.50 ± 3.56 qx/ha et indice de récolte = 37.62%) et Simeto (PMG = 60.7 g). Concernant les paramètres morpho-physiologiques et biochimiques on remarque également une variabilité significative entre les génotypes. Le génotype Ammar6 présente la valeur supérieure pour la teneur relative en eau des grains (19.5%), tandis que les variétés Emilio Lepido (8.9%), Cicco (8.76%), El Tayeb (8.74%) et Moulet Eddar (8.66%) affichent les taux le plus bas. Alors que la variété Sigus présente la teneur relative en eau des feuilles la plus élevés avec 82.143% et Ovidio enregistre le taux le plus bas avec 56.835%. Les génotypes Cirta (34.52% et 12.8%), Beni Mestina (33.84% et 11.34%), Bousselam (33.6% et 11.96%), Waha (32.62% et 11.88%) et Numidia (32.46% et 11.38%) se distinguent par des valeurs favorables de gluten humide et gluten sec, respectivement. Le génotype Ovidio (3.069mg/ml) présente une concentration plus élevée de sucres solubles dans les feuilles, par ailleurs la variété Gta/durum69 présente le taux le plus élevé en proline (0.041 mg/gMF). Pour la chlorophylle totale et les caroténoïdes, les variétés Core (16.101 et 3.320 $\mu\text{g/gMF}$) et El Tayeb (11.255 et 2.361 $\mu\text{g/gMF}$) affichent les niveaux les plus élevés par rapport aux autres. En ce qui concerne les acides aminés dans la semoule de blé, le génotype Oued El Bared présente la concentration la plus élevée en différents acides aminés tels que : L-Histidine, Glycine, L-Serine, L-Alanine, L-Thréonine, L-Acide glutamique, L-Valine et L-Phénylalanine (28.11, 84.72, 440.12, 1103.48, 532.52, 689.77, 462.58 et 647.42 mg/100g, respectivement). Concernant la phénologie des génotypes on note que Emilio Lepido, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina et Oued El Bared, sont des variétés précoces, tandis que, Bousselam, Cirta, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 sont considérées comme des variétés tardives, alors que les variétés restantes (Ovidio, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddar et Ammar6) sont semi-précoce. L'évaluation de l'état sanitaire des génotypes montre que les génotypes Ovidio, Waha et Gta/durum69 se distinguent par leur forte résistance à l'oïdium, tandis que, les autres variétés comme : Ciccio, Core et Cirta montrent une sensibilité relativement faible. Finalement, ces caractères étudiés sont considérés comme des précurseur du rendement élevés, qui nous permet d'exploiter mieux les génotypes selon les conditions agro-écologiques et les besoins économiques.

Mots clés : Génotypes, *Triticum durum* Desf., Caractères morpho-physiologiques, biochimiques, zone subhumide.

Title: Performance, yield and biochemical and morpho-physiological characteristics of new genotypic accessions of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) in subhumid zone.

Abstract:

Our study is carried out in the subhumid region at the Larbi Daoudi pilot farm in El Harrouch (Department of Skikda) during the 2021/2022 agricultural season. Our objective is to evaluate the specific diversity of 20 genotypes of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) by creating descriptive sheets according to UPOV recommendations (2014) and studying morpho-physiological, phenological and biochemical parameters in natural agroclimatic conditions. According to the results obtained, we observed a diversity of the different parameters of the descriptive sheets. The average index of relative diversity (average $H' = 0.48$) indicates an intermediate morphological diversity between the ears of the different genotypes studied, while certain characters are monomorphic (the presence, distribution, pigmentation and length of the beards and the color of the lower glume). The Ovidio, Cirta and Bousselam varieties stand out for their high germination levels (96%) and the Waha variety has the lowest rate (86%). The highest yield parameters are noted in the following varieties: Wahbi (tillering herbaceous/plant = 2.93 ± 0.42), Bousselam (tillering spike/plant = 1.77 ± 0.29), Ovidio (number of spikes/m² = 423.33 ± 15.95), Gta/durum69 (number of seeds/ear = 38.8 ± 7.05 , grain yield = 68.50 ± 3.56 qx/ha and harvest index = 37.62%) and Simeto (1000 weight seeds = 60.7 g). Concerning the morpho-physiological and biochemical parameters, we also notice a significant variability between the genotypes. The Ammar6 genotype presents the highest value for the relative moisture content of the grains (19.5%), while the varieties Emilio Lepido (8.9%), Cicco (8.76%), El Tayeb (8.74%) and Moulet Eddar (8.66%) have the lowest rates. While the Sigus variety has the highest relative leaf water content with 82.143% and Ovidio records the lowest with 56.835%. The genotypes Cirta (34.52% and 12.8%), Beni Mestina (33.84% and 11.34%), Bousselam (33.6% and 11.96%), Waha (32.62% and 11.88%) and Numidia (32.46% and 11.38%) are distinguished by favorable values of wet gluten and dry gluten, respectively. The Ovidio genotype (3.069mg/ml) presents a higher concentration of soluble sugars in the leaves, moreover the Gta/durum69 variety presents the highest level of proline (0.041 mg/gMF). For total chlorophyll and carotenoids, the Core (16,101 and 3,320 $\mu\text{g/gMF}$) and El Tayeb (11,255 and 2,361 $\mu\text{g/gMF}$) varieties showed the highest levels compared to the others. Regarding the amino acids in wheat semolina, the Oued El Bared genotype presents the highest concentration of different amino acids such as: L-Histidine, Glycine, L-Serine, L-Alanine, L-Threonine, L-Glutamic acid, L-Valine and L-Phenylalanine (with 28.11, 84.72, 440.12, 1103.48, 532.52, 689.77, 462.58 and 647.42 mg/100g, respectively). Concerning the phenology of the genotypes we note that Emilio Lepido, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina and Oued El Bared, are early varieties, while, Bousselam, Cirta, Waha, El Tayeb, Wahbi and Gta/durum69 are considered late varieties, while the remaining varieties (Ovidio, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddar and Ammar6) are semi-early. The evaluation of the health status of the genotypes shows that the Ovidio, Waha and Gta/durum69 genotypes stand out for their strong resistance to powdery mildew, while other varieties such as: Ciccio, Core and Cirta show relatively low sensitivity. Finally, these studied traits are considered precursors of high yield, which allows us to better exploit genotypes according to agroecological conditions and economic needs.

Key words: Genotypes, *Triticum durum* Desf., Characteristics morpho-physiological, biochemical, subhumid zone.

العنوان: الأداء والمحصول والخصائص البيوكيميائية والمورفوفسيولوجية الأخرى للأنماط الوراثية الجديدة للقمح القاسي (*Triticum durum* Desf.) في المنطقة شبه الرطبة.

الملخص :

أجريت دراستنا بالمنطقة شبه الرطبة بالمزرعة التجريبية العربي الداودي بالحروش (ولاية سكيكدة) خلال الموسم الزراعي 2022/2021. هدفنا هو تقييم التنوع النوعي لـ 20 نمطاً وراثياً من القمح القاسي (*Triticum durum* Desf.) من خلال إنشاء أوراق وصفية وفقاً لتوصيات الاتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية الجديدة (2014) ودراسة المعلمات المورفولوجية والفسولوجية والفيولوجية والكيميائية الحيوية في الظروف المناخية الزراعية الطبيعية. ووفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، لاحظنا تنوعاً في المعلمات المختلفة للأوراق الوصفية. يشير مؤشر التنوع المتوسط النسبي متوسط ($H' = 0.48$) إلى وجود تنوع مورفولوجي متوسط بين سنبال الأنماط الوراثية المختلفة المدروسة، بينما تكون بعض الصفات أحادية الشكل (وجود اللحي وتوزيعها وتصيغها وطولها ولون العنفة السفلية). تتميز أصناف Cirta و Ovidio و Bousselam بمستويات إنتاجها العالية (96%)، أما صنف Waha فله أدنى معدل (86%). لوحظت أعلى معايير الإنتاجية في الأصناف التالية: Whabi (الاشطاء العنبي/نبته = 0.42 ± 2.93)، Bousselam (الاشطاء السنبل/نبته = 0.29 ± 1.77)، Ovidio (عدد السنبال/م² = 15.95 ± 423.33)، Gta/ durum69 (عدد الحبوب / السنبل = 7.05 ± 38.8)، إنتاجية الحبوب = 3.56 ± 68.50 قنطار/هكتار ومؤشر الحصاد = 37.62%) و Simeto (60.7 غ = وزن 1000 حبة). وفيما يتعلق بالمعايير المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية، نلاحظ أيضاً وجود تباين كبير بين الأنماط الجينية. يمثل الطراز الوراثي Ammar6 أعلى قيمة لمحتوى الرطوبة النسبية للحبوب (19.5%)، في حين أن الأصناف Emilio Lepido (8.9%)، Ciccio (8.76%)، El Tayeb (8.74%) و Moulat Eddar (8.66%) لهم أعلى قيمة لمحتوى الرطوبة النسبية للحبوب. في حين أن صنف Sigus لديه أعلى محتوى نسبي من الماء الورقي بنسبة 82.143% وسجل Ovidio أدنى نسبة بنسبة 56.835%. وتتميز الطرز الجينية Cirta (34.52% و 12.8%)، Beni Mestina (33.84% و 11.34%)، Bousselam (33.6% و 11.96%)، Waha (32.62% و 11.88%)، Numidia (32.46% و 11.38%) قيم الجلوتين الرطب والجلوتين الجاف على التوالي. يقدم النمط الجيني Ovidio (3.069 ملغ/مل) تركيزاً أعلى من السكريات القابلة للذوبان في الأوراق، علاوة على ذلك فإن الصنف Gta/durum69 يقدم أعلى مستوى من البرولين (0.041 ملغ/غ مادة جافة). بالنسبة للكوروفيل الاجمالي والكاروتينات، أظهرت الأصناف Core (16.101 و 3.320 ميكروغرام/غ مادة جافة) و El Tayeb (11.255 و 2.361 ميكروغرام/غ مادة جافة) أعلى المستويات مقارنة بالأنواع الأخرى. فيما يتعلق بالأحماض الأمينية في سميد القمح، فإن النمط الوراثي Oued El Bared قدم أعلى تركيز للأحماض الأمينية المختلفة مثل: الهيستيدين، الجلایسين، السيرين، الأنين، الثريونين، حمض الجلوتاميك، الفالين و الفينيل الأنين (28.11، 84.72، 440.12، 1103.48، 532.52، 689.77، 462.58 و 647.42 ملغم/100غ، على التوالي). وفيما يتعلق بفيولوجيا الأنماط الوراثية نلاحظ أن أصناف Emilio Lepido، Numidia، Bouhamenna، Beni Mestina و Oued El Bared، هي أصناف مبكرة، في حين تعتبر أصناف Cirta، Bousselam، Waha، El Tayeb، Wahbi و Gta/durum69 أصنافاً متأخرة أما الأصناف المتبقية (Ovidio، Ancomarizo، Mimo، Semito، Ciccio، Core، Sigus، Moulat Eddar و Ammar6) فهي شبه مبكرة. أظهر تقييم الحالة الصحية للتراكيب الوراثية أن Ovidio و Waha و Gta/durum69 تتميز بمقاومتها القوية للبياض الدقيقي، بينما تظهر الأصناف الأخرى مثل Ciccio و Core و Cirta حساسية منخفضة نسبياً. وأخيراً، تعتبر هذه الصفات المدروسة مؤشرات ذات إنتاجية عالية، مما يسمح لنا باستغلال الأنماط الجينية بشكل أفضل وفقاً للظروف الزراعية البيئية والاحتياجات الاقتصادية.

الكلمات المفتاحية: الأنماط الوراثية، *Triticum durum* Desf.، الخصائص المورفوفسيولوجية، البيوكيميائية، المنطقة شبه الرطبة.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Les 20 géotypes étudiés avec pedigree et origine	6
Tableau 2 :	Les caractéristiques physico-chimiques du sol de la zone d'étude	9
Tableau 3 :	Les différentes notations des caractères morphologiques de l'UPOV (1994-2012) et IBPGR (1985-2009)	10
Tableau 4 :	Dynamique de Surveillance des Réactions Multiples (SRM).....	29
Tableau 5.1. :	Hauteur des plantes des 20 géotypes de blé dur étudiés en cm.....	149
Tableau 5.2. :	Longueur des barbes des 20 géotypes de blé dur étudiés en cm.....	150
Tableau 5.3. :	Densité de l'épi des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	151
Tableau 5.4. :	Longueur des épis sans barbes des 20 géotypes de blé dur étudiés en cm	152
Tableau 5.5. :	Longueur du rachis des 20 géotypes de blé dur en (cm).....	153
Tableau 5.6. :	Nombre d'épillets par épi.....	154
Tableau 5.7. :	Nombre de grain par épillet des 20 géotypes étudiés.....	155
Tableau 6 :	Fiche descriptive du géotype Ovidio (G1).....	33
Tableau 7 :	Fiche descriptive du géotype Emelio Lepido.(G2).....	35
Tableau 8 :	Fiche descriptive du géotype Anco Marzio (G3).....	37
Tableau 9 :	Fiche descriptive du géotype Mimmo (G4).....	39
Tableau 10 :	Fiche descriptive du géotype Simeto (G5).....	41
Tableau 11 :	Fiche descriptive du géotype Ciccio (G6).....	43
Tableau 12 :	Fiche descriptive du géotype Core (G7).....	45
Tableau 13 :	Fiche descriptive du géotype Bousselam (G8).....	47
Tableau 14 :	Fiche descriptive du géotype Sigus (G9).....	49
Tableau 15 :	Fiche descriptive du géotype Moulet Eddar (G10).....	51
Tableau 16 :	Fiche descriptive du géotype Numidia (G11).....	53
Tableau 17 :	Fiche descriptive du géotype Bouhamenna (G12).....	55
Tableau 18 :	Fiche descriptive du géotype Cirta (G13).....	57
Tableau 19 :	Fiche descriptive du géotype Beni Mestina (G14).....	59
Tableau 20 :	Fiche descriptive du géotype Oued El Bared (G15).....	61
Tableau 21 :	Fiche descriptive du géotype Waha (G16).....	63
Tableau 22 :	Fiche descriptive du géotype Ammar6 (G17).....	65
Tableau 23.	Fiche descriptive du géotype El Tayeb (G18).....	67
Tableau 24 :	Fiche descriptive du géotype Wahbi (G19).....	69
Tableau 25 :	Fiche descriptive du géotype Gta/durum69 (G20).....	71
Tableau 26 :	Tableau récapitulatif des notations des fiches descriptives des 20 géotypes étudiés.....	156
Tableau 27 :	L'indice relatif de diversité et la variation dans la fréquence des classes des différents caractères des 20 géotypes étudiés.....	83
Tableau 28.1. :	Faculté germinative et la moyenne journalière de la germination pendant 8 jours (%).....	158
Tableau 28.2. :	Cinétique de croissance de la germination.....	159
Tableau 28.3. :	Cinétique de croissance des graines	160
Tableau 28.4. :	Taux de germination après le test de froid.....	160
Tableau 29 :	Teneur relative en eau des grains (TREG) et des feuilles (TREF) des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	89
Tableau 30 :	Moyenne de la surface foliaire des 20 géotypes étudiés.....	90
Tableau 31.1. :	Nombre des plante levées/m ²	161
Tableau 31.2.:	Tallage herbacée/plante des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	161

Tableau 31.3. :	Tallage épis/plante des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	161
Tableau 31.4. :	Efficience de transformation des talles herbacées en talles.....	162
Tableau 31.5. :	Nombre des épis/ m ² des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	162
Tableau 31.6. :	Nombre de grains par épi des 20 géotypes de blé dur.....	163
Tableau 31.7. :	Poids de mille grains des 20 géotypes étudiés.....	164
Tableau 31.8. :	Estimation du rendement en grains des 20 géotypes de blé étudiés.....	164
Tableau 31.9. :	Biomasse aérienne des 20 géotypes de blé étudiés.....	165
Tableau 31.10. :	Rendement en paille des 20 géotypes de blé étudiés.....	165
Tableau 31.11. :	Estimation du rendement économique des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	166
Tableau 31.12. :	Indice de récolte des 20 géotypes de blé dur étudiés.....	166
Tableau 32 :	Nombre de plantes/m ² (NP), Tallage herbacée (TH), tallage épi (TE) et Efficience de transformation des talles herbacées en talles épis (%)......	91
Tableau 33 :	Analyse de la variance de Nombre de plantes/ m ²	92
Tableau 34 :	Test Tukey du nombre de plante/ m ²	93
Tableau 35 :	L'analyse de la variance du nombre de talles herbacées par plante.....	94
Tableau 36 :	Test Tukey du tallage herbacée.....	95
Tableau 37 :	L'analyse de la variance du nombre de talles épis par plante.....	96
Tableau 38 :	Test Tukey du tallage épi.....	97
Tableau 39 :	Résultats des paramètres de rendement et ses composants des 20 géotypes étudiés.....	99
Tableau 40 :	L'analyse de la variance du nombre d'épi/ m ²	100
Tableau 41 :	Test Tukey du nombre d'épi/ m ²	101
Tableau 42 :	L'analyse de la variance du nombre de grains/ épi.....	102
Tableau 43 :	Test Tukey du nombre de grains/ épi.....	103
Tableau 44 :	L'analyse de la variance du rendement en grains.....	104
Tableau 45 :	Test Tukey du rendement en grains.....	105
Tableau 46 :	L'analyse de variance de la biomasse aérienne	106
Tableau 47 :	Test Tukey de la biomasse aérienne.....	107
Tableau 48 :	L'analyse de la variance du rendement en paille.....	108
Tableau 49 :	L'analyse de la variance de rendement économique	109
Tableau 50 :	Test de Tukey pour le rendement économique.....	110
Tableau 51 :	L'analyse de la variance de l'indice de récolte.....	111
Tableau 52 :	Pourcentage de gluten humide (GH), gluten sec (GS), sucre soluble (SS), proline (P), chlorophylle a (Chla), chlorophylle b (Chlb), chlorophylle totale (Chlt) et caroténoïde (Car).....	112
Tableau 53 :	Dosage des acides aminés par LC-MS/MS des 20 géotypes étudiés.....	118
Tableau 54 :	Durée d'épiaison en nombre de jours des 20 géotypes étudiés.....	119
Tableau 55 :	Maladies observées durant l'expérimentation.....	121

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Morphologie des graminées, exemple du blé	5
Figure 2 :	Localisation de la zone d'étude El Harrouch (Wilaya de Skikda, Algérie)....	7
Figure 3 :	Vue aérienne de la zone d'étude (Ferme Pilote Larbi Daoudi- El Harrouch)...	7
Figure 4 :	Températures moyennes enregistrées dans la région d'El Harrouch, durant la période allant du mois de Septembre 2021 au mois de Juillet 2022.....	8
Figure 5 :	Précipitations enregistrées (en mm) dans la région de Skikda, durant la période Septembre (S) 2021 `a Juin (J) 2022.....	9
Figure 6 :	Le dispositif expérimental des 20 génotypes étudiés.....	10
Figure 7 :	Essai de détermination de la pigmentation anthocyanique des coléoptiles....	12
Figure 8 :	Port de tallage.....	12
Figure 9 :	Distribution des barbes sur l'épi.....	13
Figure 10 :	Longueur des barbes par rapport à la longueur des épis.....	13
Figure 11 :	Densité des épis.....	13
Figure 12 :	Section de la paille.....	14
Figure 13 :	Forme de l'épi en vue de profil.....	14
Figure 14 :	Forme de la troncature de la glume inférieure.....	14
Figure 15 :	Forme de la courbure du bec de la glume inférieure.....	15
Figure 16 :	Longueur des poils de la brosse des graines.....	15
Figure 17 :	Forme de la graine.....	15
Figure 18:	Essai de la faculté germinative des 20 génotypes étudiés.....	17
Figure 19 :	Essai de cinétique de croissance.....	18
Figure 20 :	Test de froid sur les graines de blé dur.....	19
Figure 21 :	Dosage des sucres solubles des feuilles des 20 génotypes de blé dur étudiées.....	23
Figure 22 :	Courbe d'étalonnage des sucres solubles.....	147
Figure 23 :	(a) Pesé de la matière fraîche dans une balance de précision de type FA2004B et (b) homogénéisation dans un mortier avec l'acide sulfosalicylique.....	25
Figure 24 :	(a) Centrifugation de type Sigma 1-6P 10055 Sigma 1-6P 10055 et (b) préparation de la solution de ninhydrine.....	25
Figure 25 :	Bouillir les extraits dans le Bain-marie à 95°C.....	26
Figure 26 :	Agitation par un vortex : (a) Avant, (b) pendant (c) et après agitation.....	26
Figure 27 :	Spectrophotomètre Single Cell Holder JENWAY 6705.....	27
Figure 28 :	Courbe d'étalonnage de la proline.....	148
Figure 29 :	Préparation des échantillons des feuilles des 20 génotypes de blé dur pour le dosage des pigments chlorophylliens.....	27
Figure 30 :	Appareil LC-MS/MS.....	28
Figure 31 :	Préparation des extraits méthanoliques : (a) pesé et (b) macération des graines broyées des 20 génotypes étudiés dans le méthanol.....	30
Figure 32 :	Rota-évaporateur.....	30
Figure 33 :	Remplissage des tubes d'Eppendorf par l'extrait.....	31
Figure 34 :	Centrifugation des tubes d'Eppendorf à l'aide d'une Centrifugeuse pour l'analyse par LC-MS/MS.....	31
Figure 35 :	Préparation des flacons d'échantillonnage automatique de 1.5 ml pour l'analyse par LC-MS/MS.....	32

Figure 36 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ovidio (G1).....	34
Figure 37 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Ovidio (G1).....	34
Figure 38 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Emilio Lepido (G2)..	36
Figure 39 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Emilio Lepido (G2).....	36
Figure 40 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Anco Marizo (G3)...	38
Figure 41 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Anco Marizo (G3).....	38
Figure 42 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Mimmo (G4).....	40
Figure 43 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Mimmo (G4).....	40
Figure 44 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Mimmo (G4).....	42
Figure 45 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Simeto (G5).....	42
Figure 46 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ciccio (G6)	44
Figure 47 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Ciccio (G6).....	44
Figure 48 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Core (G7).....	46
Figure 49 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Core (G7).....	46
Figure 50 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Boussellam (G8).....	48
Figure 51 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Boussellam (G8).....	48
Figure 52 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Sigus (G9).....	50
Figure 53 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Sigus (G9).....	50
Figure 54 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Moulet Eddar (G10)	52
Figure 55 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Moulet Eddar (G10).....	52
Figure 56 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Numidia (G11).....	54
Figure 57 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Numidia (G11).....	54
Figure 58 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Bouhamena (G12)....	56
Figure 59 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Bouhamena (G12).....	56
Figure 60 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Cirta (G13).....	58
Figure 61 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, l'épillet et le rachis du génotype Cirta (G13).....	58
Figure 62 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Beni Mestina (G14)..	60
Figure 63 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Beni Mestina (G14).....	60
Figure 64 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Oued El Bared (G15).....	62
Figure 65 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Oued El Bared (G15).....	62
Figure 66 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Waha (G16).....	64
Figure 67 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Waha (G16).....	64

Figure 68 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ammar6 (G17).....	66
Figure 69 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Ammar6 (G17).....	66
Figure 70 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype El Tayeb (G18).....	68
Figure 71 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype El Tayeb (G18).....	68
Figure 72 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Wahbi (G19).....	70
Figure 73 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Wahbi (G19).....	70
Figure 74 :	Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Gta/durum69.....	72
Figure 75 :	De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Gta/durum69.....	72
Figure 76 :	Faculté germinative (G%) et la moyenne journalière de la germination des 20 génotypes de blé dur (MJG%).....	84
Figure 77 :	Evolution de la germination des 20 variétés de blé dur étudiés.....	85
Figure 78 :	Cinétique de croissance des 20 génotypes de blé dur étudiés.....	87
Figure 79 :	Le pourcentage de germination après le test de froid.....	88
Figure 80.1 :	Total ion chromatogramme (TIC) des standards acides aminés utilisés dans le LC-MS/MS	167
Figure 80.2 :	Chromatogramme de la variété G1.....	167
Figure 80.3 :	Chromatogramme de la variété G2.....	167
Figure 80.4 :	Chromatogramme de la variété G3.....	168
Figure 80.5 :	Chromatogramme de la variété G4.....	168
Figure 80.6 :	Chromatogramme de la variété G5.....	168
Figure 80.7 :	Chromatogramme de la variété G6.....	169
Figure 80.8 :	Chromatogramme de la variété G7.....	169
Figure 80.9 :	Chromatogramme de la variété G8.....	169
Figure 80.10 :	Chromatogramme de la variété G9.....	170
Figure 80.11 :	Chromatogramme de la variété G10.....	170
Figure 80.12 :	Chromatogramme de la variété G11.....	170
Figure 80.13 :	Chromatogramme de la variété G12.....	171
Figure 80.14 :	Chromatogramme de la variété G13.....	171
Figure 80.15 :	Chromatogramme de la variété G14.....	171
Figure 80.16 :	Chromatogramme de la variété G15.....	172
Figure 80.17 :	Chromatogramme de la variété G16.....	172
Figure 80.18 :	Chromatogramme de la variété G17.....	172
Figure 80.19 :	Chromatogramme de la variété G18.....	173
Figure 80.20 :	Chromatogramme de la variété G19.....	173
Figure 80.21 :	Chromatogramme de la variété G20.....	173
Figure 81 :	Génotypes atteints par la carie du blé (G3, G8, G14, G15 et G20).....	120

Liste des abréviations

ALUM	: Laboratoire de Recherche Appliquée et Centre de Recherche
ANOVA	: Analyse de la variance
AXIUM SPA	: Agro-Multi Investissement et Services
BIO	: Biomasse aérienne
C₆H₆O₄	: Ninhydrine
Car	: Caroténoïdes
Chl_a	: Chlorophylle (a)
Chl_b	: Chlorophylle (b)
Chl_t	: Chlorophylle totale
CIMMYT	: Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé
Ddl	: Degré de liberté
Dddl	: Degrés de liberté du dénominateur
Ddln	: Degrés de liberté du numérateur
E	: Epi
F	: Statistique de test F
FAO	: Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FPLD	: Ferme Pilote Larbi Daoudi- El Harrouch
G	: Génotype
GH	: Gluten humide
GS	: Gluten sec
H₃PO₄	: Acide orthophosphorique
HCl	: Acide chlorhydrique
HT	: Hauteur de la plante
IBPGR	: Institut International des Ressources Phytogénétiques
INRAA	: Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
IR	: Indice de récolte
ITGC	: Institut Technique des Grandes Cultures
LB	: Longueur des barbes
LC-MS/MS	: Liquid Chromatography coupled to tandem Mass Spectrometry
LE	: Longueur de l'épi
MC	: Moyenne des carrés
MF	: Matière fraîche
MS	: Matière sèche
NaCl	: Chlorure de sodium (sel)
NEM²	: Nombre d'épi par mètre carré
NGE	: Nombre de grains par épi
NI	: Non identifier
P	: Proline

P valuer	: Valeur de probabilité associée au test F
PMG	: Poids de mille graines
PQ	: Pseudo-qualitative
QL	: Qualitative
QN	: Quantitative
RDT éco	: Rendement économique
RDT	: Rendement en grains
RP	: Rendement en paille
SC	: Somme des carrés
SF	: Surface foliaire
SS	: Sucre soluble
TE	: Tallage Épi
TH	: Tallage Herbacé
TR	: Temps de rétention
TREf	: Teneur relative en eau des feuilles
TREg	: Teneur relative en eau des graines
UPOV	: Union Internationale de Protection des Obtentions Végétales

TABLE DES MATIERES

Résumés en trois langues

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I: Matériel et méthodes	
I.1. Matériel végétal étudié	4
I.1.1. Classification et description biologique de <i>Triticum durum</i> Desf.....	4
I.1.2. Description des génotypes étudiés.....	6
I.2. Caractéristiques du site	6
I.2.1. Localisation.....	6
I.2.2. Caractéristiques climatiques.....	8
I.3. Mise en place de l'essai	9
I.4. Paramètres étudiés	10
I.4.1. Création des fiches descriptives des caractères morphologiques et physiologiques	10
I.4.2. Indice de diversité relative de Shannon et Weaver	16
I.4.3. Etude des paramètres morpho-physiologiques	16
I.4.3.1. Faculté germinative.....	17
I.4.3.2. Cinétique de germination.....	17
I.4.3.3. Cinétique de croissance des graines.....	18
I.4.3.4. Test au froid des graines.....	18
I.4.3.5. Teneur relative en eau des graines (TRE_g).....	19
I.4.3.6. Teneur relative en eau des feuilles (TRE_f)	19
I.4.3.7. Surface foliaire (SF)	20
I.4.4. Etude des paramètres agronomiques	20
I.4.4.1. Nombre de plantes levées/ m^2 (NPL)	20
I.4.4.2. Tallage herbacé (TH)	20
I.4.4.3. Tallage épi (TE)	21
I.4.4.4. Efficacité de transformation des talles herbacées en talles épis (%).....	21
I.4.4.5. Nombre d'épis/ m^2 (NE)	21
I.4.4.6. Nombre de grains/épi (NGE)	21
I.4.4.7. Poids de mille graines (PMG)	21
I.4.4.8. Estimation du rendement en grain (RDT)	21
I.4.4.9. Biomasse aérienne (BIO)	21
I.4.4.10. Rendement en paille (RP)	21
I.4.4.11. Rendement économique (RDT éco)	22
I.4.4.12. Indice de récolte (IR)	22
I.4.5. Étude des paramètres biochimiques	22
I.4.5.1. Taux de gluten humide.....	22
I.4.5.2. Taux de gluten sec.....	23

I.4.5.3. Dosage des sucres solubles.....	23
I.4.5.4. Dosage de la proline.....	24
I.4.5.5. Dosage des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes.....	27
I.4.5.6. Dosage des acides aminés par LC-MS/MS.....	28
I.4.6. Durée d'épiaison de la phase végétative.....	32
I.4.7. État sanitaire des plantes.....	32
I.4.8. Analyses statistiques.....	32
Chapitre II : Résultats et discussion	
II.1. Création des fiches descriptives	33
II.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	81
II.3. Étude des paramètres morpho-physiologiques.....	84
II.3.1. Faculté germinative.....	84
II.3.2. Cinétique de germination.....	85
II.3.3. Cinétique de croissance des graines.....	86
II.3.4. Test de froid des graines.....	88
II.3.5. Teneur relative en eau des graines (TREG).....	88
II.3.6. Teneur relative en eau des feuilles (TREF).....	89
II.3.8. Surface foliaire (SF).....	90
II.4. Étude des paramètres agronomiques.....	91
II.4.1. Nombre de plantes levées /m ² (NPL).....	91
II.4.2. Tallage herbacée (TH).....	94
II.4.3. Tallage épis (TE).....	95
II.4.4. Pourcentage de transformation des talles herbacées en talles épis (%).....	98
II.4.5. Nombre d'épis/m ² (NE).....	98
II.4.6. Nombre de grains /épis (NGE).....	102
II.4.7. Poids de mille grains (PMG).....	104
II.4.8. Estimation du rendement en grains (RDT).....	104
II.4.9. Biomasse aérienne (BIO).....	106
II.4.10. Rendement en paille (RP).....	108
II.4.11. Rendement économiques (RDT éco).....	108
II.4.12. Indice de récolte (IR).....	111
II.5. Étude des paramètres biochimiques.....	111
II.5.1. Taux de gluten humide	112
II.5.2. Taux de gluten sec.....	113
II.5.3. Sucres solubles.....	113
II.5.4. Dosage de la proline.....	114
II.5.5. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.....	114
II.5.6. Dosage des acides aminés par LC-MS/MS.....	116
II.6. Durée d'épiaison de la phase végétative.....	119
II.7. État sanitaire.....	120
Conclusion et perspectives	122
Références bibliographiques	126
Annexes	147



Introduction

Introduction

Les céréales occupent une position cruciale dans la sécurité alimentaire globale, constituant un élément indispensable de la nutrition humaine et animale. Elles englobent une variété diversifiée de cultures, telles que le blé, le maïs, le riz, l'orge, le sorgho, le millet, l'avoine et le seigle, qui représentent ensemble environ 60% des terres agricoles à l'échelle mondiale. Parmi ces cultures, certaines se distinguent par leur prédominance, couvrant une large proportion des surfaces cultivées et contribuant de manière significative aux productions céréalières globales. (Schoenlechner et Bender, 2020 ; Gupta *et al.*, 2021).

Les variétés de blé appartiennent toutes au genre *Triticum* et se distinguent en trois groupes selon le nombre d'ensembles de chromosomes dans leur génome : diploïdes, tétraploïdes et hexaploïdes. Parmi ces groupes, les hexaploïdes et les tétraploïdes sont prédominants. Le blé commun (*Triticum aestivum* L.) fait généralement référence aux variétés de blé hexaploïdes, tandis que le blé dur (*Triticum durum* Desf.) représente l'espèce de blé tétraploïde la plus significative sur le plan commercial (Cornell, 2012 *in* Dimitrios, 2023). En 2023, la production annuelle de blé est estimée à 805.6 millions de tonnes, comparativement à une utilisation mondiale de 779.2 millions de tonnes (FAO, 2024).

Les régions caractérisées par un climat méditerranéen se distinguent en tant que principaux producteurs de blé dur et principaux consommateurs de dérivés du blé dur (Mohammadi et Haghparast, 2022). Notamment, la majorité des récoltes de blé dur est destinée à la fabrication de pâtes, avec une utilisation également répandue dans la production de boulgour, de couscous et d'une variété de produits traditionnels. En outre, ces grains sont employés dans la confection de pains traditionnels, particulièrement observée dans les nations méditerranéennes (Dimitrios, 2023).

L'Algérie est universellement reconnue comme un centre de diversité significative pour plusieurs espèces de céréales (Adamou *et al.*, 2005). Les ressources génétiques inhérentes à ce pays représentent un patrimoine précieux qui mérite d'être préservé et exploré de manière exhaustive pour en tirer des bénéfices optimaux. Dans cette perspective, l'analyse de la diversité et la caractérisation de ces ressources génétiques jouent un rôle crucial dans la promotion d'une agriculture durable. En effet, ces démarches de recherche facilitent la création de nouvelles variétés dotées de caractéristiques supérieures en termes de qualité, de rendement, d'adaptabilité aux conditions climatiques changeantes, ainsi que de résistance améliorée aux maladies (Aguiriano *et al.*, 2006).

Dans les programmes de sélection végétale, la caractérisation agro-morphologique est souvent considérée comme la première étape cruciale vers l'exploitation des ressources génétiques disponibles. Afin d'identifier et de mettre en évidence les variations résultant de l'héritage génétique spécifique du blé dur, plusieurs études ont entrepris la caractérisation des collections de blé dur en se concentrant sur des traits morphologiques. (Spagnoletti Zeuli and Qualset, 1987 ; Spagnoletti Zeuli *et al.*, 1988 ; Spagnoletti Zeuli et Qualset, 1990 ; De Vita *et al.*, 2007 ; Aghae

et al., 2010 ; Zarkti *et al.*, 2012 ; Patil *et al.*, 2013 ; Marzario *et al.*, 2018 ; Gharib *et al.*, 2021 ; Ouaja *et al.*, 2021 ; Phogat *et al.*, 2021 ; Shaygan *et al.*, 2021).

Bien que les variations observées dans les traits morphologiques et ceux associés au rendement, ainsi que les caractéristiques de qualité telles que la taille, la longueur, la largeur, la surface, l'épaisseur et la rondeur des grains, exercent une influence cruciale sur le poids du mille grains et la qualité de la semoule, d'autres aspects tels que l'adaptation agroécologique, les stress abiotiques et la résistance aux ravageurs sont tout aussi déterminants dans les programmes de sélection végétale. Malgré leur importance capitale, le patrimoine génétique du blé dur reste largement sous-étudié à ce jour. (Troccoli et Di Fonzo, 1999 ; Gegas *et al.*, 2010 ; Desiderio *et al.*, 2019 ; Fayaz *et al.*, 2019).

Au sein de chaque programme visant à améliorer les cultures de blé, l'obtention d'une stabilité de rendement demeure un objectif essentiel. Cette quête vise à harmoniser, au sein d'un génotype donné, à la fois la productivité et l'aptitude à s'adapter aux variations de l'environnement de culture (Benmahammed *et al.*, 2010 ; Haddad, 2010 ; Hannachi *et al.*, 2019). Les concepts de "stabilité phénotypique", de "stabilité de rendement" et "d'adaptabilité" sont fréquemment employés, souvent avec des nuances sémantiques distinctes (Brancourt- Hulmel *et al.*, 1997).

L'intérêt de la diversité génétique dans les programmes d'amélioration du blé dur dans les zones subhumides est crucial pour plusieurs raisons. Tout d'abord, une large diversité génétique au sein des populations de blé dur offre une plus grande variabilité des caractères, tels que la tolérance au stress hydrique, la résistance aux maladies et aux ravageurs, ainsi que des caractéristiques agronomiques telles que le rendement, la qualité du grain et la précocité. Cette diversité permet aux sélectionneurs d'avoir un pool génétique plus large à exploiter pour développer des variétés adaptées à des conditions environnementales spécifiques. L'étude de la diversité et la caractérisation de ces ressources génétiques sont indispensables pour créer de nouvelles variétés adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies, dotées d'un rendement élevé, mais aussi, combiné à une bonne qualité (Aguiriano, 2006).

Le rendement en grains du blé dur est un trait complexe qui présente une faible héritabilité et une forte interaction avec l'environnement. Cette caractéristique rend inefficace la sélection classique, qui se base directement sur le rendement (Jackson *et al.*, 1996). Reynolds *et al.*, (1998), proposent l'exploitation des caractéristiques morpho-physiologiques en complément de la sélection directe. Parmi les nombreux traits morphologiques envisageables, on peut citer la précocité de l'épiaison, la biomasse aérienne, la hauteur du chaume, le nombre et le poids des épis, ainsi que l'indice de récolte. (Reynolds *et al.*, 2005 ; Slafer *et al.*, 2005)

La connaissance des liaisons qui existent entre les composantes et le rendement permet d'identifier les critères de sélection appropriés. Ces données guident le processus de sélection en faveur des caractéristiques susceptibles de favoriser une amélioration du rendement. (Mekhlouf et Bouzerzour, 2000 ; Fellahi *et al.*, 2018, 2020).

INTRODUCTION

Les recherches antérieures se sont largement concentrées sur les zones semi-arides, laissant ainsi un vide de connaissances sur le comportement du blé dur dans les zones subhumides. Cette lacune dans la recherche souligne l'importance d'évaluer et d'étudier les nouveaux génotypes de blé dur dans ces environnements sous-représentés afin de mieux comprendre leur adaptabilité et leur potentiel de rendement.

En effet, la compréhension des réponses morphologiques, physiologiques et biochimiques du blé dur dans les zones subhumides est essentielle pour le développement de variétés plus résilientes et productives. Des études approfondies sont nécessaires pour identifier les mécanismes de tolérance au stress, afin de sélectionner et de développer des variétés de blé dur adaptées à ces environnements spécifiques.

Dans cette optique, notre étude est d'une importance capitale car elle contribuera à combler le vide de connaissances sur le comportement du blé dur dans les zones subhumides. Elle vise à évaluer les caractéristiques morpho-physiologiques, biochimiques, technologiques, de production et d'adaptation de vingt nouveaux génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). En comprenant les réponses morphologiques, physiologiques et biochimiques du blé dur dans ces environnements, nous pourrions développer des variétés plus résilientes et productives, mieux adaptées aux conditions spécifiques de ces régions. Cette évaluation sera réalisée dans des conditions subhumides de la région d'El Harrouch, située dans la wilaya de Skikda, au Nord-Est de l'Algérie.



Chapitre I :
Matériels et méthodes

I.1. Matériel végétal étudié

I.1.1. Classification et description biologique de *Triticum durum* Desf.

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une plante annuelle monocotylédone de la famille des Poaceae, également connue sous le nom de Graminées. Selon **Chadefaut et Emberger, (1960)** ; **Clech (2000)** ; **Feillet (2000)** et **Naville (2005)**, la classification botanique du blé dur est la suivante :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : *Liliopsida* (monocotylédones)

Sous-classe : Commelinedae

Ordre : Poales

Famille : Poaceae (Ex : Graminées)

Sous-famille : Pooideae

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum* Desf.

D'après les travaux de **Auriau *et al.* (1992)**, **Belaid (1996)**, **Feillet (2000)**, et **Henry et De Buyser (2001)**, le blé dur, désigné scientifiquement sous le nom de *Triticum durum* Desf., Cette espèce est caractérisée par sa tétraploïdie, indiquant la présence de quatre ensembles de chromosomes, avec une notation chromosomique de $2n = 4x = 28$.

L'appareil végétatif herbacé du blé dur est composé de différents éléments anatomiques qui assurent sa croissance et son développement. Le système racinaire, vital pour l'ancrage et l'approvisionnement en eau et en nutriments, se compose d'un système racinaire primaire fonctionnel dès la germination et d'un système racinaire secondaire ou racines adventives, développé lors du tallage (**Belaid, 1996 ; Boulal *et al.*, 2007**). La partie aérienne présente une tige principale, le maître-brin, et des tiges secondaires, appelées talles, émergeant à la base. Les nœuds, points de croissance, donnent naissance aux entre-nœuds, qui sont creux chez les blés tendres et pleins chez les blés durs, offrant une structure robuste (**Belaid, 1996 ; Gondé et Jussiaux, 1980 ; Boulal *et al.*, 2007**). Les feuilles présentent des oreillettes ou stipules et une ligule, permettant d'identifier l'espèce. Elles se composent d'une gaine entourant la tige et d'un limbe en forme de lame (**Belaid, 1996 ; Soltner, 1999**). Les épillets, grappes de fleurs enveloppées de glumelles, sont attachés au rachillet. Le blé est une plante autogame, avec une fécondation se produisant à

l'intérieur des glumelles (**Boulal *et al.*, 2007 ; Soltner, 1999**). Le caryopse peut être nu ou vêtu, selon l'adhérence des glumelles. Il se compose d'une enveloppe de fruit, d'un albumen riche en amidon, d'un embryon incluant la coléoptile, la radicule et le scutellum jouant un rôle dans la germination (**Maciejewski, 1991 ; Soltner, 1999**).

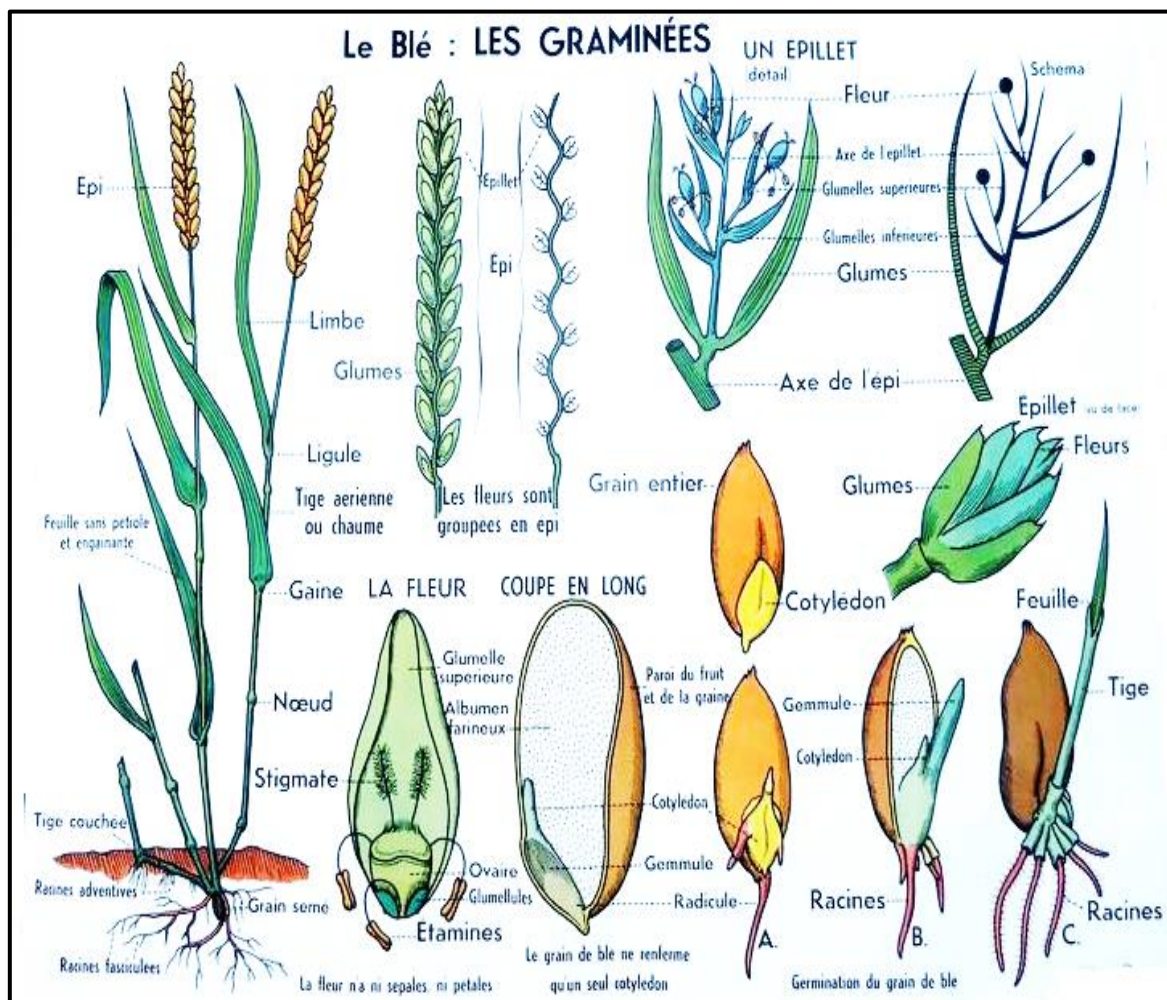


Figure 1. Morphologie des graminées, exemple du blé (**Soltner, 1998**).

Le cycle végétatif de la céréale, selon **Robert (1993)**, comprend les stades suivants :

- **Semis-levée** : Correspond à la mise en place des plants par mètre carré, avec l'apparition des premières feuilles.
- **Tallage** : Comporte le stade début tallage où une nouvelle tige émerge, puis le stade plein tallage avec l'apparition de nouvelles tiges secondaires.
- **Montaison** : Divisé en plusieurs étapes, notamment l'épi à 1 cm et la méiose mâle, marquant la formation des épillets et des grains de pollen.
- **L'épiaison** : Période où les épis commencent à apparaître hors de la gaine de la dernière feuille.
- **La floraison** : Moment où les étamines sortent des épillets et la fécondation se produit.

- **Le remplissage du grain** : Comprend les stades du grain laiteux, du grain pâteux et du grain mûr, où le grain atteint sa pleine maturité après dessiccation.

I.1.2. Description des génotypes étudiés

Vingt génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) ont servi de matériel génétique de base provenant d'Agro-Multi Investissement et Services AXIUM SPA, sise à Ain Smara au niveau de la wilaya de Constantine (7 génotypes : de G1 à G7) et de la Ferme Expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) sise à El Khroub (13 génotypes : de G8 à G20). Les génotypes avec Pedigree et origine sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1. Les 20 génotypes étudiés avec pedigree et origine

Nom du génotype	Génotype	Pedigree	Origine	Lieu
Ovidio	G1	Svevo/Claudio	Italie	Axium
Emilio Lepido	G2	Orobel //Acrcohaleno/Svevo	Italie	Axium
Ancomarzio	G3	Stotka //Altar84/Ald	Italie	Axium
Mimmo	G4	Simeto x Medora	Italie	Axium
Simeto	G5	Capeiti8/Valnova	Italie	Axium
Ciccio	G6	Appulo/Valnova//Valforte /Patrizio	Italie	Axium
Core	G7	Platani/Gianni	Italie	Axium
Boussellam	G8	Can 2109 // Jo /AA /3/ S15/Cr	Algérie	ITGC
Sigus	G9	Ter1/3/Stj3//Bcr/lks4	CIMMYT-Mexique	ITGC
Moulete Eddar	G10	/	Algérie	ITGC
Numidia	G11	/	Algérie	ITGC
Bouhamenna	G12	/	Algérie	ITGC
Cirta	G13	Hedba 3 / Gdo VZ 619	Algérie	ITGC
Beni Mestina	G14	Lahn/Cham1 2003	Algérie	ITGC
Oued El Bared	G15	Gta dur69.... /Ofanto	Algérie	ITGC
Waha	G16	Plc/Ruff//Gta/Rtte	ICARDA (Syrie)	ITGC
Ammar6	G17	Lgt3/Bicre//Cham1//Orlgt3/4/Bicre/3/Ch1//Gav/Stork	ICARDA (Syrie)	ITGC
El Tayeb	G18	Mexicali75/Ofanto	Algérie	ITGC
Wahbi	G19	Bidi 17/Waha//Bidi 17	Algérie	ITGC
Gta/durum69...	G20	Gta 's' / dur 69//Egret's'3/Win	CIMMYT Mexique	ITGC

I.2. Caractéristiques du site

I.2.1. Localisation

L'expérimentation a été réalisée à la ferme pilote Larbi Daoudi d'El Harrouch située dans la wilaya de Skikda (Nord Est de l'Algérie) aux coordonnées géographiques de 36°39'08N et 6°49'12'E et à une altitude de 142 m au-dessus du niveau de la mer (Figure 2 et 3).

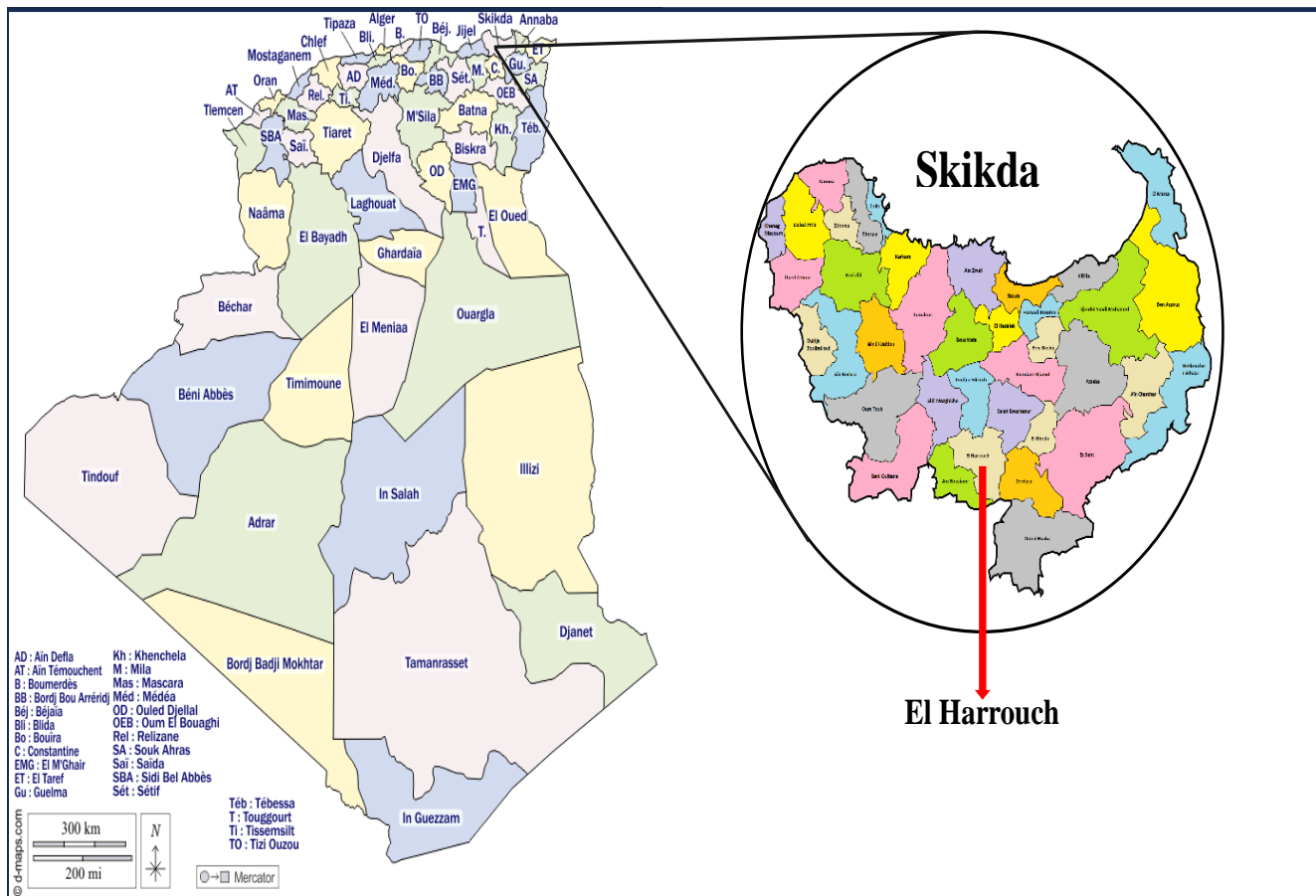


Figure 2. Localisation de la zone d'étude El Harrouch (Wilaya de Skikda, Algérie)



Figure 3. Vue aérienne de la zone d'étude (Ferme Pilote Larbi Daoudi- El Harrouch) (Google Earth)

I.2.2. Caractéristiques climatiques

Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat de la ville d'El Harrouch est de type méditerranéen. La température moyenne à El Harrouch est de 17.4°C. Il tombe en moyenne 704 mm/an de pluie. Le mois le plus sec est Juillet avec seulement 5mm. Le mois de Janvier est le plus froid de l'année avec une moyenne de précipitation de 126 mm et une température moyenne de 26°C, le mois d'Août est le plus chaud de l'année, avec une température moyenne de 10°C (DSAS, 2020).

- *Les températures*

Les données de températures indiquent les moyennes mensuelles des températures minimales et maximales en degrés Celsius pour les mois de Septembre au Juin de l'année agricole 2021-2022 (**Figure 4**).

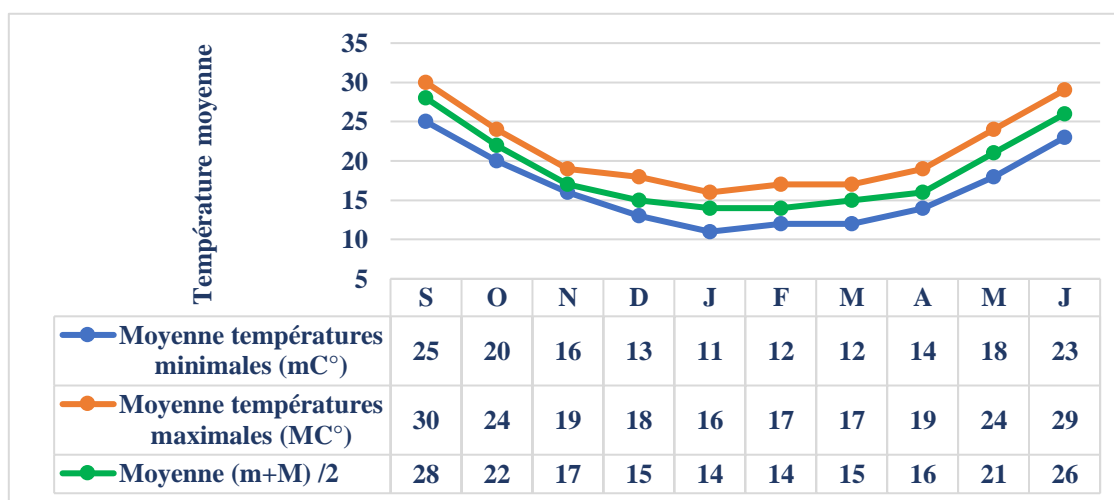


Figure 4. Températures moyennes enregistrées dans la région d'El Harrouch, durant la période allant du mois de Septembre 2021 au mois de Juillet 2022 (www.historique-meteo.net).

- *Les précipitations*

Le cumul pluviométrique enregistré au cours de la campagne d'étude 2021-2022 a atteint 179 mm/an (**Figure 5**). La période la plus pluvieuse s'est étendue du mois de Novembre, enregistrant 64 mm/an, tandis que le mois de Juin a été le plus sec, ne recevant aucune précipitation. Ces conditions climatiques ont eu des effets contrastés sur la préparation du sol, la croissance des cultures de blé dur et le risque de développement des bioagresseurs des céréales.

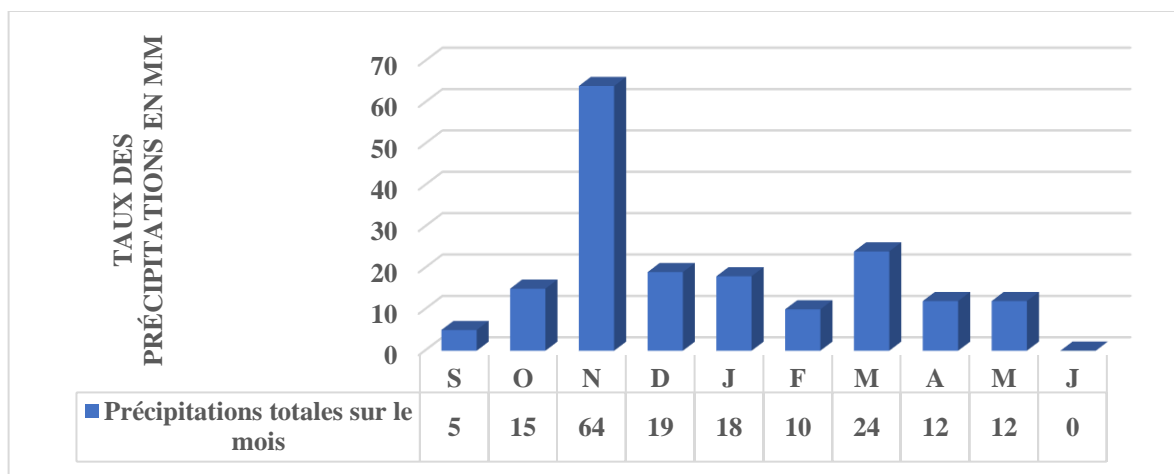


Figure 5. Précipitations enregistrées (en mm) dans la région de Skikda, durant la période Septembre (S) 2021 à Juin (J) 2022 (w www.historique-meteo.net)

- *Les caractéristiques pédologiques de la parcelle d'étude*

Le sol de la parcelle est très lourd avec une texture argileuse ayant une forte capacité de rétention de l'eau et des engrais très élevée, en général il est d'une fertilité élevée et ne présente pas de problèmes de salinité. Le pH du sol est alcalin et peut produire des problèmes d'assimilation de microéléments. Le rapport Carbone/Azote (C/N) indique que la matière organique est suffisamment décomposée (FPLD, 2020.). Les résultats d'analyse du sol sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 2. Les caractéristiques physico-chimiques du sol de la zone d'étude

Caractères physico-chimiques	Valeur	Evaluation
Argile	52%	/
Limon	32%	/
Sable	16%	/
Conductivité électrique	0.16 (mS/cm)	Non salin
pH	8.1	Alcalin
C/N	9.24	Normal
Carbonates	2.73%	Très faible
Matière organique	1.43%	Faible

I.3. Mise en place de l'essai

Le semis a été effectué manuellement le 25 novembre 2021 avec une profondeur régulière de 2.5 cm et une densité de semis de 350 graines/m². Nous avons utilisé le dispositif expérimental en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. La parcelle élémentaire est représentée par 1 m² constitué de 6 rangs soit 6 lignes avec un écartement interlignes de 20 cm et 50 cm inter variétés (6 rangs de 1m×1m et espacés de 20 cm). (**Figure 6**).



Figure 6. Le dispositif expérimental des 20 génotypes étudiés

Aucun arrosage et engrais chimique sont effectués. L'essai est entretenu régulièrement par des désherbages manuels.

I.4. Paramètres étudiés

I.4.1. Création des fiches descriptives des caractères morphologiques et physiologiques

Le but de l'analyse des caractères morphologiques est d'identifier et caractériser les variétés en utilisant les descripteurs du blé dur définis par l'Institut International des Ressources Phytogénétiques (IBPGR, 1985 et 2009), et les recommandations de l'Union Internationale de Protection des Obtentions Végétales (UPOV, 1994-2012). Ces derniers consistent en une série de mesures des différents caractères morphologiques qui sont au nombre de 33 caractères (Tableau 3). Les résultats de certains caractères sont consignés dans l'annexe.

Les caractères suivis se rapportent à l'appareil végétatif, l'appareil reproducteur et au grain. A cet effet les plantes sont suivies durant tout leur cycle biologique : c'est à dire depuis le semis jusqu'à la maturité et à la récolte du grain. 10 échantillons/plante/génotype ont été mesurés à maturité.

Tableau 3. Les différentes notations des caractères morphologiques de l'UPOV (1994-2012) et IBPGR (1985-2009).

N°	Caractère	Observation et notation	Nature
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique (Figure 7)	Nulle ou très faible (1), faible (3), moyenne (5), forte (7), très forte (9)	/
2	Plante : Port (Figure 8)	Dressé (1), Demi-dressé (3), intermédiaire (5), demi-étalé (7), étalé (9).	QN*
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Nulle ou très faible (1), faible (3), moyenne (5), forte (7), très forte (9)	QN*
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte : <60cm (1), Courte : 60-75cm (3), Moyenne : 75.1-90 cm (5), Longue : 90.1-115cm (7), Très longue : >115cm (9)	QN*
5	Épi : glaucescence	Aucune ou très faible (1), faible (3), moyenne (5), fortement colorée (7), très forte (9)	QN*
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence (1), Absence (2)	PQ
7	Épi : Distribution des barbes (Figure 9)	Sans barbes (1), Seulement à l'extrémité (2), Sur la moitié supérieure (3), Sur toute la longueur (4)	PQ

Chapitre I. Matériels et méthodes

8	Épi : Disposition des barbes	Non divergente (1), Faiblement divergente (3), Demi divergente (5), Divergente (7), Très divergente (9)	PQ
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible (1), Faible (3), Moyenne (5), Forte (7), Très forte (9)	QN
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche (1), brun clair (2), Violet moyen (3), violet foncé (4)	PQ*
11	Épi : Longueur des barbes	Très courte : <50 mm (1), Courte : 50-80 mm (3), Moyenne : 80.1-100 mm (5), Longue : 110.1-120 mm (7), Très longue : >120 mm (9)	QL
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi (Figure 10)	Plus courtes (1), De même longueur (2), Plus Longues (3)	QN*
13	Épi : Densité (Figure 11)	Très lâche : $D < 20$ (1), Lâche : $20 < D < 23$ (2), Moyenne : $23 < D < 26$ (3), Compact : $26 < D < 29$ (4), Très compact : $D > 29$ (5) $D = 10 \times N / L$ D : Densité, N : Nombre d'épillets L : Longueur du rachis (mm)	QN*
14	Paille : Moelle en section transversale (à mi-chemin entre la base de l'épi et le nœud de tige ci-dessous) (Figure 12)	Peu épaisse (1), Moyenne (3), Épaisse (5)	QN*
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche (1), Légèrement colorée (2), Fortement colorée (3)	QL
16	Épi : Forme dans la vue de profil (Figure 13)	Pyramidal (1), à bords parallèles (2), Semi clavate (3), Clavate (4), Fusiforme (5)	QL
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Très courte : <50mm (1), Courte : 50-60mm (3), Moyenne : 60.1-80 mm (5), Longue : 80.1-110 mm (7), Très longue : >110 mm (9)	QN
18	Épi : Longueur du premier article	Très courte (1), Courte (3), Moyenne (5), Longue (7), Très longue (9)	QL
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Absent ou très faible (1), faible (3), moyen (5), fort (7), très fort (9)	QN
20	Épi : longueur du rachis	Très court (1), court (3), moyen (5), long (7), très long (9)	QN
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Faible : <16 (1), Moyenne : 16-22 (2), Élevée : >23 (3)	QN
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible (<2), moyen (2-3), élevé (>3)	QN
23	Glume inférieure: Forme	Ovoïde (1), Moyennement oblongue (2), Narrow oblongue (3)	PQ
24	Glume inférieure: couleur	Blanc jaunâtre (1), rouge pâle (3), rouge (5), brun (7), noir (9)	QL
25	Glume inférieure : forme de la troncature (Figure 14)	Inclinée (1), Arrondie (2), Droite (3), Echancrée (4), Echancrée avec 2 becs (5)	PQ
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit (1), étroit (3), moyen (5), large (7)	QN
27	Glume inférieure : longueur du bec	Très court : <1 mm (1), court : 1 à 2 mm (3), moyen : 2 à 5 mm (5), long : 5 à 10 mm (7), très long : >10 mm (9)	QN
28	Glume inférieure : Courbure du bec (Figure 15)	Absent (1), Faible (3), Modéré (5), Fort (7), Très fort (9)	QN
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent (1), Présent (9)	QL*
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale) (Figure 16)	Court (1), Moyen (3), Long (5)	QN*
31	Grain : Forme (Figure 17)	Légèrement allongé (1), modérément allongé (2), fortement allongé (3)	QN

32	Grain: Couleur	Jaune blanchâtre (1), orange jaune (2), légèrement brun (3)	QL
33	Plante : type de développement	Type hiver (1), Type alternatif (2), Type printemps (3)	PQ*

QN : Quantitative, QL ; Qualitative, PQ ; Pseudo-qualitative, * : Caractère obligatoire.

- *Pigmentation anthocyanique du coléoptile (caractère 1 du Tableau 3)*

La pigmentation anthocyanique doit être déterminée visuellement au laboratoire. À cet effet, 100 grains sont placés sur papier filtre et sont mis à germer, sur des tables de germination non éclairées, à une température comprise entre 15 et 16°C. Lorsque la coléoptile a une longueur de 1 cm environ (après 5 ou 6 jours), les plantes sont soumises à un éclairage continu de 13000 à 15000 lux pendant 4 jours, à la température du laboratoire (18 - 19°C). L'époque d'observation est fixée au stade 09-11, correspondant au développement complet des coléoptiles, soit environ une semaine après la germination.

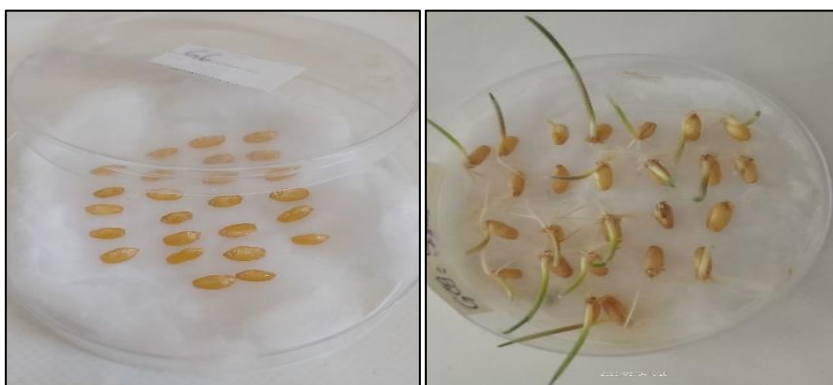


Figure 7. Essai de détermination de la pigmentation anthocyanique des coléoptiles (Photo personnelle).

- *Port de tallage (caractère 2 du Tableau 3)*

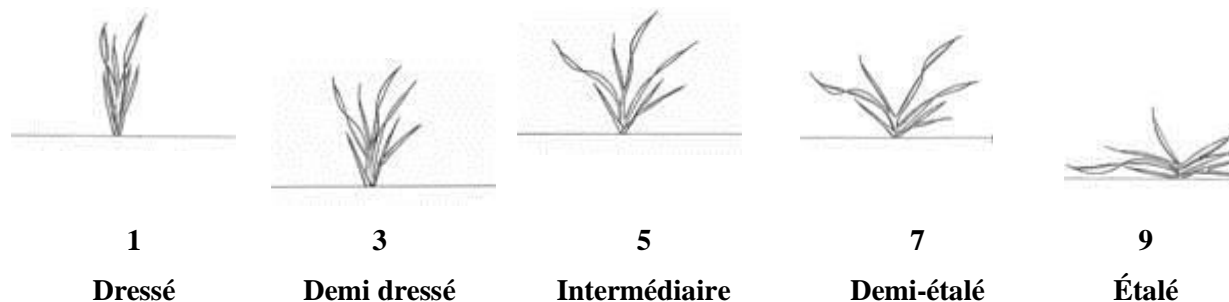


Figure 8. Port de tallage

Le port doit être évalué visuellement d'après le port des feuilles et des talles au stade de tallage, sur la base de l'angle formé par les feuilles externes et les talles par rapport à un axe médian imaginaire.

- *Distribution des barbes sur l'épi (caractère 7 du Tableau 3)*

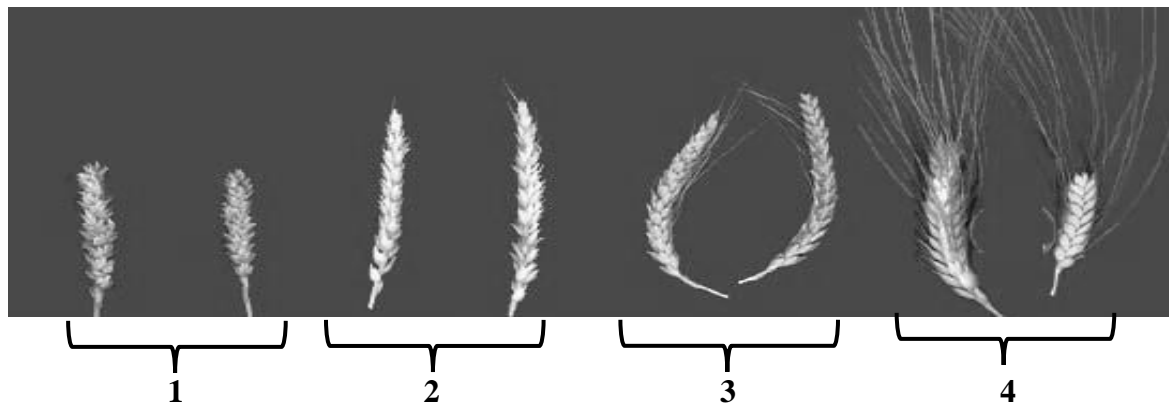


Figure 9. Distribution des barbes sur l'épi

- *Longueur des barbes par rapport à la longueur des épis (caractère 12 du Tableau 3)*

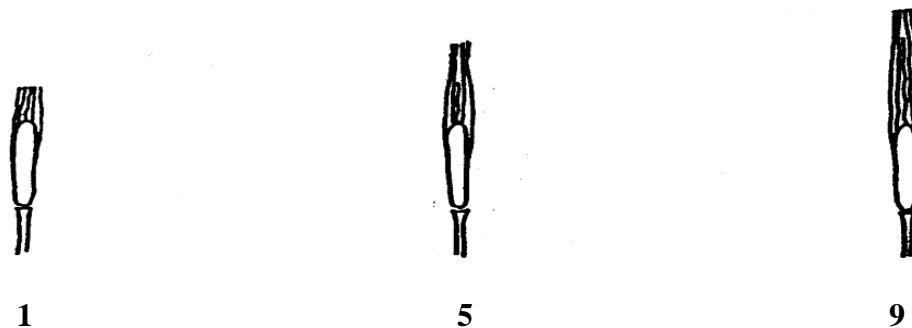


Figure 10. Longueur des barbes par rapport à la longueur des épis

- *Densité des épis (caractère 13 du Tableau 3)*

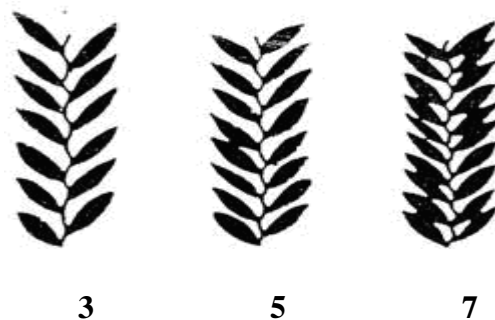


Figure 11. Densité des épis

- *Section de la paille (caractère 14 du Tableau 3)*

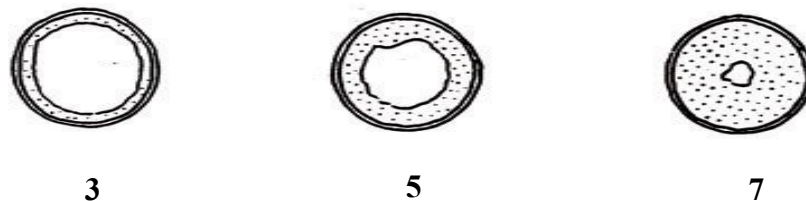


Figure 12. Section de la paille

La moelle en section transversale doit être observée à mi-chemin entre la base de l'épi et le nœud de tige en dessous.

- *Forme de l'épi en vue de profil (caractère 16 du Tableau 3)*

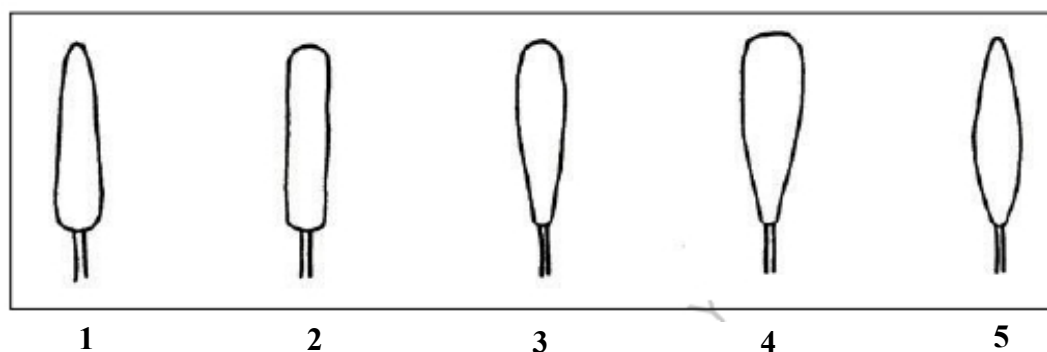


Figure 13. Forme de l'épi en vue de profil

- *Forme de la troncature de la glume inférieure (caractère 25 du Tableau 3)*

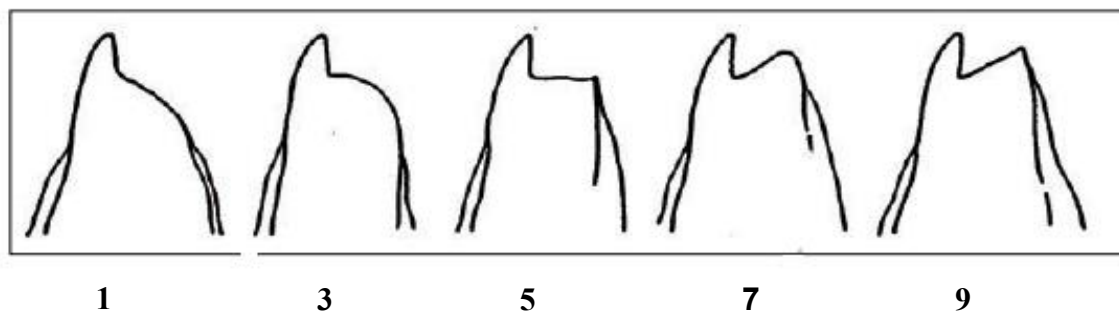


Figure 14. Forme de la troncature de la glume inférieure

- *Forme de la courbure du bec de la glume inférieure (caractère 28 du Tableau 3)*

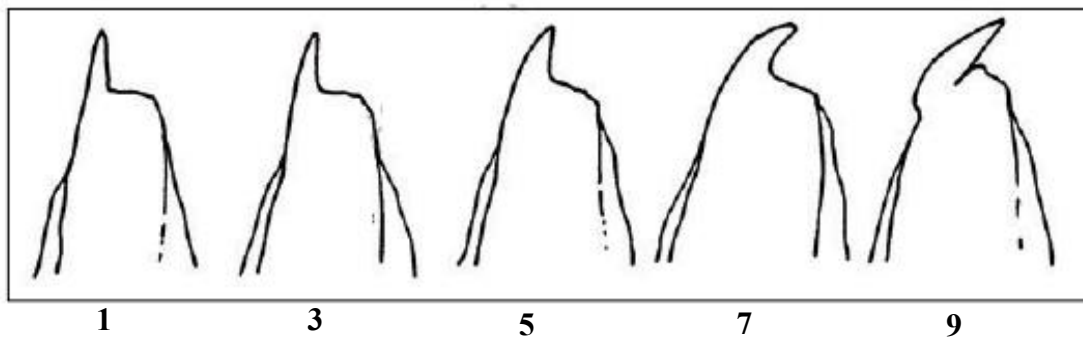


Figure 15. Forme de la courbure du bec de la glume inférieure

- *Longueur des poils de la brosse des graines (caractère 30 du tableau 3)*

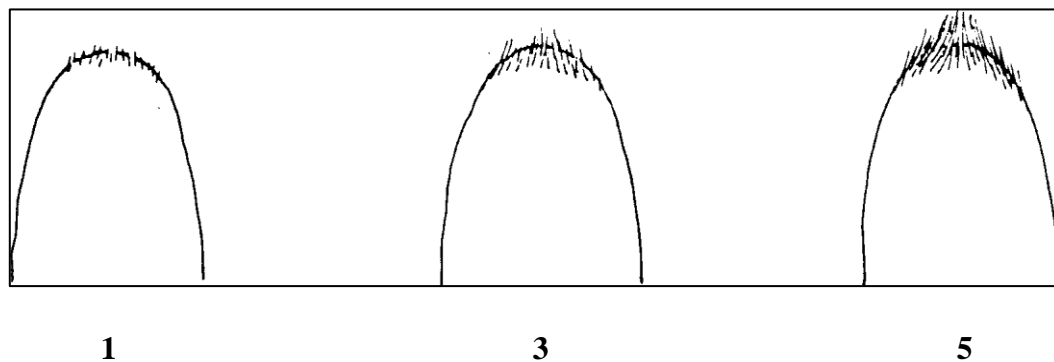


Figure 16. Longueur des poils de la brosse des graines

- *Forme de la graine (caractère 31 du Tableau 3)*

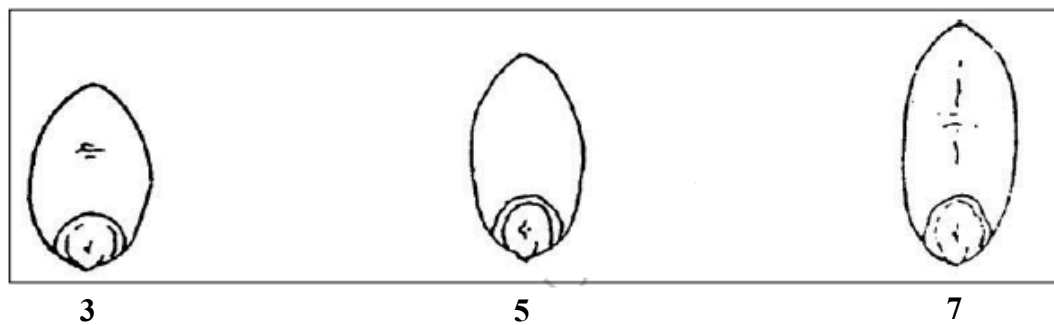


Figure 17. Forme de la graine

• *Type de développement de la plante (caractère numéro 33 du Tableau 3)*

Le type de développement doit être évalué sur une parcelle semée au printemps. Lorsque la variété de printemps la plus tardive est à maturité complète (stade de développement 91/92 de l'échelle de Zadoks), le stade de développement atteint par la variété à décrire doit être évalué selon les niveaux d'expression sont définis comme suit :

- **Type hiver** : les plantes n'ont pas dépassé le stade 45 de l'échelle de Zadoks (gonflement).
- **Type alternatif** : les plantes ont dépassé le stade 45 de l'échelle de Zadoks, en règle générale elles ont dépassé le stade 75, et n'ont pas dépassé le stade 90.
- **Type printemps** : les plantes ont dépassé le stade 90 de l'échelle de Zadoks.

I.4.2. Indice de diversité relative de Shannon et Weaver

L'indice de diversité relative de Shannon et Weaver (**Shannon et Weaver, 1949**), tel que décrit par **Jain et al (1975)**, calcul visant à déterminer la diversité phénotypique des cultivars de blé dur étudiés afin de révéler le degré de polymorphisme des caractères analysés. Il est à noter que chaque état de caractère est défini comme une classe phénotypique distincte. L'indice de Shannon et Weaver a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i$$

Où :

- **H** = indice de diversité de Shannon et Weaver,
- **P_i** = Fréquence de chaque classe phénotypique i d'un trait donné,
- **n** = Nombre de classes phénotypiques de chaque trait.

Celui-ci a été converti en un indice relatif (H') de diversité phénotypique en divisant l'indice (H) par sa valeur maximale H_{max} (Ln(n)) pour obtenir une valeur comprise entre 0 et 1.

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i / \ln(n)$$

Lorsqu'il s'agit de caractères monomorphes, l'indice relatif de diversité (H') tombe à zéro, sa valeur la plus basse possible. D'autre part, le degré de polymorphisme est directement proportionnel à la valeur H' ; c'est-à-dire que plus les classes phénotypiques sont diverses, plus la valeur H' est élevée. A son maximum, H' atteint la valeur de 1, indiquant que toutes les classes phénotypiques sont présentes à des fréquences égales. Selon cet indice, le niveau de diversité est défini comme élevé (H' > 0,60), intermédiaire (0,40 < H' < 0,60) ou faible (0,10 < H' < 0,40) (**Eticha et al., 2005 ; Marzario et al., 2023**).

I.4.3. Etude des paramètres morpho-physiologiques

I.4.3.1. Faculté germinative

La germination est un ensemble de phénomènes par lesquels la plantule en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine (Clément, 1981).

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées fut compté quotidiennement jusqu'au 7ème jour de l'expérience (Hajlaoui *et al.*, 2007).

Le test de germination standard est utilisé pour déterminer la viabilité des semences. Le taux de germination est le nombre de grains germant, au cours d'un temps déterminé, sur le nombre total de graines mises à germer.

Les graines de chaque génotype sont stérilisées pendant 5 minutes dans l'hypochlorite de sodium dilué pour éliminer toute contamination fongique, puis elles sont rincées abondamment à l'eau distillée. Elles sont, ensuite, mises à germer dans des boîtes de pétri sur du coton imbibé d'eau à raison de 50 graines par boîte pour les vingt (20) génotypes de blé dur étudiés (Figure 18).

$$G\% = \frac{gg}{Ng} \times 100$$

Avec :

- **G** : pourcentage de germination.
- **gg** : nombre de graines germés.
- **Ng** : nombre de graines mises à germer.



Figure 18. Essai de la faculté germinative des 20 génotypes étudiés (Photo personnelle).

I.4.3.2. Cinétique de germination

Il s'agit de calculer chaque jour la vitesse de germination sous les différentes concentrations de nanoparticules. Elle est exprimée par le nombre de graines germées à 24, 48, 72 et jusqu'à 192 heures après le début de l'expérience. La vitesse de germination revêt une importance majeure, car elle permet de prédire la vigueur des plantules tout au long du processus de germination. Elle est calculée à l'aide de la formule suivante (**Mazliak, 1998**).

$$\text{Cinétique de germination} = (\text{nombre de graines germées le 1er jour}/1) + (\text{nombre de graines germées}/2) + \dots + (\text{nombre de graines germées le nième jour}/n)$$

I.4.3.3. Cinétique de croissance des graines

Neuf (9) graines, représentant les répétitions de chaque génotype (Figure 19). Elles sont stérilisées pendant 5 minutes dans l'hypochlorite de sodium dilué pour éliminer toute contamination fongique, puis elles sont rincées abondamment à l'eau distillée. Les graines sont, ensuite, mises au centre de deux feuilles de papier buvard bien imbibées de l'eau, une autre feuille est mise par-dessus. Une humidité élevée doit être maintenue pour éviter le dessèchement. Mesurer la longueur de la coléoptile de chaque plantule obtenue à partir du test avec une règle graduée pour chaque génotype. Les résultats de ce paramètre sont notés tous les deux jours à partir du 2ème jour de l'expérimentation jusqu'à la fin de l'essai 14^{ème} jour (**Nour, 2017**).

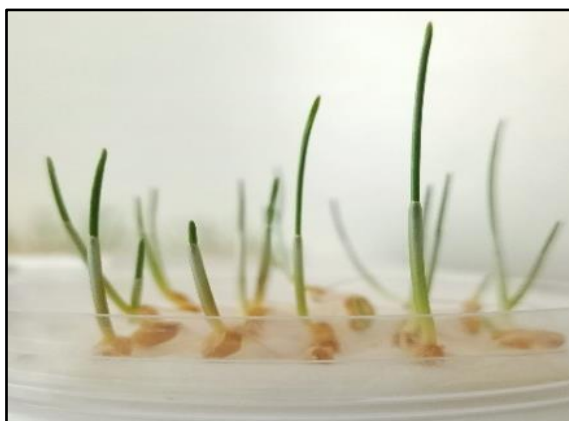


Figure 19. Essai de cinétique de croissance (Photo personnelle).

I.4.3.4. Test au froid des graines

Comme le test de germination standard (au laboratoire dans des conditions favorables), le test au froid (les grains sont exposés à des conditions environnementales défavorables) est sensé calculer le taux de vigueur d'un lot de semence, en calculant le nombre de grains germés parmi un certain nombre de grains mis à germer. La particularité de ce test est d'exercer un choc thermique

sur les semences avant de les mettre à germer. Le but du test est de distinguer les graines faibles des graines vigoureuses en exposant les lots de graines à des températures froides à des températures optimales avant la germination.

Prendre une pâte au sol (sol et un peu d'eau) et étaler la sur un papier buvard épais et bien humidifié. Ensuite, pour chaque répétition, placez neuf graines sur le papier contenant la pâte de terre (Figure 20). Recouvrir le tout d'un autre papier essuie-tout humide et placer au réfrigérateur à 5-10°C pendant 10 jours. Les graines sont ensuite retirées du réfrigérateur et laissées germer dans des boîtes de Pétri à température ambiante pendant 3 jours. Le taux de germination est calculé après 3 jours (Nour, 2017).



Figure 20. Test de froid sur les graines de blé dur (Photo personnelle).

I.4.3.5. Teneur relative en eau des graines (TRE_g)

La teneur relative en eau est déterminée après séchage de 5g de grains broyés, dans une étuve Chopin réglée à 130°C pendant deux heures (Lempereur *et al.*, 1995). Les résultats sont déterminés comme suit :

$$\text{Teneur en eau \%} = (m - m_1) \times 100$$

Avec :

- **m** : la masse de 5g des grains
- **m₁** : la masse des grains après étuvages.

I.4.3.6. Teneur relative en eau des feuilles (TRE_f)

La TRE_f est déterminée selon la méthode utilisée par Clarke *et al.*, (1982) et Rascio *et al.*, (1988). Les feuilles sont coupées à la base du limbe et immédiatement pesées pour obtenir leur poids frais (PF). Elles sont ensuite placées dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et conservées à l'obscurité dans un endroit frais à une température de 4 °C. Après 48 heures, les

feuilles sont retirées des tubes et essuyées avec du papier buvard pour éliminer l'eau de surface, puis pesées à nouveau pour obtenir leur poids de pleine turgescence (PT). Enfin, les échantillons sont séchés dans une étuve réglée à 80 °C pendant 48 heures pour obtenir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée selon la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS})] \times 100$$

Où :

- **PF**: poids frais initial (mg)
- **PT** : poids en pleine turgescence (mg)
- **PS** : poids sec (mg)

I.4.3.7. Surface foliaire (SF)

La surface foliaire de la feuille étendard, exprimée en cm², est déterminée en multipliant la longueur par la plus grande largeur de la feuille étendard, mesurées sur un échantillon de cinq feuilles sélectionnées au hasard au stade d'épiaison, puis en multipliant le résultat par un coefficient de 0.704. Ce coefficient, rapporté par **Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990)**, représente le coefficient de régression de la surface foliaire estimée par le produit de la longueur par la largeur sur celle déduite par la méthode planimétrique sur papier grammage.

$$\text{SF} = 0.704 (\text{Lon} \times \text{Lar})$$

Où :

- **SF** = surface moyenne de la feuille étendard (cm²)
- **Lon** = longueur moyenne de la feuille étendard (cm)
- **Lar** = largeur moyenne de la feuille étendard (cm)
- **0.704** = coefficient de régression de la surface estimée. (**Spagnoletti-Zeuli et Qualset, 1990**).

I.4.4. Etude des paramètres agronomiques

I.4.4.1. Nombre de plantes levées/ m² (NPL)

Nombre de plantes par m² est déterminé par comptage direct de toutes les plantes levées par répétition par génotype. On en déduit alors la moyenne des plantes levées/m².

I.4.4.2. Tallage herbacé (TH)

Le nombre de talles herbacées est déterminé par comptage direct du nombre de talles herbacées de 12 plantes/génotype, du stade quatre feuilles jusqu'à la fin de tallage. On déduit alors la moyenne de talles herbacées par plante.

I.4.4.3. Tallage épi (TE)

Le tallage épi est déterminé par comptage direct du nombre d'épis formés de talles herbacées de 12 plantes par géotypes, au stade début maturité. La moyenne des talles épis/plant est alors déduite.

I.4.4.4. Efficience de transformation des talles herbacées en talles épis (%)

C'est la capacité de transformation des talles herbacées en talles épis et exprimé en pourcentage.

I.4.4.5. Nombre d'épis/m² (NE)

Il est obtenu par comptage direct de tous les épis formés/géotype/répétition. On déduit ensuite la moyenne des épis/m².

I.4.4.6. Nombre de grains/épi (NGE)

Le nombre de grains par épi est obtenu par comptage direct d'un échantillon de 10 épis par géotype.

I.4.4.7. Poids de mille graines (PMG)

Le poids de mille graines est obtenu par pesée directe sur balance de précision (Metler-P.C400), de 1000 grains/géotype. Il est exprimé en gramme (g).

I.4.4.8. Estimation du rendement en grain (RDT)

Au mois de juin. Chaque parcelle a été récoltée manuellement. Le rendement en grains est obtenu par calcul en fonction des composantes du rendement par la formule ci-dessous et le poids est reconverti en q/ha.

$$\text{Rendement} = [\text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains /épi} \times \text{PMG}] / 1000$$

I.4.4.9. Biomasse aérienne (BIO)

La biomasse aérienne est déterminée à partir de la récolte d'un échantillon de végétation d'un segment de 1 m linéaire. Le poids de l'échantillon est reconverti en q/ha.

I.4.4.10. Rendement en paille (RP)

Le rendement en paille a été estimé par la différence, entre la biomasse aérienne et le rendement en grains, dérivés à partir du bottillon de végétation fauché d'un segment de rang de 1 m de long par parcelle élémentaire. Le poids est estimé en q/ha.

$$\text{RP} = \text{BIO} - \text{RDT}$$

I.4.4.11. Rendement économique (RDT éco)

Le calcul du rendement économique est défini par **Annichiarico *et al.* (2005)**, s'effectue en additionnant le rendement en grains auquel est ajouté 30% du rendement en paille. Cette opération est réalisée selon la formule suivante :

$$\text{RDT éco} = \text{RDT} + 0.3 \times \text{RP}$$

I.4.4.12. Indice de récolte (IR)

L'indice de récolte est déterminé à partir des données parcellaires du rendement en grains et de la biomasse aérienne, obtenues à partir d'un échantillon de végétation récolté sur un segment de rang d'une longueur de 1m. Sa valeur est déterminée par la formule suivante :

$$\text{HI (\%)} = [\text{RDT} / \text{BIO}] \times 100$$

I.4.5. Étude des paramètres biochimiques

I.4.5.1. Taux de gluten humide

Le gluten humide d'une farine est une substance plasto-élastique composée principalement de gliadine et de gluténine, qui constitue l'armature de la pâte et lui communique les propriétés rhéologiques. La technique consiste à :

- Dans un récipient ou bien un mortier, mélanger 10 g de farine avec 5 ml d'eau salée à 2% (NaCl) (2g de sel dans 100ml d'eau de robinet) jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.
- Pétrir légèrement le mélange pour assurer une distribution uniforme de l'eau.
- Laisser reposer le pâton pendant 10 minutes à température ambiante.
- Placer le pâton dans un récipient sous un mince filet d'eau tout en malaxant doucement pour évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau.
- Continuer à laver le pâton jusqu'à ce que l'eau de lavage soit claire.
- Égoutter le pâton dans une passoire fine ou un tissu à mailles fines pour éliminer l'excès d'eau.
- Transférer le gluten isolé (m_1) dans un récipient propre et sec.
- Peser le gluten isolé à l'aide d'une balance de laboratoire et enregistrer sa masse (m_1).
- Calculer le pourcentage de gluten humide en utilisant la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de gluten humide} = (m_1/m_0) \times 100$$

g Où m_0 représente la masse initiale de farine utilisée (10 g).

- Comparer le pourcentage de gluten humide obtenu avec la norme établie (25 % selon **Feillet, 2000**). Un pourcentage de gluten humide inférieur à 25 % peut indiquer une qualité inférieure de la farine en termes de composition en gluten.

I.4.5.2. Taux de gluten sec

La détermination du gluten sec se fait par séchage de la totalité du gluten humide. La masse du gluten humide est mise 4min dans une plaque chauffante à 150°C. Après séchage on pèse le gluten. Le gluten sec est calculé comme suit et donné en pourcent :

$$\text{GS (\%)} = (\text{Moyenne des masses pâtons sec} * 100) / \text{Pe}$$

Où

- **GS** : Gluten sec
- **Pe** : Prise d'essai

I.4.5.3. Dosage des sucres solubles

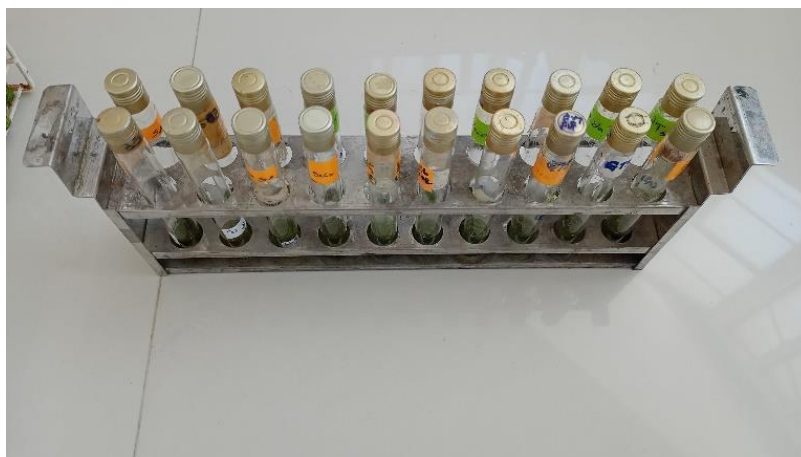


Figure 21. Dosage des sucres solubles des feuilles des 20 génotypes de blé dur étudiées (Photo personnelle).

Le dosage des sucres solubles a été réalisée au sein du Laboratoire de développement et valorisation des ressources phylogénétiques à l'université des Frères Mentouri Constantine 1 (Figure 21). Les sucres solubles totaux, tels que le saccharose, le glucose, le fructose, leurs dérivés

méthyles et les polysaccharides, sont quantifiés à l'aide de la méthode au phénol de **Dubois *et al.* (1956)**. Voici les étapes à suivre pour ce dosage :

- Prélevez 100 mg de matière fraîche (par exemple, des feuilles de blé dur) et placez-les dans des tubes à essais.
- Ajoutez 3 ml d'éthanol à 80 % aux tubes contenant l'échantillon.
- Laissez les tubes à température ambiante pendant 48 heures à l'obscurité. Pendant le dosage, les tubes sont placés dans une étuve à 80 °C pour évaporer l'alcool.
- Dans chaque tube, ajoutez 20 ml d'eau distillée à l'extrait. Cette solution est celle que vous allez analyser.
- Mettez également 2 ml de la solution à analyser dans des tubes à essais propres.
- Ajoutez 1 ml de phénol à 0,5 % (le phénol est dilué dans de l'eau distillée).
- Puis, rapidement, ajoutez 5 ml d'acide sulfurique concentré (96 %) tout en évitant de verser l'acide contre les parois du tube. Vous obtiendrez une solution jaune-orange à la surface.
- Agitez vigoureusement au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution.
- Laissez les tubes à l'air libre pendant 10 minutes.
- Placez ensuite les tubes au bain-marie pendant 10 à 20 minutes à une température de 30 °C. La couleur de la réaction restera stable pendant plusieurs heures.
- Effectuez les mesures d'absorbance à une longueur d'onde de 490 nm.
- Enfin, rapportez les résultats des densités optiques sur une courbe d'étalonnage des sucres solubles exprimés en glucose (Figure 22 dans l'Annexe 1).

$$Y = aX + b$$

Où :

- **X** : quantité des sucres solubles exprimée en ($\mu\text{g} / 100 \text{ mg}$ de MF).
- **Y** : valeur du spectrophotomètre (La densité optique ou l'absorbance).

I.4.5.4. Dosage de la proline

Le dosage de la proline a été réalisée au sein du Laboratoire de développement et valorisation des ressources phytogénétiques à l'université des Frères Mentouri Constantine 1. La quantification de la proline est réalisée en utilisant la méthode de **Bates *et al.* (1973)**:

- La matière fraîche des plantes de blé dur (0.25 g) est homogénéisée dans 5 ml d'acide sulfosalicylique aqueux à 3% dans un mortier (Figure 23).



Figure 23. (a) Pesé de la matière fraîche dans une balance de précision de type FA2004B et (b) homogénéisation dans un mortier avec l'acide sulfosalicylique

- Laisser reposer pendant 3 heures pour que l'extraction se termine.
- Centrifuger à 5800 g pendant 10 minutes dans une centrifugeuse de type Sigma 1-6P 10055 (Figure 24).
- Ajouter 2 ml de surnageant à 2 ml d'acide acétique glacial et 2 ml de ninhydrine acide (Chauffer 1,25 g de ninhydrine dans 30 ml d'acide acétique glacial + 20 ml de H_3PO_4 (6M) avec agitation jusqu'à dissolution) (Figure 24).

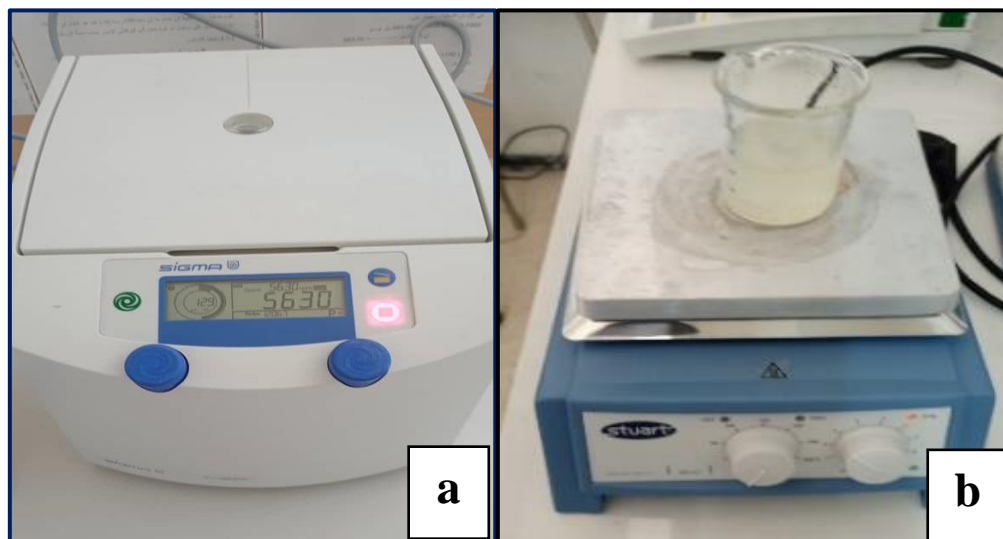


Figure 24. (a) Centrifugation de type Sigma 1-6P 10055 et (b) préparation de la solution de ninhydrine

- Faire bouillir à 95°C dans un bain-marie pendant 60 minutes (Figure 25).



Figure 25. Bouillir les extraits dans le Bain-marie à 95°C.

- Arrêter la réaction en plaçant dans un bain de glace.
- Ajouter 4 ml de toluène et mélanger vigoureusement (Figure 26).

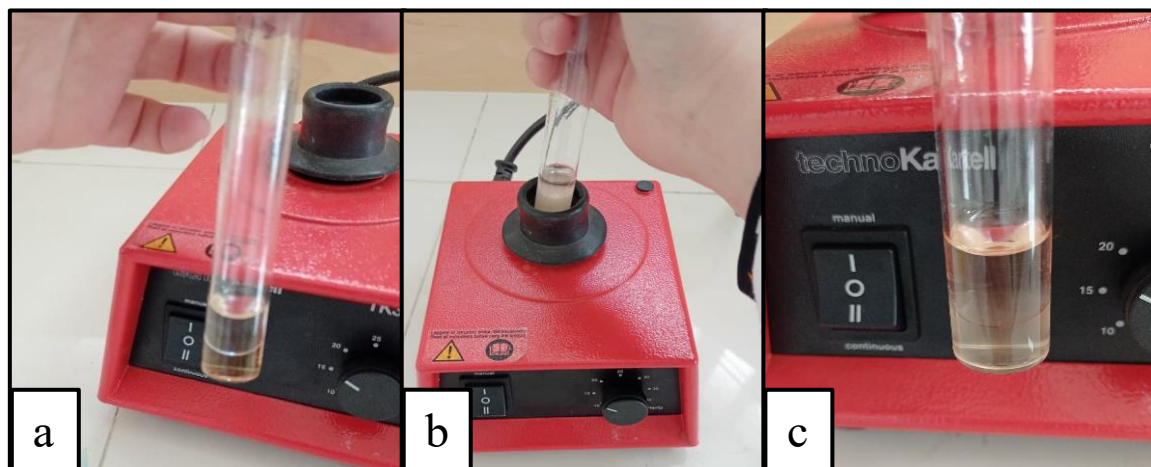


Figure 26. Agitation par un vortex : (a) Avant, (b) pendant (c) et après agitation.

- Laisser chauffer à température ambiante.
- Lire à 520 nm, en utilisant le toluène comme blanc dans un spectrophotomètre de Single Cell Holder JENWAY 6705 (Figure 27).



Figure 27. Spectrophotomètre Single Cell Holder JENWAY 6705

- Utiliser une courbe d'étalonnage pour déterminer la quantité de la Proline (Figure 28 dans l'Annexe 1).

I.4.5.5. Dosage des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes



Figure 29. Préparation des échantillons des feuilles des 20 géotypes de blé dur pour le dosage des pigments chlorophylliens

- Le dosage des pigments chlorophylliens sont réalisés au niveau du Laboratoire de Développement et de Valorisation des Ressources Phytogénétiques, situé à la Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie de l'Université de Constantine 1 (Figure 29).
- La détermination des teneurs en chlorophylle (a), chlorophylle (b), chlorophylle totale et caroténoïdes est effectuée selon la méthode de **Lichtenthaler (1987)** :
- Dans un tube à essai, ajouter 10 ml d'acétone (95 %) à 100 mg d'échantillon frais coupé en

petits fragments.

- Conserver les tubes à l'obscurité à une température de 4°C pendant 48 heures.
- Après la période de macération, préparer l'appareil de mesure en le calibrant avec la solution témoin à base d'acétone 95 %.
- Effectuer trois mesures de densité optique à trois longueurs d'onde différentes : 663 nm pour la chlorophylle (a), 647 nm pour la chlorophylle (b) et 470 nm pour les caroténoïdes
- Les concentrations de caroténoïdes (**Car**), chlorophylle (a) (**Chl_a**), chlorophylle (b) (**Chl_b**) et la chlorophylle totale (**Chl_t**) sont calculées par les formules suivantes :

$$\text{Chl}_a (\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}/\text{MF}) = (12.25 \times \text{DO}_{663}) - (2.79 \times \text{DO}_{647})$$

$$\text{Chl}_b (\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}/\text{MF}) = (21.50 \times \text{DO}_{647}) - (5.10 \times \text{DO}_{663})$$

$$\text{Chl}_t (\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}/\text{MF}) = (7.15 \times \text{DO}_{663}) + (18.71 \times \text{DO}_{647})$$

$$\text{Car} (\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}/\text{MF}) = (1000 \times \text{DO}_{470} - 1.82 \times \text{Chl}_a - 85.02 \times \text{Chl}_b) / 198$$

I.4.5.6. Dosage des acides aminés par LC-MS/MS

L'analyse des acides aminés par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS) a été réalisée au sein du Laboratoire de Recherche Appliquée et Centre de Recherche (ALUM) de l'Université d'Igdir, en Turquie.



Figure 30. Appareil LC-MS/MS

L'analyse des acides aminés par LC-MS/MS dans le blé dur se révèle cruciale à la fois dans la recherche et l'industrie agroalimentaire. Elle évalue la qualité nutritionnelle en déterminant la composition en acides aminés, éléments constitutifs des protéines, indispensables pour évaluer la valeur nutritionnelle des céréales. Cette méthode permet également de détecter et quantifier

précisément les différents acides aminés.

L'étude quantitative de 16 aminoacides (Tableau 4) a été réalisée en utilisant un modèle Nexera Shimadzu UHPLC couplé à un instrument de tandem MS de type Agilent 6460 Triple Quadripôle (Figure 30). Le système LC/MS a été équipé de pompe binaire Agilent 1260 Infinity G1312B, d'un compartiment colonne thermostat Agilent G1316A, d'un dégazeur de hanche Agilent 1379C et d'un échantillonneur automatique Agilent 1260 Hip 1367E. La chromatographie liquide à ultra-haute performance en phase inverse a été optimisée pour obtenir une séparation optimale de 16 aminoacides et pour surmonter les effets de suppression. La température de la colonne a été fixée à 30 ° C. Le gradient d'élution consistait en l'éluant A (0.1% Formic acid in water) et l'éluant B (0.1% Formica cid in acétonitrile). Le programme d'élution en gradient suivant a été appliqué : 90% B (6min), 0% B (10min), 10% A (6min) et 100% A (10min). Le débit de solvant a été maintenu à 0.400 ml/min et le volume d'injection a été réglé à 2.56 µl.

Tableau 4. Dynamique de Surveillance des Réactions Multiples (SRM)

Nom de composé	TDI ?	Précurseur Ion MS1 Résolution	Production Ion MS2 Résolution	Demeurer	Fragment (V)	CE (V)	Accès cellulaire (V)	Polarité
L-cystine	Non	240,9 Unité/Enh	152.1 Unité/Enh	24	75	6	4	Positif
L-Tyrosine	Non	182.1 Unité/Enh	165.1 Unité/Enh	24	75	6	4	Positif
L-Arginine	Non	175.1 Unité/Enh	70.3 Unité/Enh	24	90	24	4	Positif
L-Phénylalanine	Non	166 Unité/Enh	120,2 Unité/Enh	24	75	10	4	Positif
L-Histidine	Non	156.1 Unité/Enh	110.1 Unité/Enh	24	80	12	4	Positif
L-Acide glutamique	Non	148.1 Unité/Enh	84.1 Unité/Enh	24	70	14	4	Positif
L-Lysine	Non	147 Unité/Enh	84.1 Unité/Enh	24	75	12	4	Positif
L-Acide aspartique	Non	134.1 Unité/Enh	74.2 Unité/Enh	24	60	10	4	Positif
L-Isoleucine	Non	132.2 Unité/Enh	86,3 Unité/Enh	24	65	8	4	Positif
L-Leucine	Non	132.1 Unité/Enh	86,2 Unité/Enh	24	70	6	4	Positif
L-Thréonine	Non	120,1 Unité/Enh	74,2 Unité/Enh	24	60	10	4	Positif
L-Valine	Non	118,1 Unité/Enh	72,2 Unité/Enh	24	65	8	4	Positif
L-Proline	Non	116,1 Unité/Enh	70,2 Unité/Enh	24	75	16	4	Positif
L-Sérine	Non	106,1 Unité/Enh	60,2 Unité/Enh	24	60	8	4	Positif
L-Alanine	Non	90,2 Unité/Enh	44,3 Unité/Enh	24	42	10	4	Positif
Glycine	Non	76,1 Unité/Enh	30,1 Unité/Enh	24	35	8	4	Positif

TDI : Tandem de dilution isotopique

- **Préparation des extraits**

- Broyer 10 g de graines à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à obtention d'une poudre fine (Figure 31).
- Mélanger la poudre obtenue avec 100 ml de méthanol dans un flacon hermétique.
- Macérer le mélange pendant 24 heures sur un agitateur magnétique réglé à une vitesse constante de 200 tr/min (Figure 31).
- Filtrer le mélange à l'aide d'un papier filtre Whatman N01 pour séparer les particules solides de la solution.
- Répéter la méthode de macération trois fois conformément aux travaux de **Chandran et al. (2012)** pour assurer une extraction complète des composés souhaités.

- Concentrer le filtrat obtenu par évaporation rotative à une température de 40°C à l'aide d'un Rota-évaporateur (Heidolph Hei-Vap Advantage ML/G1) jusqu'à évaporation totale du méthanol (Figure 32).
- Conserver la fraction obtenue à une température de 4°C jusqu'à son utilisation ultérieure pour les analyses ou les essais biologiques.



Figure 31. Préparation des extraits méthanoliques : (a) pesé et (b) macération des graines broyées des 20 génotypes étudiés dans le méthanol.



Figure 32. Rota-évaporateur

- *Préparation des échantillons pour LC-MS/MS*
 - Préparation de la solution d'acide hydrochlorique à 37 % : Ajouter 50 ml d'eau distillée à 0.4ml de l'acide hydrochlorique à 37 % pour obtenir une solution homogène.
 - À l'aide d'une micropipette, ajouter 1ml de la solution précédente dans des tubes Eppendorf (Figure 33)



Figure 33. Remplissage des tubes d'Eppendorf par l'extrait.

- Prélever 1 ml de la solution d'acide chlorhydrique préparée, et ajouter à 1 ml de l'extrait.
- Centrifuger les tubes à 8000 tr/min pendant cinq minutes par une centrifugeuse de type Universal 320R (Figure 33).



Figure 34. Centrifugation des tubes d'Eppendorf à l'aide d'une Centrifugeuse pour l'analyse par LC-MS/MS

- Préparation de l'échantillon pour l'analyse par LC-MS/MS : Après la centrifugation, prélever avec précision 200 nanolitres de l'échantillon. Mélanger cet échantillon avec 800 nanolitres d'acétonitrile. Centrifuger à nouveau à 5000 tr/min pendant 10 minutes pour éliminer les éventuels résidus.
- Transférer le mélange dans des flacons d'échantillonnage automatique de 1.5 ml en veillant à la précision des volumes (Figure 35).



Figure 35. Préparation des flacons d'échantillonnage automatique de 1.5 ml pour l'analyse par LC-MS/MS.

- Analyse par LC-MS/MS : Mettre les échantillons préparés dans le système LC-MS/MS selon les paramètres prédéfinis. Procéder à l'analyse des acides aminés présents dans l'extrait en utilisant les conditions de détection et de séparation appropriées.

I.4.6. Durée d'épiaison de la phase végétative

La durée de la phase végétative se définit comme le nombre de jours écoulés à partir du premier jour du semis jusqu'à ce que 50% de l'épiaison soit atteint. L'épiaison est déterminée par l'apparition des barbes à la gaine de la dernière feuille entièrement développée. Cette période d'épiaison est constituée comme un indicateur significatif de la précocité de la plante.

Selon **Couvreur (1985)**, la précocité d'une variété de blé dur est établie en fonction de sa durée de cycle de développement, qui s'étend du semis à l'épiaison. Selon cette classification, une variété est qualifiée de précoce si cette période est inférieure à 100 jours, de semi-précoce si elle se situe entre 100 et 120 jours et de tardive si elle dépasse 120 jours.

I.4.7. État sanitaire des plantes

Évaluation visuelle des diverses maladies qui affectent les feuilles, les tiges, les épis ou les graines, ainsi que des incidents physiologiques pendant tout le cycle de développement des plantes.

I.4.8. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant les logiciels GRaphpad prism 9.0.0.12, (2020) et Microsoft Excel®, (2023). Ces analyses comprenaient la statistique descriptive, l'indice de diversité et l'analyse de la variance d'un seul facteur (ANOVA).



Chapitre II :
Résultats et discussion

II.1. Création des fiches descriptives

L'étude des 33 paramètres morphologiques et physiologiques des 20 génotypes étudiés sont présentés dans les Tableaux numéro 6 jusqu'au 26 (Les mesures obtenus des paramètres numéro 4, 11, 13, 17, 20, 21 et 22 avec répétitions sont répertoriés dans les tableaux 5.1 jusqu'au 5.7 l'annexe 2).

Tableau 6. Fiche descriptive du génotype Ovidio (G1).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Forte	7
2	Plante : Port	Demi- dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Faible	3
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très court	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur de l'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	9
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Épi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Moyen	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Court	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Long	5
31	Grain : Forme	Fortement allongé	3
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

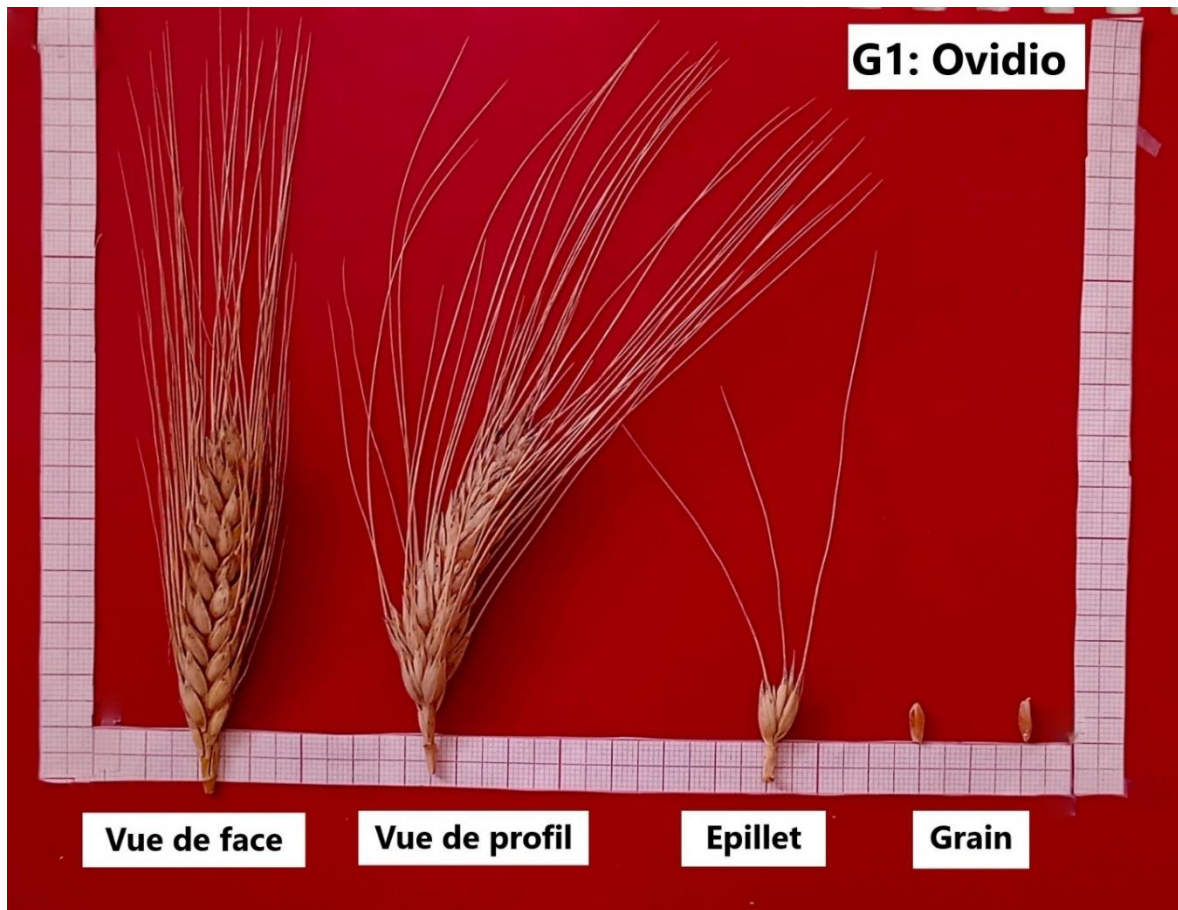


Figure 36. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ovidio (G1).



Figure 37. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Ovidio (G1).

Tableau 7. Fiche descriptive du géotype Emelio Lepido (G2).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Demi- dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Faible	3
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très court	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement colorée	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Très longue	9
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Très long	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancrée	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Long	5
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type alternatif	2

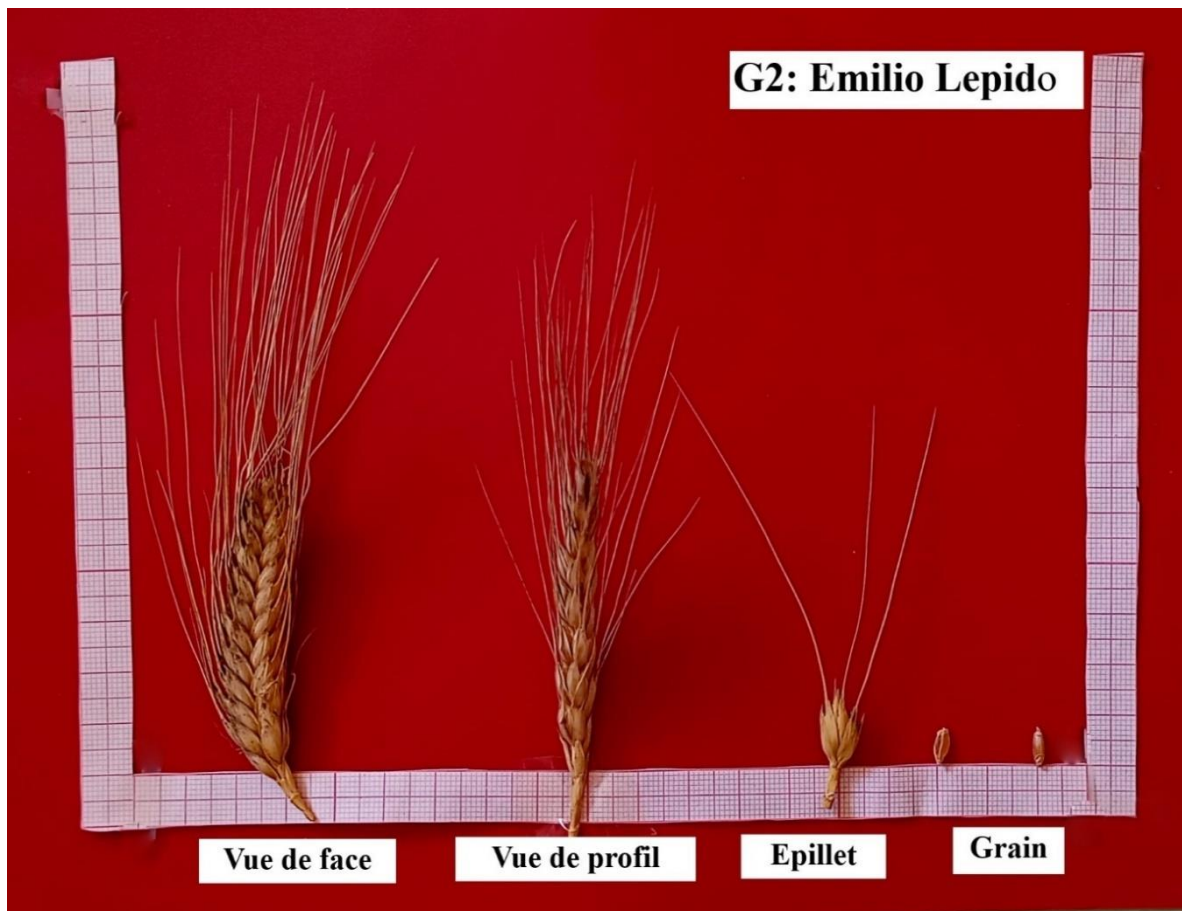


Figure 38. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Emilio Lepido (G2).

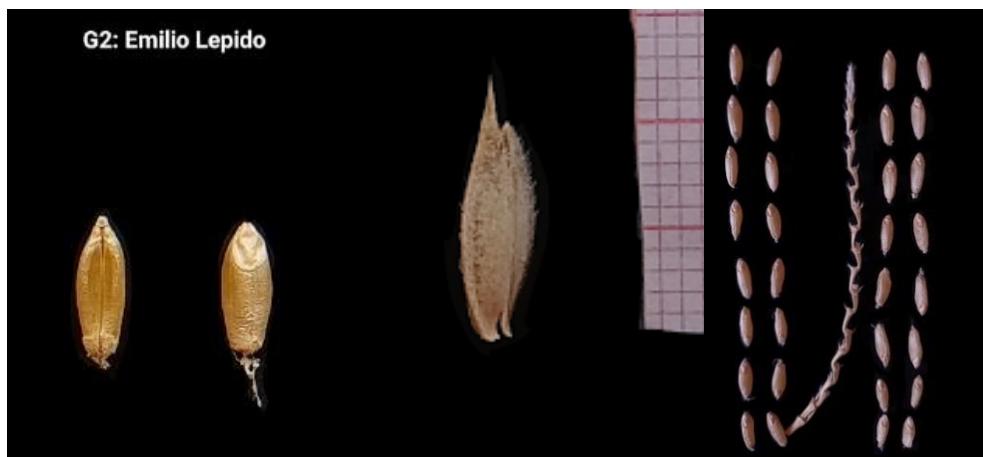


Figure 39. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Emilio Lepido (G2).

Tableau 8. Fiche descriptive du génotype Anco Marzio (G3).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Moyenne	5
2	Plante : Port	Dressé	1
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Courte	3
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courte	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement colorée	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Semi clavate	3
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Très longue	9
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Moyen	5
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Droite	3
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Long	5
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

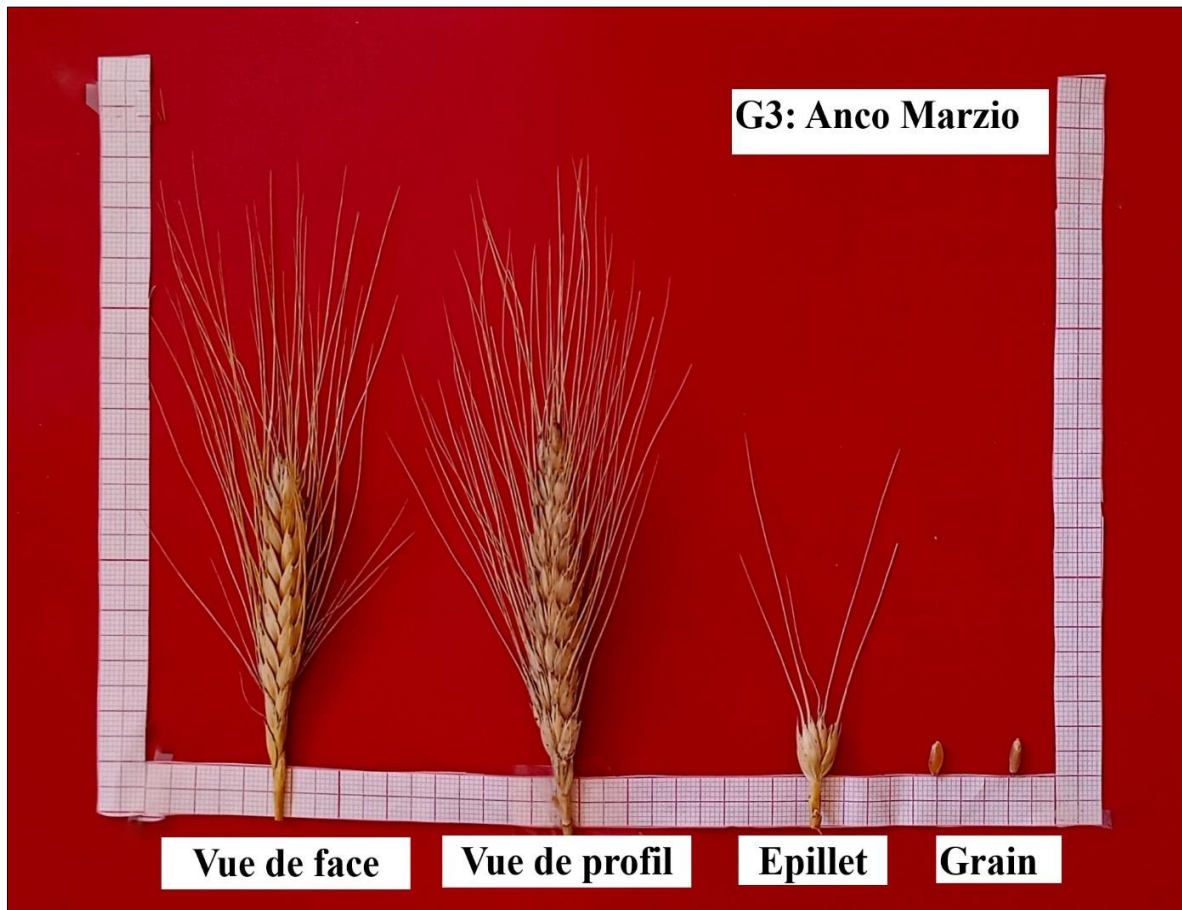


Figure 40. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Anco Marizo (G3).



Figure 41. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Anco Marizo (G3).

Tableau 9. Fiche descriptive du génotype Mimmo (G4).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Faible	3
2	Plante : Port	Demi- dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	De même longueur	2
13	Épi : Densité	Lâche	2
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Faible	3
20	Épi : longueur du rachis	Très long	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Moyen	2
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type alternatif	2

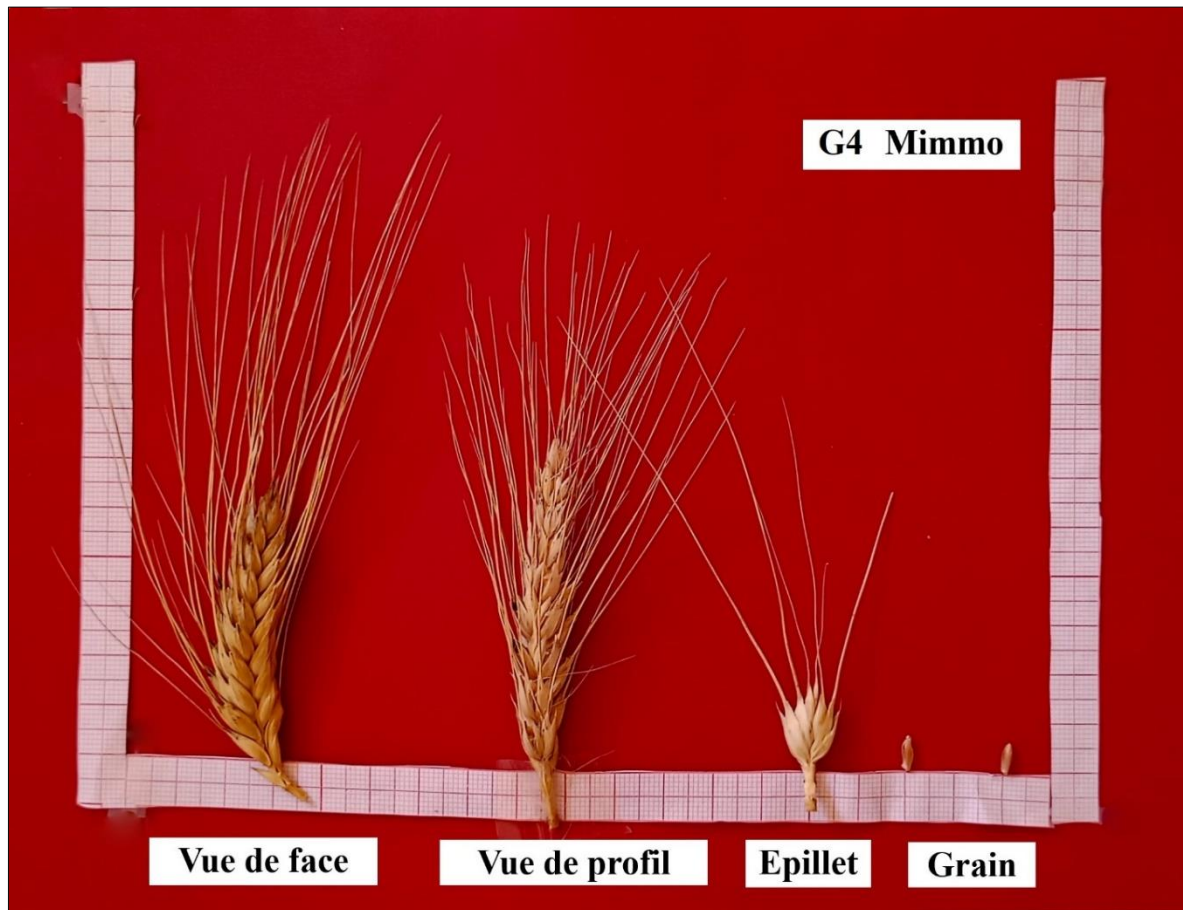


Figure 42. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Mimmo (G4).



Figure 43. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Mimmo (G4).

Tableau 10. Fiche descriptive du génotype Simeto (G5).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Faible	3
2	Plante : Port	Dressé	1
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Forte	7
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Courte	3
5	Épi : glaucescence	Fortement coloré	7
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Violet foncé	4
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	De même longueur	2
13	Épi : Densité	Lâche	2
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement colorée	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Courte	3
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Faible	3
20	Épi : longueur du rachis	Court	3
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Faible	1
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Incliné	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Moyen	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Court	1
31	Grain : Forme	Légèrement allongé	1
32	Grain : Couleur	Légèrement coloré	3
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

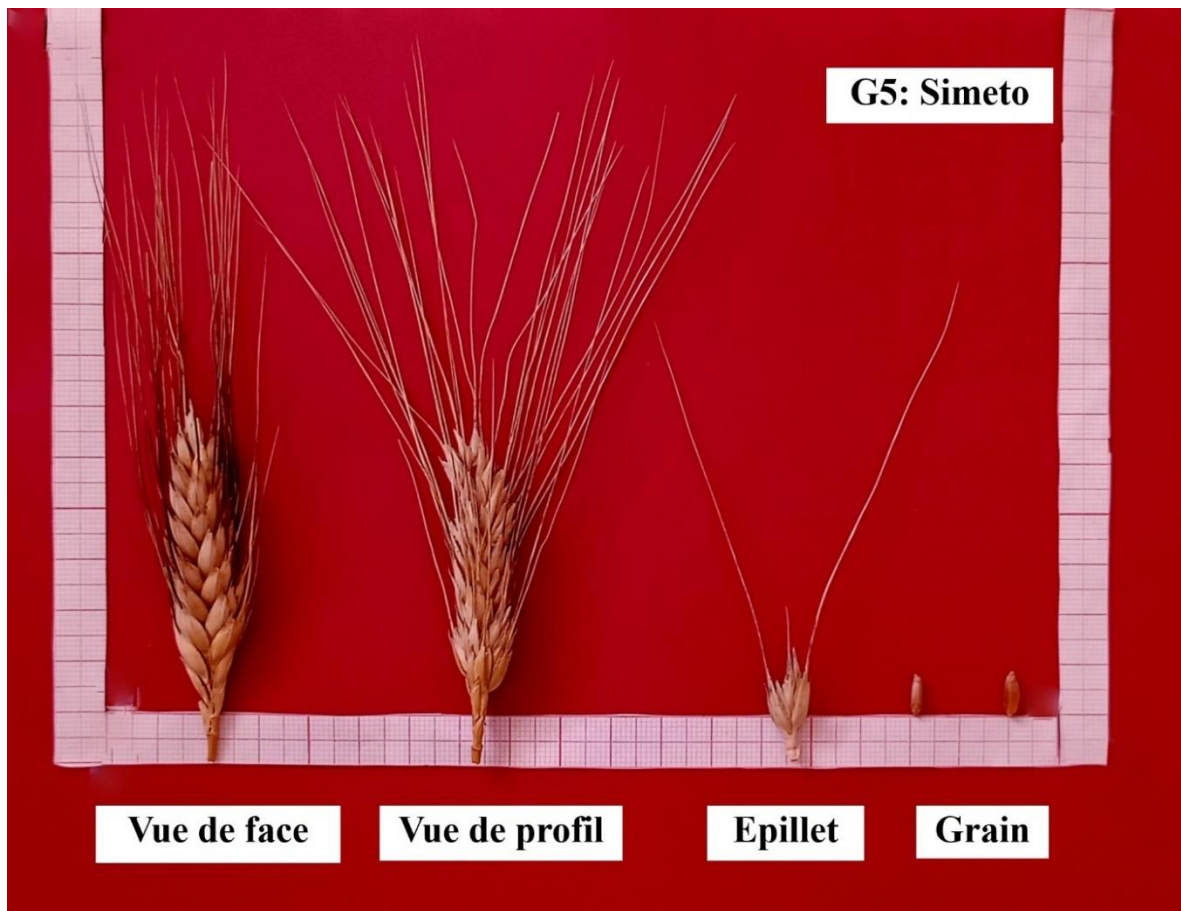


Figure 44. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Simeto (G5).



Figure 45. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Simeto (G5).

Tableau 11. Fiche descriptive du génotype Ciccio (G6).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Dressé	1
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très court	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courte	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Epaisse	5
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Fusifforme	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyenne	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Ovoïde	1
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Court	1
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

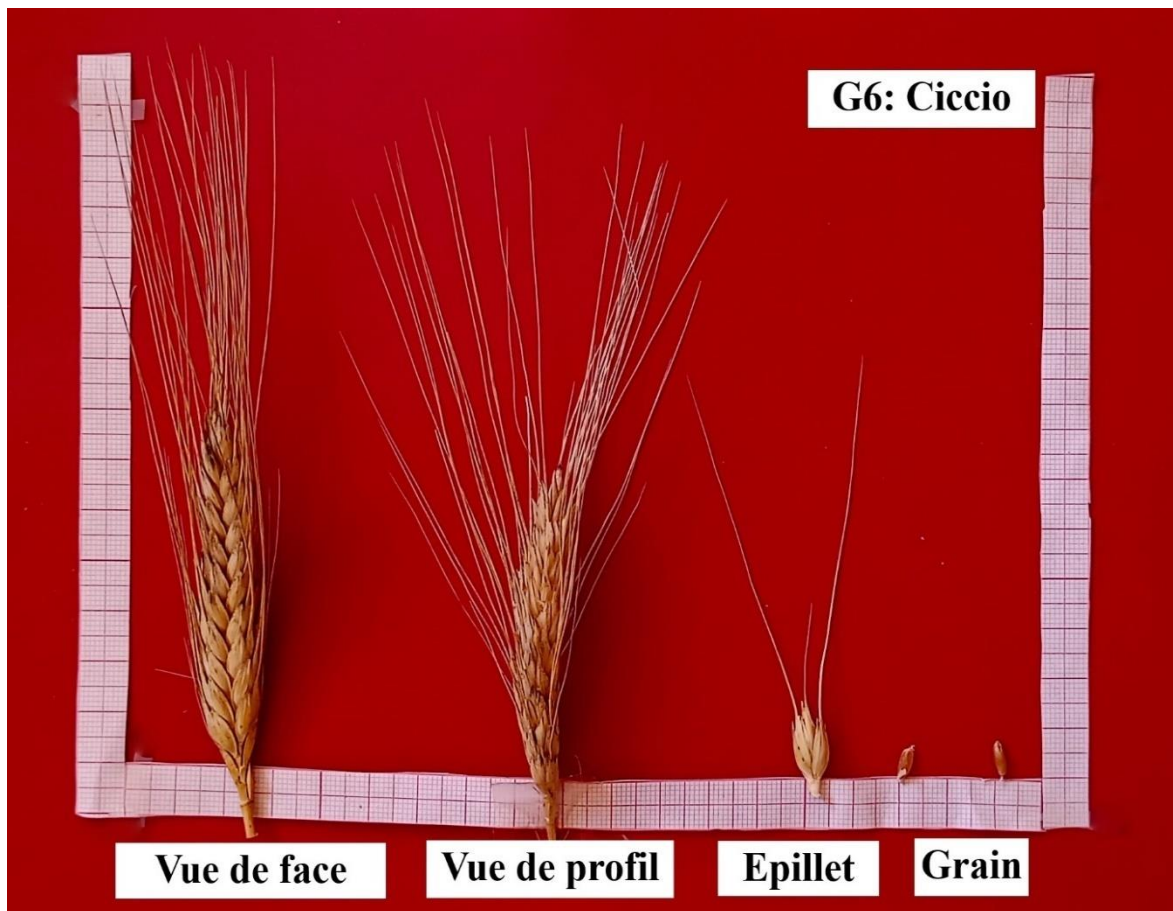


Figure 46. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ciccio (G6).

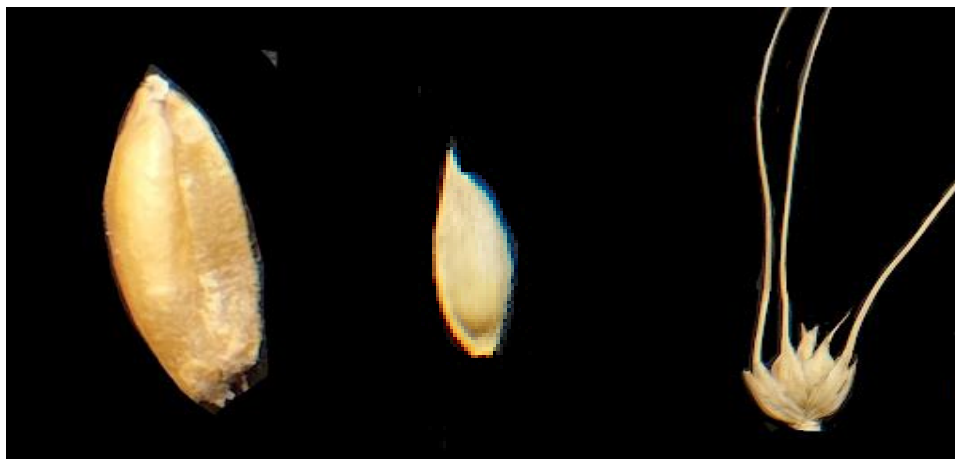


Figure 47. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Ciccio (G6).

Tableau 12. Fiche descriptive du génotype Core (G7).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	23Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Epaisse	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Fusifforme	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Faible	3
20	Épi : longueur du rachis	Moyenne	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Narrow oblongue	3
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Modéré	5
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Court	1
31	Grain : Forme	Légèrement allongé	1
32	Grain : Couleur	Jaune blanchâtre	1
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

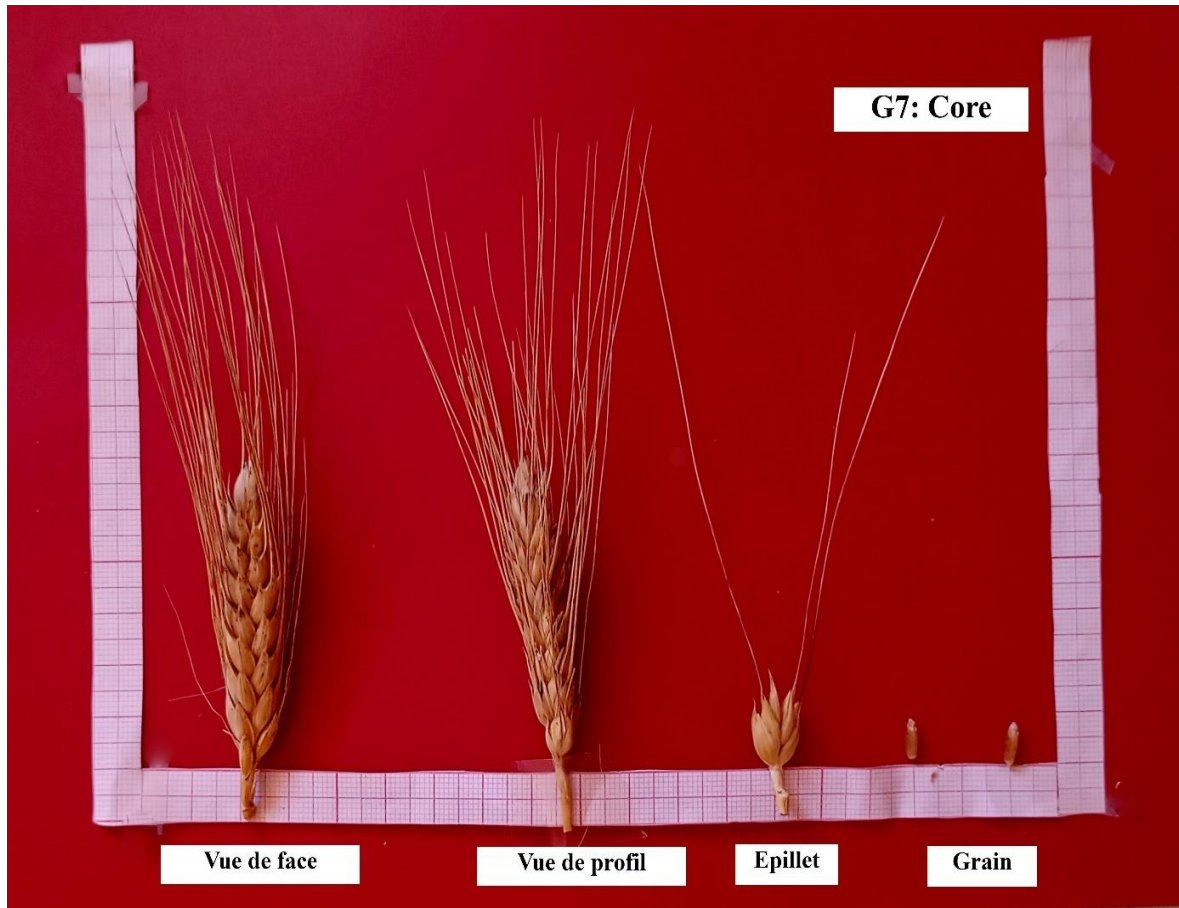


Figure 48. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Core (G7).



Figure 49. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Core (G7).

Tableau 13. Fiche descriptive du génotype Bousselam (G8).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Faible	3
2	Plante : Port	Intermédiaire	5
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Faible	3
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	De même longueur	2
13	Épi : Densité	Lâche	2
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Fusifforme	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Narrow oblongue	3
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Droite	3
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Moyen	5
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

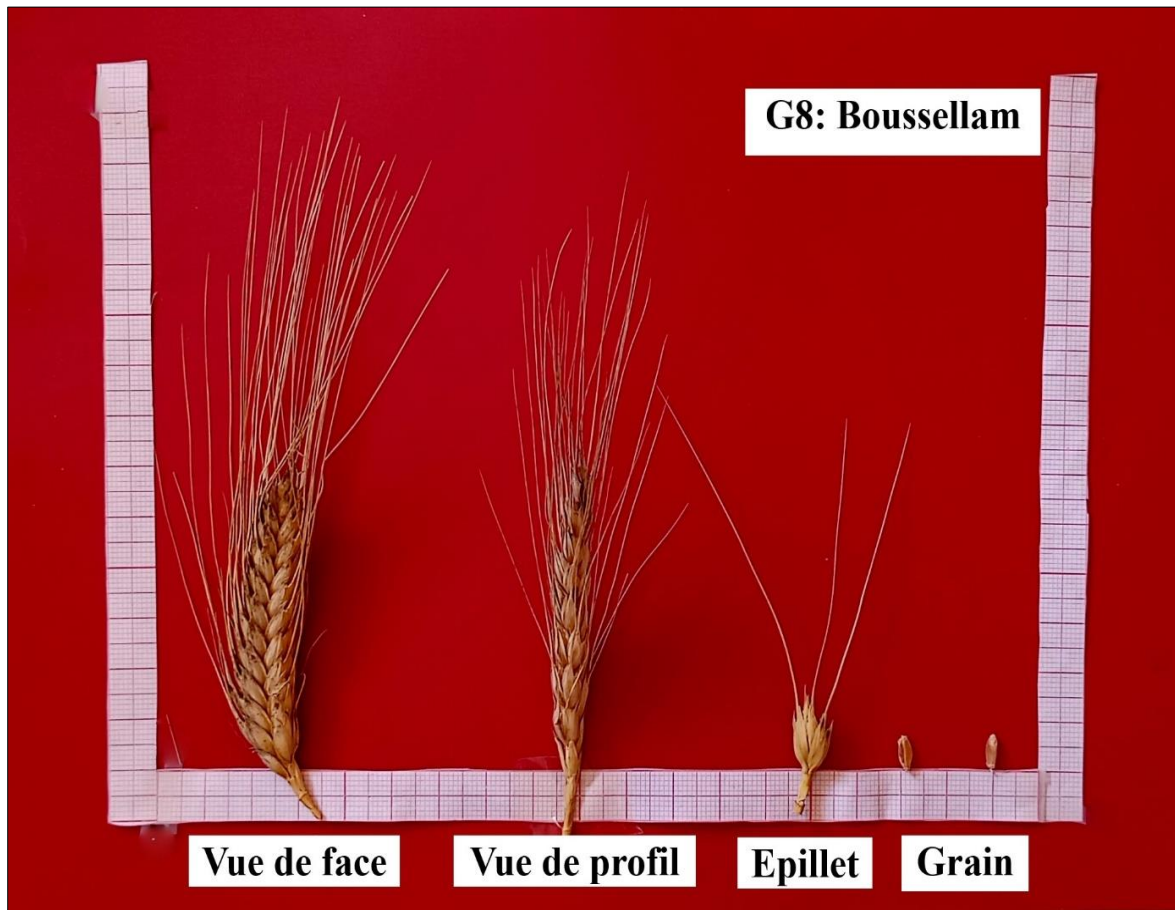


Figure 50. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Bousellam (G8).



Figure 51. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Bousellam (G8).

Tableau 14. Fiche descriptive du génotype Sigus (G9).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Intermédiaire	5
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Nulle ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche	1
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Narrow oblongue	3
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Court	1
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

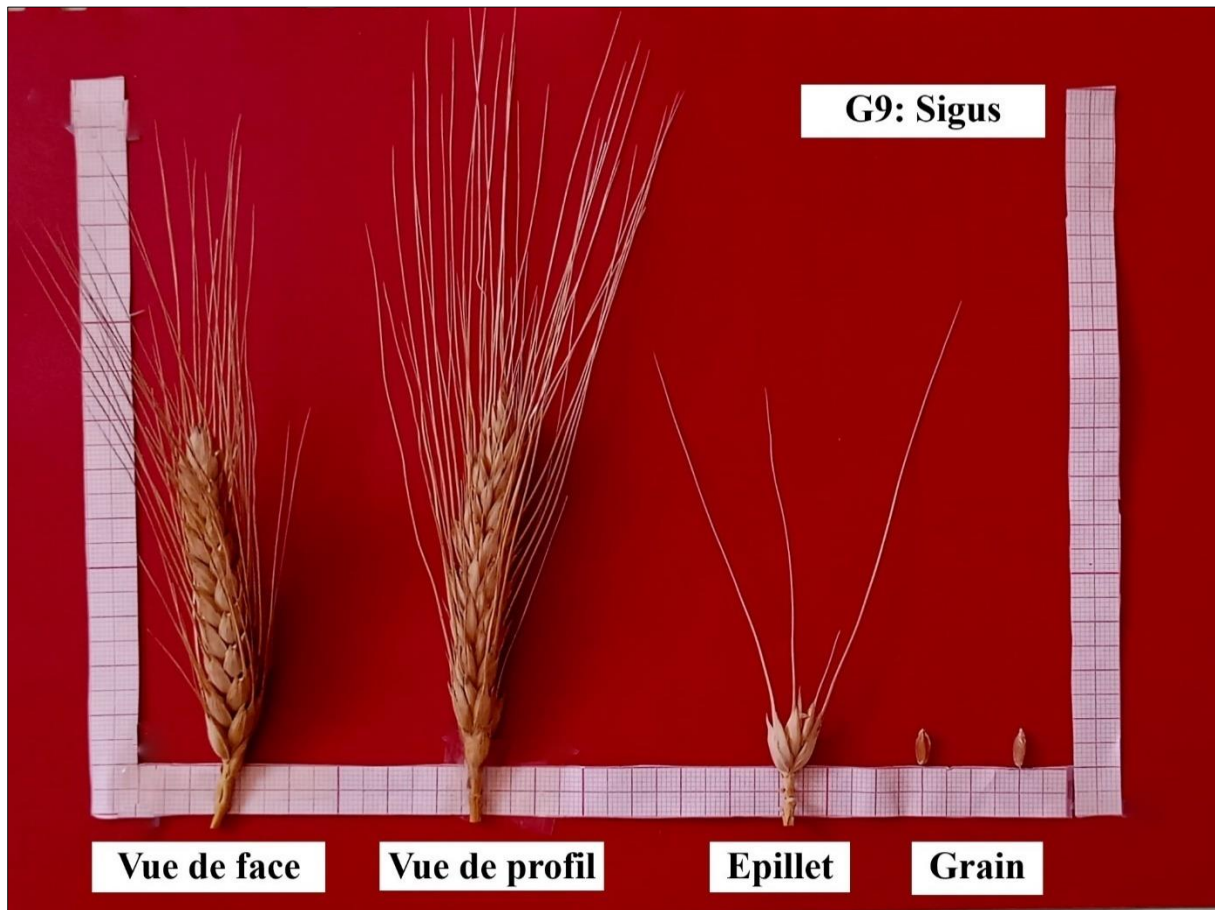


Figure 52. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Sigus (G9).

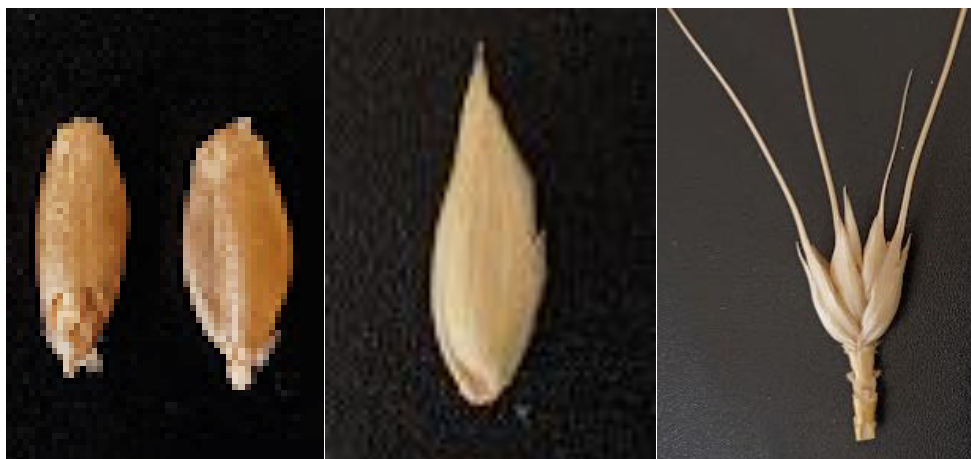


Figure 53. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Sigus (G9).

Tableau 15. Fiche descriptive du génotype Moulet Eddar (G10).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Court	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale (à mi-chemin entre la base de l'épi et le nœud de tige ci-dessous)	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche	1
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancrée	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Faible	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

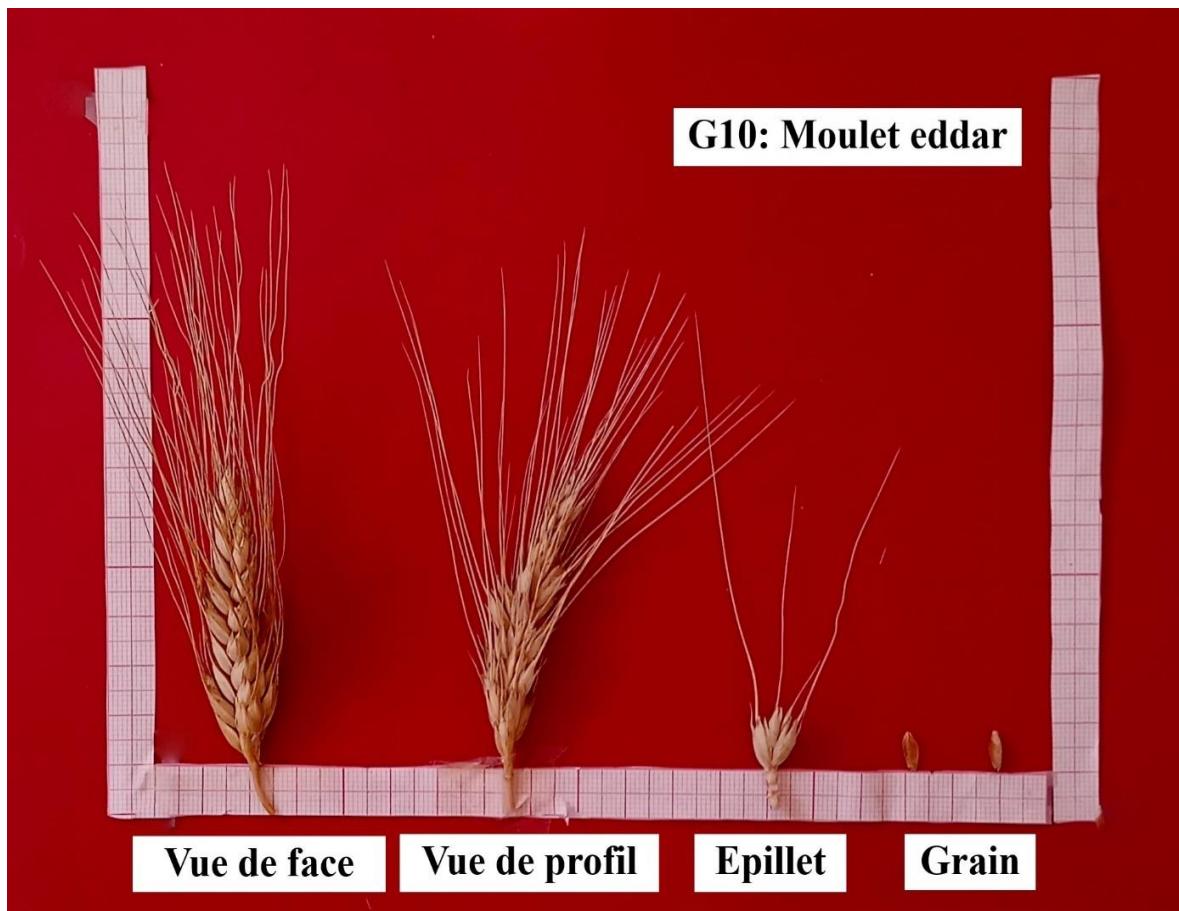


Figure 54. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Moulet Eddar (G10).



Figure 55. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Moulet Eddar (G10).

Tableau 16. Fiche descriptive du génotype Numidia (G11).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Faible	3
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sure toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Faiblement divergente	3
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche	1
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Fusifforme	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Courte	3
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Faible	3
20	Épi : longueur du rachis	Très long	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Droite	3
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Moyen	5
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Faible	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

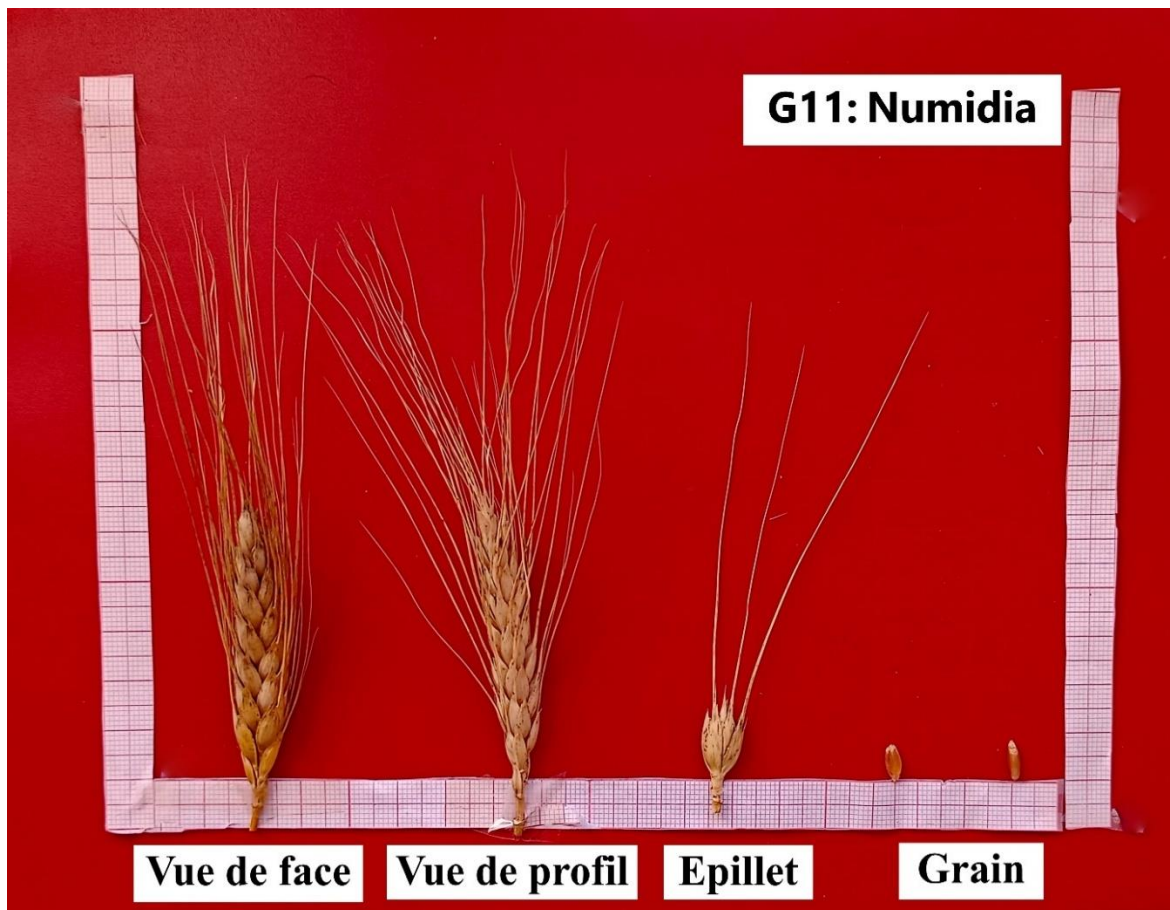


Figure 56. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Numidia (G11).



Figure 57. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Numidia (G11).

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 17. Fiche descriptive du génotype Bouhamenna (G12).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Moyenne	5
2	Plante : Port	Intermédiaire	5
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche	1
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Moyenne	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Courte	3
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Faible	3
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Arrondie	2
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Etroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Moyen	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Fusifforme	5
31	Grain : Forme	Fortement allongé	3
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

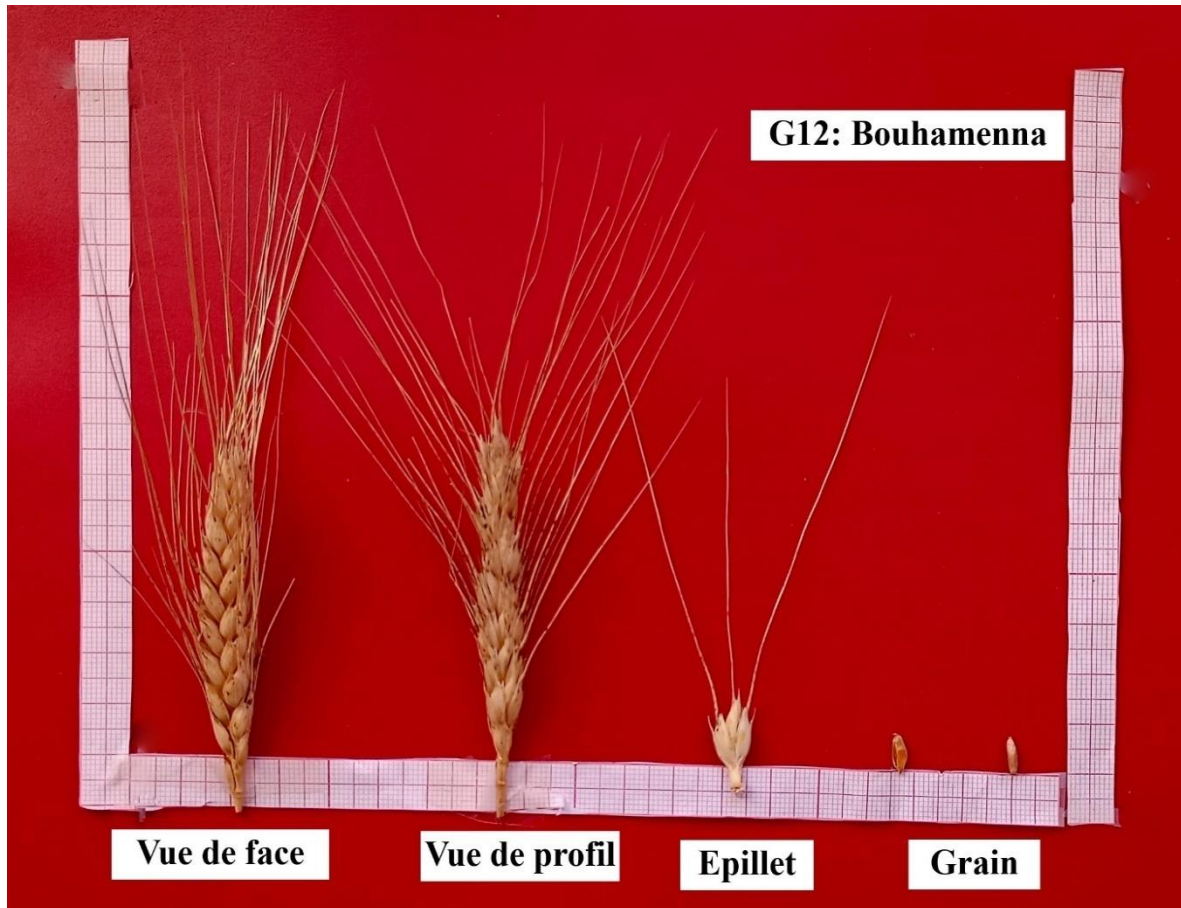


Figure 58. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Bouhamenna (G12).



Figure 59. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Bouhamenna (G12).

Tableau 18. Fiche descriptive du génotype Cirta (G13).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Moyenne	5
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Forte	7
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Non divergente	1
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus longues	3
13	Épi : Densité	Moyenne	3
14	Paille : Moelle en section transversale	Moyenne	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Fortement colorée	3
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyenne	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Faible	1
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Droite	3
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Moyen	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Faible	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Absent	1
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Légèrement brun	3
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

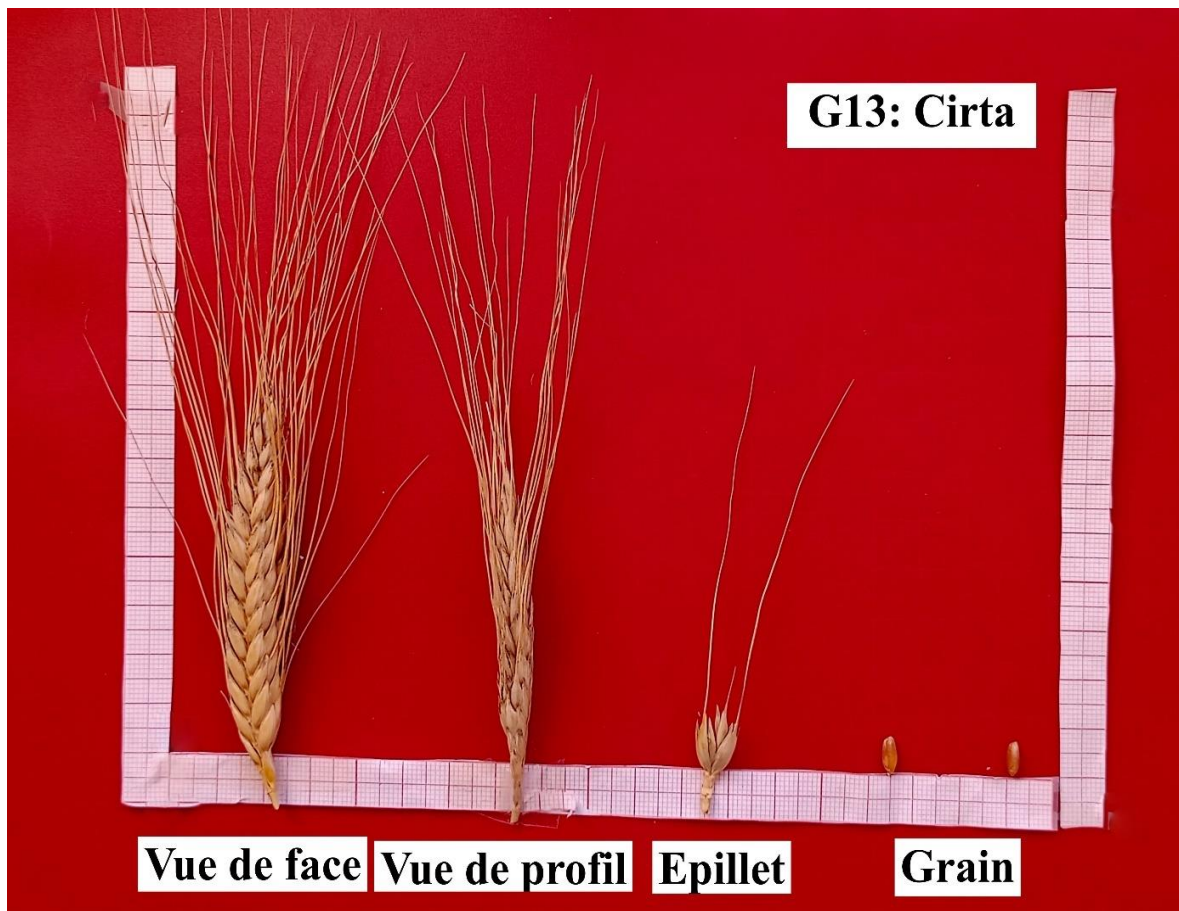


Figure 60. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Cirta (G13).



Figure 61. De gauche à droite : Morphologie de la graine, l'épillet et le rachis du génotype Cirta (G13).

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 19. Fiche descriptive du génotype Beni Mestina (G14).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Faible	3
2	Plante : Port	Demi-étalé	7
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyen	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présent	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Divergente	7
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Violet moyen	3
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courte	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Epaisse	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Longue	7
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Très longue	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Droite	3
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Inclinée	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Très court	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	3
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

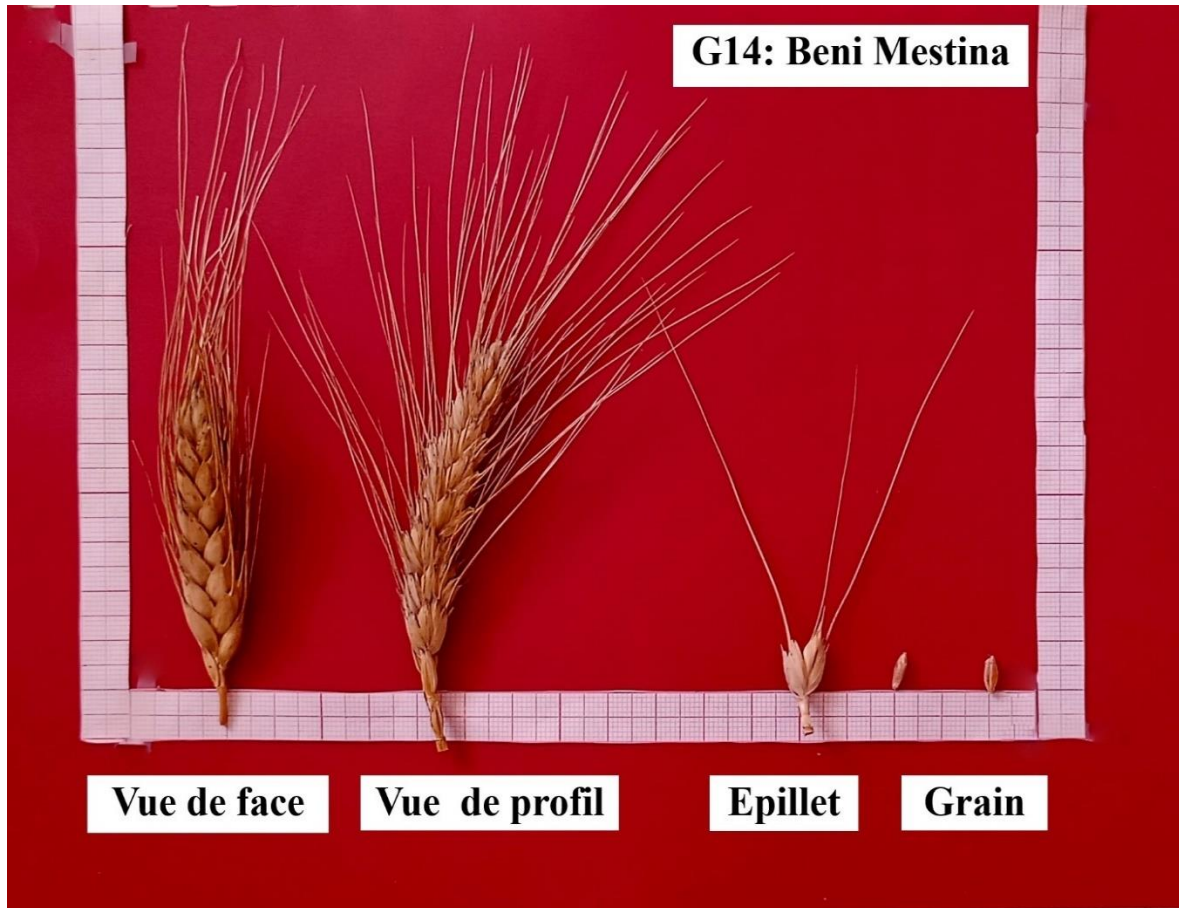


Figure 62. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Beni Mestina (G14).

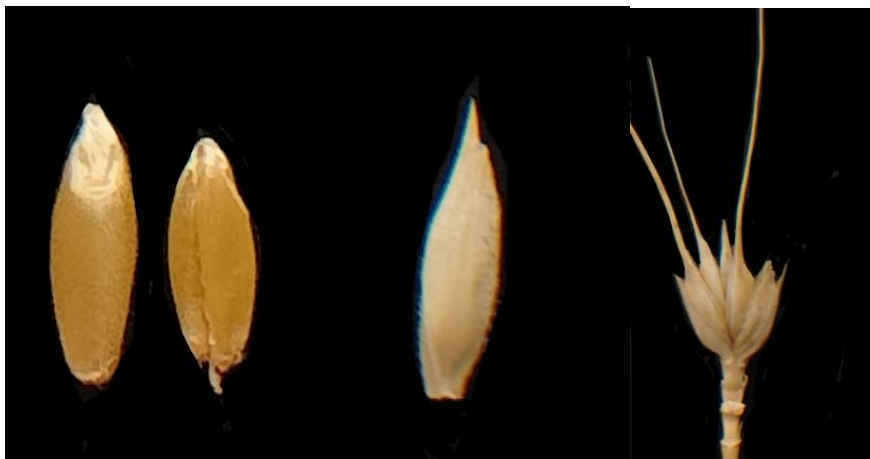


Figure 63. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Beni Mestina (G14).

Tableau 20. Fiche descriptive du génotype Oued El Bared (G15).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Moyen	5
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Très divergente	9
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus longues	3
13	Épi : Densité	Moyenne	3
14	Paille : Moelle en section transversale	Epaisse	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Blanche	1
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Semi clavate	3
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Très fort	9
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Inclinée	1
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Long	5
31	Grain : Forme	Fortement allongé	3
32	Grain : Couleur	Jaune blanchâtre	1
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

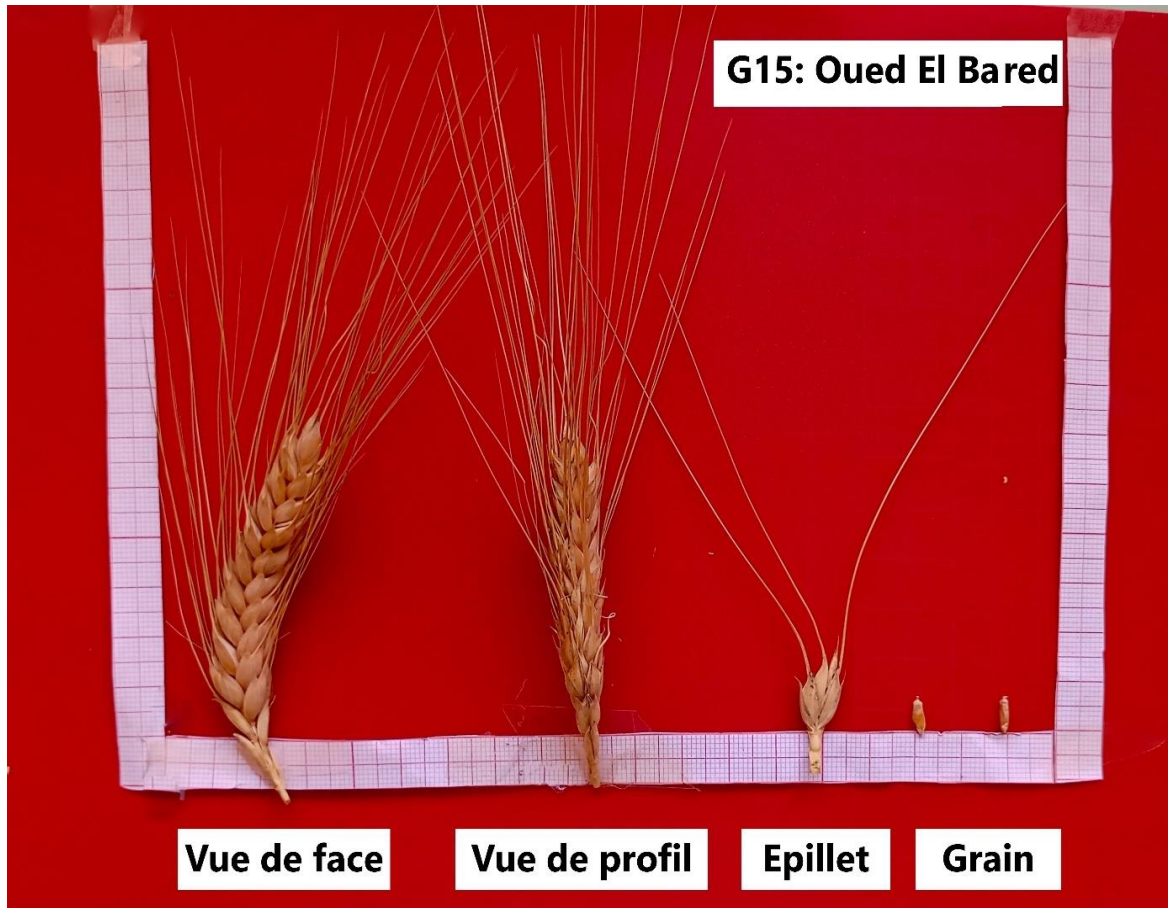


Figure 64. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Oued El Bared (G15).



Figure 65. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Oued El Bared (G15).

Tableau 21. Fiche descriptive du génotype Waha (G16).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Intermédiaire	5
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Non divergente	1
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Epaisse	3
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Brun clair	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Très fort	9
20	Épi : longueur du rachis	Long	7
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancrée	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Étroit	3
27	Glume inférieure : longueur du bec	Moyen	5
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Absent	1
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Légèrement brun	3
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

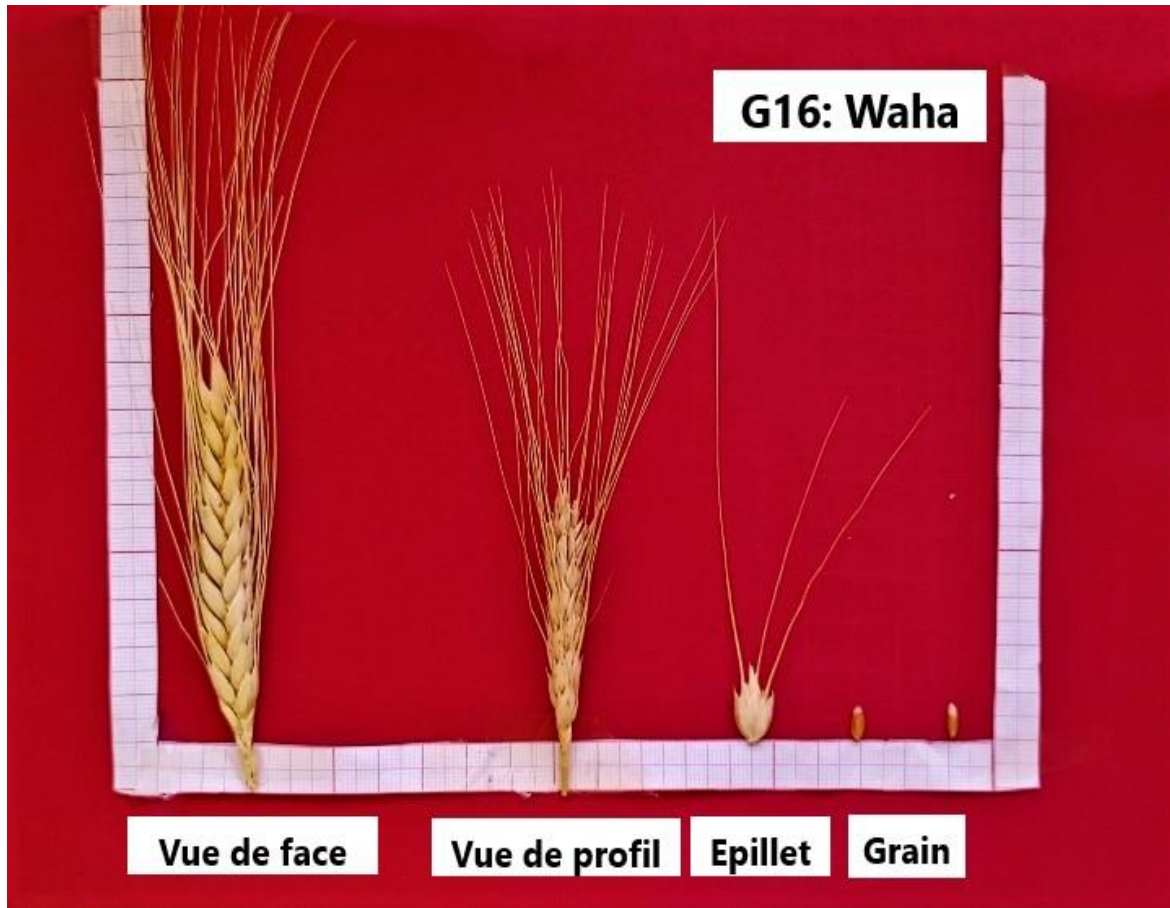


Figure 66. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Waha (G16).



Figure 67. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype Waha (G16).

Tableau 22. Fiche descriptive du génotype Ammar6 (G17).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Moyenne	5
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Moyenne	5
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Faiblement divergente	3
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Fusifforme	5
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Moyen	5
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyen	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancré	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Modéré	5
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Long	5
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Orange jaune	2
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

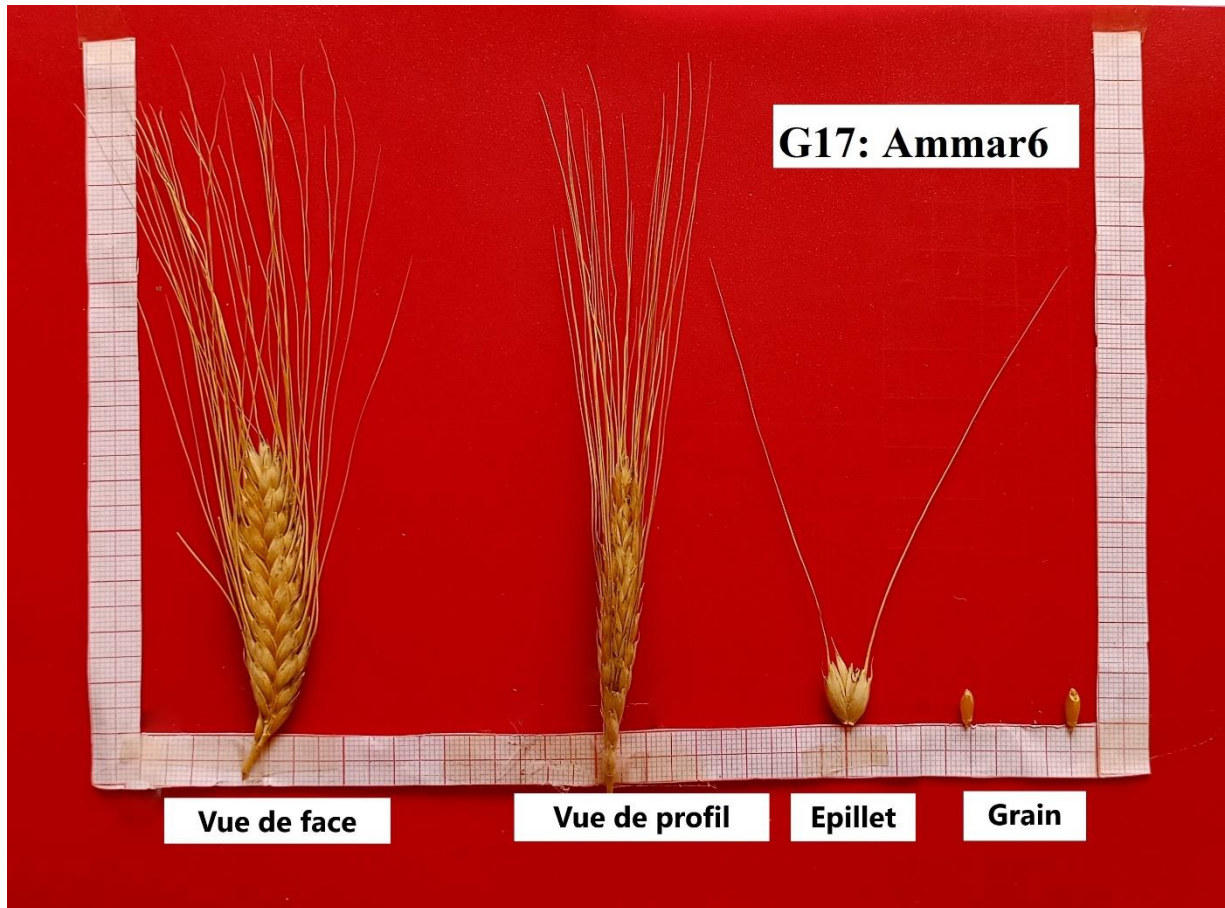


Figure 68. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Ammar6 (G17).



Figure 69. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Ammar6 (G17).

Tableau 23. Fiche descriptive du génotype El Tayeb (G18).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Intermédiaire	5
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Non divergente	1
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courte	1
13	Épi : Densité	Très lâche	1
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Brun clair	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Long	7
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Faible	1
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancré	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Modéré	5
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Légèrement brun	3
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

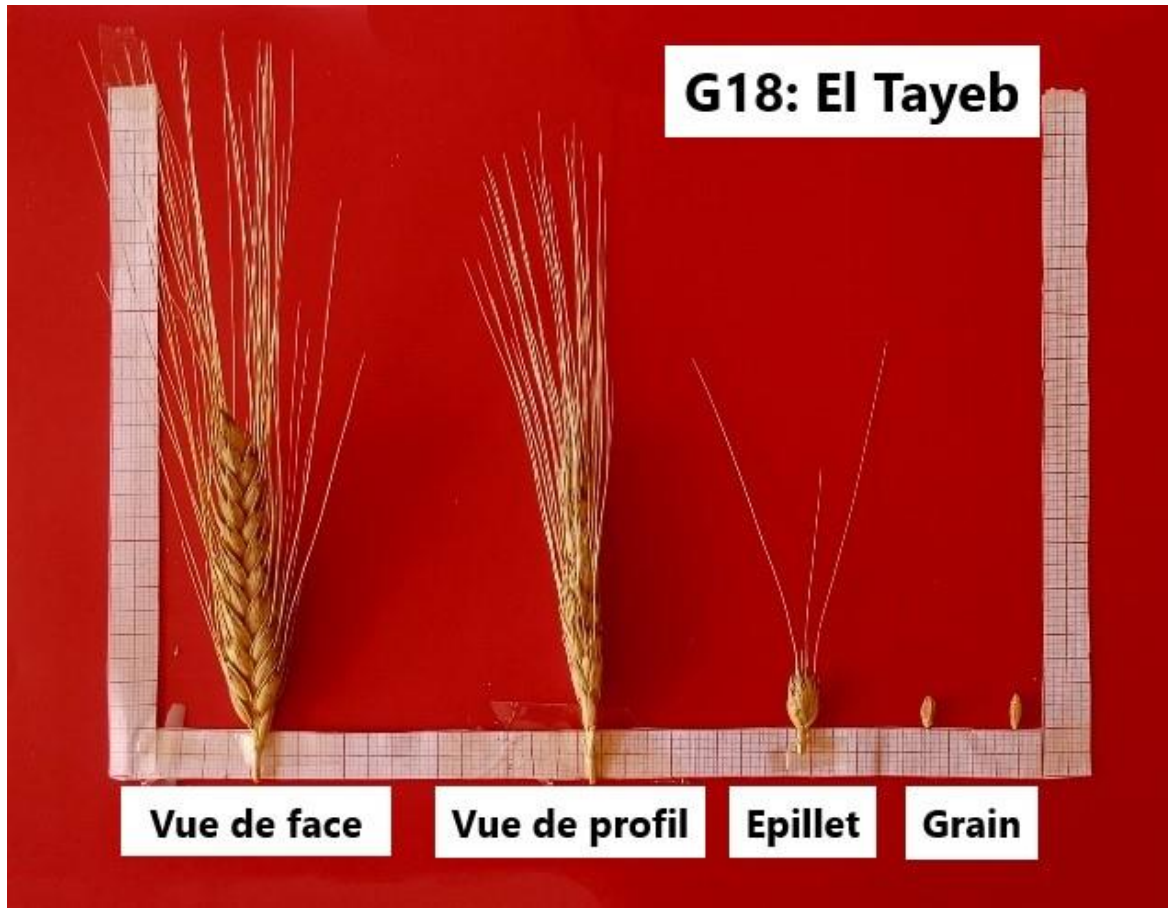


Figure 70. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype El Tayeb (G18).

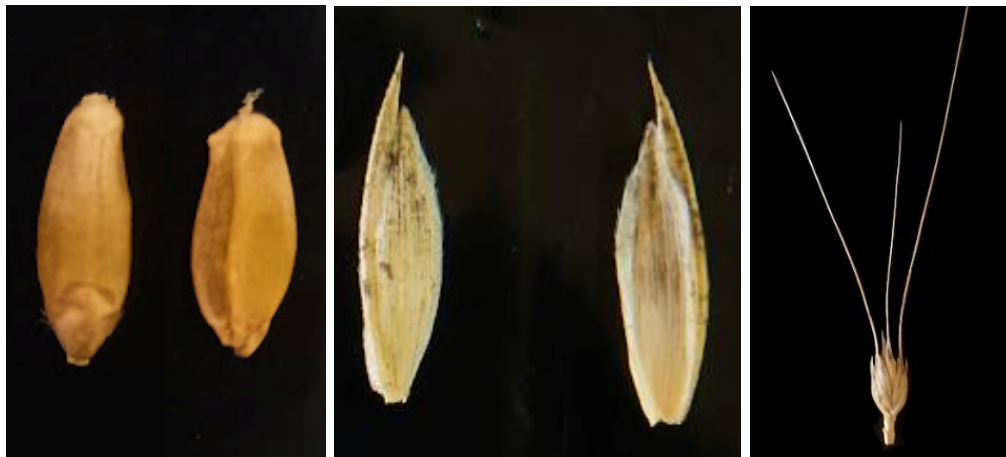


Figure 71. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et l'épillet du génotype El Tayeb (G18).

Tableau 24. Fiche descriptive du génotype Wahbi (G19).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Demi-dressé	3
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Faiblement divergente	3
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Compact	4
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Très long	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Moyenne	2
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancrée	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Fort	7
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Modérément allongé	2
32	Grain : Couleur	Légèrement brun	3
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

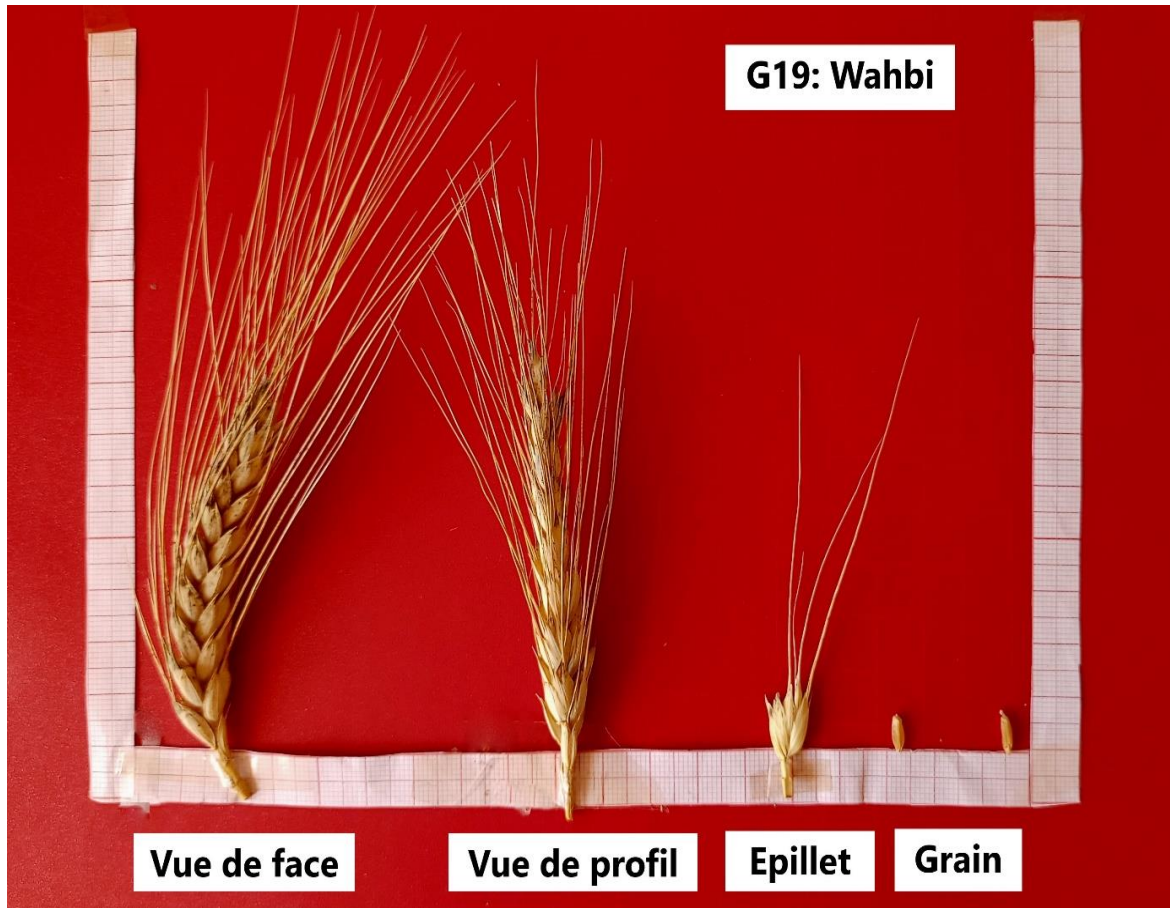


Figure 72. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Wahbi (G19).



Figure 73. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Wahbi (G19).

Tableau 25. Fiche descriptive du génotype Gta/durum69 (G20).

N	Caractère	Expression	Notation
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible	1
2	Plante : Port	Dressé	1
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	Moyenne	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	Très courte	1
5	Épi : glaucescence	Faible	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	Présence	1
7	Épi : Distribution des barbes	Sur toute la longueur	4
8	Épi : Disposition des barbes	Faiblement divergente	3
9	Épi : Pigmentation des barbes	Aucune ou très faible	1
10	Épi : Couleur des barbes	Blanche	1
11	Épi : Longueur des barbes	Courte	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	Plus courtes	1
13	Épi : Densité	Très compact	5
14	Paille : Moelle en section transversale	Peu épaisse	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	Légèrement coloré	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	Pyramidal	1
17	Épi : Longueur d'épi (à l'exclusion des barbes)	Moyenne	5
18	Épi : Longueur du premier article	Moyenne	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	Fort	7
20	Épi : longueur du rachis	Très long	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	Moyenne	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	Moyenne	2
23	Glume inférieure : Forme	Moyennement oblongue	2
24	Glume inférieure : couleur	Blanc jaunâtre	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	Echancrée	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	Très étroit	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	Long	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	Faible	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	Présent	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	Moyen	3
31	Grain : Forme	Fortement allongé	3
32	Grain : Couleur	Jaune blanchâtre	1
33	Plante : type de développement	Type hiver	1

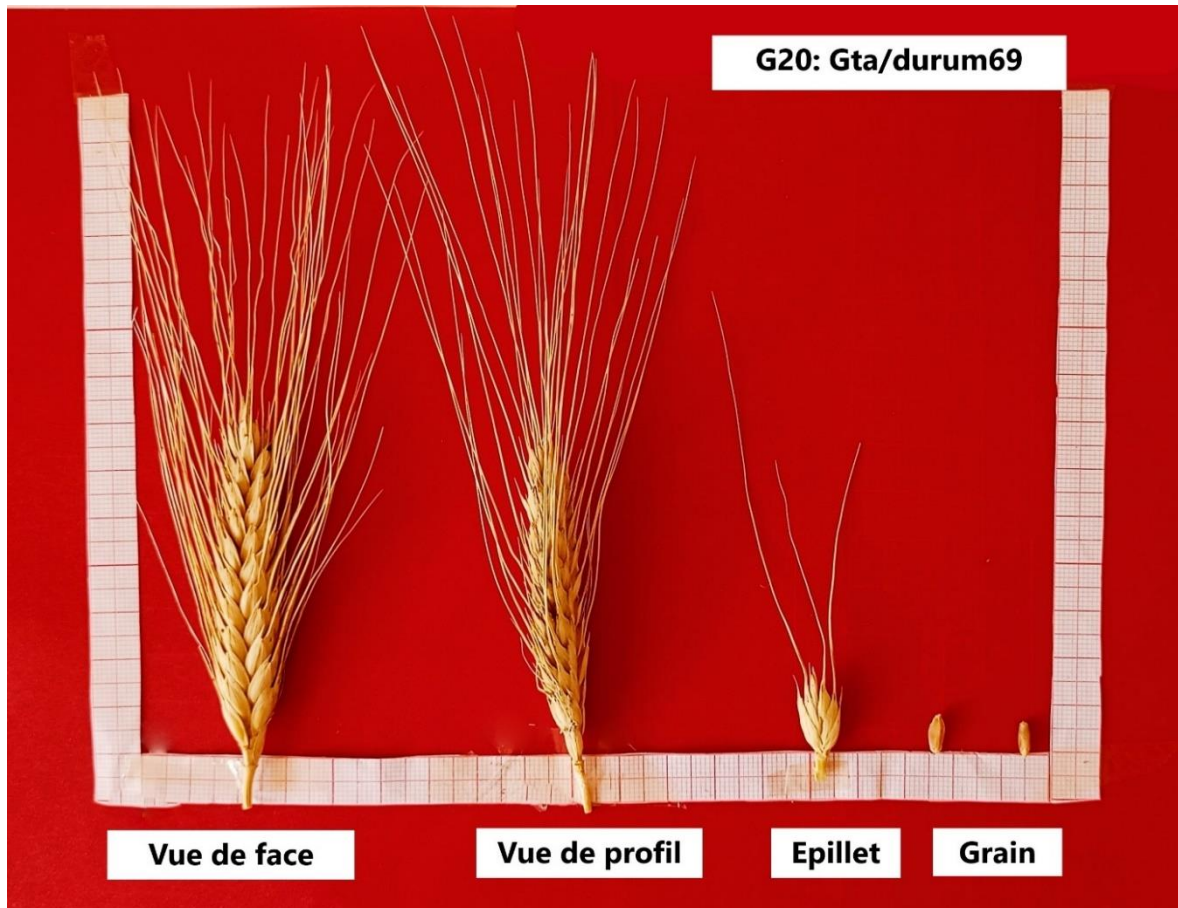


Figure 74. Morphologie de l'épi, l'épillet et la graine du génotype Gta/durum69.



Figure 75. De gauche à droite : Morphologie de la graine, la glume inférieure et le rachis du génotype Gta/durum69.

D'après les résultats obtenus la création des fiches descriptives des 20 variétés étudiées montrent une diversité très importante intra-variétale au niveau de 29 paramètres morphologiques et physiologiques. Alors que parmi les 33 paramètres étudiés il y a quatre paramètres ne montrent pas une variabilité intra-génotypiques : distribution (Sur toute la longueur), couleur (nulle ou très faible) et longueur (courte) des barbes et couleur de la glume inférieure (blanc-jaunâtre) (Tableau 26 récapitulatif des notations des fiches descriptives des 20 génotypes étudiés dans l'annexe 2).

- ***Pigmentation anthocyanique de coléoptile***

La pigmentation anthocyanique de coléoptile montre une variabilité importante entre les génotypes étudiés qui les classes en quatre groupes : pigmentation nulle ou très faible chez neuf variétés avec un pourcentage de 45% pour « Emilio Lepido, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddar, Waha, El Tayyeb, Wahbi et Gta/durum69 », pigmentation faible chez cinq variétés avec un pourcentage de 25% pour « Mimmo, Semito, Bousselam, Numidia et Beni Mestina », pigmentation moyenne chez cinq variétés avec un pourcentage de 25% pour les variétés suivantes « Ancomarzio, Bouhamenna, Cirta, Oued El Bared et Ammar6 », et pigmentation forte pour un seul génotype avec un pourcentage de 5% pour «Ovidio ».

- ***Port de tallage***

Le port de tallage présente une diversité phénotypique importante qui classes les génotypes en quatre groupes qui sont : port dressé pour quatre variétés avec un pourcentage de 20% pour « Ancomarzio, Semito, Cicio et Gta/durum69 » Les variétés à port dressé peuvent permettre une meilleure aération des cultures, port demi dressé pour dix variétés avec un pourcentage de 50% pour les génotypes suivants : «Ovidio, Emilio Lepido, Mimmo, Core, Moulet Eddar, Numidia, Cirta, Ammar6 et Wahbi », Intermédiaire avec un pourcentage de 25% pour les cinq génotypes suivants : « Bousselam, Sigus, Bouhamenna, Waha et El Tayeb », et un port étalé pour un seul génotype « Beni Mestina » avec un pourcentage de 5%, les variétés à port étalé peuvent aider à couvrir le sol plus efficacement pour réduire l'érosion ou la concurrence avec les mauvaises herbes.

Les différents ports de tallage peuvent être adaptés à des environnements spécifiques, offrant des avantages tels que la résistance au vent ou à la sécheresse (**Ghennai et al., 2017**). Cet aspect revêt une importance primordiale pour les sélectionneurs dans le cadre de la sélection variétale en vue de l'amélioration génétique des plantes. Il leur permet de discernement quant au choix des génotypes les plus appropriés, en fonction des caractéristiques phénotypiques relatives au port de tallage. Par ailleurs, cette caractéristique offre une indication préalable sur les variétés les mieux adaptées à divers types de climats, ce qui constitue un élément crucial pour le succès des pratiques agronomiques et la maximisation du rendement des cultures.

- ***Glaucescence du col de l'épi***

La glaucescence du col de l'épi montre une variabilité importante entre les variétés étudiées qui les classes en trois groupes : faible chez trois variétés avec un pourcentage de 15% pour « Ovidio, Emilio Lepido et Bousselam », moyenne chez 15 variétés avec un taux de 75% pour « Ancomarzio, Mimmo, Ciccio, Core, Bousselam, Sigus, Moulet eddar, Numidia,

Bouhamenna, Beni Mestina, Oued El Bared, Waha, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 » et fortement coloré chez les variétés « Simeto et Cirta ».

- *Hauteur des plantes*

D'après les résultats obtenus la hauteur des plantes étudiées varie entre 45.37cm à 63.64cm chez les variétés « Oued El Bared et Simeto », respectivement. On note la présence d'une variabilité phénotypique moyenne qui classe les génotypes selon les caractéristiques d'identification variétale de l'UPOV en deux groupes : très court avec un taux de 90% chez les variétés « Ovidio, Emilio Lepido, Mimmo, Ciccio, Core, Bouselam, Sigus, Moulet eddar, Numidia, Bouhamenna, Cirta, Beni Mestina, Oued el Bared, Waha, Ammar6, El tayeb, Wahbi, Gta/durum69 », et court avec un pourcentage de 10% chez les deux variétés « Ancomarzio et Semito ». Ces résultats obtenus montrent que tous les génotypes étudiés ne présentent pas une bonne tolérance à la sécheresse mais sont considérés plus favorables à la région humide pour minimiser les dégâts de la verse provoqués soit par les pluies ou par les vents.

Ludlow et Muchow (1990), ainsi qu'**Annichiarico et al. (2005)**, ont établi que la longueur de la tige revêt une importance cruciale dans l'adaptation des cultures au stress de la sécheresse en fin de cycle. Les sélectionneurs ont traditionnellement postulé que les variétés de céréales les plus tolérantes à la sécheresse se caractérisaient par une grande taille de paille. Cette corrélation positive entre la hauteur des plantes et leur tolérance à la sécheresse découle de plusieurs mécanismes. Tout d'abord, les génotypes à tige longue présentent une capacité accrue à remplir les grains lors de périodes de sécheresse terminale, grâce à une réserve plus importante d'assimilat stockés dans la tige. Deuxièmement, ces génotypes démontrent une remarquable aptitude à remobiliser ces réserves vers les grains, favorisant ainsi leur développement et leur maturité, même en conditions de stress hydrique (**Annichiarico et al., 2005 ; Bahlouli et al., 2005 ; Belkharchouche et al., 2009**).

La hauteur des plantes est un caractère important pour la sélection du blé, car elle indique la performance de croissance des plantes et affecte les rendements en grains. Les cultivars modernes à haut rendement sont plus courts que les variétés locales. Les facteurs environnementaux, y compris les pratiques jouent également un rôle essentiel dans la formation de la hauteur des plantes. (**Watanabe, 2017**)

- *Glaucescence de l'épi*

La glaucescence de l'épi présente une diversité spécifique qui classe les génotypes en trois groupes : faible chez la moitié des variétés (50%) pour « Ovidio, Ancomarzio, Core, Bouselam, Moulet eddar, Numidia, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 », moyenne chez neuf variétés pour « Ancomarzio, Mimmo, Ciccio, Sigus, Bouhamenna, Cirta, Beni Mestina, Oued El Bared et Ammar6 » et fortement coloré chez la variété « Semito ».

D'après les résultats obtenus on peut considérer que le génotype « Semito » est plus résistante au stress hydrique vue que ça forte glaucescence par rapport aux autres génotypes. **Hakimi (1992)** a identifié la glaucescence comme un trait morphologique crucial pour l'adaptation aux conditions de déficit hydrique. Ce caractère est associé à divers attributs liés à la résistance au stress hydrique, à la tolérance à la chaleur et à un rendement accru dans des

environnements secs (**Würschum et al., 2020**). En réduisant la perméabilité des cuticules, la glaucescence limite la perte d'eau et abaisse la température photosynthétique, tout en réfléchissant le rayonnement à ondes courtes (**Ludlow et Muchow, 1990 ; Gharib et al., 2021**).

- *Présence des barbes ou des arêtes*

Notre recherche montre que tous les génotypes présentent des barbes. En période de déficit hydrique, les barbes jouent un rôle crucial. Leur port dressé et leur proximité avec la graine favorisent une meilleure utilisation de l'eau et une production accrue de matière sèche pendant la phase de remplissage des grains, particulièrement après la sénescence des feuilles étendards (**Gate et al., 1992**).

- *Distribution des barbes*

La distribution des barbes des génotypes étudiées est 100% sur toute la longueur des épis. D'après **Gate et al., (1990-1992)**, Les barbes présentes sur l'épi facilitent la translocation des assimilats stockés au niveau de la graine, ce qui améliore l'efficacité de la photosynthèse.

- *Disposition des barbes*

Tous les génotypes étudiés présentent des barbes avec des dimensions et des notations différentes, qui les classe selon les critères de l'UPOV en quatre groupes principaux : On note que les génotypes « Ovidio, Emilio Lepido, Mimmo, Ciccio, Core, Boussemam, Sigus, Moulet eddar, Numidia, Bouhamenna, Cirta et Beni Mestina » présentent des barbes divergentes avec un taux de 60%, les variétés « Numidia, Ammar6, Wahbi et Gta/durum69 » présentent des barbes moins divergentes avec un pourcentage de 20%, les génotypes « Cirta, Waha et Boussemam » présentent des barbes non divergentes avec un taux de 15%, alors que le génotype « Oued El Bared » montre la présence des barbes très divergentes (5%). Selon **Teresa (2009)**, les génotypes barbus sont recherchés surtout dans les zones où le climat est sec et chaud, alors que les génotypes sans barbes sont prédominants dans les régions tempérées et humides.

- *Pigmentation anthocyanique des barbes*

Tous les génotypes présentent une pigmentation des barbes nulle ou très faible (100%). Selon **Coulomb et al., (2004)**, Les pigmentations anthocyaniques sont des marqueurs de la sénescence, observées notamment par la couleur rouge des feuilles en hiver avant leur chute. De plus, elles peuvent servir d'indicateurs de stress chez les plantes. Lorsqu'une plante est soumise à une agression, telle que le mildiou ou des carences nutritionnelles, elle peut augmenter sa production d'anthocyanes foliaires en réponse au stress environnemental.

- *Couleur des barbes*

La quasi-totalité des génotypes (90%) présentent des barbes de couleurs blanches, alors que la variété « Simeto » présente une couleur moyennement pourpre et la variété « Beni Mestina », présente une couleur pourpre foncé. D'après **Bammoun (1997)** Le rôle précis de la couleur des glumes et des barbes demeure encore largement méconnu, mais il est probable

qu'elle joue un rôle significatif dans la réflectance des rayonnements lumineux et, par conséquent, dans l'utilisation efficace de l'énergie lumineuse par la plante.

- *Longueur des barbes*

La longueur des barbes varie entre 5.11cm chez la variété « Simeto » et 7.76cm chez la variété « Oued El Bared », et selon les critères de l'UPOV tous les génotypes sont considérés comme des variétés à barbes courtes (100%).

Bouzerzour (2004) montre que la présence de longues barbes dans certaines situations est liée à la tolérance au stress hydrique, car les barbes continuent à assurer la photosynthèse bien après la sénescence de la feuille étandard, et sa présence contribue pour plus de 7% à l'augmentation des rendements sous stress hydrique.

- *Longueur des barbes à l'extrémité par rapport à la longueur des épis*

La longueur des barbes à l'extrémité par rapport à la longueur des épis varie entre 11.35cm chez la variété « Simeto » et 14.60cm chez la variété « Oued El Bared ». Ces résultats obtenus montrent l'existence d'une variabilité phénotypique qui arrange les génotypes en trois classes : courte pour 15 variétés avec un pourcentage de 75% (Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzio, Ciccio, Core, Sigus, Moulet eddar, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina, Waha, Ammar6, Bouselam, Wahbi et Gta/durum69) égale pour les trois variétés « Mimmo, Simeto et Bouselam » avec un taux de 15% et longue pour les deux variétés « Cirta et Oued El Bared ».

- *Compacité des épis*

Ce caractère constitue un caractère morphologique important associé au rendement en grains du blé. La compacité des épis chez les variétés étudiées varie entre la valeur de 26.2 pour la variété « Mimmo » et la valeur de 35.8 pour la variété « Ammar 6 ». Ces résultats montrent l'existence d'une diversité un peu importante qui répartie les génotypes en deux groupes : compacité très dense avec un taux de 60%, chez les génotypes suivants : « Ancomarzio, Simeto, Ciccio, Core, Bouselam, Sigus, Moulet Eddar, Bouhamenna, Oued El Bared, Waha, Ammar6 et Gta/durum69 » et compacité dense avec un taux de 40% chez les variétés suivantes : « Ovidio, Emilio Lepido, Mimmo, Numidia, Cirta, Beni Mestina, El tayeb et Wahbi ». Ce caractère est lié à l'importance des espacements entre les épillets et la longueur des articles. D'après les résultats obtenus tous les génotypes étudiés montrent une source génétique d'adaptation au gel vu leur densité très compacte et compact des épis. Il est largement reconnu dans le domaine scientifique que la productivité optimale du rendement est étroitement liée à la densité adéquate de l'épi (**Boudour, 2006**). Ces dernières années, les sélectionneurs ont sélectionné des variétés de blé avec des épis plus longs et plus compacts car c'était un moyen réalisable d'augmenter le nombre de grains par épi et donc d'améliorer le rendement en grains (**Liu et al., 2020**).

- *Section de la paille*

La majorité des génotypes étudiés « Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzio, Core, Bouselam, Sigus, Moulet Eddar, Cirta, Beni Mestina, Oued EL Bared et Waha » présentent

une tige moyennement épaisse avec un taux de 55%, alors que 40% des génotypes ont une tige creuse « Mimmo, Simeto, Numidia, Bouhamema, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 » et le génotype « Ciccio » ayant une tige épaisse (5%). D'après ces résultats obtenus on peut conclure que la majorité des génotypes étudiés présentent une bonne résistance à la verse sauf les génotypes « Mimmo, Simeto, Numidia, Bouhamema, Ammar6, El Tayeb, Wahbi and Gta/durum69 » qui possèdent une tige creuse et peuvent présenter une sensibilité à la verse, car selon **Maamouri et al. (1988)**, la rigidité de la tige peut être à l'origine de la résistance à la verse.

- **Couleur des épis**

Parmi les 20 variétés étudiées, on trouve 14 variétés avec un taux de 70% (Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Bousselam, Beni Mestina, Waha, Amma6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69) présentent des épis légèrement colorés, et cinq variétés (25%) présentent des épis blanches (Sigus, Moulet eddar, Numidia, Bouhamenna et Oued El Bared.), alors que la variété « Cirta » présente une couleur foncée.

Selon **Teresa (2009)**, les cultivars issus de régions bénéficiant d'une forte densité lumineuse ont une tendance à développer des pointes de couleur au niveau de l'épi.

- **Forme des épis**

D'après les résultats obtenus, on note que 12 génotypes présentent des épis avec une forme pyramidal (60%) qui sont : « Ovidio, Emilio Lepido, Mimmo, Cirta, Beni Mestina, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 », et six variétés (30%) présentent des épis fusiforme « Ciccio, Core, Bousselam, Bouhamenna et Ammar6 », et deux variétés ayant une forme en demi-massue « Ancomarzio et Ammar 6 ».

- **Longueur des épis**

Selon les critères de l'UPOV la longueur des épis de tous les génotypes est moyenne qui varie entre 5.95 cm chez la variété « Semito » et 7.65cm chez la variété « Wahbi ».

D'après **Blum (1985)** et **Monneveux et This (1995)**, l'épi joue un rôle important dans la photosynthèse et la transpiration et considéré comme un facteur déterminant dans la tolérance au stress hydrique. **Djekoune et al. (2002)**, montrent aussi que la longueur importante de l'épi est un paramètre prédictif d'un indice de récolte et du potentiel de rendement élevé.

- **Longueur du 1^{er} article**

La longueur du 1^{er} article présente une diversité importante qui classe les génotypes en trois classes : médium chez 10 variétés avec un taux de 50% (Ciccio, Bousselam, Moulet eddar, Numidia, Oued El Bared, Waha, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69), longue chez sept variétés avec un taux de 35% (Mimmo, Semito, Core, Sigus, Bouhamenna, Cirta et Beni Mestina) et très longue chez les trois variétés suivantes : « Ovidio, Emilio Lepido et Ancomarzio » avec un pourcentage de 15%.

- *Pilosité du rachis*

La présence d'une pilosité aux bords latéraux du premier article du rachis présente une diversité phénotypique de quatre classe : faible chez cinq variétés avec un taux de 25% (Mimmo, Semito, Core, Numidia et Bouhamenna), moyenne chez une seule variété de « Ancomarzio », forte chez 12 variétés avec un pourcentage de 60% (Ovidio, Emilio Lepido, Ciccio, Bousselam, Sigus, Moulet eddar, Cirta, Beni Mestina, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69) et très forte chez deux génotypes de « Oued El Bared et Waha ». Selon **Boudour (2006)**, la forte pilosité du rachis est un critère d'adaptation au déficit hydrique. Alors on peut conclure que les génotypes ayant une forte et très forte pilosité du rachis sont considérés comme des variétés résistantes au stress hydrique.

- *Longueur du rachis*

La longueur du rachis varie entre 5.23 cm pour la variété « Semito » et 6.75 cm pour le génotype « Emilio Lepido ». Ces résultats obtenus montrent la présence d'une diversité phénotypique forte qui classe les génotypes en quatre classes : Courte avec 5% chez le génotype « Simeto », médium avec 55% chez 11 génotypes : « Sigus, Ancomarzio, Moulet eddar, Bousselam, Ciccio, Oued El Bared, Ovidio, Ammar6, Core, Cirta et Bouhamenna, » et longue avec 10% chez « El Tayeb et Waha » et très longue avec un taux de 30% chez les génotypes « Emilio Lepido, Beni Mestina, Gta/durum69, Wahbi, Numidia et Mimmo ».

- *Nombre d'épillets par épi*

Le nombre d'épillets par épi varie entre 15.7 épillets par épi pour la variété « Cirta » et 20.1 épillets par épi pour le génotype « Ammar6 ». Ces résultats obtenus montrent une variabilité phénotypique de deux classes : Faible avec 10% chez deux génotypes « Cita et Semito », Moyenne avec 90% chez les 18 génotypes restés. Le rendement en grains par plante peut être amélioré en sélectionnant des génotypes avec plus d'épillets par épi (**Ashfaq et al., 2003**).

Une des études menées par (**Shaheen et al., 2019**) a démontré qu'il existe des différences dans le nombre d'épillets sur chaque épi en raison de la différence de génotype du blé. Il a également été constaté que le nombre de talles par plante influençait le nombre d'épillets sur chaque épi, tandis que les plantes avec moins de talles et d'épillets par épi présentaient un poids de grain plus élevé grâce à une meilleure assimilation des nutriments et un meilleur remplissage des grains (**Xu et al., 2015 ; Bheemanahalli et al., 2019**).

- *Nombre de grain par épillets*

Selon les critères de **IBPGR (1985-2009)**, on note que trois génotypes présentent de nombre de grain par épillets moyen (15%) qui sont : Mimmo, Gta/durum avec 2.01 grain/épillets et Wahbi avec 2.05 grains par épillets. Alors que le reste de génotypes 85% présentent un nombre de grain par épillets faible.

- *Forme de la glume inférieure*

La glume de l'épi présente une forme moyennement oblongue pour 80% chez 16 variétés qui sont : « Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Semito, Moulet Eddar, Bouhamenna, Cirta, Beni Mestina, Oued El Bared, Ammar6, El Tayeb ; Wahbi et Gta/durum69 », une forme oblongue étroite avec 15% chez trois génotypes : « Core, Bousselam et Sigus » et une forme ovoïde chez « Ciccio ».

- *Couleur de la glume inférieure*

Tous les génotypes étudiés montrent une couleur de la glume inférieure blanche jaunâtre. D'après **Blum (1985)**, quand la dernière feuille devient sénescence, les derniers organes chlorophylliens (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans la formation du grain.

- *Forme de la troncature de la glume inférieure*

La forme de la troncature de la glume est très variable avec la présence de quatre classes réparties comme suit : inclinée avec 35% chez 7 variétés (Ovidio, Mimmo, Semito, Ciccio, Sigus et Oued El Bared), échancrée avec 35% chez 7 variétés (Emilio Lepido, Moulet Eddar, Waha, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69), arrondie avec 5% chez la variété « Bouhamenna » et droite avec 25% chez cinq variétés (Ancomarzio, Bousselam, Numidia, Cirta et Beni Mestina).

- *Largeur de la troncature de la glume inférieure*

La largeur de la troncature de la glume inférieure présente une diversité importante avec la présence de 3 classes phénotypiques : très étroite avec 45% chez neuf variétés « Ovidio, Sigus, Moulet eddar, Beni Mestina, Oued El Bared, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 », étroite avec 45% chez neuf variétés « Emilio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Bouhamenna, Cirta et Waha » et large avec 10% chez « Bousselam et Numidia ».

- *Longueur du bec de la glume inférieure*

La longueur du bec de la glume est longue chez les 12 génotypes suivants (60%) : « Ancomarzio, Mimmo, Core, Bousselam, Sigus, Moulat eddar, Numidia, Oued El Bared, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 », et moyenne chez les 8 génotypes suivants (40%) : « Ovidio, Emilio Lepido, Semito, Ciccio, Bouhamenna, Cirta, Beni Mestina et Waha ».

- *Courbure du bec de la glume inférieure*

La courbure du bec de la glume inférieure montre une diversité importante qui classe les génotypes en quatre groupes : groupe sans courbure chez 11 génotypes avec un taux de 55% « Emilio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Semito, Ciccio, Bousselam, Sigus, Bouhamenna et Waha », groupe de faible courbure chez cinq variétés avec un taux de 25% « Ovidio, Moulet Eddar, Numidia, Cirta et Gta /durum69 », groupe de courbure moyenne avec un taux de 15% chez « Core, Ammar 6 et El Tayeb » et groupe avec forte courbure chez le génotype « Wahbi ».

- *Pilosité externe de la glume inférieure*

Pour la pilosité de la glume inférieure, on note que 60% des génotypes ne possèdent pas une pilosité externe, comme : « Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet eddar, Numida et Cirta », alors que le reste des variétés (40%) présentent une pilosité « Ovidio, Emilio Lepido, Bousselam, Bouhamenna, Beni Mestina, Oued El Bared, Waha, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 ». Sachant que la pilosité des glumes est un caractère monogénique dominant (**Mc Intoch, 1988**), la dominance des glumes glabres suggère ainsi la présence d'une sélection désavantageuse liée à ce gène. Le rôle de la pilosité des glumes dans l'adaptation du blé n'est pas bien élucidé, mais certains auteurs ont rapporté son association à la résistance contre les insectes et les ravageurs (**Negassa, 1986 ; Warham, 1988**), alors que d'autres sont considérés ce paramètre comme un critère d'adaptation au déficit hydrique (**Boudour, 2006**).

- *Longueur des poils du grain*

La longueur des poils du grain montre une diversité importante qui répartie les génotypes en trois classe : classe de courte poils avec un taux de 20% chez les variétés « Simeto, Ciccio, Core et Sigus », classe de moyenne poils avec un taux de 50% chez 10 variétés « Mimmo, Bousselam, Moulet Eddar, Numidia, Cirta, Beni Mestina, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 » et classe de longue poils avec un taux de 30% chez les variétés « Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzio, Bouhamenna, Oued El Bared et Ammar6 ».

- *Forme du grain*

Concernant la forme du grain les variétés étudiées présentent une variabilité importante avec la présence de trois classe : classe moyennement allongé chez 13 génotypes avec 65% (Emilio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Ciccio, Bousselam, Sigus, Moulet eddar, Numidia, Cirta, Waha, Ammar6, El Tayeb et Wahbi), classe fortement allongé chez cinq variétés avec 25% (Ovidio, Bousselam, Bouhamenna, Beni Mestina et Oued El Bared) et une classe légèrement allongée chez deux variétés avec 10% « Simeto et Core ». Les dimensions et la forme des grains sont des facteurs importants qui affectent le poids de mille grains et le rendement en grains des cultures (**Arriagada et al., 2020 ; Sun et al., 2020 ; Suchowilska et al., 2022**). Les grains de forme sphérique large sont préférés en raison de leur valeur de broyage plus élevée. Au contraire, les noyaux allongés sont pas une caractéristique hautement recherchée dans l'industrie meunière (**Marzario et al., 2023**).

- *Couleur du grain*

La couleur du grain montre une diversité importante avec la présence de trois groupes : groupe de couleur jaune orangé chez 12 génotypes (60%) « Ovidio, Emilio Lepido, Ancomarzion, Mimmo, Ciccio, Bousselam, Sigus, Moulet eddar, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina et Ammar6 », groupe de couleur légèrement brun chez cinq variétés (25%) « Semito, Cirta, Waha, El Tayeb et Wahbi » et groupe de couleur jaune blanchâtre chez trois génotypes (15%) : « Core, Oued El Bared et Gta /durum69 ». Il semble que la couleur jaune de blé est un indicateur d'un taux élevé de protéines.

- *Type de développement de la plante*

Selon les normes de UPOV, on note 10% des variétés étudiées ont un type de développement alternatif « Emelio Lepido et Mimmo ». Alors que 90% des géotypes présentent un type de développement hivernal.

II.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver

La valeur moyenne de l'indice de diversité relative (H' moyen) de tous les géotypes étudiés est d'environ 0.48 (Tableau 27), ce qui reflète la grande diversité morphologique des épis dans cette étude. Cette diversité est proche de celle obtenue par **Belhadj et al. (2015)** sur les populations autochtones du sud de la Tunisie avec un indice de 0.51 et celle d'**Al Khanjari et al. (2008)**, au sein d'une population autochtone de blé dur d'Oman avec un indice de 0.52.

La grande diversité de la collection étudiée est principalement due à la présence de plusieurs caractères polymorphes. En particulier, la forme de la troncature de la glume inférieure ($H'=1$), la courbure du bec de la glume inférieure ($H'=0.9$), la longueur du rachis de l'épi ($H'=0.87$), la disposition des barbes ($H'=0.86$), la longueur des poils de la brosse de grain ($H'=0.84$), la pilosité du premier article du rachis de l'épi ($H'=0.84$) et la longueur du premier article de l'épi ($H'=0.81$), étaient les caractères les plus diversifiés (Tableau 27).

Les résultats obtenus ne correspondent pas aux travaux de **Belhadj et al. (2015)**, qui ont conclu que la forme de la troncature de la glume inférieure ($H'=0.58$) et la courbure du bec de la glume inférieure ($H'=0.53$) sont des caractères modérément polymorphes. Ces mêmes auteurs démontrent que la pilosité du premier article du rachis de l'épi ($H'=0.19$) est le caractère présentant le plus faible niveau de polymorphisme, alors que dans notre étude la pilosité du premier article du rachis de l'épi ($H'=0.84$). En revanche, le caractère de la longueur des poils de la brosse de grain ($H'=0.80$) est le seul caractère qui présente une diversité importante et pratiquement équivalente à nos résultats obtenus.

De plus, d'autres caractéristiques étudiées ont été principalement représentées par une classe de diversité phénotypique significative variant d'une valeur de $H'=0.77$ à $H'=0.50$ (Tableau 27). En ce qui concerne les caractéristiques des épis, les géotypes étudiés montrent une dominance pour : la forme pyramidale ($H'=0.73$), la faible glaucescence ($H'=0.69$), la couleur légèrement colorée ($H'=0.61$), la courte longueur des épis sans arêtes ($H'=0.59$), la glaucescence moyenne du col de l'épi ($H'=0.69$) et la compacité ou densité très dense des épis ($H'=0.55$). Les caractéristiques dominantes liées aux glumes inférieures sont la largeur très étroite et étroite de troncature ($H'=0.77$), la présence de pilosité sur la surface externe ($H'=0.55$), la longueur longue du bec ($H'=0.55$) et la forme modérément oblongue ($H'=0.50$) (Tableau 27). Les études menées sur le blé du sud de la Tunisie par **Belhadj et al. (2015)** et sur le blé éthiopien par **Bechere et al. (1996)** ont montré que le caractère de la compacité des épis est le moins polymorphe avec une diversité de $H'=0.33$ et 0.24, respectivement. De plus, **Othmani et al. (2015)** et **Zarkti et al., (2012)** ont rapporté que la forme pyramidale des épis est la plus abondante dans les collections tunisiennes et marocaines de blé dur. En étudiant la diversité des populations de blé dur éthiopien, **Tesemma et al. (1991)** ont observé un monomorphisme

des glumes sans pilosité, tandis qu'**Al Khanjari et al. (2008)** ont remarqué une fréquence plus élevée de glumes poilues dans la collection.

En ce qui concerne les caractères liés aux grains, les génotypes demandés ont montré une dominance pour la forme modérément allongée, une dominance moyenne pour fortement allongée et une faible dominance pour légèrement allongée avec $H'=0.70$. La couleur des grains des variétés étudiées présente une forte dominance de la couleur orange jaunâtre, une dominance moyenne de la couleur légèrement brune et une faible dominance de la couleur jaune blanchâtre avec $H'=0.76$ (Tableau 27).

Ces résultats concordent avec les travaux réalisés par **Belhadj et al. (2015)** et **Bechere et al. (1996)**, qui ont conclu que la forme du grain est le caractère le plus polymorphe avec $H'=0.98$ dans les blés du sud de la Tunisie et $H'=0.96$ dans les blés durs éthiopiens, respectivement. **Al Khanjari et al. (2008)** ont trouvé que les grains brun rougeâtre étaient les plus fréquents dans la collection d'Oman, tandis que **Bechere et al. (1996)** ont noté la présence de toutes les classes phénotypiques dans une collection de blé dur éthiopien, allant de la couleur jaune à la couleur violette. La prédominance de ces couleurs pourrait dépendre de l'utilisation ultérieure de ces blés. Cela a également été expliqué par **Demissie et Bjornstad (1996)** et **Whan et al. (2014)** qui ont remarqué l'existence d'une association étroite entre la couleur des grains de blé et d'orge et la consommation humaine.

En ce qui concerne les caractères monomorphes de notre série étudiée, ils se retrouvent dans : la présence, la distribution, la pigmentation et la longueur des barbes, la longueur des épis sans barbes, et la couleur de la glume inférieure avec un indice $H'=0$ (Tableau 27). Cette différence de résultats peut s'expliquer par l'expression des caractéristiques héréditaires en fonction de la nature des gènes et de l'environnement d'étude.

Tableau 27. L'indice relatif de diversité et la variation dans la fréquence des classes des différents caractères des 20 génotypes étudiés.

Caractère	H	H'	Classe	Fréquence	%
Coléoptile : Pigmentation anthocyanique	0.29	0.24	Nulle ou très faible	9	45
			Faible	5	25
			Moyenne	4	20
			Forte	1	5
Plante: Port	0.30	0.24	Dressé	4	20
			Demi-dressé	10	50
			Intermédiaire	5	25
			Demi-étalé	1	5
Tige : Glaucescence du col de l'épi	0.73	0.59	Faible	3	15
			Moyenne	15	75
			Fortement coloré	2	10
Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	0.33	0.26	Très courte	18	90
			Courte	2	10
Paille : Moelle en section transversale	0.85	0.69	Peu épaisse	8	40
			Moyenne	11	55
			Épaisse	1	5
Épi : Présence ou absence des barbes	0	0	Présence	20	100
Épi : Distribution des barbes	0	0	Sur toute la longueur	20	100

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Épi : Disposition des barbes	1.06	0.86	Très divergentes	1	5
			Divergentes	12	60
			Faiblement divergentes	4	20
			Non divergentes	3	15
Épi : Pigmentation des barbes	0	0	Aucun ou très faible	20	100
Épi : Couleur des barbes	0.39	0.32	Blanche	18	90
			Violet moyen	1	5
			Violet foncé	1	5
Épi : Longueur des barbes	0	0	Courtes	20	100
Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	0.73	0.59	Plus courte	15	75
			Égale	3	15
			Plus longue	2	10
Épi : Densité	0.67	0.55	Dense	12	60
			Très dense	8	40
Épi : Couleur	0.75	0.61	Légèrement coloré	14	70
			Blanche	5	25
			Fortement coloré	1	5
Épi : Forme dans la vue de profil	0.9	0.73	Pyramidal	12	60
			Semi clavate	2	10
			Fusiforme	6	30
Épi : Longueur de l'épi	0	0	Moyenne	20	100
Épi : Longueur du premier article	0.99	0.81	Moyenne	10	50
			Long	7	35
			Très long	3	15
Épi : Glaucescence	0.73	0.59	Faible	10	50
			Moyenne	9	45
			Fortement coloré	1	5
Épi : Pilosité du bord du premier article	1.03	0.84	Faible	5	25
			Moyenne	1	5
			Forte	12	60
			Très forte	2	10
Épi : Longueur du rachis	1.07	0.87	Court	1	5
			Moyen	11	55
			Long	2	10
			Très long	6	30
Épi : Nombre d'épillets par épi	0.16	0.13	Faible	2	10
			Moyen	18	90
Epi : Nombre de grain par épillets	0.21	0.17	Faible	17	85
			Moyen	3	15
Glume inférieur : Forme	0.61	0.5	Ovoïde	1	5
			Moyennement oblongue	16	80
			Narrow oblongue	3	15
Glume inférieur : Couleur	0	0	Blanc jaunâtre	20	100
Glume inférieur : Forme de la troncature	1.23	1	Inclinée	7	35
			Arrondie	1	5
			Droit	5	25
			Echancrée	7	35
Glume inférieur : Largeur de la troncature	0.95	0.77	Très étroit	9	45
			Étroit	9	45
			Large	2	10
Glume inférieur : Longueur du bec	0.67	0.55	Moyen	8	40

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

			Long	12	60
Glume inférieur : Courbure du bec	1.11	0.9	Absent	11	55
			Faible	5	25
			Modéré	3	15
			Fort	1	5
Glume inférieur : Pilosité de la surface externe	0.67	0.55	Absent	8	40
			Présent	12	60
Grain : Longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	1.03	0.84	Court	4	20
			Moyenne	10	50
			Long	6	30
Grain : Forme	0.86	0.7	Légèrement allongé	2	10
			Modérément allongé	13	65
			Fortement allongé	5	25
Grain : Couleur	0.94	0.76	Jaune blanchâtre	3	15
			Jaune orange	12	60
			Légèrement brun	5	25
Plante : Type de développement	0.16	0.13	Hiver	18	90
			Alternative	2	10
H' Moyen	/	0.48	/	/	/

II.3. Étude des paramètres morpho-physiologiques

II.3.1. Faculté germinative

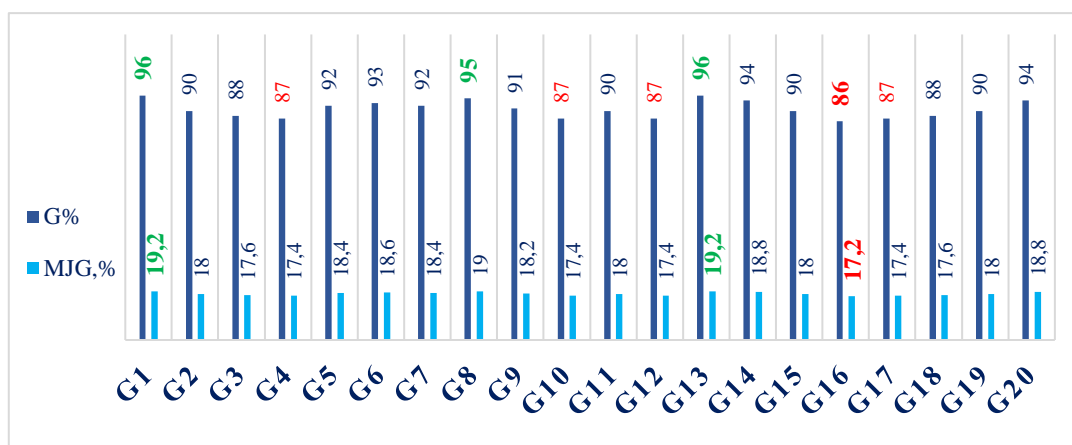


Figure 76. Faculté germinative (G%) et la moyenne journalière de la germination des 20 génotypes de blé dur (MJG%).

Ces résultats mettent en évidence des variations relatives dans la faculté germinative des différents génotypes étudiés. Les génotypes Ovidio, Cirta et Bousselam ont affiché des niveaux de germination particulièrement élevés, avec des pourcentages atteignant 96% pour Ovidio et Cirta, et 95% pour Bousselam (Figure 76). Cela suggère que ces variétés ont une capacité remarquable à germer et à produire des plantules viables dans des conditions optimales. Ces résultats soulignent l'importance de sélectionner et de favoriser les variétés présentant une forte faculté germinative pour assurer un établissement optimal des cultures et une productivité agricole satisfaisante (Les résultats de la faculté germinative sont répertoriés dans le tableau 28.1 de l'annexe 3).

Ce test constitue en soi un test de viabilité (durée requise selon les normes **ISTA, 1978**), Alors qu'après 5 jours, les résultats, quelque peu similaires et élevés en tous cas, reflètent une bonne vigueur des semences des plupart de variétés. Le nombre de graines qui germent en conditions normalisées dans un temps donné. Elle est de 85% pour toutes les générations des céréales (**ITGC, 2008**). Ceci prouve que les génotypes mis en expérimentation ont une bonne santé physiologique, traduite par une viabilité et une vigueur appréciable et importante. Il est à noter que la viabilité des graines est influencée par divers facteurs, notamment, les conditions de germination, les conditions de conservation et l'héritabilité génétique (**Bewley et Black, 2012**). Cependant, d'autres facteurs externes comme les attaques d'insectes, les maladies ou les dommages mécaniques peuvent également avoir un impact sur la viabilité des graines. (**Robert, 1972**).

II.3.2. Cinétique de germination

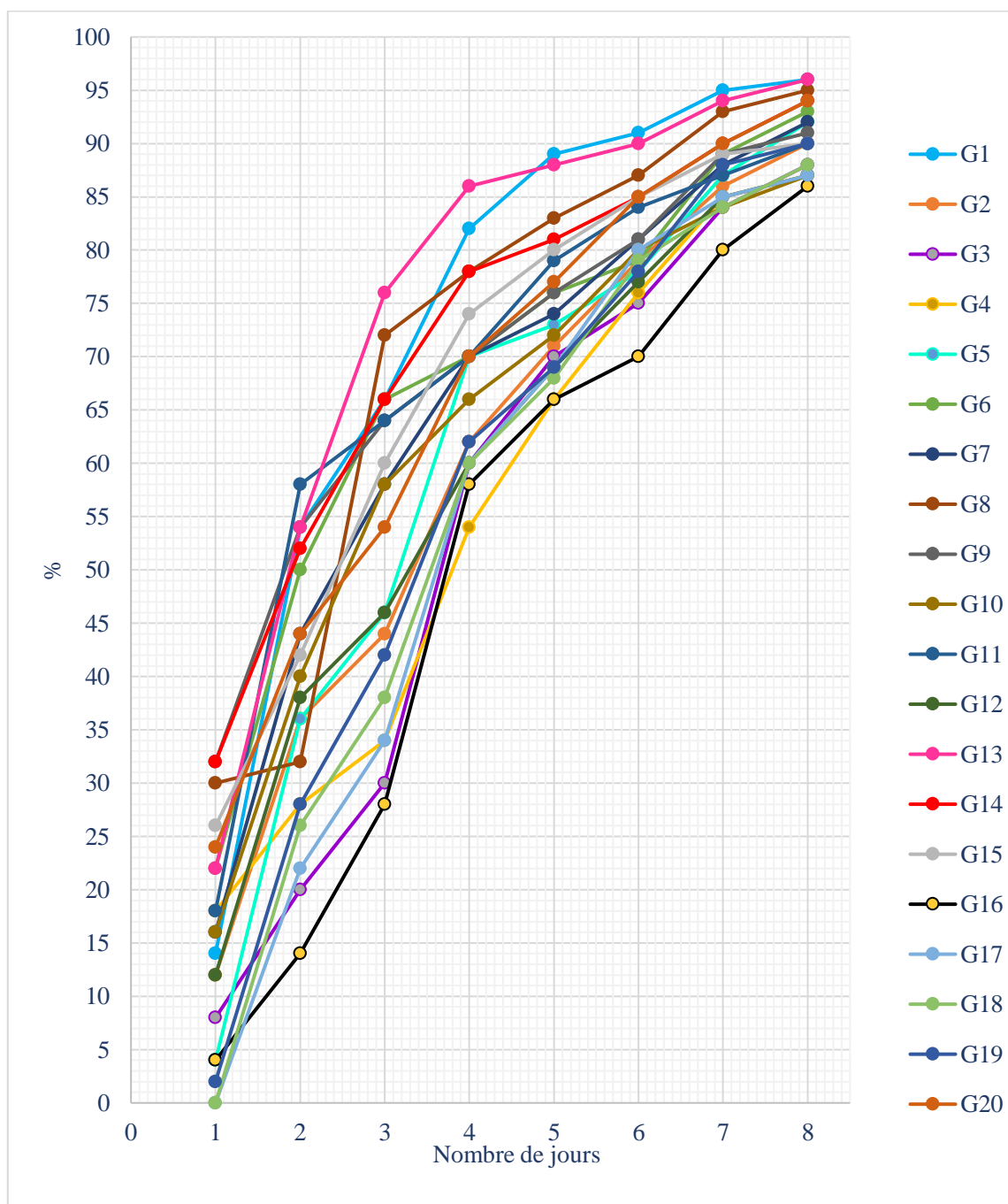


Figure 77. Evolution de la germination des 20 variétés de blé dur étudiés.

La figure 77 présente l'évolution de la germination des 20 variétés de blé dur en fonction du temps (8 jours) (Les résultats de la cinétique de germinative sont répertoriés dans le tableau 28.2 de l'annexe 3). Les courbes de germination permettent de distinguer trois phases distinctes:

- **La première phase** : appelée *phase de latence*, est nécessaire pour l'initiation des premières germinations. Pendant cette phase, le taux de germination reste faible et la durée de cette phase peut varier selon la variété, pouvant aller jusqu'à 4 jours. Cette phase, également connue sous le nom de phase d'imprégnation, est caractérisée par une forte absorption d'eau

par les tissus de la graine, accompagnée d'une augmentation de l'activité respiratoire (Heller *et al.*, 2004).

- **La deuxième phase** : sensiblement linéaire, est appelée **phase de germination** proprement dite. Pendant cette phase, le taux de germination augmente rapidement de manière proportionnelle au temps. Cette phase est relativement courte et pendant cette période, la graine peut être réversiblement hydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité (Heller *et al.*, 2004).
- **La troisième phase** : correspond à un plateau qui représente le pourcentage final de germination et traduit la capacité germinative de chaque variété. Il est noté que cette capacité germinative diminue pour toutes les variétés étudiées, bien que cela puisse varier selon le génotype.

Ces phases de germination permettent de mieux comprendre le processus de germination des graines et peuvent être utilisées pour évaluer la qualité des semences ainsi que la performance des variétés dans des conditions spécifiques de culture.

II.3.3. Cinétique de croissance des graines

La figure 78 représente le courbe de cinétique de croissance des génotypes étudiés (Les résultats sont répertoriés dans le tableau 28.3 de l'annexe 3). Selon les résultats, les longueurs maximales des coléoptiles sont respectivement de l'ordre de 16.3 cm, 16.24 et 13.97cm pour les génotypes « Gta/durum69, Beni Mestina et Wahbi », respectivement. Alors que les variétés qui ont les valeurs minimales de la longueur de coléoptiles sont de l'ordre de 7.18cm, 7.22cm, 7.97cm et 7.96cm pour les génotypes « Mimmo, Numidia, Emelio Lepido et Bouhamenna », respectivement.

La mesure de la longueur de la coléoptile chez le blé dur est souvent utilisée comme indicateur de la vigueur de la graine et de la capacité de la jeune pousse à percer le sol lors de la germination. Les coléoptiles les plus longs peuvent indiquer une meilleure capacité de croissance la plante.

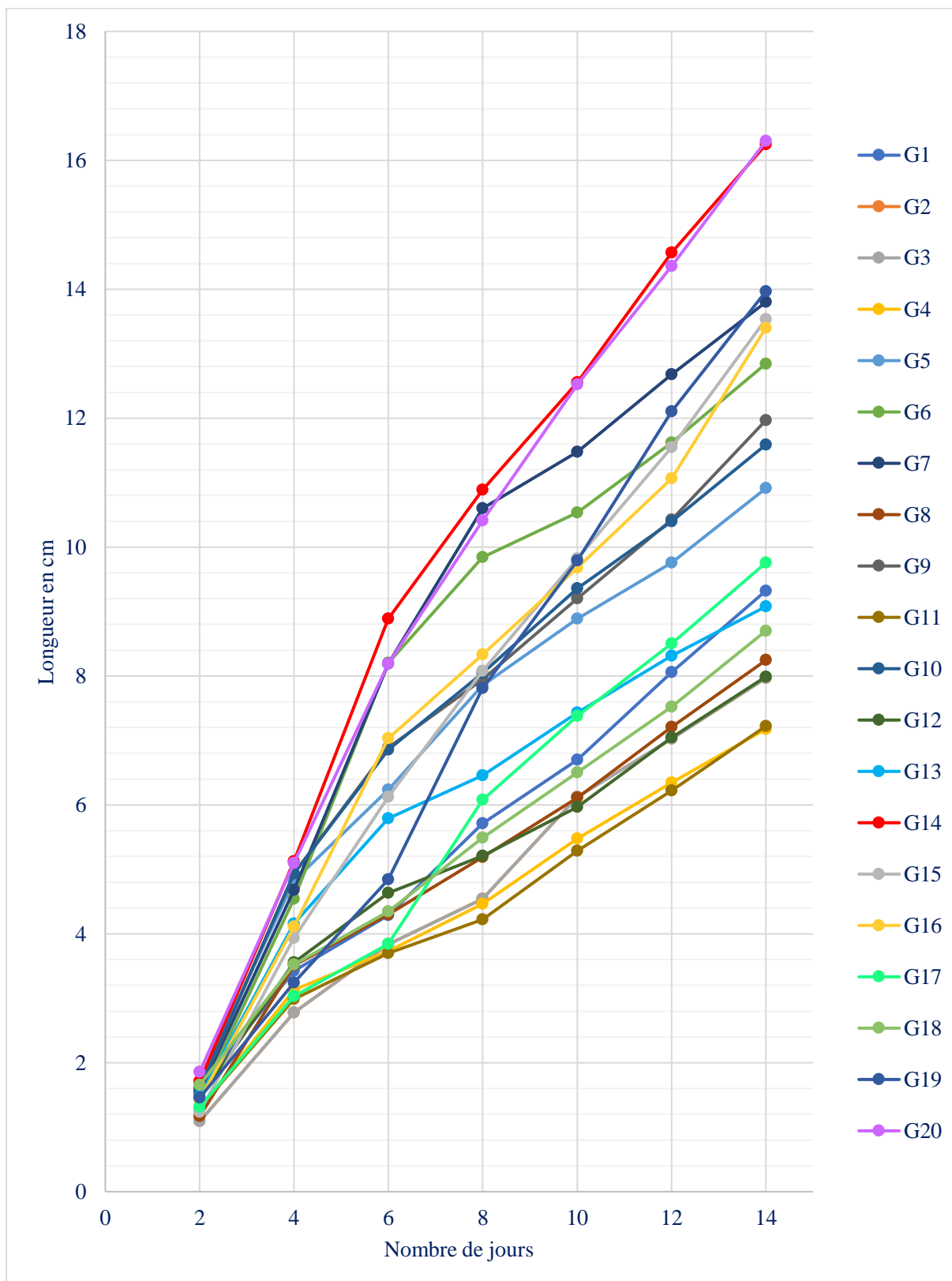


Figure 78. Cinétique de croissance des 20 génotypes de blé dur étudiés.

II.3.4. Test de froid des graines

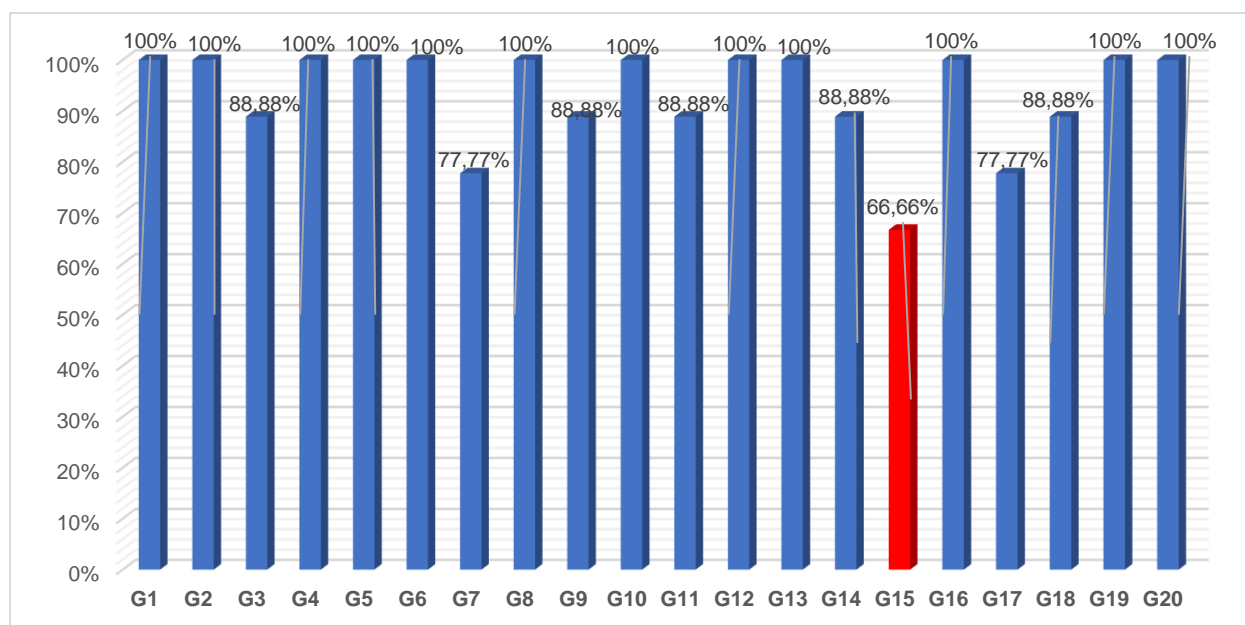


Figure 79. Le pourcentage de germination après le test de froid.

La Figure 79 illustre les résultats du test de germination après exposition au froid (Les résultats sont répertoriés dans le tableau 28.4 de l'annexe 3). On observe que le génotype Oued El Bared présente le taux de germination le plus bas, à seulement 67 %, par rapport aux autres génotypes testés. En revanche, les génotypes Core et Ammar6 affichent des taux de germination légèrement plus élevés, à 78 %. Les génotypes Ancomarzio, Sigus, Beni Mestina et El Tayeb présentent des taux de germination plus élevés, à 88 %, tandis que les autres génotypes atteignent un taux de germination de 100 %. Ces résultats suggèrent que certains génotypes sont plus résilients au froid que d'autres, ce qui peut avoir des implications importantes pour la sélection et la culture des variétés de blé dur.

Le concept de vigueur est couramment utilisé pour décrire l'état physiologique des graines qui détermine leur aptitude à germer rapidement dans le sol et à supporter divers facteurs environnementaux (Douib, 2012).

II.3.5. Teneur relative en eau des graines (TREG)

Les résultats de la teneur relative en eau des grains, illustrés dans le tableau 29, révèlent une variation significative entre les différentes variétés examinées. Les pourcentages les plus élevés sont enregistrés chez Waha (15.5 %), Ammar6 (14.54 %) et Gta/durum69 (14.38 %), tandis que les valeurs les plus basses sont observées chez Moulet Eddar (8.66 %), El Tayeb (8.74 %), Ciccio (8.76 %) et Emilio Lepido (8.9 %). Les autres variétés présentent des taux de teneur en eau des graines compris entre (9.76 %) et (13.66 %) pour Numidia et Wahbi, respectivement. Cette variation reflète la diversité génétique des variétés de blé dur et peut influencer leur tolérance au stress hydrique ainsi que leurs caractéristiques de qualité (Smith et al., 2020 ; Jones et al., 2021). Il est crucial que cette teneur en eau reste en dessous de 16%,

comme établi par **Chégut et al. (2018)**. Cette mesure revêt une importance pour évaluer l'adéquation des produits à être conservés sur le long terme (**Raiffaud, 2001**).

Tableau 29. Teneur relative en eau des grains (TREG) et des feuilles (TREF) des 20 géotypes de blé dur étudiés.

Géotype	Teneur relative en eau des grains			Teneur relative en eau des feuilles			
	m (g)	m1(g)	TREG (%)	PF	PT	PS	TREF (%)
G1	5	4.444	11.12	0.215	0.335	0.057	56.835
G2	5	4.555	8.9	0.156	0.242	0.032	59.048
G3	5	4.517	9.66	0.145	0.194	0.035	69.182
G4	5	4.494	10.12	0.139	0.172	0.052	72.5
G5	5	4.478	10.44	0.123	0.182	0.045	56.934
G6	5	4.562	8.76	0.131	0.157	0.031	79.365
G7	5	4.494	10.12	0.141	0.192	0.035	67.516
G8	5	4.416	11.68	0.113	0.143	0.024	74.790
G9	5	4.389	12.22	0.141	0.166	0.026	82.143
G10	5	4.567	8.66	0.11	0.129	0.031	80.612
G11	5	4.512	9.76	0.159	0.191	0.037	79.221
G12	5	4.454	10.92	0.163	0.215	0.039	70.455
G13	5	4.508	9.84	0.124	0.156	0.027	75.194
G14	5	4.401	11.98	0.172	0.218	0.036	74.725
G15	5	4.502	9.96	0.094	0.131	0.031	63
G16	5	4.225	15.5	0.174	0.276	0.052	54.464
G17	5	4.273	14.54	0.132	0.203	0.038	56.970
G18	5	4.563	8.74	0.127	0.186	0.035	60.927
G19	5	4.317	13.66	0.126	0.184	0.031	62.092
G20	5	4.281	14.38	0.135	0.18	0.023	71.338

m : la masse de 5g des grains; **m1** : la masse des grains après étuvages; **TREG** : Teneur relative en eau des grains ; **PF**: poids frais initial (mg) ; **PT** : poids en pleine turgescence (mg) ; **PS** : poids sec (mg) ; **TREF** : Teneur relative en eau des feuilles.

II.3.6. Teneur relative en eau des feuilles (TREF)

Les résultats de la teneur relative en eau des feuilles étendards de blé sont présentés dans le tableau 29. Ces données révèlent une homogénéité remarquable entre les valeurs observées. Les valeurs maximales ont été enregistrées chez Sigus (82.14 %), Moulet Eddar (80.61 %), Ciccio (79.37 %) et Numidia (79.22 %), tandis que les valeurs minimales ont été observées chez Waha (54.46 %), Ovidio (56.83 %) et Simeto (56.93 %).

Les géotypes présentant les pourcentages les plus élevés de teneur en eau, tels que « Sigus, Moulet Eddar, Ciccio et Numidia », pourraient être caractérisés par une meilleure capacité de régulation hydrique ou une résistance accrue à la perte d'eau. À l'inverse, les cultivars avec des pourcentages plus faibles, pourraient présenter des adaptations particulières pour une gestion plus efficace de l'eau ou une tolérance accrue à des conditions environnementales stressantes. Ces observations suggèrent des différences génétiques et

physiologiques importantes entre les variétés de blé dur, ce qui pourrait avoir des implications importantes pour leur performance dans des conditions de croissance variables, y compris les conditions de stress hydrique.

Le maintien d'une teneur élevée en eau dans les feuilles en croissance et en expansion, malgré des conditions de stress hydrique, démontre l'efficacité de l'ajustement osmotique pour compenser la baisse du potentiel hydrique, sans altérer de manière significative la teneur relative en eau (Hsiao *et al.*, 1976). La teneur relative en eau dans les feuilles est un indicateur précieux de l'hydratation des plantes, particulièrement important pour évaluer leur tolérance au stress hydrique et salin. Dans les régions arides et semi-arides, le manque d'eau est un facteur crucial limitant la croissance végétale (Albouchi *et al.*, 2000 ; Chehili *et al.*, 2017).

II.3.8. Surface foliaire (SF)

Les résultats de la surface foliaire sont présentés dans le tableau 30. Cette analyse révèle que la variété « Ovidio » exhibe la plus grande surface foliaire, mesurant 10.13 cm², suivie par « Simeto » avec 9.79 cm², « Beni Mestina » avec 9.01 cm², « Emelio Lepido » avec 7.97 cm² et « Bouhammena » avec 7.79 cm². En revanche, les valeurs minimales sont observées chez « Core » avec 4.12 cm², « Bousselam » avec 4.81 cm², « Wahbi » avec 4.89 cm² et « Ancomarzio » avec 4.95 cm².

Ces résultats soulignent les variations significatives de la surface foliaire entre les différentes variétés étudiées. Une surface foliaire plus grande peut indiquer une meilleure capacité de capture de la lumière et donc une photosynthèse accrue, ce qui pourrait potentiellement se traduire par un rendement supérieur. En revanche, les variétés présentant des valeurs minimales de surface foliaire peuvent présenter une allocation différente des ressources, peut-être en faveur d'autres organes ou processus physiologiques. Ces observations mettent en évidence l'importance de comprendre les variations phénotypiques entre les variétés de blé dur, ce qui peut avoir des implications significatives pour la sélection et l'amélioration des cultures dans le but d'optimiser les rendements et les performances agronomiques.

Tableau 30. Moyenne de la surface foliaire des 20 géotypes étudiés.

Géotype	Feuille 1 (Lon*lar)	Feuille 2 (Lon*lar)	Feuille 3 (Lon*lar)	Feuille 4 (Lon*lar)	Feuille 5 (Lon*lar)	Moyenne (Long*Lar)	Surface foliaire
G1	16.92	14.08	15.84	13.12	11.97	14.39	10.13
G2	10.44	8.16	12.48	10.51	15.04	11.33	7.97
G3	5.04	8.28	6.25	8.1	7.5	7.03	4.95
G4	10.71	9	6.35	7.59	11.13	8.96	6.31
G5	15.3	13.68	15.93	10.85	13.76	13.90	9.79
G6	7.5	9.72	7.86	6.36	7.92	7.87	5.54
G7	5.9	6.3	4.75	5.4	6.9	5.85	4.12
G8	7.5	5.9	5.25	7.25	8.25	6.83	4.81
G9	11.34	11.27	7.65	11.55	10.2	10.40	7.32
G10	8.1	4.65	6.3	8.7	8.52	7.25	5.11
G11	7.7	6.875	6.45	8.94	7.65	7.52	5.30
G12	172	10.5	9.18	6.65	11.83	11.07	7.79
G13	8.04	7.5	10.85	11.2	10.15	9.55	6.72
G14	15.36	9.36	18.4	7.1	13.76	12.80	9.01

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

G15	6.4	11.92	7.8	6.36	9.66	8.43	5.93
G16	10.35	8.1	5.65	5.9	7.9	7.58	5.34
G17	7.6	7.4	7.45	7.85	6.95	7.45	5.24
G18	6.8	6.95	5.45	9.9	9.54	7.73	5.44
G19	6.2	6.6	8.7	6.45	7.4	7.07	4.98
G20	11.2	8.82	6.3	6.75	11.69	8.95	6.30
Lon : Longueur de la feuille étendard ; Lar : Largeur de la feuille étendard							

II.4. Étude des paramètres agronomiques

Les mesures obtenues des paramètres agronomiques sont répertoriées dans les tableaux numéro 31.₁ jusqu'au 31.₁₂ de l'annexe 4.

II.4.1. Nombre de plantes levées /m² (NPL)

Tableau 32. Nombre de plantes/m² (NP), Tallage herbacée (TH), tallage épi (TE) et Efficience de transformation des talles herbacées en talles épis (%).

Géotypes	NP	TH	TE	% de transformation des TH en TE
Ovidio	252.33±2.52	2.73±0.42	1.67±0.31	61.17
Emilio Lepido	240.67±8.50	2.70±0.52	1.53±0.23	56.67
Ancomarzio	339±7.81	2.27±0.31	1.57±0.47	69.16
Mimmo	230±4	2.10±0.1	1.10±0.1	52.38
Simeto	230.33±7.64	1.63±0.93	1.53±0.23	93.86
Ciccio	216.67±2.52	2.27±0.31	1.67±0.12	73.57
Core	250±13.75	1.83±0.06	1.10±0.1	60.11
Bousselam	200±13.23	2.23±0.59	1.77±0.29	79.37
Sigus	286.67±16.07	2.40±0.35	1.30±0.17	54.16
Moulet Eddar	333.33±20.82	2.03±0.40	1.33±0.15	65.52
Numidia	350±4.58	1.87±0.31	1.10±0.1	58.82
Bouhamenna	222.33±8.74	2.67±0.31	1.63±0.25	61.05
Cirta	264.00±13.53	2.23±0.06	1.10±0.17	49.33
Beni Mestina	330±15	2.13±0.06	1.67±0.25	78.4
Oued El Bared	223.67±3.21	2.67±0.46	1.17±0.29	43.82
Waha	317.67±6.81	2.33±0.42	1.33±0.23	57.08
Ammar6	251.33±15.04	2.67±0.12	1.50±0.17	56.18
El Tayeb	222.33±3.06	2.20±0.1	1.53±0.23	69.55
Wahbi	242.67±10.69	2.93±0.42	1.40±0.35	47.78
Gta /durum69	222.33±4.62	2.63±0.59	1.63±0.45	61.98

Le nombre de plante levée par mètre carré varie d'un maximum de 350±4.58 à d'un minimum de 200±13.23 plantes/m² chez les variétés « Numidia et Bousselam », respectivement. Alors que les variétés « Ancomarzio, Moulet eddar, Beni Mestina, Waha, Sigus, Cirta, Ovidio, Ammar6 et Oued El Bared » représentent des valeurs importantes entre 339±7.81 jusqu'à 250±13.75 plantes/m² (Tableau 32). La densité des semis de notre étude est de l'ordre de 350 grains/m², les pertes peuvent être justifiées par la qualité de la semence utilisée, la profondeur de semis, la date de semis, les stress biotiques et la nature du sol (**Bouzerzour et Refoufi, 1992**).

Selon l'analyse de la variance (Tableau 33), la valeur de P (0.001), étant nettement inférieure au seuil de signification de 0.05. Nous pouvons conclure que le nombre de plantes/m²

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

des 20 géotypes diffère de manière significative avec un seuil de signification de 5%. Cela suggère que certains géotypes sont susceptibles de produire un nombre de plantes par mètre carré significativement plus élevé ou plus faible que d'autres. Cette information peut être extrêmement précieuse pour les sélectionneurs de plantes ou les agriculteurs, car elle indique qu'il existe un potentiel pour sélectionner ou développer des variétés de plantes qui produisent un rendement optimal.

Tableau 33. Analyse de la variance de Nombre de plantes/ m².

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	112295	20	5615	F (20. 42) = 52.9	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	4461	42	106		
Total	116756	62			

Le test de Tukey de nombre de plantes par mètre carré est pour déterminer quelles paires de moyennes de groupes sont significativement différentes les unes des autres. Les paires de groupes qui sont significativement différentes sont mentionnées avec la couleur bleue dans le tableau suivant :

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 34. Test Tukey du nombre de plante/ m².

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	>0,99	0,99	0,51	0,53	0,02	>0,99	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	0,09	>0,99	<0,001	0,13	<0,001	>0,99	0,09	>0,99	0,09
G2		>0,99	>0,99	>0,99	0,38	>0,99	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,81	0,43	<0,001	0,89	<0,001	>0,99	0,81	>0,99	0,81
G3			>0,99	>0,99	0,51	>0,99	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,9	0,31	<0,001	0,95	<0,001	>0,99	0,9	>0,99	0,9
G4				>0,99	0,99	0,7	0,09	<0,001	<0,001	<0,001	>0,99	0,03	<0,001	>0,99	<0,001	0,59	>0,99	>0,99	>0,99
G5					0,98	0,72	0,08	<0,001	<0,001	<0,001	>0,99	0,03	<0,001	>0,99	<0,001	0,61	>0,99	>0,99	>0,99
G6						0,03	0,9	<0,001	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,02	>0,99	0,25	>0,99
G7							<0,001	0,01	<0,001	<0,001	0,17	0,98	<0,001	0,23	<0,001	>0,99	0,17	>0,99	0,17
G8								<0,001	<0,001	<0,001	0,51	<0,001	<0,001	0,4	<0,001	<0,001	0,51	0,001	0,51
G9									<0,001	<0,001	<0,001	0,48	0,001	<0,001	0,07	0,02	<0,001	<0,001	<0,001
G10										0,9	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,94	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G11											<0,001	<0,001	0,7	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G12												0,002	<0,001	>0,99	<0,001	0,12	>0,99	0,67	>0,99
G13													<0,001	0,003	<0,001	>0,99	0,002	0,59	0,002
G14														<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G15															<0,001	0,17	>0,99	0,77	>0,99
G16																<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G17																	0,12	>0,99	0,12
G18																		0,67	>0,99
G19																			0,67

II.4.2. Tallage herbacée (TH)

Les géotypes « Wahbi, Ovidio et Emilio Lepido » couvrent bien le sol en produisant plus de talles herbacées avec 2.93 ± 0.42 , 2.73 ± 0.42 et 2.70 ± 0.52 talles herbacées/plante, respectivement, comparé à « Numidia, Core et Simeto » qui enregistrent 1.87 ± 0.31 , 1.83 ± 0.06 et 1.63 ± 0.93 talles herbacées/plante, respectivement (**Tableau 32**).

Le nombre de talles par plante constitue un facteur déterminant qui, de manière indirecte, influe sur le rendement en matière sèche. Cette variable est sensiblement impactée par des facteurs tels que la température, le niveau d'apport en éléments nutritifs, les spécificités variétales et les pratiques culturales adoptées (**Meynard, 1980**).

Le nombre de talles par plante est un composant qui explique indirectement le rendement en matière sèche. Le tallage peut affecter positivement ou négativement le rendement du blé en fonction de la disponibilité des ressources naturelles telles que l'eau, la lumière et les nutriments (**Elhani et al., 2007**).

Selon l'analyse de la variance de tallage herbacé présenté dans le tableau 35. La valeur de $P < 0.02$ étant bien au-dessous du seuil de signification de 0.05, nous pouvons conclure que le nombre de talles herbacées des 20 géotypes diffère de manière significative avec le seuil de signification de 5 %.

Tableau 35. L'analyse de la variance du nombre de talles herbacés par plante.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddl _n , Ddl _d)	P valeur
Traitement (entre colonne)	6.81	19	0.358	F (19. 40) = 2.20	P=0.02
Résiduel (dans les colonnes)	6.51	40	0.163		
Total	13.3	59			

Le test de Tukey pour le nombre de talles par plante détermine quelles paires de moyennes de groupes sont significativement différentes les unes des autres, et ces différences sont indiquées avec la couleur bleue dans le tableau 36. Les seuls géotypes qui ont une différence significative sont : Semito et Wahbi avec une valeur de P (0.03).

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 36. Test Tukey du tallage herbacée.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	>0,99	>0,99	0,91	0,14	>0,99	0,43	>0,99	>0,99	0,82	0,5	>0,99	>0,99	0,94	>0,99	>0,99	>0,99	0,98	>0,99	>0,99
G2		>0,99	0,94	0,18	>0,99	0,5	>0,99	>0,99	0,87	0,57	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G3			>0,99	0,91	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,87	>0,99
G4				>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	0,97	>0,99	0,57	0,98
G5					0,91	>0,99	0,94	0,71	>0,99	>0,99	0,22	0,94	>0,99	0,22	0,82	0,22	0,97	0,03	0,26
G6						>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,87
G7							>0,99	0,97	>0,99	>0,99	0,57	>0,99	>0,99	0,57	>0,99	0,57	>0,99	0,14	0,64
G8								>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,82	>0,99
G9									>0,99	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,98	>0,99
G10										>0,99	0,91	>0,99	>0,99	0,91	>0,99	0,91	>0,99	0,43	0,94
G11											0,64	>0,99	>0,99	0,64	>0,99	0,64	>0,99	0,18	0,71
G12												>0,99	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G13													>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,82	>0,99
G14														0,98	>0,99	0,98	>0,99	0,64	>0,99
G15															>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G16																>0,99	>0,99	0,94	>0,99
G17																	>0,99	>0,99	>0,99
G18																		0,77	>0,99
G19																			>0,99

II.4.3. Tallage épis (TE)

Le potentiel de tallage épi le plus élevé est mesuré chez la variété « Bousselam » avec 1.77 ± 0.29 talles épis/plante et le plus faible est mesuré chez les variétés « Mimmo, Core, Numidia et Cirta » avec 1.10 talles épis/plante (**Tableau 32**). Le résultat obtenu s'accorde avec ceux obtenus par **Blum et Pnuel (1990) in (Oudjani, 2009)** qui montrent qu'il n'y a aucune relation entre la capacité de tallage herbacé et le nombre d'épis montant par unité de surface.

Selon l'analyse de la variance (Tableau 37), la valeur de P (0.001), étant au-dessous du seuil de signification de 0.05, nous pouvons conclure que le nombre d'épis par tallage/plante des 20 génotypes diffère de manière significative avec le seuil de signification de 5 %. Cela suggère que les génotypes étudiés présentent des variations génétiques ou des réponses différentes à leur environnement, ce qui se traduit par des différences observables dans le nombre d'épis produits par tallage/plante. Ces différences peuvent être influencées par divers facteurs tels que la génétique des plantes, les conditions de croissance, etc.

Tableau 37. L'analyse de la variance du nombre de talles épis par plante.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	3,85	19	0.202	F (19. 60) = 4.89	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	2,49	60	0.0414		
Total	6,33	79			

Le test de Tukey pour le nombre de talles épis par plante détermine quelles paires de moyennes de groupes sont significativement différentes les unes des autres, et ces différences sont indiquées avec la couleur bleue dans le tableau suivant :

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 38. Test Tukey du tallage épi.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	>0,99	>0,99	0,03	>0,99	>0,99	0,03	>0,99	0,55	0,71	0,03	>0,99	0,03	>0,99	0,09	0,71	>0,99	>0,99	0,94	>0,99
G2		>0,99	0,26	>0,99	>0,99	0,26	0,98	0,98	>0,99	0,26	>0,99	0,26	>0,99	0,56	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G3			0,16	>0,99	>0,99	0,16	>0,99	0,94	0,98	0,16	>0,99	0,16	>0,99	0,4	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G4				0,26	0,03	>0,99	0,003	>0,99	0,98	>0,99	0,05	>0,99	0,03	>0,99	0,98	0,4	0,26	0,85	0,05
G5					>0,99	0,26	0,98	0,98	>0,99	0,26	>0,99	0,26	>0,99	0,56	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
G6						0,03	>0,99	0,55	0,71	0,03	>0,99	0,03	>0,99	0,09	0,71	>0,99	>0,99	0,94	>0,99
G7							0,003	>0,99	0,98	>0,99	0,05	>0,99	0,03	>0,99	0,98	0,4	0,26	0,85	0,05
G8								0,16	0,25	0,003	>0,99	0,003	>0,99	0,01	0,25	0,94	0,98	0,55	>0,99
G9									>0,99	>0,99	0,72	>0,99	0,55	>0,99	>0,99	>0,99	0,98	>0,99	0,72
G10										0,98	0,85	0,98	0,71	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,85
G11											0,05	>0,99	0,03	>0,99	0,98	0,4	0,26	0,85	0,05
G12												0,05	>0,99	0,16	0,85	>0,99	>0,99	0,98	>0,99
G13													0,03	>0,99	0,98	0,4	0,26	0,85	0,05
G14														0,09	0,71	>0,99	>0,99	0,94	>0,99
G15															>0,99	0,72	0,56	0,98	0,16
G16																>0,99	>0,99	>0,99	0,85
G17																	>0,99	>0,99	>0,99
G18																		>0,99	>0,99
G19																			0,98

II.4.4. Pourcentage de transformation des talles herbacées en talles épis (%)

Le génotype « Simeto » montre un taux de transformation de talles herbacées en talles épis supérieur à la moyenne avec 93.86% suivi par les variétés suivantes : « Bousselam » avec 79.37%, « Beni Mestina » avec 78.4%, « Ciccio » avec 73.57%. Les autres génotypes s'étendent entre 69.55 à 43.82% pour les génotypes « El Tayeb, Ancomarzio, Moulet Eddar, Gta/durum69, Ovidio, Bouhamenna, Core, Numidia, Waha, Emilio Lepido, Ammar6, Sigus, Mimmo, Cirta, Wahbi et Oued El Bared » (**Tableau 32**).

Le nombre d'épis par plante est intrinsèquement lié à la capacité de tallage herbacée. Cette aptitude au tallage permet à la plante de s'adapter à un environnement changeant, garantissant ainsi une production minimale. La régularité de la production des talles fertiles revêt donc une importance capitale pour obtenir un rendement grainier optimal (**Hadjichristodoulou, 1985**).

II.4.5. Nombre d'épis/m² (NE)

Le génotype « Ovidio » représente le nombre d'épis/m² le plus élevé avec 423.33±15.95 épis/m², suivi par des moyennes importantes des variétés suivantes : « Waha, Beni Mestina, Oued El bared, Ammar6, Ancomarzio, Sigus, Gta/durum69, Simeto, Bouhamenna, Ciccio, Bousselam, Emilo Lepido et El Tayeb » qui s'étalent entre 422.67±12.50 à 341±3 épis/m². Tandis que les valeurs les moins faibles sont relevées chez les génotypes de : « Mimmo, Wahbi, Core, Numidia, Moulet Eddar et Cirta » avec des moyennes de 289±14 à 237±12.29 épis/m² (**Tableau 39**).

Le nombre d'épi/m² représente le nombre de talles ayant donné un épi (**Hazmoune et Benlaribi, 2004 ; Souilah et al., 2014**).

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 39. Résultats des paramètres de rendement et ses composants des 20 géotypes étudiés.

Géotypes	NEM ²	NGE	PMG (g)	RDT grain (q/ha)	BIO (q/ha)	RP (q/ha)	RDT _{eco} (q/ha)	IR (%)
G1	423.33±15.95	30.2±5.031	48.6	62.13±2.34	184.624±1.7	122.94±1.77	98.88±2.01	33.65
G2	351±4	37.1±6.85	43.94	57.22±0.65	162.307±21.14	105.88±20.49	88.74±6.80	35.62
G3	375±25	30.3±5.89	48.19	54.76±3.65	161.526±37.34	106.77±33.69	86.78±13.75	34.81
G4	289±14	32.7±6.16	40.6	38.37±1.86	137.248±25.28	98.88±24.3	74.23±18.86	28.42
G5	364±6	26.2±2.86	60.7	57.89±0.95	176.883±19.78	118.99±18.83	93.58±6.6	32.96
G6	361.67±7.64	32.4±5.13	47.2	55.31±1.16	194.209±14.48	138.9±14.82	96.97±4.21	28.59
G7	271.67±19.56	31.9±1.38	50.5	43.76±3.15	143.484±11.60	99.72±14.64	73.68±1.52	30.75
G8	352.67±7.57	25.3±3.13	49.35	44.03±0.94	149.614±9	105.58±8.24	75.7±3.27	29.48
G9	372.67±24.54	34.4±6.42	45.25	58.01±3.82	190.122±50.07	132.11±46.69	97.64±17.45	31.69
G10	245.67±17.47	28.9±6.95	45.23	32.12±2.22	103.767±11.35	81.72±9.66	56.62±4.76	28.3
G11	259.33±12.22	30.1±5.34	44.35	34.62±1.63	128.869±16.46	94.25±15.35	62.89±5.8	27.08
G12	362.67±11.68	29.2±4.80	45.75	48.45±1.56	178.224±40.89	129.78±40.33	87.38±12.71	24.57
G13	237±12.29	27.7±4.45	46.65	30.63±1.59	101.185±0.56	70.56±1.5	51.79±1.17	30.27
G14	385.33±12.50	33.1±3.81	42.52	54.23±1.76	171.737±33.11	117.51±31.36	89.48±11.16	32.25
G15	378.33±27.32	29.5±3.75	43.9	49.00±3.54	159.286±17.26	110.29±13.81	82.08±7.62	30.84
G16	422.67±12.50	29.5±4.01	41.1	51.25±1.52	171.876±14.42	120.63±15.09	87.43±4.02	35.69
G17	378.33±10.21	28±5.72	36.85	39.04±1.40	139.056±3.29	100.02±2.4	69.04±1.67	28.27
G18	341±3	28.6±4.88	45.5	44.37±0.39	145.182±24.64	100.81±24.83	74.61±7.26	31.18
G19	282.67±12.50	35±4.40	43.9	43.43±1.92	135.892±4.32	92.46±3	61.92±14.49	31.96
G20	366.67±19.03	38.8±7.05	48.15	68.50±3.56	182.861±17.76	114.36±15.9	102.8±7.11	37.62

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Selon l'analyse de la variance (**Tableau 40**), la valeur de P (0.001), étant nettement inférieure au seuil de signification de 0.05, nous pouvons conclure que le nombre d'épi par mètre carré des 20 génotypes diffère de manière significative avec le seuil de signification de 5 %. Ces résultats suggèrent que les génotypes évalués présentent des réponses différentes en termes de production d'épis par mètre carré. Cela peut avoir des implications importantes pour la sélection des variétés de cultures, en mettant en évidence les génotypes qui présentent les performances les plus élevées en termes de nombre en épis/ m².

Tableau 40. L'analyse de la variance du nombre d'épi/ m².

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddl _n , Ddl _d)	P valeur
Traitement (entre colonne)	180505	19	9500	F (19.40) = 40.8	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	9321	40	233		
Total	189826	59			

Le test de Tukey pour le nombre de talles épis mètre carré détermine quelles paires de moyennes de groupes sont significativement différentes les unes des autres, et ces différences sont indiquées avec la couleur bleue dans le tableau suivant :

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 41. Test Tukey du nombre d'épi/ m².

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	<0,001	0,04	<0,001	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,26	0,08	>0,99	0,08	<0,001	<0,001	0,006
G2		0,91	0,002	>0,99	>0,99	<0,001	>0,99	0,96	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,42	0,79	<0,001	0,79	>0,99	<0,001	>0,99
G3			<0,001	>0,99	>0,99	<0,001	0,95	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	>0,99	>0,99	0,05	>0,99	0,44	<0,001	>0,99
G4				<0,001	<0,001	>0,99	0,001	<0,001	0,11	0,67	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	>0,99	<0,001
G5					>0,99	<0,001	>0,99	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,97	>0,99	0,004	>0,99	0,94	<0,001	>0,99
G6						<0,001	>0,99	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,92	>0,99	0,002	>0,99	0,98	<0,001	>0,99
G7							<0,001	<0,001	0,84	>0,99	<0,001	0,4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001
G8								0,98	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,51	0,86	<0,001	0,86	>0,99	<0,001	>0,99
G9									<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	>0,99	>0,99	0,03	>0,99	0,56	<0,001	>0,99
G10										>0,99	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,3	<0,001
G11											<0,001	0,95	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,93	<0,001
G12												<0,001	0,94	>0,99	0,003	>0,99	0,96	<0,001	>0,99
G13													<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,07	<0,001
G14														>0,99	0,28	>0,99	0,09	<0,001	>0,99
G15															0,09	>0,99	0,28	<0,001	>0,99
G16																0,09	<0,001	<0,001	0,007
G17																	0,28	<0,001	>0,99
G18																		0,004	0,86
G19																			<0,001

II.4.6. Nombre de grains /épis (NGE)

En ce qui concerne le nombre de grains par épi, les valeurs les plus élevées ont été observées chez les génotypes « Gta/durum69, Emelio Lepido et Wahbi », avec respectivement 38.8 ± 7.05 , 37.1 ± 6.85 , 35 ± 4.40 . En revanche, les génotypes présentant les valeurs les plus basses sont « Bousselam, Semito et Cirta » avec 25.3 ± 3.13 , 26.2 ± 2.86 et 27.7 ± 4.45 grains/épi, respectivement, tandis que le reste des variétés représentent des valeurs qui s'étalent entre 34.4 ± 6.42 et 28 ± 5.72 grains/épi (Tableau 39).

Ces résultats ne rejoignent pas ceux de **Souilah (2009)** qui montre que le nombre de grains par épi varie de 23 à 58 et dépend aussi bien de la fertilité de l'épi de chaque génotype. **Annichiarico et Pecetti (1993)**, ont constaté que le nombre de grains/épi influe sur la capacité du puits en conditions de déficit hydrique et considéré comme un bon indicateur de la tolérance à la sécheresse.

Selon les travaux de **Belaid (1996)**, le nombre de grains par épi est influencé par divers facteurs, notamment le nombre d'épis par mètre carré, les caractéristiques variétales, la disponibilité en eau et la nutrition azotée et phospho-potassique. Cette variabilité observée dans le nombre de grains par épi entre les variétés étudiées peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que les différences de fertilité des épis entre les génotypes, les variations génétiques dans le nombre d'épis formés par unité de surface, ainsi que les différences dans le nombre d'épillettes et de fleurs formées (**Nouar, 2015 ; Salmi et al., 2019**).

L'analyse de la variance du nombre de grains par épi, telle qu'elle est présentée dans le tableau 42, a abouti à une valeur de $p < 0.001$. Cette valeur est significativement inférieure au seuil de signification conventionnellement établi à 0.05. Cette constatation indique qu'il existe des différences significatives dans le nombre de grains par épi entre les différentes variétés de blé dur évaluées.

Tableau 42. L'analyse de la variance du nombre de grains/ épi.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	2309	19	122	F (19. 180) = 4.20	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	5212	180	29		
Total	7520	199			

Le test de Tukey, appliqué au nombre de grains par épi, permet de détecter les paires de moyennes de groupes qui affichent des différences significatives entre elles. Ces différences sont visuellement mises en évidence dans le Tableau 43 avec une coloration bleue.

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 43. Test Tukey du nombre de grains/ épi.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	0,32	>0,99	>0,99	0,98	>0,99	>0,99	0,88	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,9	0,05
G2		0,35	0,95	0,002	0,92	0,82	<0,001	>0,99	0,09	0,3	0,12	0,02	0,98	0,17	0,17	0,03	0,06	>0,99	>0,99
G3			>0,99	0,98	>0,99	>0,99	0,86	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,92	0,06
G4				0,43	>0,99	>0,99	0,21	>0,99	0,99	>0,99	>0,99	0,86	>0,99	>0,99	>0,99	0,92	0,98	>0,99	0,56
G5					0,53	0,68	>0,99	0,09	>0,99	0,99	>0,99	>0,99	0,32	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,04	<0,001
G6						>0,99	0,27	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,92	>0,99	>0,99	>0,99	0,95	0,99	>0,99	0,46
G7							0,4	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	0,99	>0,99	>0,99	0,32
G8								0,03	>0,99	0,9	0,99	>0,99	0,14	0,97	0,97	>0,99	>0,99	0,01	<0,001
G9									0,74	0,96	0,82	0,38	>0,99	0,88	0,88	0,46	0,65	>0,99	0,95
G10										>0,99	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,56	0,009
G11											>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,88	0,05
G12												>0,99	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,65	0,01
G13													0,77	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,23	0,001
G14														>0,99	>0,99	0,84	0,94	>0,99	0,68
G15															>0,99	>0,99	>0,99	0,74	0,02
G16																>0,99	>0,99	0,74	0,02
G17																	>0,99	0,3	0,002
G18																		0,46	0,005
G19																			0,99

II.4.7. Poids de mille grains (PMG)

Les génotypes qui enregistrent des valeurs de poids de mille grains élevés sont « Simeto et Core » avec 60.7g et 50.5g, respectivement. Alors que les autres valeurs s'étalent entre 49.35g et 40.6g, tandis que la variété de « Ammar6 » est représentée la valeur la plus faible avec 36.85g (Tableau 39). Les valeurs obtenues sont supérieures à ceux obtenues par **Oudjani (2009)** sur 25 génotypes de blé dur qui montre que le poids de mille grains varie de 49.72 à 39.8g. Un poids de mille grains élevés va impliquer un poids spécifique élevé des génotypes, ce qui favorisera un rendement élevé lorsque les conditions sont optimales (**Benmounah et Brinis, 2018**). Les dimensions et la forme du grain sont des facteurs importants qui influencent le poids de 1000 grains et le rendement des cultures (**Arriagada et al., 2020 ; Sun et al., 2020 ; Suchowilska et al., 2022**). Les différences de poids peuvent être expliquées par le remplissage des grains et l'expansion cellulaire résultant de l'absorption d'eau, comme l'ont suggéré plusieurs études (**Bayoumi et al., 2008 ; Balla et al., 2011 ; Tian et al., 2016 ; Ulfat et al., 2017 ; Shaheen et al., 2019 ; Bayat et Zargar, 2020**).

II.4.8. Estimation du rendement en grains (RDT)

Le rendement en grains c'est le produit de trois composantes : le nombre d'épis/m², le nombre de grains/épi et le P.M.G. Il est remarqué une compensation entre ces trois paramètres en fonction de génotype et des conditions de culture. Le rendement en grains le plus élevé est enregistré par le génotype « Gta/durum69 » avec 68.50±3.56 qx/ha, après il vient « Ovidio » avec 62.13±2.34 qx/ha. Alors que le rendement le plus faible est enregistré par le génotype « Cirta » avec 30.63±1.59 qx/ha (Tableau 39). Ces résultats obtenus ne se concordent pas avec ceux d'**Oudjani, (2009)** qui montrent un rendement variant entre 38.82 et 16.06 qx/ha. Le rendement en grain est un caractère polygénique, complexe et peu héritable, l'amélioration de ce caractère peut être approchée indirectement par l'intermédiaire des caractères qui lui sont fortement liés et moins influencés par l'environnement (**Benmahammed et al., 1993 ; Fellahi et al., 2018, 2020**). Selon **Ferdous et al. (2010)** et **Safarova et al. (2019)** le nombre de grains par épi, le poids de mille grains et le nombre d'épis par plante contribuent positivement au rendement et doivent donc être inclus dans un indice de sélection pour améliorer le rendement.

D'après l'analyse de variance présentée dans le tableau 44, la valeur de P obtenue (0.001) est significativement <0.05. Cela indique qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les rendements en grains des différents génotypes étudiés. Certains génotypes pourraient être privilégiés pour leur capacité à produire des rendements en grains plus élevés, ce qui pourrait être pris en compte lors de la sélection variétale.

Tableau 44. L'analyse de la variance du rendement en grains.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	607288	19	31963	F (19,40) = 64.8	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	19743	40	494		
Total	627031	59			

Le test de Tukey pour le rendement identifie les paires de moyennes de groupes qui présentent des différences significatives entre elles. Ces différences sont mises en évidence dans le suivant à l'aide d'une coloration en bleu.

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 45. Test Tukey du rendement en grains.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	0,45	0,02	<0,001	0,7	0,05	<0,001	<0,001	0,74	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
G2		>0,99	<0,001	>0,99	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,98	0,007	0,16	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G3			<0,001	0,96	>0,99	<0,001	<0,001	0,95	<0,001	<0,001	0,11	<0,001	>0,99	0,2	0,91	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G4				<0,001	<0,001	0,29	0,22	<0,001	0,11	0,85	<0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	>0,99	0,15	0,4	<0,001
G5					>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,88	0,002	0,07	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G6						<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	>0,99	0,1	0,76	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G7							>0,99	<0,001	<0,001	0,001	0,53	<0,001	<0,001	0,34	0,02	0,52	>0,99	>0,99	<0,001
G8								<0,001	<0,001	<0,001	0,64	<0,001	<0,001	0,43	0,03	0,42	>0,99	>0,99	<0,001
G9									<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,85	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G10										>0,99	<0,001	>0,99	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
G11											<0,001	0,78	<0,001	<0,001	<0,001	0,63	<0,001	0,003	<0,001
G12												<0,001	0,2	>0,99	0,99	<0,001	0,76	0,41	<0,001
G13													<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
G14														0,34	0,98	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G15															>0,99	<0,001	0,56	0,25	<0,001
G16																<0,001	0,05	0,01	<0,001
G17																	0,31	0,64	<0,001
G18																		>0,99	<0,001
G19																			<0,001

II.4.9. Biomasse aérienne (BIO)

Les génotypes « Ciccio, Sigus et Ovidio » ont enregistré les meilleures valeurs de la biomasse aérienne avec 194.209 qx/ha, 190.122 qx/ha et 184.624 qx/ha respectivement, tandis que « Moulet Eddar et Cirta » ont les faibles valeurs avec 103.767 qx/ha et 101.185 qx/ha respectivement (Tableau 39). Selon **Mebarkani, (2012)**, la capacité de faire une biomasse aérienne élevée est une caractéristique d'adaptation aux environnements variables. **Belkherchouche, (2015)** suggère que pour maximiser l'appel des assimilât vers le grain, la sélection doit tenir compte de la taille de l'épi, de la durée de vie des glumes, de la longueur et de la densité des barbes, du rendement par m² et par épi, du poids de mille grains, du poids spécifique et de la longueur du dernier entre-nœud et du col de l'épi. La sélection de tels caractères contribue à cumuler chez les génotypes identifiés le potentiel de rendement et l'adaptation aux conditions sèches méditerranéennes.

L'analyse de la variance (Tableau 46) effectuée sur la biomasse aérienne des 20 génotypes a révélé une valeur de P de 0.001, ce qui est significativement inférieur au seuil de signification de 0.05. Cela indique qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les moyennes des différents génotypes en termes de biomasse aérienne. Les génotypes étudiés réagissent différemment dans leur production de biomasse aérienne. Ce résultat est important car la biomasse aérienne est un indicateur clé de la croissance et de la productivité des plantes. Des génotypes qui présentent des différences significatives dans ce domaine pourraient être sélectionnés pour des applications agronomiques spécifiques, telles que l'amélioration des rendements, la résistance aux stress environnementaux ou la qualité des cultures.

Tableau 46. L'analyse de variance de la biomasse aérienne.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	5019574	19	264188	F (19, 60) = 7.60	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	2086738	60	34779		
Total	7106313	79			

Le test de Tukey présenté dans le tableau 47, met en évidence les résultats où chaque paire de variétés présente des différences significatives, notées en bleu.

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 47. Test Tukey de la biomasse aérienne.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	0,97	0,96	0,07	>0,99	>0,99	0,21	0,48	>0,99	<0,001	0,01	>0,99	<0,001	>0,99	0,92	>0,99	0,1	0,27	0,05	>0,99
G2		>0,99	0,93	>0,99	0,65	>0,99	>0,99	0,84	0,05	0,56	>0,99	0,003	>0,99	>0,99	>0,99	0,96	>0,99	0,89	0,99
G3			0,94	>0,99	0,6	>0,99	>0,99	0,81	0,06	0,61	>0,99	0,004	>0,99	>0,99	>0,99	0,97	>0,99	0,91	0,98
G4				0,26	0,008	>0,99	>0,99	0,02	0,96	>0,99	0,21	0,42	0,51	0,98	0,5	>0,99	>0,99	>0,99	0,1
G5					>0,99	0,57	0,86	>0,99	0,002	0,06	>0,99	<0,001	>0,99	>0,99	>0,99	0,34	0,66	0,21	>0,99
G6						0,03	0,12	>0,99	<0,001	<0,001	>0,99	<0,001	0,97	0,48	0,97	0,01	0,05	0,006	>0,99
G7							>0,99	0,08	0,76	>0,99	0,49	0,17	0,82	>0,99	0,82	>0,99	>0,99	>0,99	0,27
G8								0,23	0,44	0,99	0,81	0,05	0,98	>0,99	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	0,57
G9									<0,001	0,003	>0,99	<0,001	>0,99	0,7	>0,99	0,03	0,11	0,02	>0,99
G10										>0,99	0,001	>0,99	0,006	0,1	0,006	0,92	0,67	0,98	<0,001
G11											0,05	0,84	0,16	0,72	0,15	>0,99	>0,99	>0,99	0,02
G12												<0,001	>0,99	>0,99	>0,99	0,28	0,58	0,17	>0,99
G13													<0,001	0,006	<0,001	0,34	0,13	0,49	<0,001
G14														>0,99	>0,99	0,6	0,88	0,44	>0,99
G15															>0,99	>0,99	>0,99	0,96	0,96
G16																0,6	0,88	0,43	>0,99
G17																	>0,99	>0,99	0,13
G18																		>0,99	0,35
G19																			0,07

II.4.10. Rendement en paille (RP)

Le rendement en paille le plus élevé est enregistré par le génotype « Ciccio » avec 138.9 ± 14.82 qx/ha, suivi par « Sigus et Bouhamema » avec 132.11 ± 46.69 et 129.78 ± 40.33 qx/ha, alors que les autres génotypes montrent des valeurs moyennes entre 122.94 ± 1.77 et 92.46 ± 3 qx/ha, tandis que les variétés « Moulet Eddar et Cirta » se trouvent en aval de classement avec 81.72 ± 9.66 et 70.56 ± 1.5 qx/ha, respectivement (Tableau 39).

Des caractères morphologiques tels que le rendement en paille et la hauteur de la plante ont été identifiées comme marqueurs morphologiques de la tolérance la sécheresse (Salmi *et al.*, 2021). Les marqueurs morphologiques sont des moyens efficaces d'étudier la diversité génétique du blé (Al Khanjari *et al.*, 2008 ; Kirouani *et al.*, 2019).

Suite à l'analyse de la variance (Tableau 48), avec une valeur de p de 0.05, qui est significativement égale au seuil de signification de 0.05, nous pouvons conclure que le rendement en paille des 20 génotypes de blé ne présente pas de différences significatives, avec un niveau de signification de 5 %. Cela suggère que, dans cette étude, les différents génotypes de blé ont des rendements en paille comparables, ce qui signifie que la variabilité observée dans les échantillons n'est pas statistiquement significative en termes de rendement en paille.

Tableau 48. L'analyse de la variance du rendement en paille.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valuer
Traitement (entre colonne)	1632805	19	85937	F (19. 40) = 1.82	P=0.05
Résiduel (dans les colonnes)	1885474	40	47137		
Total	3518279	59			

II.4.11. Rendement économiques (RDT éco)

Les génotypes « Gta/durum69, Ovidio, Sigus et Ciccio » ont enregistré un meilleur rendement économique avec 102.8, 98.88, 97.64 et 96.97qx/ha, respectivement, alors que les faibles valeurs de rendement économique sont enregistrées chez « Moulet Eddar » avec 56.62qx/ha et « Cirta » avec 51.79 qx/ ha (Tableau 39). Ces résultats montrent l'expression d'un bon développement végétatif et un bon remplissage du grain sachant que le rendement économique est calculé comme la somme du rendement en grains plus 30% du rendement en paille.

La forte corrélation entre le rendement en grain et le rendement économique et le nombre d'épis par mètre carré permet de proposer la biomasse et le nombre d'épis à utiliser comme un critère de sélection rapide et précoce pour le criblage (Oulmi *et al.*, 2018)

Selon l'analyse de la variance (Tableau 49), avec une valeur de P de 0.001, qui est nettement inférieure au seuil de signification de 0.05, nous concluons que le rendement écologique des 20 génotypes présente des différences significatives, avec un niveau de signification de 5 %. Cette constatation indique que les divers génotypes étudiés présentent des

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

variations statistiquement significatives en termes de rendement écologique, ce qui suggère une diversité génétique dans leur capacité à s'adapter à des conditions environnementales spécifiques.

Tableau 49. L'analyse de la variance de rendement économique.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	1254481	19	66025	F (19. 40) = 7.73	P<0.001
Résiduel (dans les colonnes)	341827	40	8546		
Total	1596308	59			

Le tableau 50 présente les résultats du test de Tukey pour comparer les moyennes de chaque paire de variétés. Les différences significatives sont mises en évidence en bleu, ce qui indique les paires de variétés ayant des moyennes significativement différentes. Ces différences significatives sont importantes pour identifier les variations significatives entre les variétés testées.

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 50. Test de Tukey pour le rendement économique.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
G1	>0,99	0,98	0,17	>0,99	>0,99	0,14	0,25	>0,99	<0,001	0,003	0,99	<0,001	>0,99	0,77	>0,99	0,03	0,19	0,002	>0,99
G2		>0,99	0,91	>0,99	>0,99	0,89	0,96	>0,99	0,01	0,12	>0,99	0,002	>0,99	>0,99	>0,99	0,52	0,93	0,09	0,93
G3			0,98	>0,99	>0,99	0,96	>0,99	>0,99	0,03	0,2	>0,99	0,005	>0,99	>0,99	>0,99	0,69	0,98	0,16	0,83
G4				0,55	0,27	>0,99	>0,99	0,23	0,7	>0,99	0,96	0,29	0,88	>0,99	0,96	>0,99	>0,99	0,98	0,05
G5					>0,99	0,5	0,68	>0,99	0,002	0,02	>0,99	<0,001	>0,99	0,99	>0,99	0,17	0,58	0,02	>0,99
G6						0,24	0,38	>0,99	<0,001	0,007	>0,99	<0,001	>0,99	0,89	>0,99	0,06	0,3	0,005	>0,99
G7							>0,99	0,2	0,75	>0,99	0,95	0,33	0,84	>0,99	0,94	>0,99	>0,99	0,99	0,04
G8								0,33	0,57	0,97	0,99	0,2	0,94	>0,99	0,99	>0,99	>0,99	0,94	0,08
G9									<0,001	0,005	>0,99	<0,001	>0,99	0,86	>0,99	0,05	0,26	0,004	>0,99
G10										>0,99	0,02	>0,99	0,01	0,13	0,02	0,98	0,67	>0,99	<0,001
G11											0,17	>0,99	0,09	0,56	0,17	>0,99	0,99	>0,99	<0,001
G12												0,004	>0,99	>0,99	>0,99	0,64	0,97	0,13	0,86
G13													0,002	0,03	0,004	0,73	0,27	>0,99	<0,001
G14														>0,99	>0,99	0,45	0,9	0,07	0,96
G15															>0,99	0,96	>0,99	0,47	0,43
G16																0,63	0,97	0,13	0,87
G17																	>0,99	>0,99	0,008
G18																		0,97	0,06
G19																			<0,001

II.4.12. Indice de récolte (IR)

Concernant l'indice de récolte les géotypes « Gta/durum69, Waha, Emilio Lepido et Ancomarzio » ont les meilleures valeurs avec 37.62, 35.69, 35.62 et 34.81%, respectivement, alors que les géotypes « Numidia et Bouhamenna » représentent les valeurs les plus faibles avec 27.08 et 24.57%, respectivement (Tableau 39).

L'indice de récolte c'est le rapport grain sur paille. Les facteurs qui agissent sur ce paramètre sont la hauteur de la plante, la sécheresse et la chaleur précoce (Oudjani, 2009).

L'amélioration de l'indice de récolte résulte de la réduction de la hauteur des plantes, une caractéristique cruciale pour leur adaptation aux contraintes environnementales. Une stature élevée favorise la production d'une biomasse abondante, un attribut souvent recherché. Toutefois, cette vigueur peut compromettre le rendement en grain en raison d'un indice de récolte défavorable. En revanche, une diminution significative de la hauteur des plantes peut accroître le nombre d'épis et le rendement, bien que cela puisse s'accompagner d'une réduction de la longueur du système racinaire et de la production de paille (Subira *et al.*, 2016 ; Rabti *et al.*, 2020 ; Rabti, 2021).

D'après l'analyse de la variance présentée dans le Tableau 51, avec une valeur de p de 0.19, qui est significativement supérieure au seuil de signification de 0.05, nous concluons que l'indice de récolte des 20 géotypes ne présente pas de différences significatives, avec un niveau de signification de 5 %. Cette constatation suggère que les différents géotypes étudiés affichent des performances similaires en termes d'indice de récolte, ce qui implique une homogénéité dans leur capacité à produire des cultures.

Tableau 51. L'analyse de la variance de l'indice de récolte.

ANOVA	SC	DDL	MC	F (Ddln, Ddld)	P valeur
Traitement (entre colonne)	503	19	26.5	F (19.40) = 1.38	P=0.19
Résiduel (dans les colonnes)	769	40	19.2		
Total	1272	59			

II.5. Etude des paramètres biochimiques

Les valeurs obtenues des paramètres biochimiques suivant : Pourcentage de gluten humide et gluten sec, sucre soluble, proline, chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle totale et caroténoïde, sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 52. Pourcentage de gluten humide (GH), gluten sec (GS), sucre soluble (SS), proline (P), chlorophylle a (Chla), chlorophylle b (Chlb), chlorophylle totale (Chlt) et caroténoïde (Car).

Génotype	GH (%)	GS (%)	SS (mg/ml)	P (mg/g MF)	Chla (µg/g MF)	Chlb (µg/g MF)	Chlt (µg/g MF)	Car (µg/g MF)
G1	26.68	8.94	3.069	0.020	6.874	1.409	8.283	2.408
G2	28.64	8.24	1.776	0.017	4.102	1.791	5.892	0.111
G3	30.86	10.24	1.530	0.012	1.420	0.670	2.090	0.356
G4	29.24	8.48	2.188	0.008	2.769	1.430	4.199	0.648
G5	27.38	8.02	2.540	0.013	2.441	1.018	3.458	0.662
G6	26.64	9.14	1.278	0.020	2.110	1.156	3.265	0.469
G7	30.86	10.5	1.271	0.014	11.661	4.440	16.101	3.320
G8	33.6	11.96	1.002	0.016	3.009	1.371	4.380	0.773
G9	30.46	10.18	1.025	0.016	1.895	0.757	2.652	0.526
G10	29.8	7.56	1.191	0.015	4.465	1.578	6.043	1.317
G11	32.46	11.38	2.534	0.012	4.009	1.578	5.980	1.144
G12	26.82	8.04	1.191	0.012	5.029	2.055	7.084	1.379
G13	34.52	12.8	0.939	0.006	1.421	0.568	1.989	0.395
G14	33.84	11.34	2.397	0.009	3.892	1.532	5.424	1.089
G15	30.78	9.38	0.786	0.009	1.906	0.854	2.760	0.495
G16	32.62	11.88	2.065	0.026	1.724	0.645	2.369	0.495
G17	28.58	7.98	1.095	0.018	4.656	1.804	6.460	1.314
G18	28.84	8.04	1.474	0.030	8.202	3.053	11.255	2.361
G19	30.24	9.96	1.248	0.012	5.290	2.008	7.298	1.509
G20	27.68	7.82	1.384	0.041	3.886	1.759	5.642	1.002

II.5.1. Taux de gluten humide

Les résultats du pourcentage de gluten humide dans la semoule des génotypes de blé dur étudiés sont présentés dans le tableau 52. Dans l'ensemble, les valeurs de taux de gluten se situent entre 26.64% et 34.52%. Ces résultats sont conformes aux normes acceptables, selon **Feillet (2000)**, qui stipule qu'un pourcentage de gluten humide inférieur à 25 % peut indiquer une qualité inférieure de la farine en termes de composition en gluten. Les valeurs maximales sont observées chez Cirta (34.52%), Beni Mestina (33.84%), Bousselam (33.6%), Waha (32.62%), Numidia (32.46%), Ancomarzio (30.86%), Core (30.86%), Sigus (30.46%) et Wahbi (30.24%). En revanche, les valeurs minimales sont observées chez les génotypes suivants : Ciccio (26.64%), Ovidio (26.68%) et Bouhamenna (26.82%). Ces résultats suggèrent une variation significative dans la composition en gluten des différentes variétés de blé dur, ce qui peut influencer leurs propriétés technologiques et leur utilisation dans l'industrie alimentaire (**Feillet, 2000**).

Les variétés présentant des pourcentages de gluten plus élevés, telles que « Cirta et Beni Mestina », pourraient potentiellement produire des produits de boulangerie avec une meilleure élasticité et une meilleure rétention de gaz, contribuant ainsi à une meilleure texture et à une meilleure structure du produit final. En revanche, les variétés avec des taux de gluten plus faibles, comme « Ciccio et Ovidio », pourraient être moins adaptées à certaines applications de boulangerie nécessitant une forte teneur en gluten pour le développement du réseau de gluten. Ces résultats soulignent l'importance de sélectionner les variétés de blé en fonction de leurs

profils de gluten pour optimiser les performances des produits alimentaires à base de blé.

II.5.2. Taux de gluten sec

Les résultats du taux de gluten sec, présentés dans le tableau 52, varient entre 7.56 % et 12.8 %. Les génotypes avec les taux les plus élevés de gluten sec sont Cirta (12.8 %), Bousselam (11.96 %), Waha (11.88 %), Numidia (11.38 %) et Beni Mestina (11.34 %). En revanche, les génotypes présentant des valeurs plus faibles sont Moulet Eddar (7.56 %), Gta/durum69 (7.82 %) et Ammar6 (7.98 %). Les autres génotypes se situent dans une fourchette moyennement acceptable au-dessus de 8 %. D'après **Lecoq (1965)**, la teneur en gluten sec des semoules varie entre 8 et 12 %.

Selon **Keddar (2014)**, si le taux en gluten sec est inférieur à 11% c'est un blé insuffisant, une teneur en gluten sec comprise entre 11% et 15 % c'est un blé de bonne valeur pastière et une teneur en gluten sec supérieure à 15 %, il est considéré comme un blé de force. Selon cette classification, les génotypes Moulet Eddar (7.56%), Gta/durum69 (7.82%), Ammar6 (7.98%), Semito (8.02%), Bouhamenna (8.04%), El Tayeb (8.04%), Emelio Lepido (8.24%), Mimmo (8.48%), Ovidio (8.94%), Ciccio (9.14%), Oued El Bared (9.38%), Wahbi (9.96%), Sigus (10.18%), Ancomarzio (10.24%) et Core (10.5%) seraient considérés comme des blés insuffisants, leur teneur en gluten sec étant inférieure au seuil critique de 11% MS. Ces résultats suggèrent une qualité insuffisante pour garantir des propriétés satisfaisantes de panification et d'autres utilisations alimentaires.

En revanche, les autres génotypes, dont les valeurs de gluten sec se situent entre 11% et 15% MS « Oued El Bared, Numidia, Waha, Bousselam et Cirta. », seraient classés comme des blés de bonne valeur pâtissière. Bien que ces génotypes offrent une qualité acceptable pour la panification et d'autres utilisations culinaires, ils pourraient ne pas être idéaux pour des applications nécessitant une force de gluten plus élevée.

Aucun des génotypes mentionnés n'atteint une teneur en gluten sec dépassant 15% MS, le seuil définissant un blé de force selon **Matveef, (1966)**. Cependant, ceux avec des valeurs plus proches de cette limite pourraient présenter des caractéristiques plus proches des blés de force, offrant ainsi une meilleure capacité de rétention de gaz et une structure plus robuste pour la fabrication du pain.

Cette variation peut être attribuée à des facteurs génétiques et environnementaux. Des taux de gluten sec plus élevés peuvent indiquer une meilleure qualité boulangère du blé dur, tandis que des valeurs plus basses pourraient impacter négativement la qualité du produit final. Ces résultats corroborent en partie les recherches antérieures, mais des analyses plus approfondies sont nécessaires pour comprendre pleinement l'impact de ces variations sur la qualité et les rendements du blé dur.

II.5.3. Sucres solubles

Les analyses des teneurs en sucres solubles foliaires des variétés étudiées mettent en évidence des différences significatives entre les génotypes (Tableau 52). Le génotype « Ovidio » se distingue avec la plus haute concentration de sucres solubles, atteignant 3.1

mg/ml, ce qui suggère potentiellement une meilleure capacité de production de glucides. En revanche, les géotypes « Semito, Numidia et Beni Mestina » présentent des valeurs légèrement inférieures mais néanmoins significatives, avec des taux respectifs de 2.5, 2.5 et 2.4 mg/ml. Ces variations entre les géotypes peuvent refléter des différences dans leur métabolisme carboné ou leur capacité de photosynthèse. En ce qui concerne les valeurs minimales des teneurs en sucres solubles, elles sont enregistrées chez les variétés « Oued El Bared, Cirta, Bousselam et Sigus », avec des concentrations de 0.8, 0.9, 1.0 et 1.0 mg/ml respectivement. Ces résultats soulignent l'importance de la diversité génétique dans la régulation des métabolismes des glucides chez les plantes et leurs adaptations aux conditions environnementales variées.

En général, on observe une augmentation des niveaux de sucres solubles dans les feuilles en réponse à l'intensité du stress. Autrement dit, à mesure que le stress s'aggrave, l'accumulation totale de sucres augmente de manière significative.

De plus, les recherches menées par **Abbaspour *et al.* (2011)** mettent en évidence le mécanisme adaptatif des plantes face aux stress environnementaux. Elles soulignent que les plantes ont la capacité d'accumuler des concentrations élevées de matières organiques à faible poids moléculaire, telles que les sucres solubles et d'autres acides aminés, dans le but de réguler le potentiel osmotique des cellules. Cette régulation favorise une meilleure absorption d'eau, essentielle pour la survie des plantes dans des conditions de stress. Par conséquent, l'accumulation de sucres est considérée comme un mécanisme d'adaptation permettant à la plante de maintenir sa turgescence en ajustant son potentiel hydrique (**Nazarli *et al.*, 2011 ; Bouatrouse, 2013 ; Boudersa, 2021**).

II.5.4. Dosage de la proline

Les résultats du dosage de la proline (Tableau 52), révèlent une variation significative des concentrations au sein des géotypes étudiés. Le géotype « Gta/durum69 » présente la valeur la plus élevée avec une concentration de 0.04 mg/gMF, indiquant potentiellement une réponse au stress environnemental ou une capacité accrue de tolérance. En revanche, les géotypes « El Tayeb, Waha et Ciccio » montrent des concentrations légèrement inférieures, avec des valeurs respectives de 0.029, 0.025 et 0.019 mg/gMF. Ces variations peuvent refléter des différences dans la réponse au stress ou dans les mécanismes de régulation métabolique. Les valeurs minimales de proline sont enregistrées chez les géotypes « Cirta, Ancomarzio et Beni Mestina », suggérant une moindre réponse au stress environnemental ou une capacité réduite de tolérance, avec des concentrations de 0.006, 0.008 et 0.009 mg/gMF, respectivement. Ces résultats soulignent l'importance des différences génétiques dans la réponse au stress et la régulation métabolique des plantes. D'après les travaux de **Chaib *et al.* (2015 ; 2018)**, la proline est identifiée comme un indicateur de stress favorable et adaptatif.

II.5.5. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

- **Chlorophylle a**

Les taux de la « chlorophylle a » ont révélé des variations significatives entre les différents géotypes étudiés (Tableau 52). Le géotype "Core" affiche le taux le plus élevé de

chlorophylle a, avec une concentration de 11.66 µg/g MF, suivi par "El Tayeb" avec 8.2 µg/g MF, et "Ovidio" avec 6.87 µg/g MF. En revanche, les valeurs minimales sont observées chez "Ancomarzio" et "Cirta", enregistrant respectivement 1,42 µg/g MF. Ces données mettent en lumière les différences substantielles dans la capacité de chaque génotype à produire de la chlorophylle a, ce qui pourrait avoir des implications importantes sur leur efficacité photosynthétique, leur croissance et leur adaptation à l'environnement.

- *Chlorophylle b*

Les niveaux de la « chlorophylle b » présentent des variations significatives parmi les génotypes étudiés (Tableau 52). Le génotype "Core" se distingue avec la concentration maximale de chlorophylle b, enregistrant 4.44 µg/g MF, suivi par "El Tayeb" avec 3.05 µg/g MF. En revanche, les valeurs minimales sont observées chez "Cirta" et "Ancomarzio", affichant respectivement 0.57 µg/g MF et 0.67 µg/g MF. Cette diversité dans les niveaux de chlorophylle b peut refléter les différences dans la capacité de chaque génotype à utiliser efficacement la lumière pour la photosynthèse et à s'adapter à des conditions environnementales variables. Ces résultats soulignent l'importance de la chlorophylle **b** dans le processus photosynthétique et son rôle potentiel dans la performance globale de la plante en termes de croissance et de réponse aux stress environnementaux.

- *Chlorophylle totale*

Les analyses des niveaux de la « chlorophylle totale » chez les variétés de blé étudiées révèlent que le génotype "Core" présente la valeur la plus élevée, avec 16.10 µg/g MF, suivi de "El Tayeb" avec 11.26 µg/g MF, et "Ovidio" avec 8.28 µg/g MF. En revanche, les valeurs minimales sont observées chez "Cirta" et "Ancomarzio", avec respectivement 1.98 µg/g MF et 2.09 µg/g MF. Ces résultats mettent en évidence des différences significatives dans les niveaux de chlorophylle totale entre les différentes variétés de blé étudiées. La chlorophylle totale est un indicateur important de la capacité de la plante à effectuer la photosynthèse et à produire des hydrates de carbone. Ainsi, des niveaux plus élevés de chlorophylle totale, comme observé chez "Core", "El Tayeb" et "Ovidio", peuvent suggérer une meilleure capacité photosynthétique et, par conséquent, une production de biomasse potentiellement plus élevée. En revanche, des niveaux plus bas chez "Cirta" et "Ancomarzio" pourraient indiquer une capacité photosynthétique réduite et une adaptation différente à l'environnement (Tableau 52).

- *Caroténoïdes*

Les données de la concentration des « caroténoïdes » révèlent que le génotype « Core » affiche la valeur maximale atteignant 3.36 µg/g de matière fraîche (MF). En comparaison, les variétés « Ovidio et El Tayeb » présentent des concentrations de 2.41 µg/g MF et 2.36 µg/g MF, respectivement. En revanche, les concentrations minimales de caroténoïdes sont observées chez les variétés « Emilio Lepido, Ancomarzio et Cirta », avec des valeurs de 0.11 µg/g MF, 0.36 µg/g MF et 0.39 µg/g MF, respectivement (Tableau 52).

Les résultats mettent en évidence une variation significative de la concentration de caroténoïdes entre les différents génotypes de blé dur étudiés. Cette variation pourrait être

attribuée à des facteurs génétiques et environnementaux. Les génotypes présentant des concentrations plus élevées de caroténoïdes pourraient être d'un intérêt particulier pour leur potentiel nutritionnel accru et leur résilience face au stress environnemental, tandis que ceux avec des concentrations plus faibles pourraient nécessiter des stratégies de sélection ou de gestion spécifiques pour améliorer leur qualité nutritionnelle et leur performance agronomique.

II.5.6. Dosage des acides aminés par LC-MS/MS

Les chromatogrammes des acides aminés dosés par le LC-MS/MS des 20 génotypes étudiés sont représentés dans les figures 80.1 jusqu'au 80.21 de l'annexe 5.

La comparaison intra-variétale montre une diversité dans la composition des acides aminés chez les 20 variétés étudiées. D'après les résultats obtenus le nombre des acides aminés est varié entre 3 chez la variété « Bouhamenna » à 15 chez 11 génotypes « Emilio Lepido, Ancomarizo, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core. Bousselam, Sigus, Waha, Ammar6, El Tayeb et Wahbi » (Tableau 53). On remarque que tous les acides aminés sont présents sauf la L-Cystine est absente chez les 20 génotypes étudiés. Alors que parmi les 20 génotypes étudiés on remarque que la variété Oued El Bared est la variété la plus riche en valeur nutritionnelle avec des taux élevés en L-Histidine, Glycine, L-Serine, L-Alanine, L-Thréonine, L-Acide glutamique, L-Valine et L-Phénylalanine par rapport aux autres variétés. Tandis que les variétés « Bouhamenna, Gta/durum69 et Cirta » représentent les taux les plus bas dans la quantification de la plupart des acides aminés.

D'après l'analyse quantitative des 16 acides aminés dans les différentes variétés étudiées on remarque que le taux le plus élevé et le plus bas en **L-Lysine** est enregistré chez la variété « Mimmo » (322.45 mg/100g) et « Core », respectivement (3.03 mg/100g). Pour le **L-Histidine** la valeur la plus haute est marquée chez les variétés « Wahbi, Oued El Bared et Waha », respectivement avec 28.60, 28.11 et 28.08 mg/100g, et la plus basse est noté chez les variétés « Sigus et Ammar6 » avec 0.52 et 0.66 mg/100g, respectivement. Concernant la **L-Arginine** la variété « Ovidio » est marqué le taux le plus haut avec 408.79 mg/100g contre les variétés « Cirta et Bouhamenna » qu'y ont marqué le taux le plus bas respectivement de 2.73 et 3.15 mg/100g. Pour la **Glycine** on remarque que le génotype « Oued El Bared » (84.72 mg/100g) représente la valeur la plus importante contre la variété « Cirta » qui représente la valeur la plus basse (5.38 mg/100g). Chez l'acide aminé **L-Serine**, on note que la valeur la plus haute est enregistrée chez la variété « Oued El Bared » (440.12 mg/100g) et la plus basse chez la variété « Emilio Lepido » (7.50 mg/100g). Concernant la **L-Acide aspartique**, le taux le plus élevé est marqué chez la variété « Wahbi » (261.96 mg/100g) et le plus bas chez le génotype « Beni Mestina » (5.55 mg/100g). Le **L-Alanine** sa valeur la plus haute est marqué chez « Oued El Bared » (1103.48 mg/100g) et sa valeur la plus basse est enregistré chez « Emilio Lepido » (57.26 mg/100g). Pour le **L-Thréonine** on remarque que la variété « Oued El Bared » est marqué la valeur la plus haute avec 532.52 mg/100g et la variété « Ammar6 » est noté le taux le plus bas avec 71.06 mg/100g. Concernant la **L-Acide glutamique**, on observe que la valeur la plus élevée est marquée chez « Oued El Bared » (689.77 mg/100g) et la plus basse est enregistré chez la variété « Cirta » (68.68 mg/100g). La variété « Boussalem » et la variété « Gta/durum69 » sont marquées respectivement, la valeur la plus élevée avec 1333.44 mg/100g et la valeur la plus basse avec 2.74 mg/100g pour la **L-Proline**. Concernant la **L-Valine**, on

note que le génotype « Oued El Bared » est représenté le taux le plus important avec 462.58 mg/100g, tandis que la variété « Cirta » est représentée la valeur la plus basse avec 78.60 mg/100g. La *L-Tyrosine* a marqué une valeur élevée chez « Ancomarzio » (164.19 mg/100g) et une valeur faible chez « Gta/durum 69 » (8.60mg/g). Pour la *L-Isoleucine* la variété « Bousselam » est marquée le taux élevé avec 77.14 mg/g et la variété « Gta/durum69 » est enregistré le taux le plus faible avec 3.14 mg/100g. Concernant la *L-Leucine*, la variété « Bousselam » est marqué le taux le plus haut avec 56.58 mg/100g et la variété « Gta/durum69 » est enregistré la valeur la plus basse avec 3.04 mg/100g. Finalement, la valeur la plus hausse de la *L-phénylalanine* est marqué chez la variété « Oued El Bared » (647.42 mg/100g), alors que la valeur la plus basse est noté chez la variété « Bouhamenna » (4.68 mg/100g).

Les protéines, composées d'acides aminés, revêtent une importance primordiale dans presque tous les processus biologiques. Elles interviennent dans la catalyse enzymatique, le transport et le stockage de petites molécules et d'ions, la protection immunitaire, la régulation de la croissance et de la différenciation cellulaire, ainsi que dans le soutien structurel de la peau et des os (Moroy, 2005).

Les acides aminés sont les principales unités de construction structurales et fonctionnelles de la cellule. Ils sont également liés aux processus de défense moléculaire des plantes impliqués dans la capture et/ou la production de radicaux libres, la régulation génique et la création de produits de défense (Cai *et al.*, 2015). Selon Nayyar (2003), les acides aminés sont considérés comme des précurseurs importants pour la production de métabolites secondaires et de composés de signalisation tels que les polyamines, les hormones végétales, les composés de signalisation immunitaire et les métabolites aux fonctions biologiques et propriétés favorables à la santé. Par conséquent, l'étude des changements dans le profil des acides aminés est d'intérêt dans le domaine du stress salin en tant que base pour diverses voies physiologiques importantes dans la cellule végétale.

Les acides aminés ont traditionnellement été classés comme nutritionnellement essentiels (indispensables) ou non essentiels (dispensables) pour les animaux et les humains (Baker, 2009 ; Wu, 2009). Les acides aminés nutritionnellement essentiels sont ceux dont les squelettes carbonés ne sont pas synthétisés par les cellules animales et doivent donc être fournis par l'alimentation (Wu, 2009). Cependant, certains acides aminés traditionnellement classés comme non essentiels, tels que la glutamine, le glutamate et l'arginine, jouent des rôles importants dans de multiples voies de signalisation, régulant ainsi l'expression génique, le renouvellement intracellulaire des protéines, le métabolisme des nutriments et la défense oxydative (Brasse-Lagnel *et al.*, 2009 ; Bruhat *et al.*, 2009 ; Yao *et al.*, 2008).

La teneur en acides aminés et leur composition ne sont pas constantes dans les céréales. Le génotype, l'environnement et leurs interactions ont été trouvés pour influencer significativement la qualité des acides aminés, et leurs effets environnementaux sont généralement plus importants que ceux des facteurs génétiques (Peterson *et al.*, 1992 ; Malik *et al.*, 2013). De plus, parmi les facteurs environnementaux, la température est considérée comme un composant majeur ayant un effet significatif sur la qualité du grain de blé (Liu *et al.*, 2011). Des études antérieures ont montré que pendant la période de remplissage des grains, la différence de température quotidienne et la température maximale ont un effet positif sur la

plupart des acides aminés, tandis que la température minimale quotidienne et l'humidité du sol ont un effet négatif (Hu *et al.*, 2022).

De plus, la tyrosine, la lysine, la méthionine, la thréonine et la valine ont présenté la plus grande variation entre les environnements, tandis que la phénylalanine, la glycine et l'acide aspartique ont présenté la plus petite variation (Hu *et al.*, 2022).

La proline est un acide aminé important qui joue des rôles cruciaux dans les réponses des plantes au stress abiotique. La teneur en proline augmente dans les plantes soumises à divers stress environnementaux. (Anjum *et al.*, 2011 ; Gill & Tuteja, 2010 ; Hayat *et al.*, 2012). D'après le profil des acides aminés libres testés, la proline, qui a été trouvée en augmentation dans les plantes traitées au sel, agit en tant que molécule osmoprotectrice et a été démontrée comme augmentant en réponse au stress salin (Rokebul Anower *et al.*, 2017). Selon Bertrand *et al.* (2016), la tolérance à la salinité est liée à certains acides aminés, tels que la proline, le glutamate, l'ornithine et l'aspartate. Cependant, les plantes soumises à la salinité augmentent principalement la teneur en proline aux dépens du glutamate. Dans de telles circonstances, la conversion du glutamate en proline peut se produire en raison d'un changement des priorités de la plante en faveur d'une meilleure survie (Rao *et al.*, 2006).

Tanaka *et al.* (1997) ont constaté que les acides aminés tels que l'asparagine, l'acide glutamique, l'alanine, l'acide aspartique, la glycine et la sérine favorisaient la floraison, tandis que la cystéine, la thréonine et la phénylalanine inhibaient la floraison chez la *Lemma pausicostata*. La phénylalanine, le tryptophane et la tyrosine sont considérées comme les trois molécules centrales du métabolisme des plantes (Galili & Hoefgen, 2002). De plus, l'augmentation de la teneur en isoleucine peut être attribuée à l'accumulation de proline. En revanche, les acides aminés non essentiels, tels que l'alanine, l'acide aspartique et la sérine, ont vu leur contenu réduit par la salinité. Cependant, l'augmentation significative de la glycine et de la cystéine dans les plantes soumises à la salinité pourrait résulter de l'ajustement osmotique. Parmi les acides aminés liés au maintien du métabolisme cellulaire, l'augmentation des niveaux de tryptophane, de phénylalanine, de tyrosine et d'histidine est probablement liée aux réponses défensives chez les plants soumis au stress (Farhangi-Abriz *et al.*, 2016). Le rôle des différents acides aminés est impliqué dans diverses fonctions régulatrices chez les plantes (Rasheed *et al.*, 2022) : par exemple, l'arginine et la méthionine sont des précurseurs des polyamines et de l'éthylène, respectivement. Les acides aminés aromatiques phénylalanine, tyrosine et tryptophane sont des intermédiaires ou des molécules centrales pour la production de métabolites secondaires présentant une importance biologique variable et différents critères de promotion de la santé (Rasheed *et al.*, 2022).

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 53. Dosage des acides aminés par LC-MS/MS des 20 géotypes étudiés.

Acide aminé	TR	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
L-Lysine	3,76	NI	NI	25,68	322,45	7,49	20,91	3,03	38,78	37,53	16,30	9,57	NI	169,49	22,05	23,63	24,21	26,09	19,14	41,02	NI
L-Histidine	3,95	NI	NI	19,71	5,87	3,52	4,28	0,80	7,05	0,52	3,85	NI	NI	NI	5,37	28,11	28,08	0,66	13,77	28,60	NI
L-Arginine	4,12	408,79	257,36	21,58	44,45	45,11	139,00	41,95	250,22	20,32	123,10	87,91	3,15	2,73	155,94	179,71	168,35	24,79	109,13	134,56	1,09
L-Cystine	3,38	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Glycine	4,16	NI	17,79	12,32	21,04	19,65	22,62	18,06	57,43	34,31	11,25	16,58	NI	5,38	62,38	84,72	55,26	26,78	43,29	78,58	NI
L-Serine	4,53	26,10	7,50	117,80	67,73	111,07	116,14	85,83	204,54	155,27	65,36	80,54	NI	51,64	253,91	440,12	159,07	73,94	131,25	276,20	NI
L-Acide Aspartique	4,77	NI	51,19	148,64	46,69	175,02	171,30	108,08	314,18	160,45	92,371	56,35	NI	NI	5,55	NI	226,30	32,92	108,47	261,96	NI
L-Alanine	4,66	NI	57,26	168,49	273,33	231,94	180,00	208,68	386,41	280,90	106,21	159,24	NI	79,81	554,56	1103,48	501,23	104,10	338,74	251,48	NI
L-Thréonine	3,73	NI	NI	183,45	201,21	261,87	222,34	193,60	358,38	233,56	78,28	112,26	NI	50,88	284,89	532,52	264,95	71,06	189,95	166,71	NI
L-Acide Glutamique	3,71	NI	NI	271,09	402,92	528,17	499,30	361,10	606,20	550,08	203,83	111,42	NI	68,68	419,08	689,77	177,88	133,96	148,14	258,51	NI
L-Proline	5,89	805,59	656,93	1051,33	442,67	715,24	493,22	805,92	1333,44	778,97	196,18	135,29	3,81	17,82	302,46	682,41	217,05	19,97	195,66	171,18	2,74
L-Valine	7,37	91,70	103,46	238,76	290,52	269,35	221,81	193,74	411,89	165,87	94,16	94,59	NI	78,60	276,17	462,58	277,87	191,07	202,52	153,08	NI
L-Tyrosine	9,68	71,32	103,83	164,19	24,76	15,83	22,64	10,36	19,50	10,21	NI	47,95	NI	NI	NI	46,93	50,40	45,46	53,95	49,70	8,60
L-Isoleucine	9,85	52,03	39,12	67,72	64,77	48,91	29,10	36,94	77,11	40,38	8,82	11,49	NI	9,16	13,41	8,65	14,48	11,69	13,91	16,27	3,14
L-Leucine	9,63	34,74	28,00	39,95	51,22	28,00	31,68	24,86	56,58	29,67	6,72	NI	NI	11,16	15,38	13,24	12,63	12,18	15,62	6,23	3,06
L-Phénylalanine	10,80	236,39	188,33	248,11	216,35	207,14	156,78	133,72	289,14	135,81	68,21	103,31	4,68	297,87	254,48	647,42	296,18	149,00	296,14	210,92	11,78
Nombre total	-	8	11	15	15	15	15	15	15	15	14	13	3	12	14	14	15	15	15	15	6

RT: Temps de rétention, NI : Non identifier

II.6. Durée d'épiaison de la phase végétative

Concernant la durée d'épiaison, les résultats obtenus révèlent une diversité intra-variétale qui classe les 20 génotypes en en trois catégories : « Précoce, Semi précoce et Tardive » (Tableau 54). Les variétés « Emilio Lepido, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina et Oued El Bared » sont des variétés précoce car ils ont présenté une période d'épiaison entre 91 et 96 jours, les variétés «Ovidio, Ancomarizo, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddaret Ammar6 » sont classées comme des génotypes semi-précoce car ils ont présenté une durée d'épiaison qui s'étale entre 111 et 118 jours, et les génotypes « Bousselam, Cirta, Waha, El Tayeb, Zahbi et Gta/durum69 » sont classés en génotypes tardive avec une durée d'épiaison qui s'échelonne entre 122 et 126 jours.

Cette divergence dans la durée d'épiaison entre les différentes variétés peut être attribuée à divers facteurs, notamment la génétique des plantes, les conditions environnementales telles que la température et l'humidité, ainsi que la gestion agronomique. Ces résultats soulignent l'importance de comprendre la variabilité phénotypique des différentes variétés de blé dur pour optimiser les rendements et adapter les pratiques agricoles en conséquence. La phénologie revêt une importance cruciale dans le processus d'adaptation des cultures, en contribuant à une synchronisation optimale du cycle de développement végétal avec les conditions climatiques spécifiques du milieu de culture (Mekhlouf *et al.*, 2006). Conformément aux travaux de Uptmour (2017), la précocité de l'épiaison est identifiée comme un critère primordial de sélection, constituant un mécanisme majeur permettant aux plantes de céréales d'éviter ou de contourner les contraintes climatiques. Toutefois, il convient de noter que l'accent mis sur l'augmentation de cette précocité, bien qu'ayant généré des résultats indéniables, n'est pas dépourvu d'effets indésirables.

Tableau 54. Durée d'épiaison en nombre de jours des 20 génotypes étudiés.

Génotypes	Nombre de jours de la durée d'épiaison	Classement
Ovidio	111	Semi-précoce
Emilio Lepido	96	Précoce
Ancomarzio	118	Semi-précoce
Mimmo	116	Semi-précoce
Simeto	116	Semi-précoce
Ciccio	111	Semi-précoce
Core	116	Semi-précoce
Bousselam	122	Tardive
Sigus	118	Semi-précoce
Moulet Eddar	118	Semi-précoce
Numidia	96	Précoce
Bouhamenna	96	Précoce
Cirta	124	Tardive
Beni Mestina	96	Précoce
Oued El Bared	91	Précoce
Waha	126	Tardive
Ammar6	113	Semi-précoce
El Tayeb	122	Tardive

Wahbi	124	Tardive
Gta /durum69	126	Tardive

II.7. État sanitaire



Figure 81. Génotypes atteint par la carie du blé (G3, G8, G14, G15 et G20).

Les maladies affectant les cultures céréalières peuvent engendrer des pertes de qualité et de rendement significatives. Sur le terrain, il a été observé que les variétés « Ovidio, Waha et Gta/durum69 » présentent une résistance élevée à l'oïdium, tandis que « Ciccio, Core et Cirta » sont caractérisées par une sensibilité relativement faible. En revanche, « Mimmo, Semito et Boussellam » affichent une sensibilité modérée. Les autres génotypes sont sensibles à l'oïdium. Les symptômes de cette maladie se manifestent sous forme d'un feutrage blanc sur la surface des feuilles.

Après la récolte, il a été noté que certains génotypes présentaient des grains contaminés par la carie du blé, notamment « Ancomarzio, Boussellam, Beni Mestina, Oued El Bared et Gta/durum69 ». Les conditions favorables à la propagation de cette maladie incluent les sols humides, les épis exposés à la pluie et une humidité élevée.

Tableau 55. Maladies observées durant l'expérimentation.

Génotypes	Oïdium sur la feuille	Tilletia caries
Ovidio	Résistante	Absent
Emelio Lipedo	Sensible	Absent
Ancomarzio	Sensible	Présent
Mimmo	Moyennement Sensible	Absent
Semito	Moyennement Sensible	Absent
Ciccio	Faiblement Sensible	Absent
Core	Faiblement Sensible	Absent
Bousselam	Moyennement Sensible	Présent
Sigus	Sensible	Absent
Moulet Eddar	Sensible	Absent
Numidia	Sensible	Absent
Bouhamenna	Sensible	Absent
Cirta	Faiblement Sensible	Absent
Beni Mestina	Sensible	Présent
Oued El Bared	Sensible	Présent
Waha	Résistante	Absent
Ammar6	Sensible	Absent
El Tayeb	Sensible	Absent
Wahbi	Sensible	Absent
Gta/durum69	Résistante	Présent

La culture du blé dur dans les zones subhumides présente plusieurs obstacles. Les précipitations abondantes peuvent entraîner un excès d'humidité dans le sol, favorisant le développement de maladies fongiques telles que la fusariose et la rouille. Les climats chauds et humides favorisent la prolifération de pathogènes et de ravageurs tels que les insectes et les acariens, nécessitant des approches spécifiques de gestion. De plus, bien que les zones subhumides aient généralement des précipitations adéquates, des périodes temporaires de stress hydrique peuvent survenir. Ainsi, la sélection de variétés de blé dur adaptées, résistantes aux maladies et aux conditions variables, ainsi que la mise en œuvre de pratiques culturales appropriées, sont essentielles pour surmonter ces défis et maximiser les rendements.



Conclusion et perspectives

CONCLUSION

Cette étude a porté sur une analyse approfondie de vingt (20) variétés de blé dur (*Triticum durum* L.) de nouvelles obtentions (Ovidio, Emelio Lepido, Ancomarzio, Mimmo, Semito, Ciccio, Core, Bousselam, Sigus, Moulet Eddar, Numidia, Bouhammena, Cirta, Beni Mestina, Oued El Bared, Waha, Ammar6, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69). Chacune de ces variétés a été soumise à une série d'expérimentations rigoureuses visant à évaluer une gamme de paramètres agronomiques, morpho-physiologiques, phénologiques et biochimiques pour comprendre le comportement et la performance des variétés dans un climat subhumide au niveau de la région d'El Harrouch situé au Nord-Est de l'Algérie (Wilaya de Skikda).

L'élaboration des fiches descriptives pour les différentes variétés de blé dur étudiées révèle une variabilité significative. Cette diversité est principalement influencée par les conditions agro-climatiques spécifiques à la région subhumide de la zone d'étude. Ainsi, les fiches descriptives dans cette zone reflètent non seulement la diversité génétique des variétés de blé dur, mais également leur adaptation spécifique aux conditions climatiques et environnementales locales. Cela souligne l'importance d'évaluer et de sélectionner les variétés de blé dur en tenant compte des exigences spécifiques de chaque zone climatique, pour assurer une performance optimale des cultures dans ces environnements particuliers.

La moyenne de l'indice de diversité relative (H' moyen) pour l'ensemble des géotypes examinés est d'environ 0.48, ce qui indique une diversité morphologique moyenne entre les espèces étudiées (la hauteur des plantes, les épis, les barbes, le rachis, les grains, les glumes, la troncature...etc.). Cette valeur suggère qu'il existe une variabilité substantielle dans les caractéristiques morphologiques des épis parmi les différentes variétés de blé dur examinées. Une valeur d'indice de diversité relative de 0.48 signifie qu'il y a une dispersion modérée des caractéristiques morphologiques des épis, ce qui peut être attribué à la diversité génétique parmi les géotypes étudiés. Ces résultats soulignent l'importance de maintenir et d'exploiter cette diversité génétique pour améliorer la résilience et l'adaptabilité des cultures de blé dur aux conditions environnementales changeantes.

Les résultats de la germination ont révélé des niveaux de germination remarquablement élevés pour les géotypes « Ovidio, Cirta et Bousselam », avec des pourcentages atteignant 96% pour « Ovidio et Cirta », et 95% pour « Bousselam ». Ces chiffres indiquent une forte capacité de germination de ces variétés de blé dur. En revanche, le géotype « Waha » a affiché le taux de germination le plus bas, avec seulement 86%. Cette différence significative peut suggérer des variations dans la qualité des graines ou des caractéristiques génétiques spécifiques de chaque variété. Ces résultats mettent en évidence l'importance de sélectionner des variétés de blé dur avec une capacité de germination élevée pour assurer un bon établissement des cultures et une performance agronomique optimale.

L'analyse des paramètres liés à la production, notamment le tallage herbacé, le tallage épi, le nombre d'épis/m², le nombre de grains/épi, le poids de mille grains (PMG), l'indice de récolte et l'estimation du rendement, ainsi que les rendements en paille et écologiques, révèle une diversité significative au sein des variétés étudiées. Cependant, il est important de noter que les rendements en paille et l'indice de récolte semblent présenter des tendances différentes, montrant une certaine homogénéité ou des variations moins marquées entre les variétés.

La variété « Ovidio » présente le nombre le plus élevé d'épi/m², avec une moyenne de 423.33±15.95 épis/m². Cette observation suggère que la variété « Ovidio » a un potentiel de production d'épi plus élevé par unité de surface (m²), ce qui peut contribuer à un rendement global plus élevé. En revanche, le génotype « Cirta » affiche la valeur la plus faible, avec une moyenne de 237±12.29 épis/m². Cette différence peut être attribuée à des caractéristiques génétiques spécifiques de chaque variété, ainsi qu'à des facteurs environnementaux qui influent sur la formation et le développement des épis.

Les résultats concernant le poids de mille grains montrent des variations significatives entre les différents génotypes de blé dur. Les génotypes « Simeto et Core » se distinguent avec des valeurs élevées, enregistrant respectivement 60.7g et 50.5g. Cette constatation suggère que ces variétés ont un potentiel de production de grains plus élevé par unité de poids. En revanche, la variété « Ammar6 » affiche la valeur la plus faible, avec seulement 36.85g. Cette différence peut être attribuée à des caractéristiques génétiques spécifiques de chaque variété, ainsi aux facteurs environnementaux qui influent sur le développement et la taille des grains. Ces résultats soulignent l'importance de sélectionner des variétés de blé dur avec un poids de 1000 grains élevé pour améliorer le rendement et la qualité des récoltes.

Concernant le rendement en grains les résultats révèlent que le génotype « Gta/durum69 » affiche le taux le plus élevé, avec une moyenne de 68.50±3.56 qx/ha, suivi de près par le génotype "Ovidio" avec 62.13±2.34 qx/ha. En revanche, le rendement le plus faible est enregistré par le génotype "Cirta", avec seulement 30.63±1.59 qx/ha. Ces variations importantes dans les rendements intra-génotypiques peuvent être attribuées à des différences génétiques intrinsèques, ainsi qu'à des réponses variables aux conditions environnementales telles que la disponibilité en eau, les niveaux de nutriments du sol et les conditions météorologiques pendant la saison de croissance. Ces résultats soulignent l'importance de sélectionner des variétés de blé dur à haut rendement pour améliorer la productivité et la rentabilité des cultures.

Globalement, dans l'étude des paramètres de rendement, les deux variétés « Gta/durum69 et Ovidio » ont montré un comportement intéressant pour la plupart des caractères agronomiques étudiés. Ces variétés peuvent donc être exploitées dans le processus de sélection et peuvent ainsi être suggérées comme des géniteurs dans les croisements en vue de l'obtention de nouvelles variétés plus performantes et moins impactées par les changements climatiques.

L'examen des paramètres morpho-physiologiques, incluant la hauteur de la plante, la surface foliaire, la teneur relative en eau des grains et des feuilles, révèle des variations significatives entre les différentes variétés étudiées. Les géotypes « Ovidio et Simeto » se distinguent par leurs valeurs élevées pour la plupart des caractéristiques examinées, témoignant de leur potentiel morpho-physiologique supérieur. Par ailleurs, des variations sont observées dans la teneur relative en eau des grains et des feuilles entre les variétés « Waha, Ammar6 et Gta/durum69 », qui présentent des valeurs supérieures pour la teneur relative en eau des grains, tandis que « Sigus, Moulet Eddar, Numidia et Waha » affichent les pourcentages les plus élevés pour la teneur relative en eau des feuilles. Ces résultats mettent en lumière la diversité morpho-physiologique et la différence de la capacité d'adaptation entre les variétés de blé dur étudiées exposées à des conditions environnementales subhumides.

En ce qui concerne les paramètres biochimiques, plusieurs géotypes, notamment « Cirta, Beni Mestina, Bousselam, Waha, Numidia et Ancomarzio », se distinguent par des valeurs favorables de gluten humide et gluten sec. Le géotype « Ovidio » présente la concentration la plus élevée des sucres solubles dans les feuilles, ce qui peut influencer la physiologie de la plante et son adaptation aux conditions environnementales. Par ailleurs, les variétés « Core et El Tayeb » affichent des niveaux plus élevés de pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b et totale) et des caroténoïdes, suggérant une meilleure capacité photosynthétique et une adaptation potentielle à des conditions environnementales spécifiques. Concernant le dosage de la proline, le géotype « Gta/durum69 » se démarque avec la concentration la plus élevée, soit 0.04 mg/gMF, suggérant une éventuelle réponse au stress environnemental ou une capacité accrue de tolérance. En ce qui concerne les acides aminés dans la semoule de blé, il est noté que le géotype « Oued El Bared » présente la concentration la plus élevée dans la majorité des acides aminés dosés. Cela peut avoir un impact significatif sur la qualité nutritionnelle de la semoule de blé, notamment en termes de teneur en protéines et de composition en acides aminés. Et par conséquent on peut la considérer comme la meilleure variété pour l'industrie de la transformation alimentaire et la production de produits à base de blé, tels que les pâtes ou le pain.

Les résultats de la phénologie, et en particulier la date d'épiaison, met en évidence une variation au sein des variétés étudiées. Cette analyse révèle également une diversité parmi les vingt géotypes examinés, classant les variétés comme suit : des variétés précoces « Emelio Lepido, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina et Oued El Bared » avec une durée d'épiaison, des variétés semi-précoce « Ovidio, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddar et Ammar6 », et des variétés tardives « Bousselam, Cirta, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum ».

Concernant l'état sanitaire, les observations sur le terrain révèlent des différences significatives de résistance à l'oïdium parmi les variétés de blé étudiées. Les géotypes tels que « Ovidio, Waha et Gta/durum69 » se distinguent par leur forte résistance à cette maladie, tandis que d'autres variétés comme « Ciccio, Core et Cirta » montrent une sensibilité relativement faible. En revanche, des variétés telles que « Mimmo, Semito et Bousselam » présentent une sensibilité modérée. De plus, après la récolte, certains géotypes ont été observés avec des grains contaminés

par la carie du blé, notamment « Ancomarzio, Bousselam, Beni Mestina, Oued El Bared et Gta/durum69 ». Ces résultats soulignent l'importance de sélectionner des variétés de blé résistantes aux maladies pour assurer des rendements optimaux et une qualité de récolte satisfaisante, tout en tenant compte des conditions environnementales favorables à la propagation de ces maladies.

PERSPECTIVES

Les conclusions et recommandations émises à la suite de cette étude mettent en lumière plusieurs axes d'amélioration essentiels et perspectives pour le développement optimal des cultures de blé :

✓ Conduite d'essais multisites et pluriannuels : Il est impératif de mener des essais sur plusieurs sites à différents climats et sur plusieurs années afin d'évaluer de manière exhaustive le comportement des différents géotypes dans des conditions environnementales variées. Cette approche permettra de sélectionner avec précision les variétés les plus performantes et les mieux adaptées à chaque environnement spécifique.

✓ Sélection rigoureuse des variétés : Il convient de sélectionner soigneusement les variétés les plus adaptées et les plus productives, en prenant en considération les caractéristiques propres à chaque milieu de culture et en se basant sur les résultats des essais réalisés.

✓ Études génétiques approfondies : Il est nécessaire d'approfondir les études génétiques, notamment en effectuant des croisements intra-variétales comme les plus prometteuses. L'objectif est de développer de nouvelles variétés présentant des caractéristiques améliorées en termes de rendement et de résistance aux maladies.

✓ Intégration des outils de biotechnologie et de génie génétique : L'intégration de ces outils dans les programmes d'amélioration des cultures permettra de réduire les effets de l'interaction génotype-environnement. De plus, elle offrira des méthodes efficaces, rapides et prédictives pour identifier et sélectionner les traits souhaités chez les plantes.

En suivant ces recommandations, il est possible d'optimiser les rendements, d'améliorer la résilience des cultures face aux stress environnementaux et aux maladies, et de relever les défis futurs liés à la sécurité alimentaire et à la durabilité de l'agriculture.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

-A-

Adamou, S., Bourenane, N., Haddadi, F., Hamidouche, S., & Sadoud, S. (2005). Quel rôle pour les fermes-pilotes dans la préservation des ressources génétiques en Algérie. Série de documents de travail, (126).

Adjabi, A., Bouzerzour, H., Lelarge, C., Benmahammed, A., Mekhlouf, A., & Hannachi, A. (2007). Relationships between grain yield performance, temporal stability and carbon isotope discrimination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean condition. *Journal of Agronomy*, 6(2), 294-301.

Aghaee, M., Mohammadi, R., and Nabovati, S. (2010). Agro-morphological characterization of durum wheat accessions using pattern analysis. *Aust. J. Crop Sci.* 4, 505–514

Aguiriano E., Ruiz M., Fite R. et Carrillo J.M., (2006). Analysis of genetic variability in a sample of the durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Spanish collection based on gliadin markers. *Genet. Resour. Crop Ev.* 53: 1543–1552.

Ahmed, H. G. M. D., Sajjad, M., Li, M., Azmat, M. A., Rizwan, M., Maqsood, R. H., & Khan, S. H. (2019). Selection criteria for drought-tolerant bread wheat genotypes at seedling stage. *Sustainability*, 11, 2584.

Akrib, K., Arslane, S., & Hachi, I. (2006). Caractérisation de la proline, indicateur de stress hydrique chez le blé dur en zone méditerranéenne. Université Med Boudiaf, M'sila.

Albouchi, A., Sebei, H., Mezni, M. Y., & El Aouni, M. H. (2000). Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla* Lindl. *Annales de l'INGRE*, 4, 139-161.

Al Khanjari, S., Filatenko, A., Hammer, K., & Burekert, A. (2008). Morphological spike diversity of Omani wheat. *Genet Resour Crop*, 55, 1185-1195.

Al-Hiti, M. J. H., & Al-Ubaidi, M. A. G. (2021). Study of yield and its components for several genotypes of durum wheat (*Triticum Durum* L.) newly derived under three seeding rates in the conditions of Anbar Governorate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 904, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Amigues, J. P., Debaeke, B. I., Lemaire, G., Seguin, B., Tardieu, F., & Thomas, A. (2006). Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72p.

Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.

Annicchiarico, P., & Pecetti, L. (1993). Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in a dry Mediterranean region of Northern Syria. *Agronomie*, 13, 25-34. doi: 10.1051/agro:19930102

Annicchiarico, P., Bellah, F., & Chiari, T. (2005). Defining subregions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: A case study. *Crop Science*, 45, 1741-1749.

Arriagada, O., Marcotuli, I., Gadaleta, A., and Schwember, A. R. (2020). Molecular mapping and genomics of grain yield in durum wheat: A review. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 7021. doi: 10.3390/ijms21197021

Ashfaq, M., Khan, A. S., & Ali, Z. U. (2003). Association of morphological traits with grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Agric. Biol.* 5(3), 262-264.

Auriau, P., Doussinault, G., Jahier, J., Lecomte, C., Pierre, J. (1992). Le blé tendre. Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA. 2-7380-0383-4. (hal-02850114).

-B-

Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & Hassous, K. L. (2005). Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. *Journal of Agronomy*, 4, 360-365.

Baker, D. H. (2009). Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. *Amino acids*, 37, 29-41.

Balla, K., Rakszegi, M., Li Zhongy, L. Z., Bekes, F., Bencze, S., & Veisz, O. (2011). Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis.

Bammoun, A. (1997). Contribution à l'étude de quelques caractères morpho-physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* ssp *durum*.) pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'Ouest Algérien [Thèse de Magistère, pp 1-33].

Bates, L. S., Waldren, R. P. A., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39, 205-207.

Bayat, M., & Zargar, M. (2020). Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control and winter wheat response to post herbicides application. *Journal of crop science and biotechnology*, 23(2), 149-155.

Bayoumi, T. Y., Eid, M. H., & Metwali, E. M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 7(14).

- Bechere, E., Belay, G., Mitiku, D., & Merker, A. (1996).** Phenotypic diversity of tetraploid wheat landraces from northern and north-central regions of Ethiopia. *Hereditas*, 124, 165-172.
- Belaid, D. (1996).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Edition office des publications universitaires, Ben Aknoun. Alger. p 206.
- Belhadj, H., Medini, M., Bouhaouel, I., & Amara, H. (2015).** Analyse de la diversité phénotypique de quelques accessions autochtones de blé dur (*Triticum turgidum* ssp. durum Desf.) du sud tunisien. *J. New. Sci. Agri. Biotech*, 24, 1115-1125.
- Belkharchouche, H., Fellah, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & Chellal, N. (2009).** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir – N°09*, Mars 2009, pp.17-24.
- Belkherchouche, H., Benbelkacem, A., Bouzerzour, H., & Benmahammed, A. (2015).** Flag leaf and awns ablation and spike shading effects on spike yield and kernel weight of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) under rainfed conditions. *Advances in Environmental Biology*, 9, 184-191.
- Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A., & Bouzerzour, H. (2010).** Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 14, 177-186.
- Benmounah, H., & Brinis, L. (2018).** Etude de quelques expressions morpho-physiologiques chez trois génotypes de blé dur pour la sélection à la tolérance au déficit hydrique. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 37, 78-86.
- Bensemmane, L. (2004).** Contribution à l'étude de la cinétique d'accumulation et répartition de la matière sèche chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen [Mémoire de magister, Faculté des sciences, UFA Sétif, 80p].
- Bertrand, A., Bipfubusa, M., Dhont, C., Chalifour, F.P., Drouin, P., & Beauchamp, C.J. (2016).** Rhizobial strains exert a major effect on the amino acid composition of alfalfa nodules under NaCl stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108, 344–352.
- Bewley, J. D., & Black, M. (2012).** *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control.* Springer Science & Business Media.
- Bheemanahalli, R., Sunoj, V. J., Saripalli, G., Prasad, P. V., Balyan, H. S., Gupta, P. K., ... & Jagadish, S. K. (2019).** Quantifying the impact of heat stress on pollen germination, seed set, and grain filling in spring wheat. *Crop Science*, 59(2), 684-696.
- Bhourikhila, S., Douh, B., Mguidiche, A., & Boujelben, A. (2015).** Effets de la contrainte hydrique et des changements climatiques sur la productivité du blé dur en conditions climatiques semi-arides de Tunisie. *Larhyss Journal*, 23, 69-85.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blouet, A., Gaillard, B., & Masse, J. (1984).** Le gel et les céréales. Perspectives Agricoles, 85, 0-25.
- Blum, A. (1985).** Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. Journal of experimental Botany, 36, 432-440.
- Bouatrous, Y. (2013).** Water stress correlated with senescence in durum wheat (*Triticum durum* Desf). Advances in Environmental Biology. 7(7): 1306-1314.
- Boubaker, M. (1995).** Potential of variety blends in wheat under variable environmental conditions. Agricultural Mediterranean, 125, 362-367.
- Boudersa, N. (2022).** Diversité Biologique, phytochimique et génétique chez deux genres des céréales (*Triticum* et *Hordeum*). Thèse de doctorat. Université Frères Mentouri Constantine1 Algerie.
- Boudour, L. (2006).** Étude des ressources phyto-génétiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) algérien : analyse de la diversité génétique et des critères d'adaptation au milieu [Thèse Doctorat d'État, Univ. Mentouri Constantine : 142p].
- Boulal, H., Zaghouane, O., EL Mourid, M., Rezgui, S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie. 176.
- Bouzerzour, H. (2004).** Stratégies de sélection des céréales en présence d'interaction génotype X milieu. Atelier de formation sur l'obtention variétale des céréales d'hiver. Du 16 au 19 mai 2004.
- Bouzerzour, H., & Djekoune, A. (1996).** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en semi-aride. Science & technologie, 12, 11-14.
- Bouzerzour, H., & Benmahammed, A. (1994).** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. Rachis, 12, 11-14.
- Bouzerzour, H., & Refoufi, B. (1992).** Effect of sowing date and rate, and site environment on the performance of barley cultivars grown in the Algerian high plateaux. Rachis, 11(1/2), 19.
- Brancourt-Hulmel, M., Biarnès-Dumoulin, V., & Denis, J. B. (1997).** Point de repère dans l'analyse de la stabilité et de l'interaction génotype-milieu en amélioration des plantes. Elsevier/Inra. Agronomie, 17, 219-246.
- Brasse-Lagnel, C., Lavoine, A., & Husson, A. (2009).** Control of mammalian gene expression by amino acids, especially glutamine. The FEBS journal, 276(7), 1826-1844.
- Bruhat, A., Chérasse, Y., Chaveroux, C., Maurin, A. C., Jousse, C., & Fafournoux, P. (2009).** Amino acids as regulators of gene expression in mammals: molecular mechanisms. Biofactors, 35(3), 249-257.

- Cai, G., Sobieszczuk-Nowicka, E., Aloisi, I., Fattorini, L., Serafini-Fracassini, D., & del Duca, S. (2015).** Polyamines are common players in different facets of plant programmed cell death. *Amino Acids*, 47, 27–44.
- Cattivelli, L., Baldi, P., Crosatti, N., Di Fonzo, N., & Stanca, M. (2002).** Chromosome regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in *Triticeae*. *Plant Molecular Biology*, 48, 649-665.
- Chaib, G., Benlaribi, M., & Hazmoune, T. (2015).** Accumulation d'osmoticums chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress hydrique. *European Scientific Journal*, 11(24).
- Chaib, G., Benkhokha, A., Benlaribi, M., Abdelsalem, A. Z. E. (2018).** Effect of water stress on proline accumulation and stomatal resistance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Moroccan Journal of Biology*. 15 : 42-51.
- Chadefaut, M., Emberger, L. (1960).** *Traité de Botanique systématique*. p 382.
- Chandran, B., & Goel, A. (2012).** A randomized, pilot study to assess the efficacy and safety of curcumin in patients with active rheumatoid arthritis. *Phytotherapy research*, 26(11), 1719-1725.
- Chehili, F., Boudour, L., & Bouchtab, K. (2017).** Etude de la variabilité agronomique et biochimique des quatre génotypes d'une variété de blé dur cultivé en Algérie (*Triticum durum* Desf.). *Eur Sci J*, 13(9), 409-425.
- Chennafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H., & Saci, A. (2006).** Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5, 854-860.
- Chourghal, N., & Hartani, T. (2020).** Which sowing strategy for durum wheat in Algeria to adapt to climate change. *Cahiers Agricultures*, 29. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020017>
- Clech, B. (2000).** *Végétale*. 2ème édition. Imprimerie Laplante, France 412p.
- Clarke, J. M., McCaig, T. N. (1982).** Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 62(3) : 571- 578.
- Clément, J. M. (1981).** *Dictionnaire Larousse Agricole*. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2. p 1207.
- Cornell, H. J. (2012).** The chemistry and biochemistry of wheat. In S. P. Cauvain (Ed.), *Breadmaking Improving Quality* (2nd ed., pp. 299-336). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Coulomb, Ph.J., Abert, M., Coulomb, Ph.O., & Gallet, S. (2004).** Le 1e guide du vin dédié à votre santé. Editions du Voyage, N° 9. 352 pages.
- Couvreur, F. (1985).** Formation du rendement du blé et risque climatiques. *Perspectives agricoles*, N° 95: 12-19.

-D-

Dakheel, A. J., Nasi, I., Mahalakshmi, V., & Peacock, J. M. (1993). Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology*, 34, 297-307.

Demissie, A., & Bjornstad, A. (1996). Phenotypic diversity of Ethiopian barleys in relation to geographical regions, altitudinal range, and agro-ecological zones: as an aid to germplasm collection and conservation strategy. *Hereditas*, 124, 17-29.

Derbal, N. (2015). Etude de la variation spatiotemporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie (Doctoral dissertation, Université de Annaba).

Desiderio, F., Zarei, L., Licciardello, S., Cheghamirza, K., Farshadfar, E., Virzi, N., et al. (2019). Genomic regions from an Iranian landrace increase kernel size in durum wheat. *Front. Plant Sci.* 10. doi: 10.3389/fpls.2019.00448

De Vita, P., Li Destri Nicosia, O., Nigro, F., Platani, C., Riefolo, C., Di Fonzo, N., et al. (2007). Breeding progress in morpho-physiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *Eur. J. Agron.* 26, 39–53. doi: 10.1016/j.eja.2006.08.009

Diffenbaugh, N. S., & Giorgi, F. (2012). Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Climatic Change*, 114(3-4), 813–822. DOI: 10.1007/s10584-012-0570-x.

Dimitrios, A. (2023). Durum Wheat: Uses, Quality Characteristics, and Applied Tests.

Djekoun, A., Ykhlef, N., Bouzerzour, H., Hafsi, M., Hamada, Y., & Khali, L. (2002). Production du blé en zones semi-arides : Identification des paramètres d'amélioration du rendement. III Journée Scientifique sur le blé dur, 11, 12 et 13 Février 2002. Univ. Mentouri Constantine.

Djermoun, A. (2009). Etude sur La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, juin 2009, n. 1, p. 45-53. http://www.univ-chlef.dz/revuenatec/art_01_05.pdf

Douib, A. (2012). Contribution à l'étude de quelques marqueurs physiologiques de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur : taille de semences en tant que critère de sélection. Mémoire de Magister. Université Annaba- Algérie.

DSAS. (2020). Direction of agricultural services of Skikda.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, P.A., Ruberg, A., Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28(3): 350- 356.

-E-

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elhani, S., Martos, V., Rharrabti, Y., Royo, C., & Del Moral, L. G. (2007). Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, 103(1), 25-35.

Eticha, F., Belay, G., Bekele, E., and Borner, A. (2005). Phenotypic diversity in tetraploid wheats collected from Bale and Wello regions of Ethiopia. *Plant Genet. Resour.* 3, 35–43. doi: 10.1079/PGR200457

-F-

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), (2024). <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2016). Improving amino acid composition of soybean under salt stress by salicylic acid and jasmonic acid. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 89, 243–248.

Fayaz, F., Aghaee Sarbarzeh, M., Talebi, R., and Azadi, A. (2019). Genetic Diversity and Molecular Characterization of Iranian Durum Wheat Landraces (*Triticum turgidum durum* (Desf.) Husn.) Using DArT Markers. *Biochem. Genet.* 57, 98–116. doi: 10.1007/s10528-018-9877-2

Feillet, P. (2000). Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. 58-75, 196-198

Fellahi, Z., Hannachi, A., Oulmi, A., & Bouzerzour, H. (2018). Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). *Revue Agriculture*, 9(1), 60-70.

Fellahi, Z., Hannachi, A., & Bouzerzour, H. (2020). Expected genetic gains from mono trait and index-based selection in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) populations. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 73(2), 9131-9141.

Ferdous, M. F., Shamsuddin, A. K. M., Hasna, D., & Bhuiyan, M. M. R. (2010). Performance and variability for yield and yield contributing characters in spring wheat. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 8(1).

Fiorilli, V., Maghrebi, M., Novero, M., Votta, C., Mazzarella, T., Buffoni, B., Astolfi, S., & Vigani, G. (2022). Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Differentially Affects the Nutritional Status of Two Durum Wheat Genotypes under Drought Conditions. *Plants*, 11(6), 804. <https://doi.org/10.3390/plants11060804>

PFDL, (2020). Soil analysis of the Larbi Daoudi pilot farm by Integrated Fertilization Analysis and Recommendation System, FERTIAL Laboratory Agronomic Laboratory.

-G-

Galili, G., & Höfgen, R. (2002). Metabolic engineering of amino acids and storage proteins in plants. *Metabolic Engineering*, 4(1), 3-11.

Gate, P., Bouthier, A., Casablanca, H., & Deleens, E. (1992). Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. (Les colloques n°64).

Gate, P., Brain, P., Colenne, J., & Briffeaux, G. (1990). Pour les céréales à paille à chaque variété son époque de semis. *Pers, Agric*, 148, 20-27.

Gegas, V. C., Nazari, A., Griffiths, S., Simmonds, J., Fish, L., Orford, S., et al. (2010). A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. *Plant Cell*. 22, 1046– 1056. doi: 10.1105/tpc.110.074153

Gharib, M., Qabil, N., Salem, A., Ali, M., Awaad, H., and Mansour, E. (2021). Characterization of wheat landraces and commercial cultivars based on morphophenological and agronomic traits. *Cereal Res. Commun.* 49, 149–159. doi: 10.1007/s42976-020-00077-2

Ghennai, A., Chafia, Z., & Mostefa, B. (2017). Étude de la diversité génétique de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et de blé dur (*Triticum durum* Desf.) selon la base des caractères de l'UPOV. *Journal of Applied Biosciences*, 113, 11246-11256.

Gill, S.S., & Tuteja, N. (2012). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930.

Gondé, R., & Jussiaux, M. (1980). Cours d'agriculture moderne [agriculture generale, agriculture speciale (par types de cultures), zootechnie (generale, et par especes), transformation des produits agricoles, equipmenet rural ; ouvrage destine aux agriculteurs praticiens et a l'enseignement technique agricole ; France].

Grabe, D. F. (1970). Tetrazolium test handbook. For agricultural seed contribution N° 29: Handbook on seed testing. Proceedings of the Association of official Seed Analysts, 62 p.

GraphPad Software Inc. (2020). Prism 9.0.0.12 [Computer software]. GraphPad Software Inc. <https://www.graphpad.com>

Gupta, A. K., Jha, A. K., & Singhal, S. (2021). Optimisation of modification parameters for amaranth starch for the development of pudding and study of the quality traits of developed pudding. *Acta Alimentaria*, 50(1), 22-32.

-H-

Haddad, L. (2010). Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif, 58p.

Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Fellahi, Z., Nouar, H., & Laala, Z. (2016). Analysis of Genotype ×

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Environment Interaction for gain yield in Early and Late Sowing Date on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes. Jordan Journal of Biological Sciences, 9(3), 139-146.

Hadjichristodoulou, A. (1985). The stability of the number of tiller of barley varieties and its relation with consistency of performance under semi-arid conditions. Euphytica, 34, 641-649.

Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. Tropicultura, 25(3), 168-173.

Hakimi, M. (1992). Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'orge. Porc. Symp. On the Agronomy of rainfed barley and durum wheat in dry areas. J. Agri. Sci. Camb., 108, 599-608.

Hannachi, A., Oulmi, A., Fellahi, Z., & Bouzerzour, H. (2017). Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Revue Agriculture, 9(1), 60-70.

Hassine, S. (2005). Effet du régime hydrique sur la croissance et la répartition de la biomasse du blé dur (Doctoral dissertation, Université de Mentouri).

Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: A review. Plant Signaling & Behavior, 7(11), 1456-1466.

Hazmoune, T., & Benlaribi, M. (2004). Etude comparée de l'effet de la profondeur de semis sur les caractères de production de trois génotypes de *Triticum durum* Desf. En zone semi-aride. Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, 94-99.

Heller, R., Esnault R. et Lance C. (2004). Physiologie végétale II, Développement. Ed, dunod, paris. 64-240 pp.

Henry, Y., De Buyser, J. (2001). L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Edition Belin, Paris. 69-72

Higginbotham, R. W., & Huluka, G. (1995). Inheritance of wheat head emergence time. Crop Science, 35, 900-906.

Hsiao, T. C., Fereres, E., Acevedo, E., & Henderson, D. W. (1976). Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In Water and Plant life: Problems and modern approaches (pp. 281-305). Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Hu, X., Ma, J., Qian, W., Cao, Y., Zhang, Y., Liu, B., Tang, L., Cao, W., Zhu, Y., & Liu, L. (2022). Effects of Low Temperature on the Amino Acid Composition of Wheat Grains. Agronomy, 12(5), 1171.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

International Board for Plant Genetic Resources (IPGRI), (1985). Descriptors for wheat (Revised). International Board for Plant Genetic Resources 12 p. Available at: <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/291bd879-17ce-4c6c-aa9e-35924d1e66d1/content>

International Board for Plant Genetic Resources (IPGRI), (2009a). Descriptors for Wheat (Revised) (Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute). Available at: <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-wheat-revised/>

ISTA, (1978). Handbook for Vigour Tests, International Seed Testing Association, Switzerland.

ITGC, (2008). La technologie semencière. La production de semences des céréales à paille en Algérie, 138 p

-J-

Jackson, R. D., Idso, S. B., Reginato, R. J., & Pinter, P. J. (1996). Canopy temperature as a crop water stress index. *Water Resour. Res.* 17, 1133–1138.

Jain SK, Qualset CO, Bhatt GM, Wu KK (1975). Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheat. *Crop Sci* 15: 700-704

Jones, C. A., & Kiniry, J. R. (1986). CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A & M University Press.

-K-

Kirouani, A., Ould Kiar, R., Boukhalfoun, L., & Fellahi, Z. E. A. (2019). Caractérisation de quelques variétés Algériennes de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) par le biais des marqueurs phénotypiques. *Journal of Applied Biosciences*, 142, 14464-14477.

Keddar, M. N. (2014). Caractérisation physico-chimique, biochimique et technologique de quelques variétés de blé dur algérien destinées à la panification (Doctoral dissertation). (http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/2230/1/KEDDAR_Mohamed-Nadir)

Khodayari, M., & Oweis, T. (2018). Conventional and deficit irrigation of durum wheat in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 199, 123-133.

Kramer, P. J. (1983). Water relations of plants. Academic press. la diversité génétique et de la stabilité du rendement de blé tendre en zone semi-aride. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 72(3), 103-109.

-L-

Laala, Z. (2018). Sélection du blé dur (*Triticum turgidum* var durum L.) pour l'adaptation aux conditions semi-aride. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif-1, 131 p

Laouar, L., Lachaal, M., Khamassi, K., & Zayoud, K. (2015). Importance de la culture de l'orge dans la région de Contantine et perspective de son amélioration. *European Scientific Journal*, 11(33).

Lecoq, J. (1965). Influence du taux de gluten des semoules sur les propriétés rhéologiques des pâtes. *Annales de technologie agricole*, 14(2), 165-176.

Lempereur, I., Rouau, X., et Abecassis, I. (1995). Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum* L) grain and its milling fractions. *Journal of Cereal Science* 25 (1997) 103–110

Lenné, J. M., & Wood, D. (1991). Variation in yield of barley and bread wheat under rainfed conditions in the Ethiopian highlands. *Experimental Agriculture*, 27(4), 473-483.

Lhaloui, S., & Sbei, R. (1992). Effet de la date de semis sur la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone aride et semi-aride. Rôle de la variété et de l'année. *Sécheresse*, 3(4), 217-222.

Lhomme, J. P., & Comar, A. (1976). Modification de la méthode de recherche des polyphénols dans les vins. *Conn. Vigne Vin*, 10, 365-373.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*.148: 350-382

Liu, H., Ma, J., Tu, Y., Zhu, J., Ding, P., Liu, J., et al (2020). Several stably expressed QTL for spike density of common wheat (*Triticum aestivum*) in multiple environments. *Plant Breeding* 139, 284–294. doi: 10.1111/pbr.12782.

Liu, P., Guo, W., Jiang, Z., Pu, H., Feng, C., Zhu, X., Peng, Y., & Kuang, A. (2011). Effects of high temperature after anthesis on starch granules in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*, 149, 159–169.

Lopez-Bellido, R. J., & Lopez-Bellido, L. (2001). Efficiency of nitrogen in wheat under mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research*, 71, 31-46.

Ludlow, MM., & Muchow RC. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in agronomy*, 43: 107153.

-M-

Maamouri, A., Deghaies, H., El Falah, M. & Halila H. (1988). Les Variétés de Céréales Recommandées en Tunisie. Documents Techniques, No. 103. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Tunis

Maciejewski, J. (1991). Semences et plants. Edition Lavoisier Technique et Documentaires, Paris. 233 p

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Malik, A.H., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2013).** Combined effect of genetic and environmental factors on the accumulation of proteins in the wheat grain and their relationship to bread-making quality. *Journal of Cereal Science*, 57, 170–174.
- Marti, J. I., & Slafer, G. A. (2014).** Bread and durum wheat yields under a wide range of environmental conditions. *Field Crops Research*, 155, 167-177.
- Marti, J. I., & Slafer, G. A. (2015).** Variation in growth and yield within durum wheat accessions under contrasting water and nitrogen conditions. *Field Crops Research*, 171, 6-15.
- Marzario, S., Logozzo, G., David, J. L., Zeuli, P. S., and Gioia, T. (2018).** Molecular genotyping (SSR) and agronomic phenotyping for utilization of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) ex situ collection from Southern Italy: A combined approach including pedigreed varieties. *Genes* 9, 465. doi: 10.3390/genes9100465
- Marzario, S., Sica, R., Taranto, F., Esposito, S., De Vita, P., Gioia, T., & Logozzo, G. (2023).** Phenotypic evolution in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) based on SNPs, morphological traits, UPOV descriptors and kernel-related traits. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1206560.
- Matveef, L. (1966).** A new method for the determination of wet gluten in flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(7), 304-307.
- Mazliak, P. (1998).** Semences et germination : Processus de germination. In *Physiologie végétale II : croissance et développement*. Herman. Editeurs des Sciences des Arts.
- Mc Intosh, R. (1988).** A catalogue of gene symbols for wheat. In: Miller TE, Koebner RMD (eds) *Proc. Seventh Int. Wheat Generics Symposium*, Cambridge: 1225-1323.
- McIntosh, R. A. (1988).** The role of specific genes in breeding for durable stem rust resistance in wheat and triticale. *Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat*. CIMMYT, Mexico, 1-9.
- Meberkani, S. (2012).** Caractérisation morphologique de quelques populations locales de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) de la région d'Adrar. Magister en Sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie (ENSA), 87P
- Mefti, M., Belkacemi, K., Belkadi, B., & Abed, A. (2002).** Influence of foliar application of nitrogen and urea on the productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Revue des Régions Arides*, 14(1), 1-9.
- Mekhlouf, A., & Bouzerzour, H. (2000).** Comparaison de l'efficacité de la sélection précoce directe et indirecte pour améliorer le rendement en grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf), en zone semi-arides d'altitude. *Recherche agronomique*, 9, 17-29.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Bemahammed, A., Hadj Sahraoui, A., Harkati, N. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse*. 17 (4) :507-513.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Metha, R. L., & Clarke, J. M. (1990). Evaluation of models of durum wheat phenological development for the semiarid Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 70(3), 807-819.

Meynard, J.M. (1980). L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence des différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse Doct Ing "Sci. Agr" INA. Paris- Grignon: 274p.

Minitab, I. (2009). Minitab user's guide. State College, PA: Minitab.

Mohammadi, R., & Haghparast, R. (2022). Review; Durum wheat: production, nutritional value and economic importance. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 1(3), 414-445.

Monneveux, D., & Depigny-This. (1995). Intégration des approches physiologiques, génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales. In AUPELF-UREF (Ed.), *Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?* (pp. 149-163). John Libbey Eurotext.

Monneveux, P. & This, D. (1997). La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : Espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8(1) : 29-35.

Moragues, M., Garcia del Moral, L. F., Moralejo, M., Royo, C., & Martinez-Cob, A. (2006). Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: I. Yield components. *Field Crops Research*, 95, 194-205.

Moroy, G. (2005). Étude structurale du domaine d'interaction du récepteur de l'élastine: Approches biochimiques, biophysiques et bioinformatiques [Doctoral dissertation, Reims].

-N-

Nasi, I., & Mahalakshmi, V. (1997). Genotypic variation for osmotic adjustment in sorghum and its importance in drought tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178(1), 29-37.

Nazarli, H., Faraji, F., Zardashti, M.R. (2011). Effect of drought stress and polymer on osmotic adjustment and photosynthetic pigments of sunflower, *Cercetări Agronomice in Moldova*. 1 (145) : 35-41.

Naville, M. (2005). La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé. Paris: Université Paris XI, Paris. 20p.

Naylor, R. E. L. (1970). A guide to soil analysis. Oxford: Blackwell Scientific.

Nayyar, H. (2003). Calcium as environmental sensor in plants. *Current Science*, 84, 893–902.

Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Baenziger, P.S., & Grombacher, A.W. (1992). Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Science*, 32, 98–103.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Nebauer, S. G., Renau-Morata, B., Guardiola, J. L., & Molina, R. V. (2014). Photosynthetic limitations of two Citrus rootstocks under chilling stress. *Journal of Plant Physiology*, 171(3-4), 270-280.

Negassa, M. (1986). Estimates of phenotypic diversity and breeding potential of Ethiopian wheats *Hereditas* 104: 41-48.

Nouar, H. (2015). Contribution à l'étude de l'interaction génotype-environnement de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen : application des modèles de la régression conjointe et de l'AMMI. Thèse de Doctorat. Université Ferhat Abbas Setif-1.

Nour, A. (2017). Etude de la viabilité et vigueur des semences de blé pendant le stockage (Doctoral dissertation, Université Badji Moukhtar Annaba). Available at: <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2019/10/These-Nour-Asma.pdf>

-O-

Othmani, A., Mosbahi M., Ayed S., Slim Amara H. & Boubaker M., 2015. Morphological characterization of some Tunisian breadwheat (*Triticum aestivum*L.) accessions *J. New Sci.*15 (3):503-510.

Ouaja, M., Bahri, B. A., Aouini, L., Ferjaoui, S., Medini, M., Marcel, T. C., et al. (2021). Morphological characterization and genetic diversity analysis of Tunisian durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum) accessions. *BMC Genom. Data* 22, 1–17. doi: 10.1186/s12863-021-00958-3

Oudjani, W., 2009. Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse de magister en biologie végétale, Univ. Constantine : 113p.

Oulmi, A., El, Z., Fellahi, A., El, U. M., El, B., de Bordj, I., Arréridj, B., & Nadjim, S. 2018. Investigation of phenotypic correlations among traits and generations of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) populations in semi-arid zones Camelina: A Cash Cover Crop Enhancing water and soil conservation in MEDiterranean dry-farming systems View project Crop management View project. <https://www.researchgate.net/publication/326753401>

Oweis, T., & Hachum, A. (2006). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, 80, 57-73.

-P-

Patil, R., Tamhankar, S., Oak, M., Raut, A., Honrao, B. K., Rao, V. S., et al. (2013). Mapping of QTL for agronomic traits and kernel characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Euphytica* 190, 117–129. doi: 10.1007/s10681-012-0785-y

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Perez, C. M. R., Manero, P. M., & Rodriguez, R. C. (1992). Physiological aspects of cereal seed vigour. In: Cereal Breeding Related to Integrated Cereal Production. CIMMYT. Mexico, 169-191.

Phogat, B. S., Kumar, S., Kumari, J., Kumar, N., Pandey, A. C., Singh, T. P., et al. (2021). Characterization of wheat germplasm conserved in the Indian National Genebank and establishment of a composite core collection. *Crop Sci.* 61, 604–620. doi: 10.1002/csc2.20285

Porra, R. J., Thompson, W. A., & Kriedemann, P. E. (1989). Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 975(3), 384-394.

-R-

Rabti, A. (2021). Changements des caractères morpho-physiologiques induits par la sélection artificielle du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. Thèse de doctorat en Sciences en production végétale. Université Ferhat Abbas Sétif 1. 183P.

Rabti, A. B., Mekaoussi, R., Fellahi, Z. E. A., Hannachi, A., Benbelkacem, A., Benmahammed, A., & Bouzerzour, H. (2020). Characterization of old and recent durum wheat [*Triticum turgidum* (L.) Tell. convar. durum (Desf.) Mackey] varieties assessed under south Mediterranean conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*, 42(3), 307-320.

Rao, A. N., & Sharma, D. R. (1991). Effect of salinity stress on chlorophyll content, leaf area, yield and yield components of barley varieties. *Crop Research*, 4(1), 66-69.

Rao, K.M., Raghavendra, A.S., & Reddy, K.J. (2006). *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Rascio, A., Cedola, M. C., Sorrentino, G., Pastore, D., & Wittmer, G. (1988). Pressure-volume curves and drought resistance in two wheat genotypes. *Physiologia Plantarum*, 73(1), 122-127.

Rasheed, R., Ashraf, M.A., Ali, S., Iqbal, M., & Zafar, S. (2022). Plant metabolism adjustment in exogenously applied NO under stress. In *Nitric Oxide in Plant Biology* (pp. 261–296). Cambridge, MA, USA: Academic Press.

Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I., & Fischer, R. A. (1994). Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 717-730.

Reynolds, M. P., Pellegrineschi, A., & Skovmand, B. (2005). Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Ann. Appl. Biol.* 146, 39–49.

Reynolds, M. P., Singh, R. P., Ibrahim, A., Ageeb, O. A. A., & Quick, J. S. (1998). Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica*, 100, 84–95.

Robert D, Gate P, Couvreur F. (1993). Les stades du blé. Editions ITCF. p 28.

Roberts, E. H. (1972). Dormancy: a factor affecting seed survival in the soil. In *Viability of seeds* (pp. 321-359). Dordrecht: Springer Netherlands.

Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V., & Garcia del Moral, L. F. (2006). Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communications*, 34(2-3), 721-728.

-S-

Saini, H. S., Westgate, M. E., & Argyris, J. (1990). Effect of water deficit during the reproductive stage in maize: I. Effect on the vegetative plant growth. *Crop Science*, 30, 971-975.

Safarova, G., Akhundova, E., Ramazanova, M., Salayeva, S., & Ojaghi, J. (2019). Agromorphological characterization of Azerbaijan durum wheat accessions by multiple statistical analysis.

Sala, R. G., Andrade, F. H., & Ceron, J. C. (1991). Effect of water stress on the water relations, photosynthesis, and yield of maize. *Agronomy Journal*, 83, 105-111.

Slafer, G. A., Araus, J. L., ROYO, C., & DEL MORAL, L. F. G. (2005). Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of applied biology*, 146(1), 61-70.

Salmi, M. (2018). Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides (Doctoral dissertation).

Salmi, M., Benmahammed, A., Benderradji, L., Fellahi, Z., Bouzerzour, H., Oulmi, A., Benbelkacem, A. (2019). Generation means analysis of physiological and agronomical-targeted traits in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cross. *Revista Facultad Nacional de Agronomia*. 72 (3) : 8971-8981.

Salmi, M., Fellahi, Z. E. A., Benbelkacem, A., Benmahammed, A., & Bouzerzour, H. (2021). Inheritance of plant height, straw yield and flag leaf area in MBB x Gaviota durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cross. *Acta agriculturae Slovenica*, 117(4), 1-10.

Saud, S., Li, X., Chen, Y., Zhang, L., Fahad, S., Hussain, S., & Yan, D. (2019). Effect of drought stress on growth, yield and physiological attributes of different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture Biology*, 21(4), 800-810.

Schoenlechner, R., & Bender, D. (2020). Pseudocereals for global food production. *Cereal Foods World*, 65(2).

Shafi, M., Bakht, J., Wahid, A., & Hammad, H. M. (2008). Wheat yield estimation model based on climate variables for arid region. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(3), 360-365.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Shaheen, A., Shahzad, A., Shah, S. H., Khattak, S. H., Idrees, S., & Khan, S. U. (2023).** Molecular and morphological evaluation of salt tolerance genes in advanced wheat lines (Part 1). *Pak. J. Bot.*, 55(3), 813-823.
- Shannon, C. E., and Weaver, W. (1949).** The mathematical theory of communication (Urbana: University of Illinois Press).
- Sharma, S. K., & Dagar, J. C. (1995).** Efficient management of saline water for irrigating crops in water-short areas. *Agricultural Water Management*, 28(3), 269-280.
- Shaygan, N., Etminan, A., Majidi Hervan, I., Azizinezhad, R., and Mohammadi, R. (2021).** The study of genetic diversity in a minicore collection of durum wheat genotypes using agromorphological traits and molecular markers. *Cereal Res. Commun.* 49, 141–147. doi: 10.1007/s42976-020-00073-6
- Slafer, G. A., Araus, J. L., Royo, C., & Del Moral, L. F. G. (2005).** Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*, 146(1), 61-70.
- Smith, M. J. (1992).** Physiological techniques in wheat breeding. In: Reynolds MP, Rajaram S, McNab A (eds) *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*. CIMMYT, Mexico DF, 145-159.
- Soltner D. (1999).** Les grandes productions végétales. 19^{ème} édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France. p 464.
- Souilah, N. (2009).** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Étude des caractères de production et d'adaptation. Magister en biologie végétale. Université Mentouri Constantine 1. Faculté de Sciences, de la Nature et de la Vie. Département de biologie et écologie. 187p.
- Souilah, N., Amrouni, R., Zekri, J., & Benlaribi, M. (2014).** Agrodiversité et valorisation de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et d'orge (*Hordeum vulgare* L.) selon les recommandations de l'UPOV. *J. Rég. Arid*, 35, 249-253.
- Spagnoletti Zeuli, P. L., and Qualset, C. O. (1990).** Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breed.* 105, 189–202. doi: 10.1111/j.1439- 0523.1990.tb01196.x
- Spagnoletti Zeuli, P. L., Qualset, C. O., and Smith, D. H. (1988).** Germplasm resources in durum wheat: Extreme variants for some quantitative spike characters in the USDA Word Collection. *Wheat Inf. Service* 67, 30–34.
- Spagnoletti Zeuli, P. L., and Qualset, C. O. (1987).** Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. *Crop Sci.* 27, 235–241. doi: 10.2135/cropsci1987.0011183X002700020022x

Subira, J., Ammar, K., Álvaro, F., García del Moral, L. F., Dreisigacker, S., & Royo, C. (2016). Changes in durum wheat root and aerial biomass caused by the introduction of the Rht-B1b dwarfing allele and their effects on yield formation. *Plant and Soil*, 403, 291-304.

Suchowilska, E., Wiwart, M., Wachowska, U., Radawiec, W., Combrzyński, M., and Gontarz, D. (2022). A comparison of phenotypic variation in *Triticum durum* Desf. genotypes deposited in gene banks based on the shape and color descriptors of kernels in a digital image analysis. *PloS One* 17 (2), e0259413. doi: 10.1371/journal.pone.0259413

Sun, L., Huang, S., Sun, G., Zhang, Y., Hu, X., Nevo, E., et al. (2020). SNP-based association study of kernel architecture in a worldwide collection of durum wheat germplasm. *PloS One* 15 (2), e0229159. doi: 10.1371/journal.pone.0229159

Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1981). Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (No. 519.5 St32pr). McGraw-Hill.

Stone, L. R. (1976). Effect of leaf rolling on net photosynthesis, transpiration and water use efficiency of cotton. *Crop Science*, 16 (3), 351-354.

Strain, B. R., & Cure, J. D. (1975). Analysis of photosynthetic response to water stress in pecan and soybean leaves. *Plant Physiology*, 56(5), 738-741.

-T-

Taghvaeian, S., Kamkar, B., & Boroomand Nasab, S. (2011). Wheat response to full and limited irrigation during different growth stages in northwest Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(1), 79-88.

Tambussi, E. A., Bort, J., Guiamet, J. J., & Nogues, S. (2007). Araus, J. L. The photosynthetic role of ears in C3 cereals: metabolism, water use efficiency and contribution to grain yield. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26(1), 1-16.

Tanaka, O., Nakayama, Y., Emori, K., Takeba, G., Sato, K., & Sugino, M. (1997). Flower-inducing activity of lysine in *Lemna paucicostata* 6746. *Plant Cell Physiology*, 38(2), 124-128.

Tesemma, T., Belay G., & Worede M., (1991). Morphological diversity in wheat landrace populations from central high lands of Ethiopia. *Hereditas* 144:172-176.

Teresa, M., Dos Santos, M., Ganança, F., Slaski, J., Miguel, A., & Pinheiro De Carvalho A. (2009). Morphological characterization of wheat genetic resources from the Island of Madeira, Portugal. *Genet Resour Crop Evol.* (2009) 56: 336-375.

Tian, Z., Li, Y., Liang, Z., Guo, H., Cai, J., Jiang, D., Cao, W., and Dai, T. (2016). Genetic improvement of nitrogen uptake and utilization of winter wheat in the Yangtze River Basin of China. *Field Crops Res* 196, 251–260

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Trocchi, A., and Di Fonzo, N. (1999). Relationship between kernel size features and test weight in *Triticum durum*. *Cereal Chem.* 76, 45–49. doi: 10.1094/CCHEM.1999.76.1.45

-U-

Ulfat, A. N. E. E. L. A., Majid, S. A., & Hameed, A. (2017). Hormonal seed priming improves wheat (*Triticum aestivum* L.) field performance under drought and non-stress conditions. *Pak. J. Bot.* 49(4), 1239-1253.

U.P.O.V. (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) (1994). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability: Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.). Available at: https://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg003/tg_3_11.pdf

U.P.O.V. (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) (2012). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability: Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.). Available at: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg120.pdf>

Uptmoor, R., Pillen, K., Matschegewski, C. (2017). Combining genome-wide prediction and a phenology model to simulate heading date in spring barley. *Field Crops Research.* 202: 84-93

-V-

Van Wijk, A. J. P. (1963). Photosynthesis of leaves and ears of wheat at various levels of nitrogen nutrition. *Plant and Soil*, 19(3), 235-251.

Villar, R., Held, A. A., & Merino, J. (1995). Comparison of methods to estimate photosynthetic photon flux density inside forest canopies. *Functional Ecology*, 9(1), 65-72.

-W-

Walli, M. H., Al-Jubouri, Z., Madumarov, M. M., Margaryta, M., & Aldibe, A. A. A. (2022). Genetic and environment diversity to improve wheat (*Triticum* spp.) productivity: A review. *Research on Crops*, 23(2), 295-306.

Wang, X. R., Gan, Y. T., Hamel, C., & Lemke, R. (2011). Fertilization management affects root rot and productivity of chickpea and pea in a green manure-based cropping system. *Soil and Tillage Research*, 117, 87-94.

Warham, E.J., (1988). Screening for Karnal bunt (*Tilletia indica*) resistance in wheat, triticale, rye, and barley. *Canadian Journal of Plant Pathology* 10(1):57-60.

Watanabe, K., Guo, W., Arai, K., Takanashi, H., Kajiya-Kanegae, H., Kobayashi, M., Yano, K., Tokunaga, T., Fujiwara, T., Tsutsumi, N., & Iwata, H. (2017). High-throughput phenotyping of sorghum plant height using an unmanned aerial vehicle and its application to genomic prediction modeling. *Frontiers in Plant Science*, 8, 421

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Whan, A.P., Smith A.B., Cavanagh C.R., Ral J.P.F., Shaw L.M., Howitt C.A. & Bischof L., (2014). Grain scan: a low cost, fast method for grain size and color measurements. *Plant methods* 10:23.

Willey, R. W. (1979). Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management*, 3, 215-236.

Wu, D., Zhang, Y., Hu, J., & Wu, L. (2015). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Ecological Engineering*, 81, 70-80.

Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino acids*, 37, 1-17.

Würschum, T., Jähne, F., Phillips, A. L., Langer, S. M., Longin, C. F. H., Tucker, M. R., & Leiser, W. L. (2020). Misexpression of a transcriptional repressor candidate provides a molecular mechanism for the suppression of awns by Tipped 1 in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 71(12), 3428-3436.

-X-

Xu, H., Yi, Y., Ma, P., Qie, Y., Fu, X., Xu, Y., ... & An, D. (2015). Molecular tagging of a new broad-spectrum powdery mildew resistance allele Pm2c in Chinese wheat landrace Niaomai. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 2077-2084.

-Y-

Yao, K., Yin, Y. L., Chu, W., Liu, Z., Deng, D., Li, T., ... & Wu, G. (2008). Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. *The Journal of nutrition*, 138(5), 867-872.

-Z-

Zarkti, H., Ouabbou, H., Udupa, S. M., Gaboun, F., and Hilali, A. (2012). Agromorphological variability in durum wheat landraces of Morocco. *Aust. J. Crop Sci.* 6, 1172–1178.

Zelitch, I. (1982). The close relationship between net photosynthesis and crop yield. *BioScience*, 32(11), 796-802.

Zhai, Z., Yao, F., Wang, Z., Kang, S., Zhang, J., & Liang, Y. (2014). Response of winter wheat yield and water use efficiency to irrigation date, irrigation amount and precipitation in the North China Plain. *PLoS ONE*, 9(7), e102902.

Zhao, L., Wu, L., Zhang, Q., Xu, X., & Cheng, J. (2010). Photosynthetic responses to water deficit in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(2), 343-356.

Zhu, Z., Cao, H., Wang, X., Zhu, J., & Liu, Z. (2016). Effects of soil moisture and nitrogen fertilization on the growth, physiological characteristics, and nutrient accumulation of corn (*Zea mays* L.) seedlings. *PeerJ*, 4, e1629.

Webographie

www.historique-meteo.net, (2022) Available at : <https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/skikda/2021/#novembre> ; <https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/skikda/2022/#janvier>

Google Earth (2023). Available at : <https://earth.google.com/web/search/36%20b039%20b408%22N+6%20b049%2712%22E/@36.65231235,6.82011418,141.83296376a,152.42713453d,35y,0.00777192h,0t,0r/data=ClSaMRlrGdJcXQR8U0JAIUfhehSuRxtAKhczNsKwMznCtDA4Ik4gNsKwNDknMTiRRgCIAEiJgokCXTFPBFzBUNAEVIaVD3GrEFAGc2gZY6mpyNAIS7hhe8n0hBAOgMKATA>



Annexes

Annexe 1

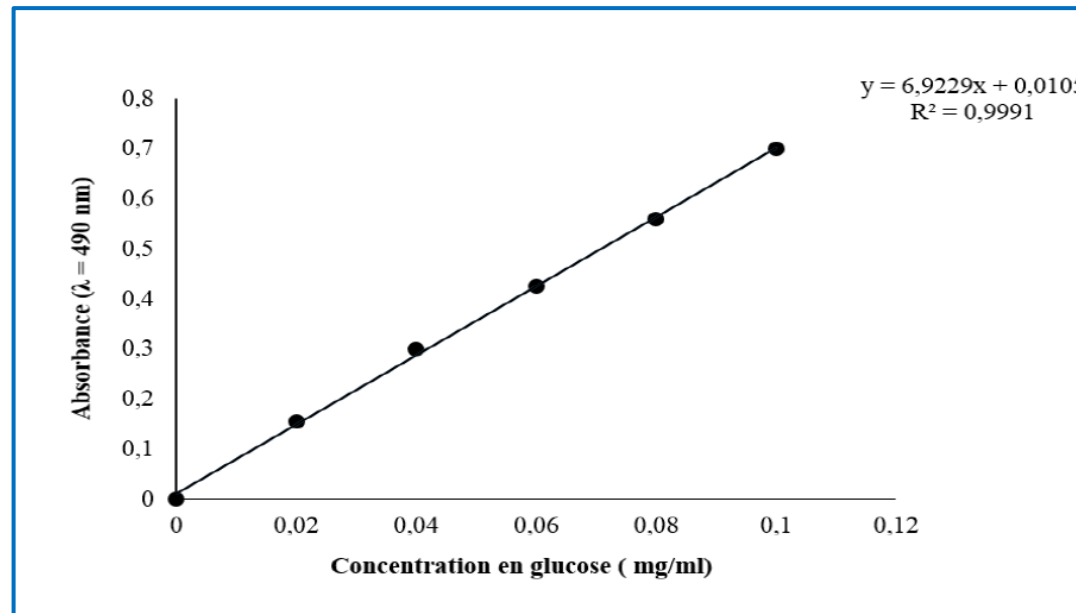


Figure 22. Courbe d'étalonnage des sucres solubles

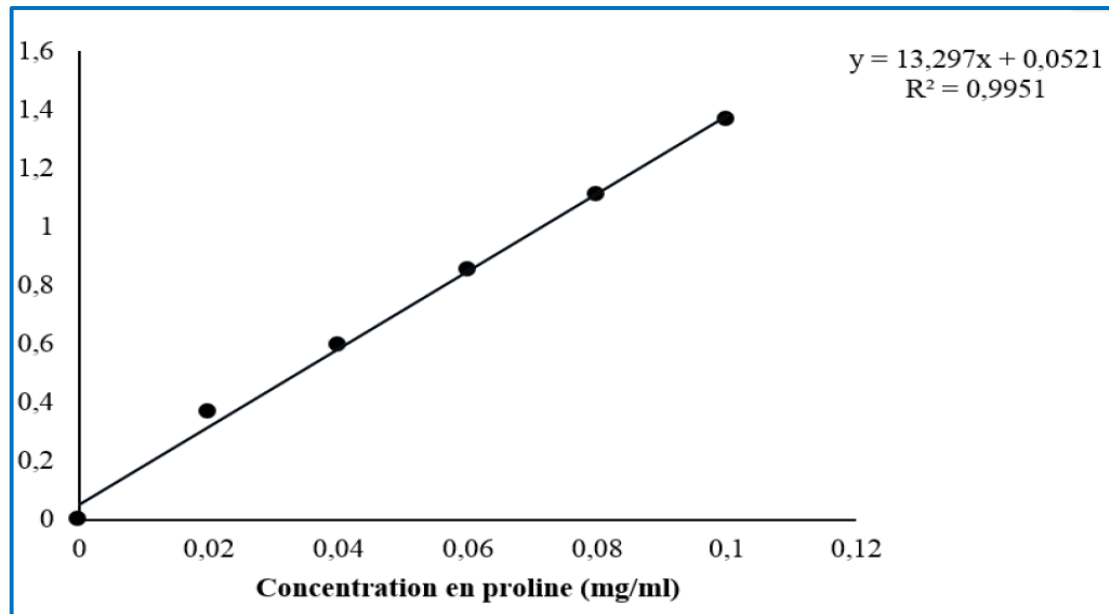


Figure 28. Courbe d'étalonnage de la proline

Annexe 2

Tableau 5.1. Hauteur des plantes des 20 géotypes de blé dur étudiés en cm

Géotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne (cm)	Observations
G1	60.3	51.7	63	60.2	51.1	53.9	49.2	58.3	52.6	60.2	56.05±4.86	Très courte
G2	54.5	54.3	47.3	49.1	52.2	52.3	60.1	57.8	68.3	62.4	55.83±6.40	Très courte
G3	66.7	53.9	52.1	56	55.1	53.2	57.9	52.1	68.3	63.3	63.15±6.07	Courte
G4	69.8	64.3	59.8	46.1	47.8	66.1	61.1	57.2	54.6	64.3	59.11±7.76	Très courte
G5	62.2	66.9	69.2	69.3	57	60.9	65.3	62.3	61.6	61.7	63.64±3.94	Courte
G6	38.3	47.4	52.2	46.8	56	63.1	57.4	57.3	53.2	52.3	52.4±6.93	Très courte
G7	52.3	52.2	41.7	39.1	42.3	50.2	59.4	50.7	59.9	47.7	49.55±7.05	Très courte
G8	58.9	54.9	62.1	62.9	51.5	60.9	48.8	48.1	51.1	47	54.62±6.14	Très courte
G9	55.1	46.2	48.2	46.3	53.1	61.8	67.1	74.7	69.2	58.5	57.72±10.04	Très courte
G10	44.5	56.3	47.1	46.2	40.8	55.4	48.3	59.9	49.6	59.7	50.78±6.63	Très courte
G11	56	54.1	52.1	48.2	46.1	56.2	54.3	56.5	51.5	60.3	53.54±4.20	Très courte
G12	45.1	39.1	48.7	42.1	43.7	63.2	59.9	61.2	63.1	51.8	51.79±9.35	Très courte
G13	52.8	55.1	43.2	46.4	44.1	54.9	53.1	47.4	48.1	48.7	49.38±4.34	Très courte
G14	44.9	52.1	46.9	39	50.6	68.8	64.3	55.9	69.1	62.8	54.93±10.96	Très courte
G15	44.1	47.1	42.9	51.8	47.4	37.8	43.1	48	45.5	46	45.37±3.74	Très courte
G16	57.2	44.3	44.7	44.9	57.2	75.6	76.3	63.2	51.4	57.3	56.01±11.77	Très courte
G17	62.4	61.8	58.1	61	48.7	48.2	40.7	45.1	44.8	60.4	53.12±7.96	Très courte
G18	62.1	57.9	41.1	41.1	39.7	58	67.8	60.3	57.9	62.8	54.87±10.27	Très courte
G19	58.8	63.7	39.2	50.8	55.2	57.8	61.2	52.3	51.2	59.9	55.01±7.07	Très courte
G20	54.1	48.7	57.1	52.1	51.7	60.8	47.1	47.2	53.7	54.2	54.67±4.34	Très courte

ANNEXES

Tableau 5.2. Longueur des barbes des 20 génotypes de blé dur étudiés en cm

Génotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne (cm)	Observations
G1	7.4	7.9	8.2	8.1	7.1	5.2	6.7	6.3	6.6	6.1	6.96±0.92	Courte
G2	7.4	6.5	5	6.2	5.1	7.8	7.1	8.2	6.6	6.8	6.67±1.05	Courte
G3	4.4	4.9	4.6	4	4.4	5.6	7.2	5.7	6.1	5.6	5.25±0.97	Courte
G4	5.8	7	4.5	7.2	7.2	3.9	5.2	7.9	6.8	6.1	6.16±1.30	Courte
G5	6	4.1	5.8	6.2	4.9	5	4.9	4.6	4.1	5.5	5.11±0.75	Courte
G6	6.7	7	6.3	5.8	7.8	5.6	5.2	4.1	7.6	4.8	6.09±1.21	Courte
G7	6.5	5.7	5.6	5.8	5.9	6	6.3	5.3	5.7	6.1	5.89±0.35	Courte
G8	6.8	7	5.2	6.4	6.4	6.5	6.7	7.2	7.6	6.4	6.62±0.64	Courte
G9	5.8	7.3	6.8	6.9	7.1	5.1	4.6	7.2	7.1	5.2	6.31±1.03	Courte
G10	5.7	5.1	5.8	4.3	3.9	6.1	5.9	7.3	6.4	5.9	5.64±0.99	Courte
G11	5.7	7.2	5.9	6.1	5.1	7	5.4	6.6	4.1	4.7	5.78±0.99	Courte
G12	5.8	5.4	6.2	6.7	5.5	6.2	7	5.2	5.8	5.6	5.94±0.58	Courte
G13	6.4	7.2	7.4	6.1	6.9	7	6.2	7.2	6.6	7.8	6.88±0.55	Courte
G14	5.9	5.8	6.4	6.2	7.4	5	5.6	6.1	5.5	5.7	5.96±0.64	Courte
G15	9.1	8.3	8.6	7.3	7	7.7	8.4	7.2	6.9	7.1	7.76±0.78	Courte
G16	7.3	6.1	6.7	6.5	7.9	8.6	4.6	4.9	8.1	4.8	6.55±1.45	Courte
G17	7.1	7.2	5.9	7.2	7.1	5.9	6	8.3	7.5	7	6.92±0.77	Courte
G18	6.4	6.4	7.2	6.7	5.9	4.7	5.6	4.9	4.7	4.5	5.7±0.96	Courte
G19	7	5.6	6.2	7.3	6.5	4.9	5.7	6.1	7.1	6.2	6.26±0.75	Courte
G20	6.9	7.9	7	7.6	6.8	7.9	6.7	4.9	6.7	6.8	6.92±0.86	Courte

Tableau 5.3. Densité de l'épi des 20 géotypes de blé dur étudiés

Géotypes	L Moy	N Moy	D=10×N/L (cm)	Observations
G1	56.3	16	28.4	Compacte
G2	67.5	19.3	28.6	Compacte
G3	58.9	17.7	30.1	Très compacte
G4	63	16.5	26.2	Compacte
G5	52.3	15.8	30.2	Très compacte
G6	57.1	17	29.8	Très compacte
G7	56	17.1	30.5	Très compacte
G8	57.2	17.2	30.1	Très compacte
G9	59.1	17.5	29.6	Très compacte
G10	57.7	17.5	30.3	Très compacte
G11	62.1	16.8	27.1	Compacte
G12	53.3	16.6	31.1	Très compacte
G13	54.9	15.7	28.6	Compacte
G14	66	18.6	28.2	Compacte
G15	56.4	17.8	31.6	Très compacte
G16	59.75	17.6	29.5	Très compacte
G17	56.2	20.1	35.8	Très compacte
G18	60	16.5	27.5	Compacte
G19	64.4	17.2	26.7	Compacte
G20	64.7	19.6	30.3	Très compacte

ANNEXES

Tableau 5.4. Longueur des épis sans barbes des 20 géotypes de blé dur étudiés en cm

Géotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne (cm)	Observations
G1	7.3	6.3	6.3	5.9	7.2	6.3	8	8.2	7.3	6.3	6.98±0.82	Moyenne
G2	4.7	6.3	8.2	7.2	8.1	7.2	6.9	8.7	7.3	7.2	7.18±1.12	Moyenne
G3	6	7.3	6.7	6.5	7	6.7	6.4	6.8	5.5	6.9	6.58±0.52	Moyenne
G4	6.5	7.4	6	7	6.3	8.4	7.9	6.4	5.6	6.5	6.93±0.81	Moyenne
G5	5.9	5.2	6	6	6.3	6.1	6.4	6.2	5.7	5.7	5.95±0.35	Moyenne
G6	5.7	7.6	7.1	7.9	8	7.3	7.1	7.5	6.1	6	7.03±0.82	Moyenne
G7	7.5	5.4	6.7	6.5	6.1	6.6	6.4	6.4	6.5	6.7	6.48±0.52	Moyenne
G8	6.4	6.9	6.8	6.6	6.3	6.6	6.4	6.8	7.2	5.9	6.59±0.36	Moyenne
G9	7.3	7.2	7.1	7.2	7.4	6	5.5	7.2	7.1	7.2	6.92±0.63	Moyenne
G10	6.9	6.5	7.4	6.4	6.1	6.3	6.6	7.2	6.9	6.7	6.7±0.41	Moyenne
G11	5.3	6.5	6	6	6.7	8.6	8.5	8.2	8.4	8	7.22±1.25	Moyenne
G12	4	5.5	6.3	6.8	6.2	6.6	6.9	5.5	6.5	6.5	6.03±0.91	Moyenne
G13	6.2	7.4	6.4	6	6.6	6.7	6.5	6.2	7	6.1	6.51±0.44	Moyenne
G14	6	8.1	8.4	7.7	7.1	8	7.5	7	7.9	7.4	7.51±0.69	Moyenne
G15	7.7	6.6	7.6	7.8	6.4	6.9	7.3	6.6	6.3	7.3	7.05±0.56	Moyenne
G16	8.1	5.5	5.5	6	7	8.9	8	8.6	8.7	8.1	7.44±1.34	Moyenne
G17	6.1	7.4	6.4	5.8	6.8	6.9	5.9	6.4	7	6.2	6.49±0.52	Moyenne
G18	7.2	6.4	6.9	6.6	6.1	7.1	6.9	7.4	6.2	8.1	6.89±0.60	Moyenne
G19	7.6	7.4	7.6	7.1	7.5	7.3	8	8.2	8.3	7.5	7.65±0.39	Moyenne
G20	7.1	6.8	8.6	8.2	7.2	5.6	8.4	6.4	7.7	7.8	7.38±0.95	Moyenne

ANNEXES

Tableau 5.5. Longueur du rachis des 20 géotypes de blé dur en (cm)

Géotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne	Observations
G1	6.3	6.1	5.3	4.9	5.6	6.4	5.3	5.3	5.4	5.7	5.63±0.49	Moyen
G2	6.1	8	7.2	7.6	5.7	7.7	6.2	5.7	7.7	5.6	6.75±0.97	Très long
G3	7	5.9	5.7	6.3	6.4	6.6	5.7	5.1	5.7	4.5	5.89±0.69	Moyen
G4	5.1	6.6	5.6	6.4	6.3	5.1	5.8	6.6	7.8	6.7	6.3±0.82	Très long
G5	5.5	5.2	6.1	4.5	5.3	5.5	5.2	4.8	5.7	4.5	5.23±0.51	court
G6	5.7	6.3	5.2	5.6	6.4	6.7	4.7	6.2	5.3	5	5.71±0.71	Moyen
G7	5.6	5.5	6.7	4.3	4.7	5.4	6.4	5.7	5.4	6.3	5.6±0.74	Moyen
G8	5.8	5.7	6.4	6	5.1	5.8	5.3	5.7	6.2	5.2	5.72±0.42	Moyen
G9	6.8	5.4	7.2	6	6.9	6.5	4.9	4.2	5.6	5.6	5.91±0.95	Moyen
G10	5.4	5.1	5.5	5.9	5.8	5.8	5.6	6.1	6.1	6.4	5.77±0.38	Moyen
G11	4.9	4.6	6.1	4.6	6.4	8.3	7.8	7.1	6.6	7.7	6.41±1.36	Très long
G12	6.3	6	5.6	4.7	3.8	4.6	6	4.9	5.8	5.6	5.33±0.79	Moyen
G13	6.2	4.6	4.1	6.2	5.9	5.6	5.6	5.5	5.4	5.8	5.49±0.67	Moyen
G14	6.2	4.8	7.2	7.4	6.3	7.5	6.9	6.3	7	6.4	6.6±0.79	Très long
G15	4.6	6.6	5.8	5.7	4.9	6.7	6.1	5.7	5.3	5	5.64±0.64	Moyen
G16	5.6	4.9	5.2	5.5	5.45	4.7	7.8	8	5.8	6.8	5.98±1.16	long
G17	5.3	5.9	5.7	6.5	6.8	6	4.6	4.4	5.5	5.5	5.62±0.75	Moyen
G18	6.2	5.7	5.9	6	5.8	6.4	5.9	6.2	6.1	5.8	6±0.22	long
G19	6.4	6.4	5.3	6.6	5.2	6.8	7.1	7.4	6.5	6.7	6.44±0.70	Très long
G20	7.1	5.2	7.4	7.4	7	5	5.8	5.9	6.6	6.7	6.47±0.88	Très long

ANNEXES

Tableau 5.6. Nombre d'épilletts par épi												
Génotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne	Observations
G1	18	16	16	16	15	18	16	16	15	14	16±1.25	Moyenne
G2	16	17	18	20	23	22	19	18	23	17	19.3±2.58	Moyenne
G3	20	16	17	16	18	18	16	20	20	16	17.7±1.77	Moyenne
G4	19	16	16	15	18	16	13	15	18	19	16.5±1.96	Moyenne
G5	15	16	17	16	16	17	14	16	17	14	15.8±1.13	Moyenne
G6	15	20	16	16	19	20	16	19	14	15	17±2.26	Moyenne
G7	18	16	20	13	15	16	18	18	19	18	17.1±2.08	Moyenne
G8	18	18	18	18	16	18	14	18	18	16	17.2±1.40	Moyenne
G9	19	20	20	16	20	19	15	12	18	16	17.5±2.68	Moyenne
G10	17	18	17	19	18	18	16	18	18	16	17.5±0.97	Moyenne
G11	13	13	15	15	13	16	22	22	19	20	16.8±3.65	Moyenne
G12	17	19	16	13	13	14	20	14	20	20	15.7±2.99	Moyenne
G13	14	10	22	15	14	16	18	17	17	18	18.6±3.18	Moyenne
G14	19	14	18	20	20	20	19	20	18	18	17.8±1.84	Moyenne
G15	19	16	18	19	16	20	20	18	16	16	17.6±1.69	Moyenne
G16	17	14	14	16	16	16	21	23	18	21	20.1±3.00	Moyenne
G17	20	22	20	24	20	24	16	19	18	18	16.5±2.60	Moyenne
G18	16	14	19	17	16	20	13	16	18	16	17.2±2.12	Moyenne
G19	18	16	14	20	15	18	18	16	21	16	19.6±2.20	Moyenne
G20	21	18	23	22	24	14	16	18	20	20	19.6±3.13	Moyenne

ANNEXES

Tableau 5.7. Nombre de grain par épillet des 20 géotypes étudiés

Géotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne	Observations
G1	1.94	2.13	1.50	1.88	2.47	1.50	2.19	2.06	1.53	1.71	1.89±0.33	Faible
G2	2.19	1.76	1.78	1.60	1.74	2.23	2.26	1.78	2.00	1.88	1.92±0.23	Faible
G3	1.85	1.94	1.18	1.44	1.72	1.89	1.56	1.80	1.03	2.25	1.67±0.37	Faible
G4	1.79	2.56	1.44	2.40	2.06	1.75	2.92	1.67	1.83	1.68	2.01±0.47	Moyen
G5	1.93	1.75	1.88	1.56	1.44	1.53	1.93	1.56	1.35	1.71	1.67±0.21	Faible
G6	1.93	1.60	1.81	2.75	1.89	1.60	1.63	1.79	2.00	2.27	1.93±0.36	Faible
G7	1.50	1.63	1.90	2.00	1.60	1.94	1.83	1.44	2.16	2.61	1.86±0.35	Faible
G8	1.61	1.44	1.17	1.33	1.69	1.56	1.43	1.28	1.56	1.69	1.47±0.18	Faible
G9	2.26	1.85	2.00	1.81	1.90	1.79	2.13	1.67	1.94	2.25	1.96±0.20	Faible
G10	2.18	1.11	1.41	2.05	1.61	1.39	1.63	1.50	2.17	1.44	1.65±0.36	Faible
G11	2.08	2.15	1.93	1.67	2.15	1.75	1.82	1.23	2.11	1.45	1.83±0.32	Faible
G12	1.82	1.37	1.38	2.54	2.38	2.29	1.05	2.50	1.40	1.65	1.84±0.55	Faible
G13	1.93	2.10	1.32	1.80	1.64	2.25	1.39	1.82	1.53	1.78	1.76±0.30	Faible
G14	1.79	1.71	1.89	1.70	1.75	1.90	1.63	1.70	1.72	2.00	1.78±0.11	Faible
G15	1.79	2.06	1.78	1.42	1.81	1.65	1.45	1.22	1.88	1.63	1.67±0.25	Faible
G16	2.00	2.14	1.79	1.69	1.44	1.69	1.52	1.52	1.61	1.57	1.70±0.22	Faible
G17	1.70	1.00	1.10	1.29	1.95	1.25	1.50	1.58	1.33	1.33	1.40±0.28	Faible
G18	2.00	1.36	1.79	1.76	1.44	1.70	2.15	1.75	1.78	1.63	1.74±0.23	Faible
G19	2.06	1.94	2.71	1.70	2.20	2.11	1.94	2.25	2.00	1.63	2.05±0.30	Moyen
G20	2.57	1.94	1.96	1.59	1.79	2.79	1.94	1.78	2.00	1.70	2.01±0.38	Moyen

ANNEXES

Tableau 26. Tableau récapitulatif des notations des fiches descriptives des 20 génotypes étudiés

N	Caractère	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
1	Coléoptile : pigmentation anthocyanique	7	1	5	3	3	1	1	3	1	1	3	5	5	3	5	1	5	1	1	1
2	Plante : Port	3	3	1	3	1	1	3	5	5	3	3	5	3	7	3	5	3	5	3	1
3	Tige : glaucescence du col de l'épi	3	3	5	5	7	5	5	3	5	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5
4	Plante : Hauteur (tige, épi et barbes)	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Épi : glaucescence	3	3	5	5	7	5	3	3	5	3	3	5	5	5	5	3	5	3	3	3
6	Épi : Présence ou absence des barbes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Épi : Distribution des barbes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Épi : Disposition des barbes	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	7	1	7	9	1	3	1	3	3
9	Épi : Pigmentation des barbes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Épi : Couleur des barbes	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
11	Épi : Longueur des barbes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	Épi : Longueur des barbes par rapport à la longueur de l'épi	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1
13	Épi : Densité	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	4	5
14	Paille : Moelle en section transversale	3	3	3	1	1	5	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1
15	Épi : Couleur (à la maturité)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	2	1	2	2	2	2	2
16	Épi : Forme dans la vue de profil	1	1	3	1	1	5	5	5	1	1	5	5	1	1	3	1	5	1	1	1
17	Épi : Longueur de l'épi (à l'exclusion des barbes)	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5
18	Épi : Longueur du premier article	9	9	9	7	7	5	7	5	7	5	5	7	7	7	5	5	5	5	5	5
19	Épi : pilosité du bord du premier article	7	7	5	3	3	7	3	7	7	7	3	3	7	7	9	9	7	7	7	7

ANNEXES

20	Épi : longueur du rachis	5	9	5	9	3	5	5	5	5	5	9	5	5	9	5	7	5	7	9	9
21	Épi : Nombre d'épillets par épi	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
22	Epi : Nombre de grain par épillets	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
23	Glume inférieure : Forme	2	2	2	2	2	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
24	Glume inférieure : couleur	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	Glume inférieure : forme de la troncature	1	4	3	1	1	1	1	3	1	4	3	2	3	3	1	4	4	4	4	4
26	Glume inférieure : largeur de la troncature	1	3	3	3	3	3	3	5	1	1	5	3	3	1	1	3	1	1	1	1
27	Glume inférieure : longueur du bec	5	5	7	7	5	5	7	7	7	7	7	5	5	5	7	5	7	7	7	7
28	Glume inférieure : Courbure du bec	3	1	1	1	1	1	5	1	1	3	3	1	3	1	1	1	5	5	7	3
29	Glume inférieure : Pilosité de la surface externe	9	9	1	1	1	1	1	9	1	1	1	9	1	9	9	9	9	9	9	9
30	Grain : longueur des poils de la brosse (vue dorsale)	5	5	5	3	1	1	1	3	1	3	3	5	3	3	5	3	5	3	3	3
31	Grain : Forme	3	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3
32	Grain : Couleur	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	3	2	3	3	1
33	Plante : type de développement	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Annexe 3

Tableau 28.1. Faculté germinative et la moyenne journalière de la germination pendant 8 jours (%)

Génotypes	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	MJG (%)	Germination (%)
G1	14	54	66	82	89	91	95	96	19.2	96
G2	12	36	44	62	71	79	86	90	18	90
G3	8	20	30	60	70	75	84	88	17.6	88
G4	18	28	34	54	66	76	85	87	17.4	87
G5	4	36	46	70	73	78	87	92	18.4	92
G6	22	50	66	70	76	79	89	93	18.6	93
G7	16	44	58	70	74	81	88	92	18.4	92
G8	30	32	72	78	83	87	93	95	19	95
G9	32	54	64	70	76	81	89	91	18.2	91
G10	16	40	58	66	72	80	84	87	17.4	87
G11	18	58	64	70	79	84	87	90	18	90
G12	12	38	46	60	69	77	85	87	17.4	87
G13	22	54	76	86	88	90	94	96	19.2	96
G14	32	52	66	78	81	85	90	94	18.8	94
G15	26	42	60	74	80	85	89	90	18	90
G16	4	14	28	58	66	70	80	86	17.2	86
G17	0	22	34	60	69	80	85	87	17.4	87
G18	0	26	38	60	68	79	84	88	17.6	88
G19	2	28	42	62	69	78	88	90	18	90
G20	24	44	54	70	77	85	90	94	18.8	94

Tableau 28.2. Cinétique de croissance de la germination

Génotypes	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h
G1	14	27	22	20.5	17.8	15.16	13.57	12
G2	12	18	7.33	11	12.4	13.17	12.29	11.25
G3	8	10	10	15	14	12.5	12	11
G4	18	14	11.33	13.5	13.2	12.67	12.14	10.88
G5	4	18	15.33	17.5	14.6	13	12.43	11.5
G6	22	25	22	17.5	15.2	13.16	12.71	11.13
G7	16	22	19.33	17.5	14.8	13.5	12.57	11
G8	30	16	24	19.5	16.6	14.5	13.28	11.63
G9	32	54	21.33	17.5	15.2	13.5	12.71	11.13
G10	16	20	19.33	16.5	14.4	13.33	12	10.5
G11	18	29	21.33	17.5	15.8	14	12.43	11.25
G12	12	19	15.33	15	13.8	12.83	12.14	10.88
G13	22	27	25.33	21.5	17.6	15	13.43	12
G14	32	26	22	19.5	16.2	14.66	12.86	11.75
G15	26	21	20	18.5	16	14.66	12.71	11.25
G16	4	7	9.33	14.5	13.2	11.66	11.43	10.75
G17	0	11	11.33	15	13.8	13.33	12.14	10.88
G18	0	13	9.5	15	13.6	13.16	12	11
G19	2	14	14	15.5	13.8	13	12.57	11.25
G20	24	22	18	17.5	15.4	14.16	12.86	11.75

ANNEXES

Tableau 28.3. Cinétique de croissance des graines

Génotypes	J2	J4	J6	J8	J10	J12	J14
G1	1.61	3.42	4.29	5.71	6.70	8.06	9.32
G2	1.09	2.78	3.83	4.54	6.12	7.02	7.97
G3	1.52	4.50	7.63	9.52	11.41	12.50	13.56
G4	1.29	3.13	3.73	4.47	5.48	6.34	7.18
G5	1.70	4.82	6.23	7.86	8.89	9.76	10.91
G6	1.43	4.54	8.20	9.84	10.53	11.62	12.84
G7	1.54	4.68	8.19	10.60	11.48	12.68	13.80
G8	1.17	3.51	4.30	5.19	6.11	7.21	8.24
G9	1.59	4.93	6.89	7.94	9.20	10.42	11.97
G10	1.60	4.93	6.86	8.04	9.36	10.40	11.59
G11	1.30	2.99	3.70	4.22	5.29	6.22	7.22
G12	1.46	3.56	4.63	5.21	5.97	7.04	7.99
G13	1.48	4.16	5.79	6.46	7.43	8.31	9.08
G14	1.71	5.12	8.89	10.89	12.56	14.57	16.24
G15	1.23	3.93	6.12	8.08	9.82	11.54	13.53
G16	1.42	4.11	7.03	8.33	9.68	11.07	13.40
G17	1.31	3.03	3.84	6.08	7.38	8.50	9.76
G18	1.66	3.52	4.34	5.49	6.50	7.52	8.70
G19	1.46	3.24	4.84	7.81	9.79	12.10	13.97
G20	1.86	5.10	8.19	10.41	12.52	14.36	16.30

Tableau 28.4. Taux de germination après le test de froid

Génotypes	Nombre de grains germés	% de germination
G1	9	100%
G2	9	100%
G3	8	88.88%
G4	9	100%
G5	9	100%
G6	9	100%
G7	7	77.77%
G8	9	100%
G9	8	88.88%
G10	9	100%
G11	8	88.88%
G12	9	100%
G13	9	100%
G14	8	88.88%
G15	6	66.66%
G16	9	100%
G17	7	77.77%
G18	8	88.88%
G19	9	100%
G20	9	100%

Annexe 4

Tableau 31.1. Nombre des plantes levées/m²

Génotypes	R 1	R 2	R 3	Moyenne
G1	250	252	255	252.33±2.52
G2	249	241	232	240.67±8.50
G3	244	243	230	339±7.81
G4	234	230	226	230±4
G5	232	237	222	230.33±7.64
G6	219	214	217	216.67±2.52
G7	238	247	265	250±13.75
G8	190	195	215	200±13.23
G9	280	275	305	286.67±16.07
G10	340	350	310	333.33±20.82
G11	349	346	355	350±4.58
G12	215	220	232	222.33±8.74
G13	263	278	251	264.00±13.53
G14	330	345	315	330±15
G15	220	225	226	223.67±3.21
G16	310	320	323	317.67±6.81
G17	250	237	267	251.33±15.04
G18	223	219	225	222.33±3.06
G19	237	255	236	242.67±10.69
G20	217	225	225	222.33±4.62

Tableau 31.2. Tallage herbacée/plante des 20 génotypes de blé dur étudiés

Génotypes	R1	R2	R3	Moyenne
G1	2.4	2.6	3.2	2.73±0.42
G2	2.4	2.4	3.3	2.70±0.52
G3	2.2	2.6	2	2.27±0.31
G4	2	2.2	2.1	2.10±0.1
G5	1	1.2	2.7	1.63±0.93
G6	2	2.2	2.6	2.27±0.31
G7	1.8	1.8	1.9	1.83±0.06
G8	1.8	2	2.9	2.23±0.59
G9	2.2	2.2	2.8	2.40±0.35
G10	1.8	1.8	2.5	2.03±0.40
G11	1.6	1.8	2.2	1.87±0.31
G12	2.4	2.6	3	2.67±0.31
G13	2.2	2.2	2.3	2.23±0.06
G14	2.2	2.1	2.1	2.13±0.06
G15	2.4	2.4	3.2	2.67±0.46
G16	2	2.2	2.8	2.33±0.42
G17	2.6	2.8	2.6	2.67±0.12
G18	2.3	2.2	2.1	2.20±0.1
G19	2.6	2.8	3.4	2.93±0.42
G20	2.2	2.4	3.3	2.63±0.59

Tableau 31.3. Tallage épis/plante des 20 génotypes de blé dur étudiés

Génotype	R1	R2	R3	Moyenne
G1	1.4	1.6	2	1.67±0.31
G2	1.4	1.4	1.8	1.53±0.23
G3	1.4	1.2	2.1	1.57±0.47
G4	1.1	1.2	1	1.10±0.1
G5	1.4	1.4	1.8	1.53±0.23
G6	1.6	1.6	1.8	1.67±0.12
G7	1	1.1	1.2	1.10±0.1
G8	1.6	1.6	2.1	1.77±0.29
G9	1.2	1.2	1.5	1.30±0.17
G10	1.2	1.3	1.5	1.33±0.15
G11	1.1	1	1.2	1.10±0.1
G12	1.4	1.6	1.9	1.63±0.25
G13	1	1	1.3	1.10±0.17
G14	1.7	1.6	1.7	1.67±0.25
G15	1	1	1.5	1.17±0.29
G16	1.2	1.2	1.6	1.33±0.23
G17	1.4	1.7	1.4	1.50±0.17
G18	1.4	1.4	1.8	1.53±0.23
G19	1.2	1.2	1.8	1.40±0.35
G20	1.2	1.6	2.1	1.63±0.45

ANNEXES

Tableau 31.4. Efficience de transformation des talles herbacées en talles

Génotype	% d'épiaison
G1	66.8
G2	67.92
G3	54.14
G4	80.95
G5	72.86
G6	79.52
G7	85.19
G8	61.03
G9	59.09
G10	56.07
G11	71.08
G12	65.2
G13	50
G14	49.25
G15	48.75
G16	63.33
G17	62.96
G18	54.64
G19	51.85
G20	70.87

Tableau 31.5. Nombre des épis/ m² des 20 génotypes de blé dur étudiés

Génotype	R1	R2	R3	Moyenne
G1	410	419	441	423.33±15.95
G2	351	347	355	351±4
G3	375	350	400	375±25
G4	275	303	289	289±14
G5	364	370	358	364±6
G6	370	355	360	361.67±7.64
G7	277	288	250	271.67±19.56
G8	358	344	356	352.67±7.57
G9	359	401	358	372.67±24.54
G10	231	265	241	245.67±17.47
G11	270	262	246	259.33±12.22
G12	350	373	365	362.67±11.68
G13	232	251	228	237±12.29
G14	385	398	373	385.33±12.50
G15	386	348	401	378.33±27.32
G16	410	423	435	422.67±12.50
G17	371	390	374	378.33±10.21
G18	338	341	344	341±3
G19	295	283	270	282.67±12.50
G20	347	385	368	366.67±19.03

ANNEXES

Tableau 31.6. Nombre de grains/ épi											
Génotypes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Moyenne
G1	35	34	24	30	37	27	35	33	23	24	30.2±5.031
G2	35	30	32	32	40	49	43	32	46	32	37.1±6.85
G3	37	31	20	23	31	34	25	36	30	36	30.3±5.89
G4	34	41	23	36	37	28	38	25	33	32	32.7±6.16
G5	29	28	32	25	23	26	27	25	23	24	26.2±2.86
G6	29	32	29	44	36	32	26	34	28	34	32.4±5.13
G7	27	26	38	26	24	31	33	26	41	47	31.9±1.38
G8	29	26	21	24	27	28	20	23	28	27	25.3±3.13
G9	43	37	40	29	38	34	32	20	35	36	34.4±6.42
G10	37	20	24	39	29	25	26	27	39	23	28.9±6.95
G11	27	28	29	25	28	28	40	27	40	29	30.1±5.34
G12	31	26	22	33	31	32	21	35	28	33	29.2±4.80
G13	27	21	29	27	23	36	25	31	26	32	27.7±4.45
G14	34	24	34	34	35	38	31	34	31	36	33.1±3.81
G15	34	33	32	27	29	33	29	22	30	26	29.5±3.75
G16	34	30	25	27	23	27	32	35	29	33	29.5±4.01
G17	34	22	22	31	39	30	24	30	24	24	28±5.72
G18	32	19	34	30	23	34	28	28	32	26	28.6±4.88
G19	37	31	38	34	33	38	35	36	42	26	35±4.40
G20	54	35	45	35	43	39	31	32	40	34	38.8±7.05

ANNEXES

Tableau 31.7. Poids de mille grains des 20 géotypes étudiés

Géotypes	PMG (g)	PMG (g) avant semis
G1	48.6	49.7
G2	43.94	44.93
G3	48.19	48.32
G4	40.6	41.96
G5	60.7	63.87
G6	47.2	53.76
G7	50.5	50.92
G8	49.35	43.24
G9	45.25	42.39
G10	45.23	41.09
G11	44.35	48.12
G12	45.75	49.49
G13	46.65	49.34
G14	42.52	45.66
G15	43.9	44.67
G16	41.1	44.33
G17	36.85	44.77
G18	45.5	43.74
G19	43.9	51.24
G20	48.15	50.51

Tableau 31.8. Estimation du rendement en grains des 20 géotypes de blé étudiés

Géotypes	R1	R1	R3	Rendement kg/m ²	Rendement q/ha
G1	601.7652	614.9747	647.2645	621.33±23.41	62.13±2.34
G2	572.191	565.6704	578.71177	572.19±6.52	57.22±0.65
G3	547.5589	511.055	584.0628	547.56±36.50	54.76±3.65
G4	365.0955	402.2689	383.6822	383.68±18.59	38.37±1.86
G5	578.8838	588.4258	569.3417	578.88±9.54	57.89±0.95
G6	565.8336	542.8944	550.5408	553.09±11.68	55.31±1.16
G7	446.2332	463.9536	402.7375	437.64±31.50	43.76±3.15
G8	446.9827	429.5029	444.4856	440.32±9.43	44.03±0.94
G9	558.8194	624.1966	557.2628	580.09±38.20	58.01±3.82
G10	301.951	346.394	315.0224	330.71±22.18	33.07±2.22
G11	360.4325	349.753	328.394	346.19±16.31	34.62±1.63
G12	467.565	498.2907	487.6	484.49±15.60	48.45±1.56
G13	299.7917	324.3435	294.6227	306.25±15.88	30.63±1.59
G14	541.8536	560.149976	524.96467	542.32±17.60	54.23±1.76
G15	499.8893	450.6774	519.31505	489.96±35.38	49.00±3.54
G16	497.1045	512.86635	527.41575	512.46±15.16	51.25±1.52
G17	382.7978	402.402	385.8932	392.60±13.87	39.26±1.40
G18	439.8394	443.7433	447.6472	443.74±3.90	44.37±0.39
G19	453.2675	434.8295	414.855	434.32±19.21	43.43±1.92
G20	648.2723	719.2647	687.504496	685.01±35.56	68.50±3.56

ANNEXES

Tableau 31.9. Biomasse aérienne des 20 géotypes de blé étudiés

Géotype	R1	R1	R3	Rendement kg/m ²	Rendement q/ha
G1	1826.665	1857.575	1854.465	1846.23±17.01	184.624±1.7
G2	1623.066	1411.67	1834.462	1623.06±211.40	162.307±21.14
G3	1615.259	1241.855	1988.663	1615.25±373.40	161.526±37.34
G4	1353.896	1634.069	1129.482	1372.48±252.81	137.248±25.28
G5	1768.834	1966.626	1571.042	1768.83±197.78	176.883±19.78
G6	1954.834	2080.094	1791.341	1942.08±144.80	194.209±14.48
G7	1443.433	1314.754	1546.338	1434.84±116.03	143.484±11.60
G8	1502.803	1402.943	1582.686	1496.14±90.06	149.614±9
G9	1879.944	2412.197	1411.513	1901.21±500.68	190.122±50.07
G10	1119.151	1260.194	1035.622	1138.32±113.51	103.767±11.35
G11	1302.928	1445.743	1117.394	1288.68±164.64	128.869±16.46
G12	1765.315	2199.291	1382.1	1782.23±408.86	178.224±40.89
G13	1005.392	1014.944	1015.223	1011.85±5.60	101.185±0.56
G14	1716.789	2048.75	1386.465	1717.33±331.14	171.737±33.11
G15	1602.789	1415.477	1760.315	1592.86±172.63	159.286±17.26
G16	1703.405	1870.066	1582.816	1718.76±144.24	171.876±14.42
G17	1382.998	1426.602	1362.093	1390.56±32.91	139.056±3.29
G18	1447.914	1700.143	1207.397	1451.81±246.40	145.182±24.64
G19	1377.868	1389.43	1309.455	1358.91±43.22	135.892±4.32
G20	1791.872	2021.865	1672.104	1828.61±177.75	182.861±17.76

Tableau 31.10. Rendement en paille des 20 géotypes de blé étudiés

Géotype	R1	R1	R3	Rendement kg/m ²	Rendement q/ha
G1	1224.9	1242.6	1207.2	1224.9±17.7	122.94±1.77
G2	1050.86	846	1255.75	1050.875±204.88	105.88±20.49
G3	1067.7	730.8	1404.6	1067.7±336.9	106.77±33.69
G4	988.8	1231.8	745.8	988.8±243	98.88±24.3
G5	1189.95	1378.2	1001.7	1189.95±188.25	118.99±18.83
G6	1389	1537.2	1240.8	1389±148.2	138.9±14.82
G7	997.2	850.8	1143.6	997.2±146.4	99.72±14.64
G8	1055.82	973.44	1138.2	1055.82±82.38	105.58±8.24
G9	1321.125	1788	854.25	1321.125±466.88	132.11±46.69
G10	817.2	913.8	720.6	817.2±96.6	81.72±9.66
G11	942.50	1095.99	789	942.495±153.50	94.25±15.35
G12	1297.75	1701	894.5	1297.75±403.25	129.78±40.33
G13	705.6	690.6	720.6	705.6±15	70.56±1.5
G14	1175.05	1488.6	861.5	1175.05±313.55	117.51±31.36
G15	1102.9	964.8	1241	1102.9±138.1	110.29±13.81
G16	1206.3	1357.2	1055.4	1206.3±150.9	120.63±15.09
G17	1000.2	1024.2	976.2	1000.2±24	100.02±2.4
G18	1008.075	1256.4	759.75	1008.075±248.33	100.81±24.83
G19	924.6	954.6	894.6	924.6±30	92.46±3
G20	1143.6	1302.6	984.6	1143.6±16	114.36±15.9

ANNEXES

Tableau 31.11. Estimation du rendement économique des 20 géotypes de blé dur étudiés

Géotype	R1	R1	R3	Rendement kg/m ²	Rendement q/ha
G1	969,235	987,755	1009,425	988.81±20.12	98.88±2.01
G2	887,454	819,47	955,437	887.45±67.98	88.74±6.80
G3	867,869	730,295	1005,443	867.87±137.57	86.78±13.75
G4	661,736	957,966	607,422	742.37±188.67	74.23±18.86
G5	935,869	1001,886	869,852	935.87±66.02	93.58±6.6
G6	982,534	1004,054	922,781	969.79±42.11	96.97±4.21
G7	745,393	719,194	745,818	736.80±15.25	73.68±1.52
G8	763,729	721,535	785,947	757.07±32.72	75.7±3.27
G9	955,157	1160,597	813,538	976.43±174.50	97.64±17.45
G10	547,111	620,534	531,202	566.28±47.65	56.62±4.76
G11	643,182	678,547	565,094	628.94±58.05	62.89±5.8
G12	856,89	1008,591	755,95	873.81±127.17	87.38±12.71
G13	511,492	531,524	510,803	517.94±11.77	51.79±1.17
G14	894,369	1006,73	783,415	894.84±111.66	89.48±11.16
G15	830,759	740,117	891,615	820.83±76.24	82.08±7.62
G16	858,995	920,026	844,036	874.35±40.26	87.43±4.02
G17	682,858	709,662	678,753	690.42±16.79	69.04±1.67
G18	742,262	820,663	675,572	746.17±72.62	74.61±7.26
G19	453,304	721,21	683,235	619.25±144.96	61.92±14.49
G20	991,322	1110,045	982,885	1028.08±71.11	102.8±7.11

Tableau 31.12. Indice de récolte des 20 géotypes de blé dur étudiés

Géotype	R1	R1	R3	%	Moyenne
G1	32.94	33.11	34.9	33.65	33.65±1.09
G2	35.23	40.07	31.55	35.62	35.62±4.27
G3	33.9	41.15	29.37	34.81	34.81±5.94
G4	26.66	24.62	33.97	28.42	28.42±4.91
G5	32.73	29.92	36.24	32.96	32.96±3.17
G6	28.95	26.1	30.73	28.59	28.59±2.34
G7	30.92	35.29	26.05	30.75	30.75±4.62
G8	29.74	30.61	28.08	29.48	29.48±1.29
G9	29.73	25.87	39.48	31.69	31.69±7.01
G10	26.98	27.49	30.42	28.3	28.3±1.86
G11	27.66	24.19	29.39	27.08	27.08±2.69
G12	26.49	22.66	35.28	24.57	24.57±2.71
G13	29.82	31.96	29.02	30.27	30.27±1.52
G14	31.56	27.34	37.86	32.25	32.25±5.29
G15	31.19	31.84	29.5	30.84	30.84±1.21
G16	46.31	27.43	33.32	35.69	35.69±9.66
G17	27.68	28.21	28.33	28.27	28.27±0.08
G18	30.38	26.1	37.07	31.18	31.18±5.53
G19	32.9	31.3	31.68	31.96	31.96±0.84
G20	36.18	35.57	41.12	37.62	37.62±3.04

Annexe 5

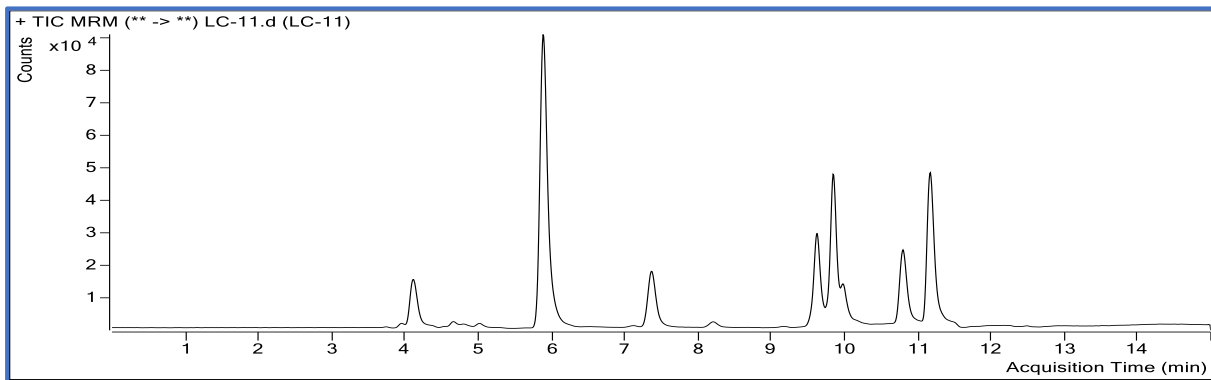


Figure 80.1. Total ion chromatogramme (TIC) des standards acides aminés utilisés dans le LC-MS/MS

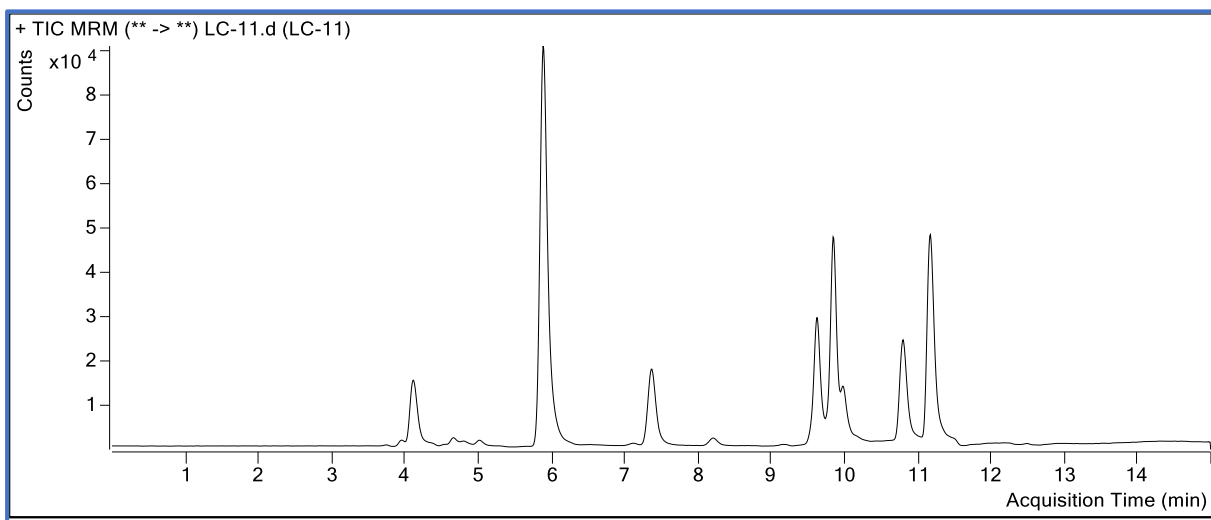


Figure 80.2. Chromatogramme de la variété G1

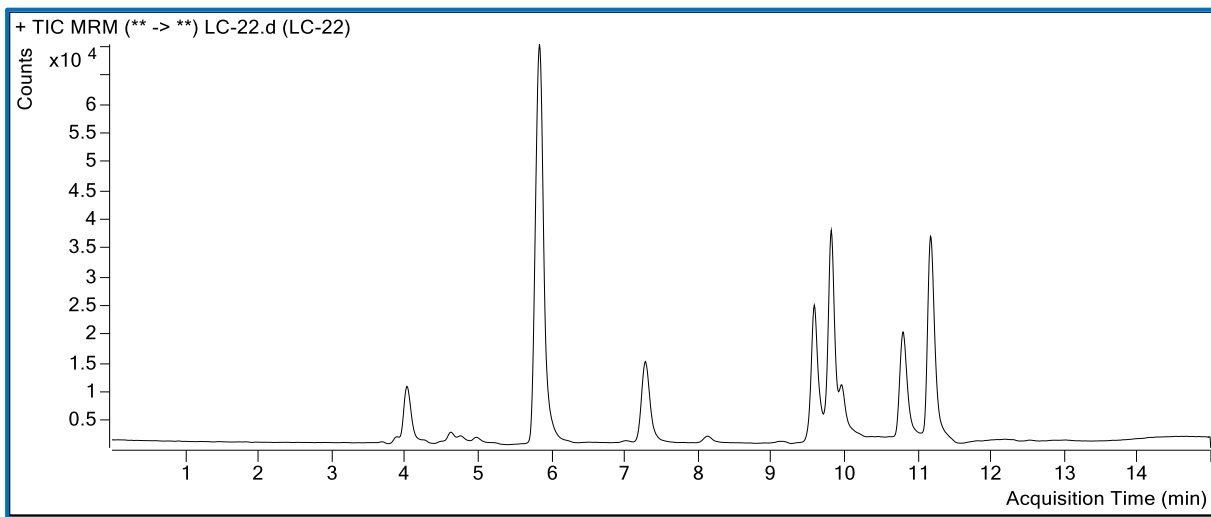


Figure 80.3. Chromatogramme de la variété G2

ANNEXES

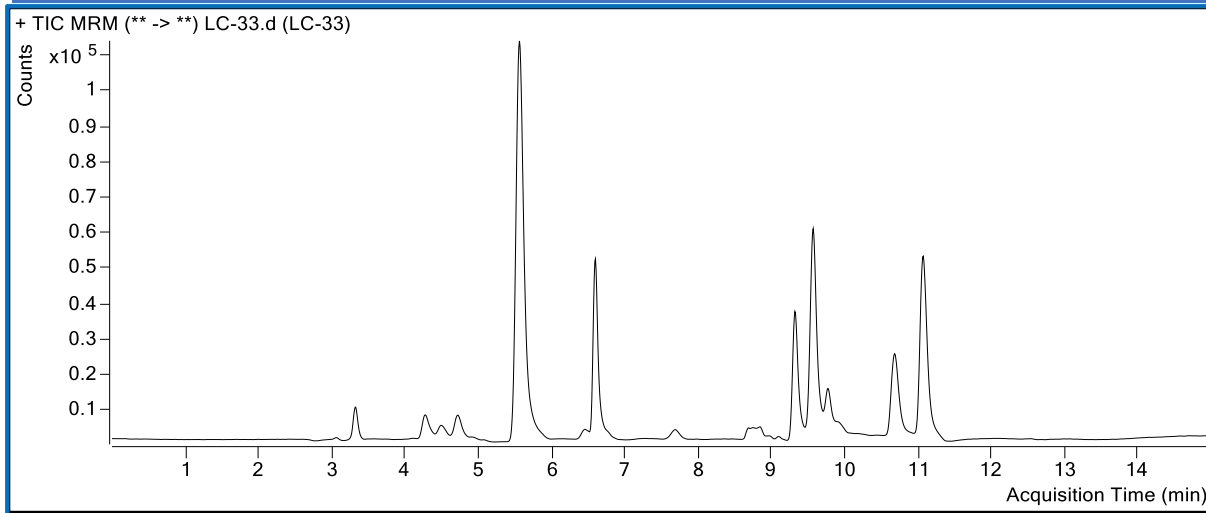


Figure 80.4. Chromatogramme de la variété G3

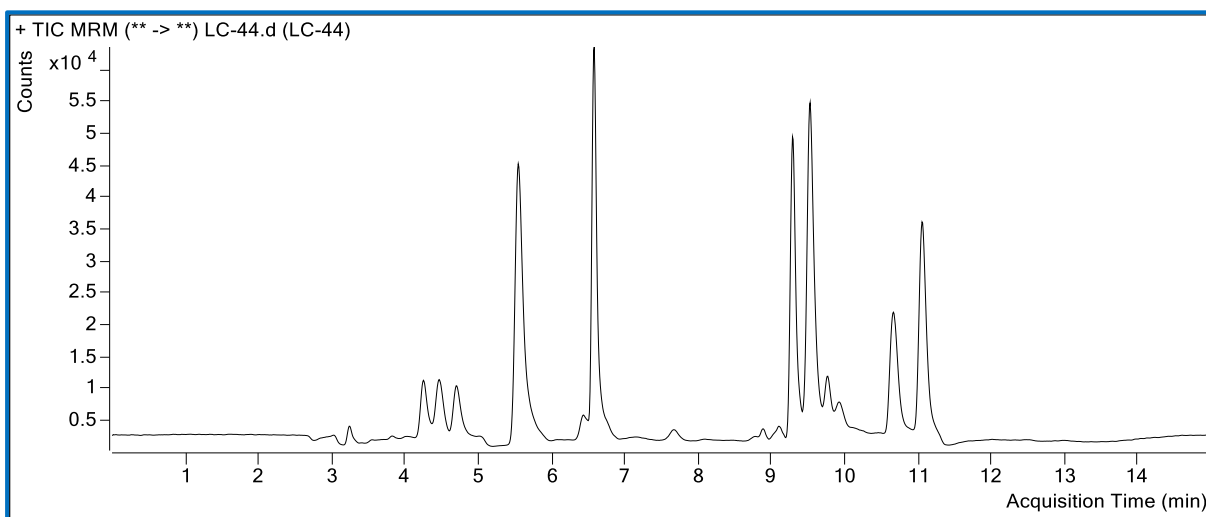


Figure 80.5. Chromatogramme de la variété G4

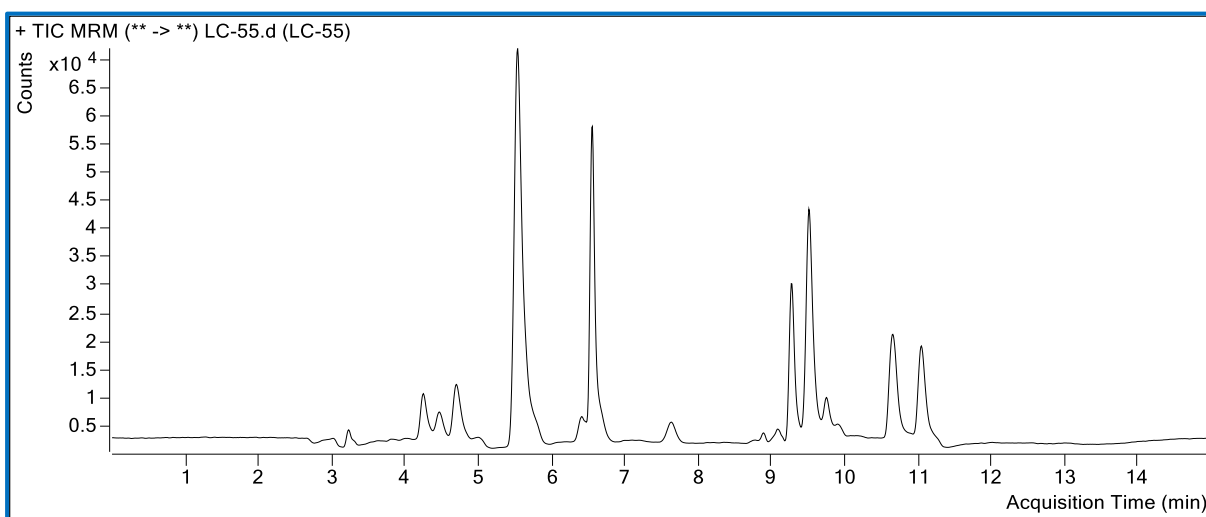


Figure 80.6. Chromatogramme de la variété G5

ANNEXES

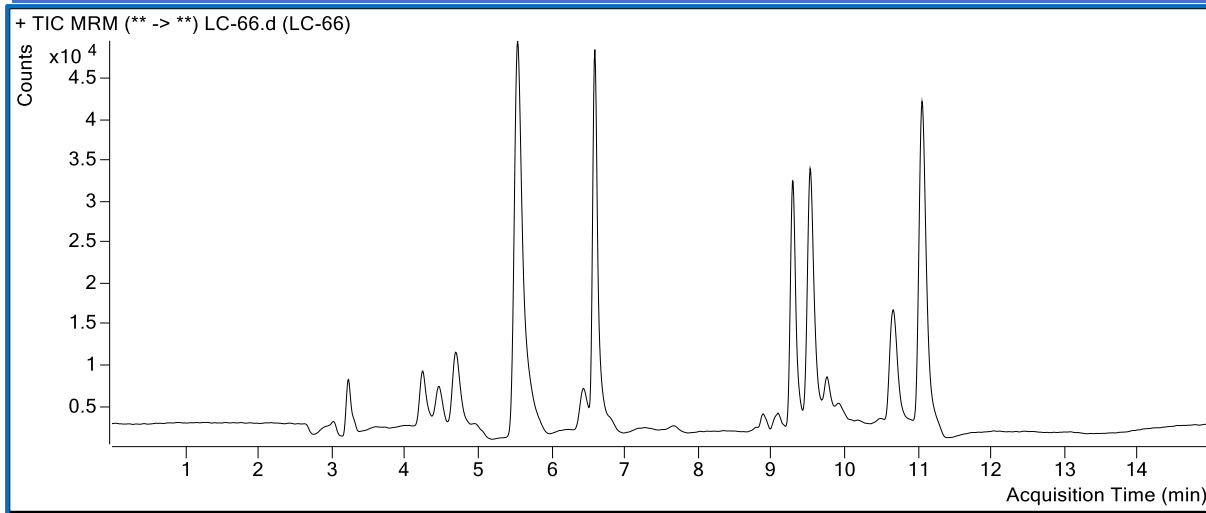


Figure 80.7. Chromatogramme de la variété G6

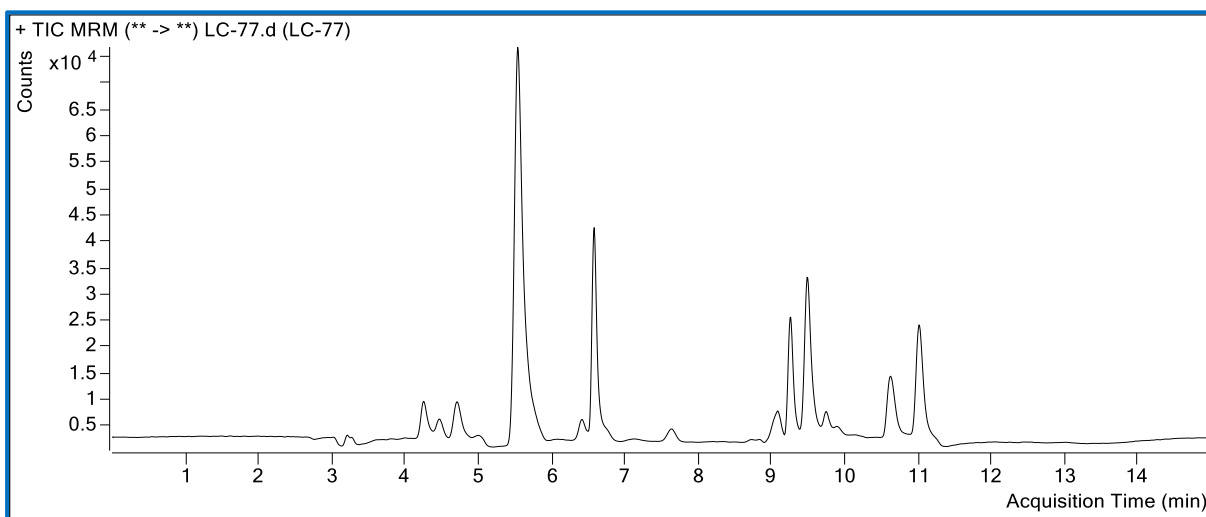


Figure 80.8. Chromatogramme de la variété G7

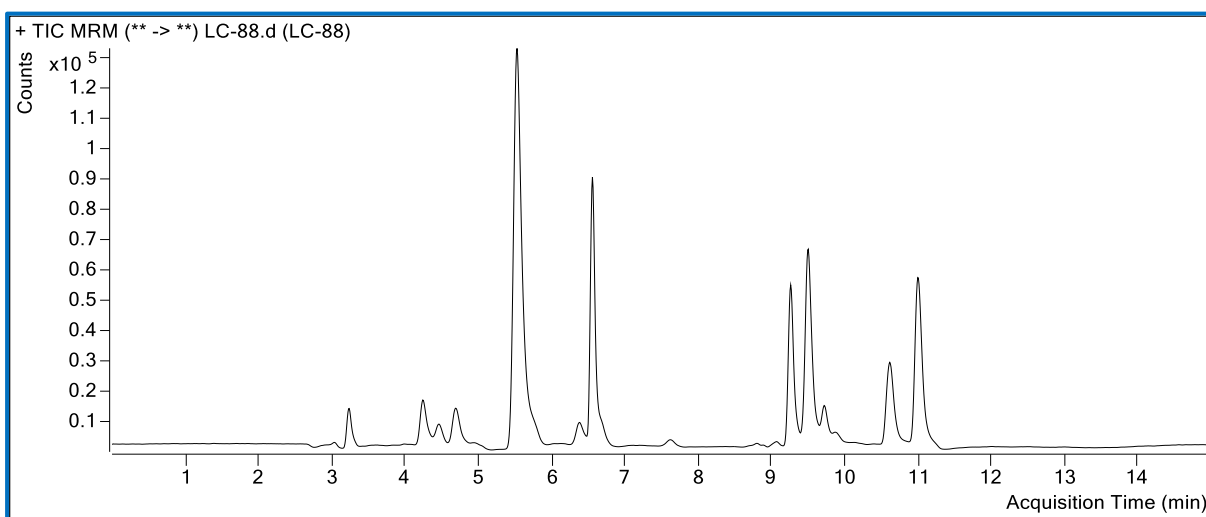


Figure 80.9. Chromatogramme de la variété G8

ANNEXES

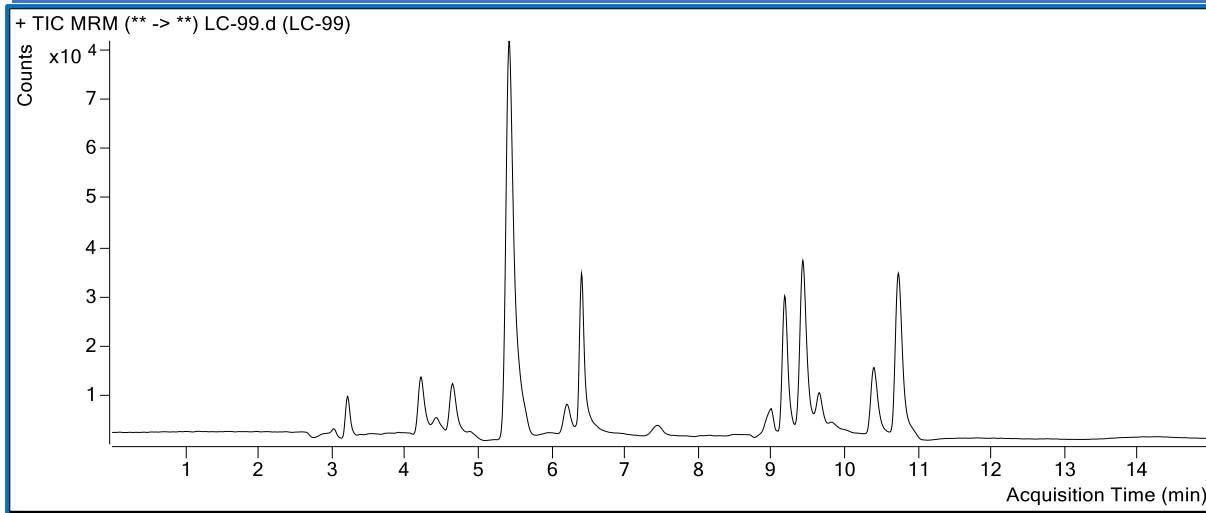


Figure 80.10. Chromatogramme de la variété G9

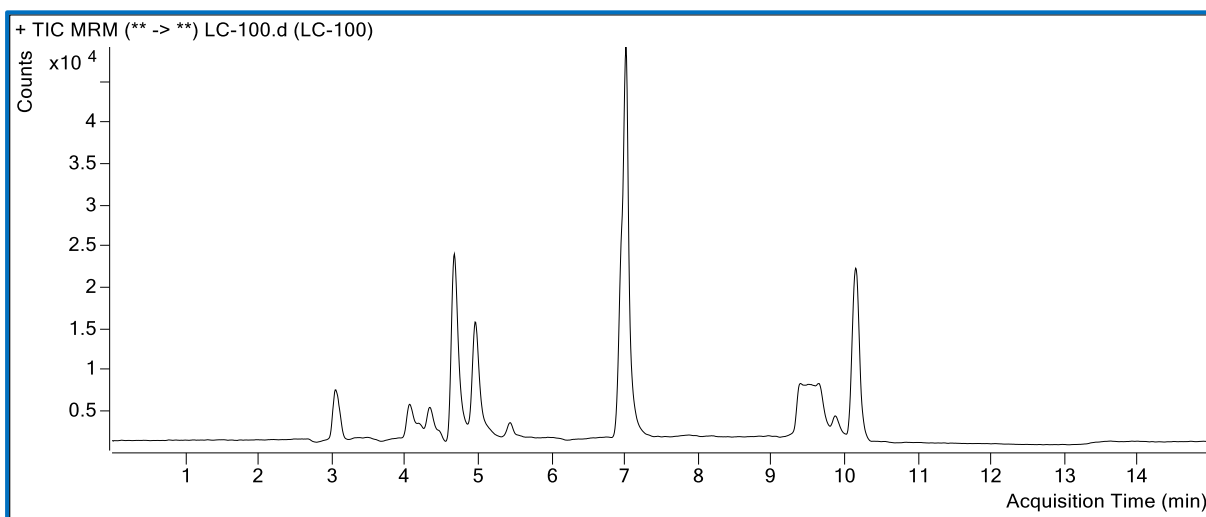


Figure 80.11. Chromatogramme de la variété G10

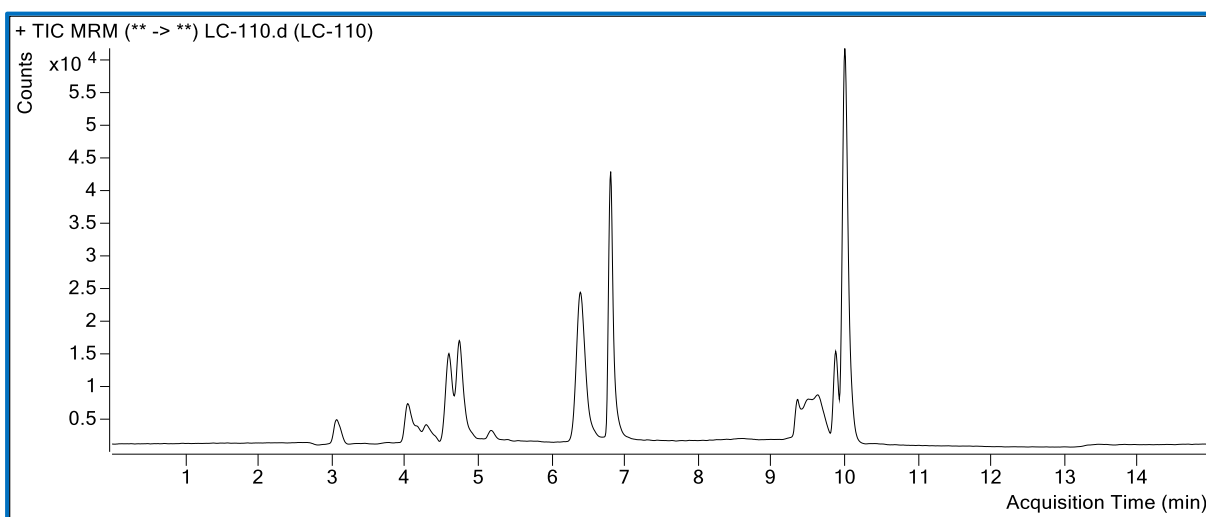


Figure 80.12. Chromatogramme de la variété G11

ANNEXES

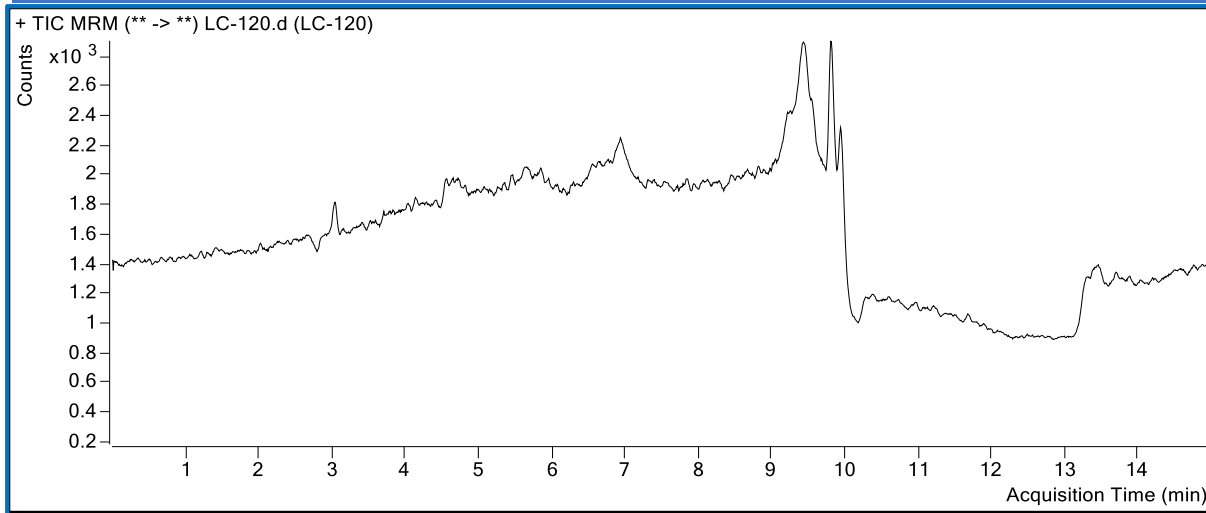


Figure 80.13. Chromatogramme de la variété G12

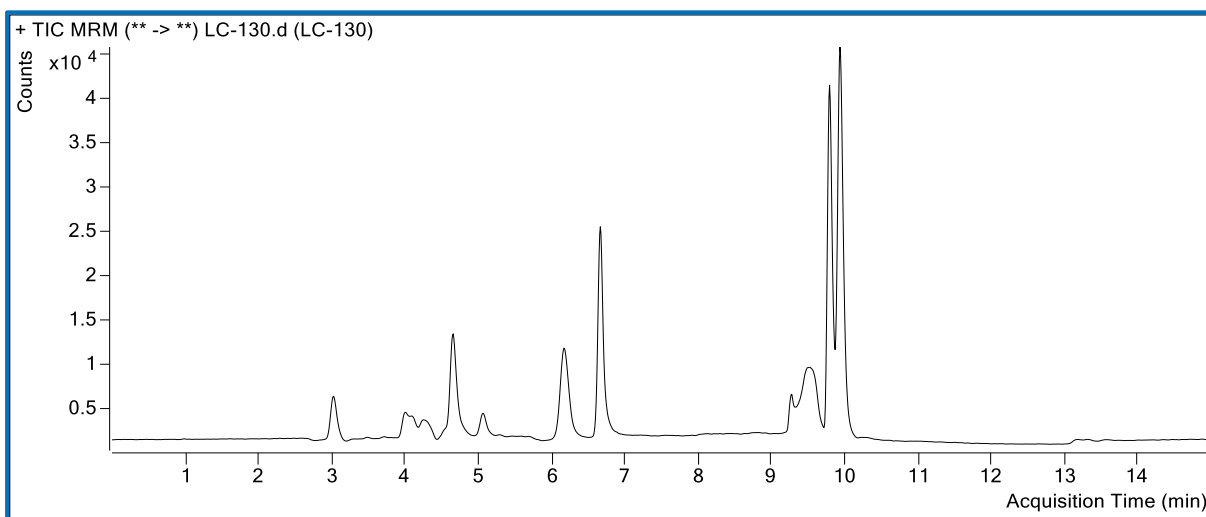


Figure 80.14. Chromatogramme de la variété G13

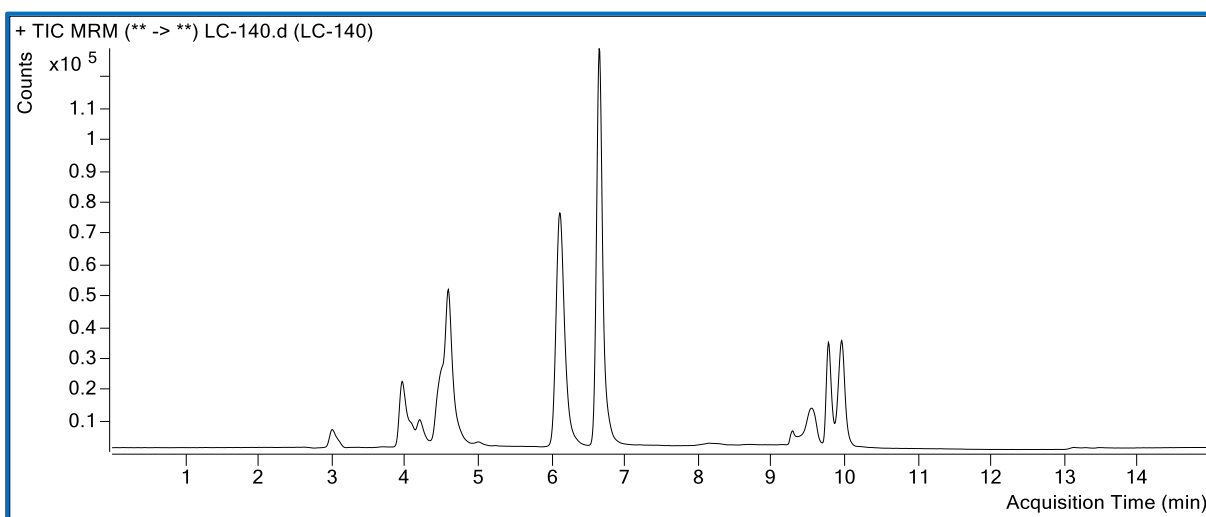


Figure 80.15. Chromatogramme de la variété G14

ANNEXES

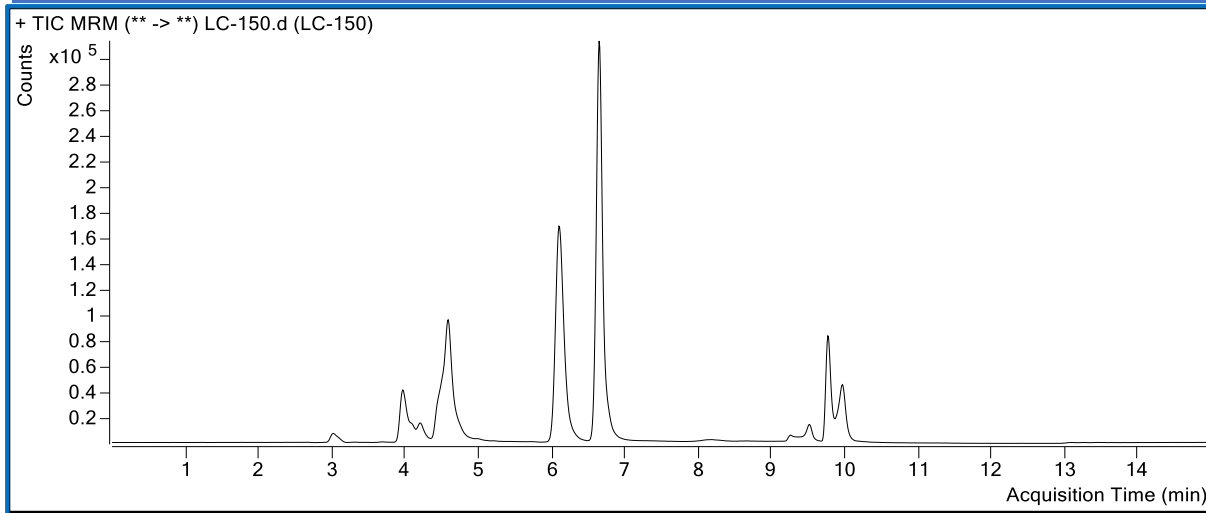


Figure 80.16. Chromatogramme de la variété G15

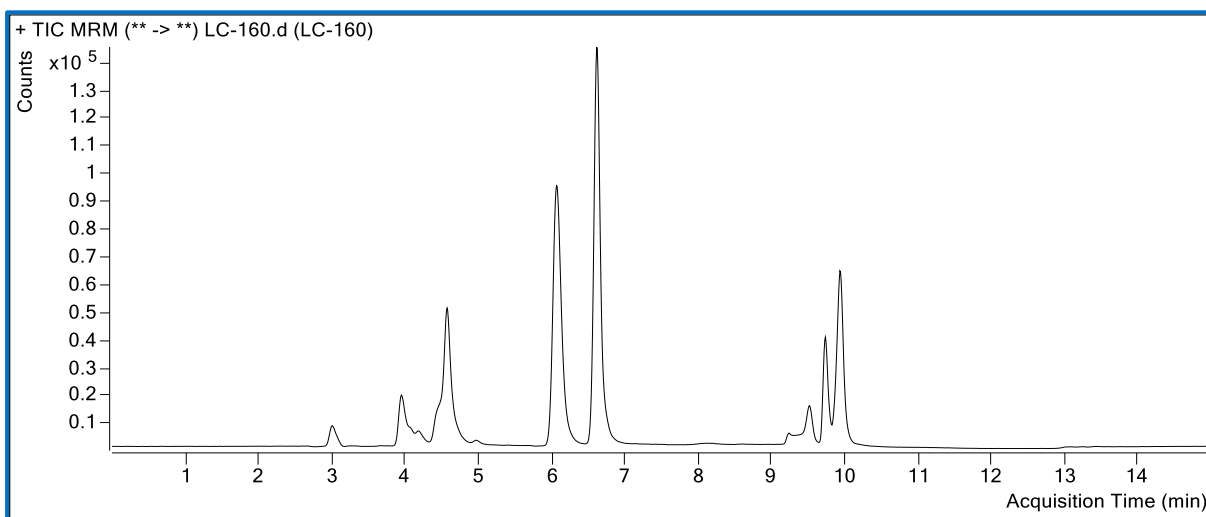


Figure 80.17. Chromatogramme de la variété G16

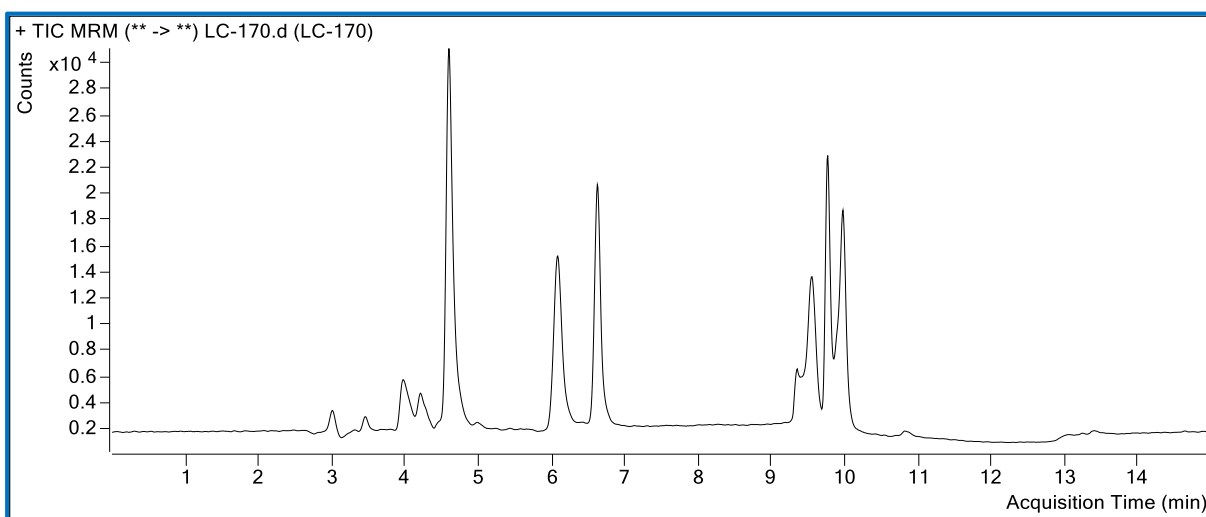


Figure 80.18. Chromatogramme de la variété G17

ANNEXES

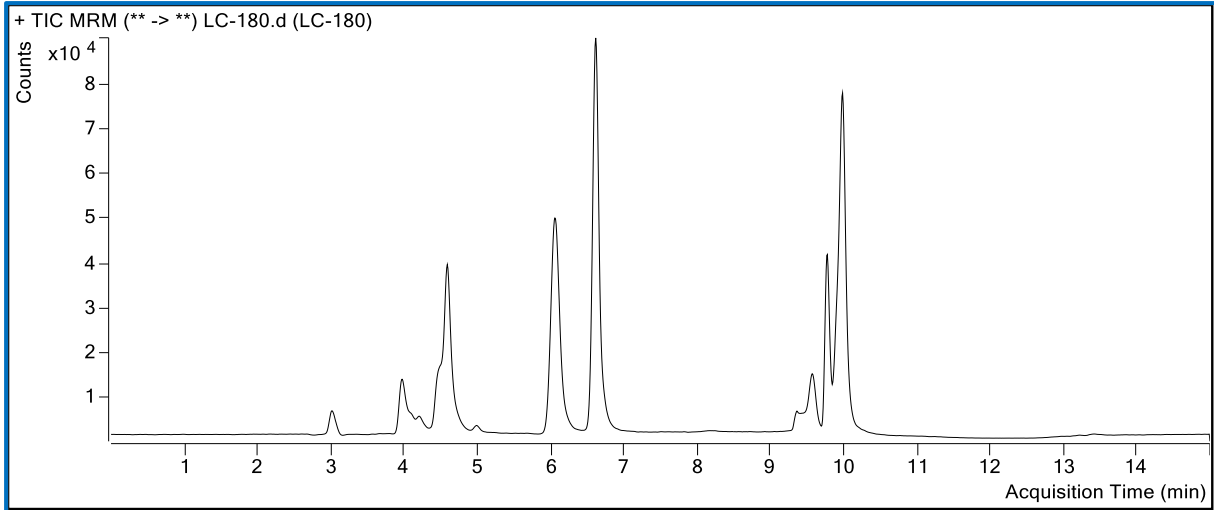


Figure 80.19. Chromatogramme de la variété G18

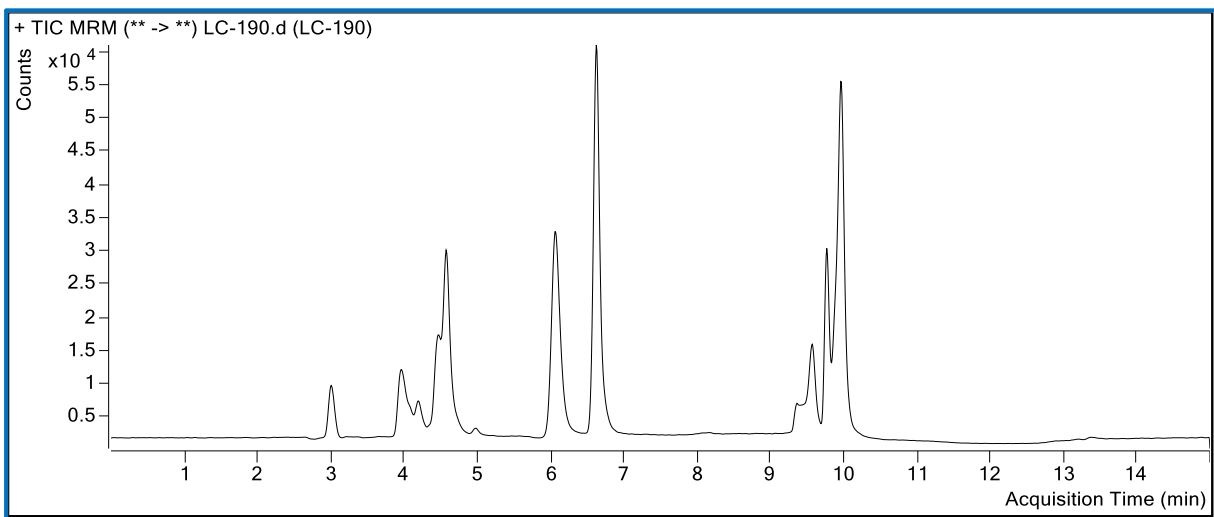


Figure 80.20. Chromatogramme de la variété G19

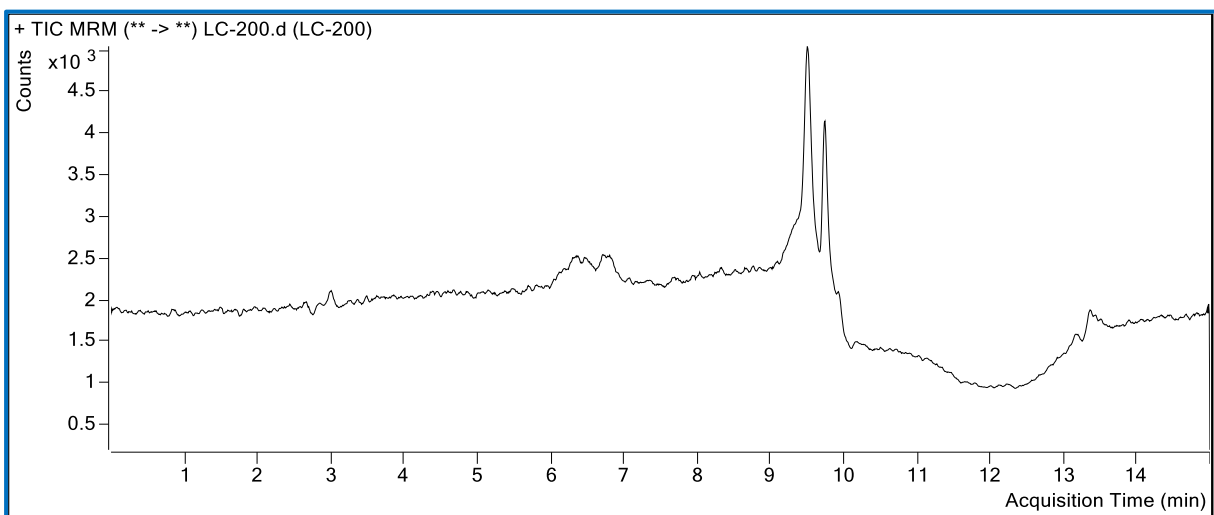


Figure 80.21. Chromatogramme de la variété G20

Nom et prénom : Bourouh Lamia

Date de soutenance : 30/06/2024

Thème : Performances, rendement et caractéristiques biochimiques et morpho-physiologiques de nouvelles obtentions génotypiques de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone subhumide

Résumé :

Notre étude est menée au niveau de la région subhumide à la ferme pilote Larbi Daoudi d'El Harrouch (wilaya de Skikda) au cours de la campagne agricole 2021/2022. Notre objectif est d'évaluer la diversité spécifique de 20 géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par la création des fiches descriptive selon les recommandations de l'UPOV (2014) et l'étude des paramètres morpho-physiologiques, phénologiques et biochimiques dans des conditions agro-climatiques naturels. D'après les résultats obtenus, on a observé une diversité des différents paramètres des fiches descriptives. L'indice moyen de la diversité relative (H' moyen=0.48) indique une diversité morphologique intermédiaire entre les épis des différents géotypes étudiés, alors que certains caractères sont monomorphes (la présence, la distribution, la pigmentation et la longueur des barbes et la couleur de la glume inférieure). Les variétés Ovidio, Cirta et Bousselam se distinguent par des niveaux de germination élevés (96%) et la variété Waha présente le taux le plus bas (86%). Les paramètres du rendement les plus élevés sont marqués chez les variétés suivantes : Wahbi (tallage herbacée/plante=2.93±0.42), Bousselam (tallage épi/plante=1.77±0.29), Ovidio (nombre d'épi/m² =423.33±15.95), Gta/durum69 (nombre de grain/épi= 38.8±7.05, rendement en grain =68.50±3.56 qx/ha et indice de récolte =37.62%) et Simeto (PMG =60.7g). Concernant les paramètres morpho-physiologiques et biochimiques on remarque également une variabilité significative entre les géotypes. Le géotype Ammar6 présente la valeur supérieure pour la teneur relative en eau des grains (19.5%), tandis que les variétés Emilio Lepido (8.9%), Cicco (8.76%), El Tayeb (8.74%) et Moulet Eddar (8.66%) affichent les taux le plus bas. Alors que la variété Sigus présente la teneur relative en eau des feuilles la plus élevés avec 82.143% et Ovidio enregistre le taux le plus bas avec 56.835%. Les géotypes Cirta (34.52% et 12.8%), Beni Mestina (33.84% et 11.34%), Bousselam (33.6% et 11.96%), Waha (32.62% et 11.88%) et Numidia (32.46% et 11.38%) se distinguent par des valeurs favorables de gluten humide et gluten sec, respectivement. Le géotype Ovidio (3.069mg/ml) présente une concentration plus élevée de sucres solubles dans les feuilles, par ailleurs la variété Gta/durum69 présente le taux le plus élevé en proline (0.041 mg/gMF). Pour la chlorophylle totale et les caroténoïdes, les variétés Core (16.101 et 3.320 µg/gMF) et El Tayeb (11.255 et 2.361 µg/gMF) affichent les niveaux les plus élevés par rapport aux autres. En ce qui concerne les acides aminés dans la semoule de blé, le géotype Oued El Bared présente la concentration la plus élevée en différents acides aminés tels que : L-Histidine, Glycine, L-Serine, L-Alanine, L-Thréonine, L-Acide glutamique, L-Valine et L-Phénylalanine (28.11, 84.72, 440.12, 1103.48, 532.52, 689.77, 462.58 et 647.42 mg/100g, respectivement). Concernant la phénologie des géotypes on note que Emilio Lepido, Numidia, Bouhamenna, Beni Mestina et Oued El Bared, sont des variétés précoces, tandis que, Bousselam, Cirta, Waha, El Tayeb, Wahbi et Gta/durum69 sont considérées comme des variétés tardives, alors que les variétés restantes (Ovidio, Ancomarzio, Mimmo, Simeto, Ciccio, Core, Sigus, Moulet Eddar et Ammar6) sont semi-précoce. L'évaluation de l'état sanitaire des géotypes montre que les géotypes Ovidio, Waha et Gta/durum69 se distinguent par leur forte résistance à l'oïdium, tandis que, les autres variétés comme : Ciccio, Core et Cirta montrent une sensibilité relativement faible. Finalement, ces caractères étudiés sont considérés comme des précurseur du rendement élevés, qui nous permet d'exploiter mieux les géotypes selon les conditions agro-écologiques et les besoins économiques.

Mots clés : Géotypes, *Triticum durum* Desf., Caractères morpho-physiologiques, biochimiques, zone subhumide