



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : *Biotechnologie et Génomique Végétale*

Intitulé :

"Etude comparative du rendement et de la qualité de quelques variétés de blé tendre (*triticum Aestivum*) cultivées dans trois zones agro-écologiques d'Algérie."

Présenté et soutenu par : *BOUFERIS Meriem Rayane*

Le 18/07/2019

Jury d'évaluation :

Présidente : *HAMMOUDA D. HAMMOUDA D. MCA- UFM1 Constantine*
Encadrant : *BENBELKACEM .A BENBELKACEM .A DR- INRAA Constantine*
Examinatrice : *KACEM N. S. KACEM N. S. MCB -UFM1 Constantine*

*Année universitaire
2018 - 2019*

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à «ALLAH» qui, m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail, m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes et m'a donné la volonté et le Courage. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti. "El Hamd Wa Chokr Li ALLAH"

J'exprime ma reconnaissance aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Je remercie mon encadrant Mr BENBELKACEM Abdelkader, pour avoir accepté de m'encadrer et m'avoir accordé sa confiance tout au long de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à madame HAMMOUDA Dounia de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Veillez trouvez ici mes remerciements les plus sincères pour vos conseils et encouragements.

J'exprime ma gratitude à madame KACEM Sendra de m'avoir honoré en acceptant d'examiner ce travail.

Je suis reconnaissante à toute personne qui de près ou de loin m'a aidé afin de mener à terme ce travail en particulier.

Je remercie également Monsieur Belbekri N, Madame chafika et Rima ingénieur de biotechnologie végétale pour leur accueil, disponibilité, et aide ainsi que le reste d'équipe de laboratoire.

Des remerciements les plus particuliers et les plus infinis à ma mère et toute ma famille pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

Je voudrai remercier aussi tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Résumé :

L'étude relative aux caractéristiques qualitatives sur 28 variétés dont 2 témoins (Akhamokh et Hidhab) de blé tendre testées sur trois environnements différents (Beni Mestina, Elkhroub à Constantine et Sigus à Oum el Bouaghi). Pour cela, plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui en découlent ont montré que l'environnement joue un rôle majeur dans l'expression des génotypes qui reflète son effet sur le rendement en grain ; le site « KHROUB » est un bon choix car présentant les meilleures résultats. Pour le poids de mille grains le site « Bni Mestina » a été le meilleur. Le taux de protéines totales a été du niveau des témoins dans les trois sites, le taux d'humidité a été assez fort chez les témoins et le groupe de variétés du site « Sigus » sont plus ou moins fort, le taux d'amidon a été exprimé par des valeurs moyennes et le groupe de variétés du site « Bni Mestina » a exhibé une valeur élevée. Par contre la teneur en gluten humide on a marqué que les le site « Bni Mestina » et « SIGUS » présentent des valeurs moyennes ainsi que la teneur en gluten sec. La capacité d'hydratation a été moyenne dans l'ensemble. Les résultats obtenus montrent donc que la majorité des variétés étudiées présentent des caractéristiques très proches concernant les tests physicochimiques et technologiques mais en deça des témoins. Les analyses réalisées sur les farines étudiées sont globalement conformes aux normes en Algérie.

Mots clés : Blé tendre, qualité, qualité technologique, poids de mille grains, rendement

Abstract :

The study is about the qualitative characteristics of 26 varieties : 8 varieties grown in SIGUS, 8 varieties grown in « Bni Mestina », 8 varieties grown in « El-KHROUB » and 2 witnesses « HIDHAB » and « AKHAMOUKH ». Different analyzes of technological and biochemical quality are did. The results have shown that : It can be said that the environment plays a major role in the expression of genotypes that reflects its effect on grain yield so El « KHROUB » is a good choice as site. Compared to the thousand grain weight test, the « Bni Mestina » site is the best. For the total protein test, the three sites gave good results that are close to the witnesses, the moisture level was quite high in the controls and the group of varieties of the site « SIGUS » are acceptable. , the starch content was expressed by mean values and the variety group of the « Bni Mestina » site scored a high value. On the other hand, the wet gluten content indicates that the « Bni Mestina » and « SIGUS » sites have mean values as well as the dry gluten content. And compared to the hydration capacity the results are average. The results obtained show that the majority of the varieties studied have very similar characteristics concerning physicochemical and technological tests. The analyzes carried out on the studied flours are generally compliant with the standards in Algeria.

Key words: Soft wheat, quality, technological quality, thousand grain weight, yield

ملخص:

تدور الدراسة حول الخصائص النوعية لـ 26 صنفًا: 8 أصناف زرعت في منطقة سيقوس، 8 أصناف زرعت في منطقة بني مستينة، و8 أصناف زرعت في منطقة الخروب وصنفين شاهد الهضاب واخاموخ. أقيمت عدة تحاليل من أجل قياس الجودة التكنولوجية والكيميائية الحيوية. أظهرت النتائج ما يلي: يمكن القول أن البيئة تلعب دورًا رئيسيًا في التعبير عن الأنماط الجينية التي تعكس تأثيرها على محصول الحبوب، لذا فإن "الخروب" يعد اختيارًا جيدًا كموقع. بالمقارنة مع اختبار وزن الحبوب، فإن موقع "بني مستينة" هو الأفضل. بالنسبة لاختبار البروتين الكلي، أعطت المواقع الثلاثة نتائج جيدة قريبة من الشهود، وكان مستوى الرطوبة مرتفعًا جدًا في عناصر التحكم ومجموعة الأنواع من موقع "سيقوس" مقبولة، تم التعبير عن محتوى النشا بالقيمة المتوسطة وسجلت مجموعة متنوعة من موقع "بني مستينة" قيمة عالية. من ناحية أخرى، يشير محتوى الغلوتين الرطب إلى أن موقعي "بني مستينة" و "سيقوس" لهما قيم متوسطة وكذلك محتوى الغلوتين الجاف. ومقارنة بقدرة الترطيب بالماء كانت النتائج متوسطة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن غالبية الأصناف التي تمت دراستها لها خصائص متشابهة للغاية فيما يتعلق بالاختبارات الفيزيائية والتكنولوجية. تتوافق التحاليل التي أجريت على الدقيق المدروس عمومًا مع المعايير في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: القمح اللين، الجودة، الجودة التكنولوجية، وزن الحبوب ألف، الغلة

Liste des figures

Figure 1. Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé (<i>Triticum</i> and <i>Aegilops</i>) (Chantret et al, 2005).....	3
Figure 2. Le cycle de développement du blé (Zadoks et al ,1974).....	4
Figure 3. Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009).	6
Figure 4 : Composition des protéines de la farine : rapprochement entre les classifications d'Osborne(1907) et de Shewry et al(1986).....	20
Figure 5 : Photo du Compteur à grains (numigral).....	20
Figure 6 : broyeur de grains.....	21
Figure 7 : appareil de spectroscopie proche infrarouge.....	22
Figure 8: graphe présente La variabilité des valeurs du rendement en grains pour les trois sites (SIGUS ; KHROUB et BNI MESTINA) pour la campagne 2017/2018.....	33
Figure 9: histogramme montre le poids de mille grains chez les 3 sites SIGUS d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA à CONSTANTINE	34
Figure 10: Teneur en protéines totales en utilisant Spectroscopie proche infrarouge pour les variétés dans les sites SIGUS d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA de CONSTANTINE.....	36
Figure 11 : Taux d'humidité en utilisant Spectroscopie proche infrarouge pour les variétés dans les sites SIGUS d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA de CONSTANTINE.....	37
Figure 12 : Taux d'amidon des différents génotypes testés dans les différents environnements.....	38
Figure 13 : Teneur en gluten humide pour les différentes variétés testées dans les différents sites étudiés.....	39
Figure 14 : Teneur en gluten sec pour les différentes variétés testées dans les différents sites étudiés.....	40
Figure 15 : Histogramme montre la capacité d'hydratation des variétés des sites SIGUS (4) d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et DEBBEH (2501,2502) de CONSTANTINE.....	41

Figure 16: Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 géotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Constantine- Khroub.....	41
Figure 17: Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 géotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Constantine- Bni Mestina.....	42
Figure 18 : Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 géotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Ome el Bouagui SIGUS.....	43
Figure 19 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 géotypes des différents variétés cultivées à Constantine -KHROUB en comparant avec les témoins.....	44
Figure 20 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 géotypes des différents variétés cultivées à Constantine –Bni Mestina en comparant avec les témoins.....	44
Figure 21 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 géotypes de différentes variétés cultivées à Om el bouagui –SIGUS en comparant avec les témoins.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (106 Tonnes/an) (FAO, 2012).....	5
Tableau 2 : Classification selon les APG III (2009)	10
Tableau 3 : La composition biochimique de la farine du blé tendre (d'après Atwell,2001).....	18
Tableau 4 : liste de variétés utilisées.....	23
Tableaux 5 : composition du gel de séparation et du gel de concentration.....	30

Sommaire

Liste des figure	
Liste des tableaux	
Sommaire	

Introduction.....	1
Partie 1 étude bibliographique.....	3
Chapitre I : Généralité sur le blé tendre.....	3
1. Origine.....	3
1.1.le cycle biologique.....	4
1.2. Situation de la céréaliculture.....	4
▪ La situation de la céréaliculture en Algérie.....	5
2.L’agriculture de conservation.....	6
3. Classification Botanique de blé tendre.....	9
4. Notion de qualité.....	10
4.1.Notion de qualité technologique.....	11
4.2. Critères de sélection peuvent être appliqués.....	11
4.2.1. Poids de mille grains.....	12
4.2.2. Les objectifs de sélection pour la qualité des blés.....	12
• La valeur technologique des blés tendres.....	13
5. Importance du blé.....	13
6. production du blé mondiale et en Algérie.....	14
7.Transformation du blé tendre en farine.....	14
7.1. Parcours du grain de blé.....	15
7.1.1. Nettoyage de blé.....	15
7.1.2. Etape de la mouture.....	15
7.1.2.1. Broyage.....	16
7.1.2.2. Calquage.....	16
7.1.2.3. Convertissage.....	16
Chapitre II : Généralité sur la farine du blé tendre.....	17
1. Farine de blé tendre.....	17
2. Composition chimique de la farine du blé tendre.....	17
2.1. Amidon.....	18
2.2. Eau.....	18
2.3. Protéine.....	19
2.3.1. Protéines métaboliques (les Albumines et les Globulines).....	20
2.3.2. Protéines de réserves (Protéines du Gluten).....	20
3. Caractéristique de la farine.....	20
3.1. Caractéristique organoleptique.....	20
3.1.1. Essai au touché.....	20
3.1.2. Odeur.....	20
3.1.3. Saveur.....	21
3.1.4. Couleur.....	21
3.2. Caractéristique physico-chimique de la farine.....	21
Taux de Protéine.....	21
Taux d’Humidité.....	21
Taux d’Amidon.....	21
4. Test Gluten humide et Gluten sec.....	22
5. Electrophorèse sur gel d’acrylamide.....	22
Partie 2 : étude expérimentale.....	23
1-matériel biologique.....	23
2. Méthodes utilisées.....	24

Sommaire

2.1. Le rendement en grains.....	24
2.2. Le poids de mille grains.....	24
2.2. Analyse technologique	25
Préparation de la farine.....	25
2.2.1. spectroscopie proche infrarouge.....	26
2.2.2. Test du gluten humide est sec	27
2.3. Technique d'électrophorèse	28
Résultat et discussion.....	33
1. Le rendement en grains.....	33
2. Le poids de mille grains	34
3. Spectroscopie proche infrarouge.....	35
1) Taux de protéines totales	35
2) Taux d'humidité.....	36
3) Taux d'amidon	37
4. Test du gluten humide et sec.....	38
❖ Gluten humide	39
❖ Gluten sec	40
5. Capacité d'hydratation.....	40
6. L'électrophorèse	41
Conclusion et perspective	47

Référence bibliographiques

Annexe

Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005), selon (FAO, 2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt.

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plupart des pays du monde, du fait qu'ils apportent la plus grande part des Protéines de la ration. Les céréales fournissent **57 %** de protéines consommées contre **23 %** apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que **20 %** par les produits d'origine animale (Godon B, 1982).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Ils fournissent plus de **60 %** de l'apport calorifique de la ration alimentaire nationale (Talamali, 2000). Le blé tendre représente **60%** de la ration alimentaire du citoyen algérien, et ses habitudes alimentaires (pâte, biscuit, pain) font de lui un grand consommateur de cette denrée (Benbelkacem A., Saldi A., Brinis, 1995) (Diponzo N., Kaan F., Nachit M., 1993).

La qualité technologique du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et son amélioration sont parmi les principales préoccupations des céréaliers nationaux. La satisfaction des besoins de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs est la condition de la qualité requise dans la transformation du blé. Ainsi, les variations des qualités technologiques des récoltes, liées particulièrement aux taux de protéines, peut pénaliser leur valorisation à l'exploitation. En fait, la qualité est un concept multiforme en totale évolution depuis quelques années, notamment pour les céréales comme le blé tendre. La qualité technologique du blé tendre dépend essentiellement de ses protéines de réserve, dont principalement le groupe des prolamines qui englobent les gliadines et les gluténines. En effet, ces protéines sont déterminantes de la capacité du gluten de former son réseau viscoélastique, essentiel aux processus technologiques. Dans le gluten, les gliadines sont responsables de la viscosité du réseau alors que les gluténines agissent davantage sur son élasticité.

Or, si le produit naturel n'est pas stable, le meunier s'engage, lui à fournir une farine de qualité qui soit régulière, et plus exactement des gammes de farine, qui permettent au boulanger d'appliquer ses recettes, dans les meilleures conditions.

Ce travail s'inscrit dans ce contexte avec comme objectif, l'appréciation de la qualité technologique des farines de grains de blé tendre cultivés en Algérie afin de mieux

Introduction

évaluer leurs caractéristiques technologiques et biochimiques et ensuite de faire une analyse comparative de ces différents types de génotypes (anciens et nouveaux) afin de situer leurs niveaux pour les différents caractères de qualité et de rendement grain et contribuer à leur amélioration.

Ce mémoire est composé de deux parties : La première partie qui est une étude bibliographique qui comporte deux chapitres : le premier chapitre est consacré aux généralités sur le blé tendre, tandis que le deuxième chapitre présente des généralités sur la farine. La deuxième partie est une étude expérimentale qui comporte deux chapitres : le premier est consacré aux matériel et méthodes utilisés dans les différents tests technologiques et le deuxième chapitre présente les résultats et leur interprétation. Une conclusion et des perspectives sont enfin données.

Etude bibliographique

Chapitre I : généralité sur le blé tendre

1. Origine

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des *Triticées* au sein de la famille des *Poacées* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et al., 2009). L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie, la Palestine, le Liban, la Jordanie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995). Les botanistes classent le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ($2n= 42$) (Bonjean, 2001). Le blé hexaploïde *Triticum aestivum* à génome (BBAADD) est très vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (Chantret et al., 2005) (Figure 1).

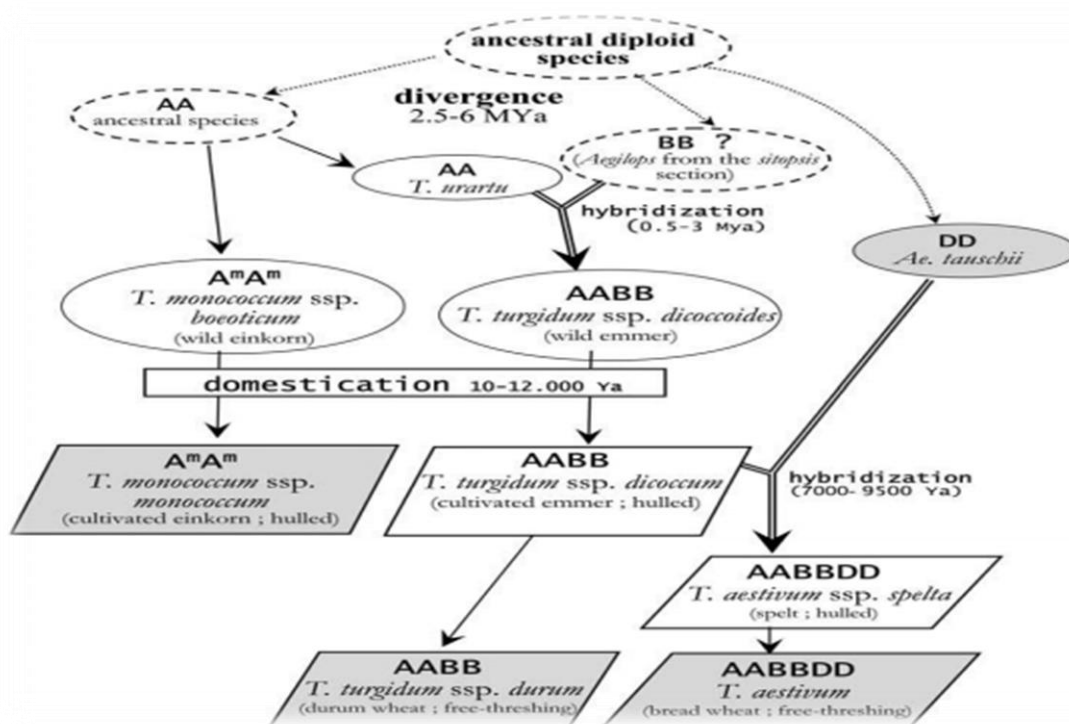


Figure 1. Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé (*Triticum* and *Aegilops*) (Chantret et al., 2005)

1-1- Le cycle biologique

Boyeldieu (1999) rappelle que le cycle végétatif du blé s'accomplit en trois grandes périodes (figure 2). La première période végétative (ou des feuilles) débute de la germination à la fin du tallage. La période reproductrice (ou des tiges) s'étend du redressement à la fécondation. Elle apparaît au cours du tallage et regroupe la formation de l'ébauche de l'épi, l'initiation florale (montaison-gonflement) et la méiose-fécondation (Soltner, 2005). La troisième période de formation et de maturation des grains est repérée de la fécondation à la maturation complète du grain. Différents échelles ont été établies pour identifier les stades végétatifs clés du cycle de développement de la culture du blé. Selon (Soltner 2005) les échelles de notation qui ont été relevées sont celles de Zadocks et al (1974) (figure 2)

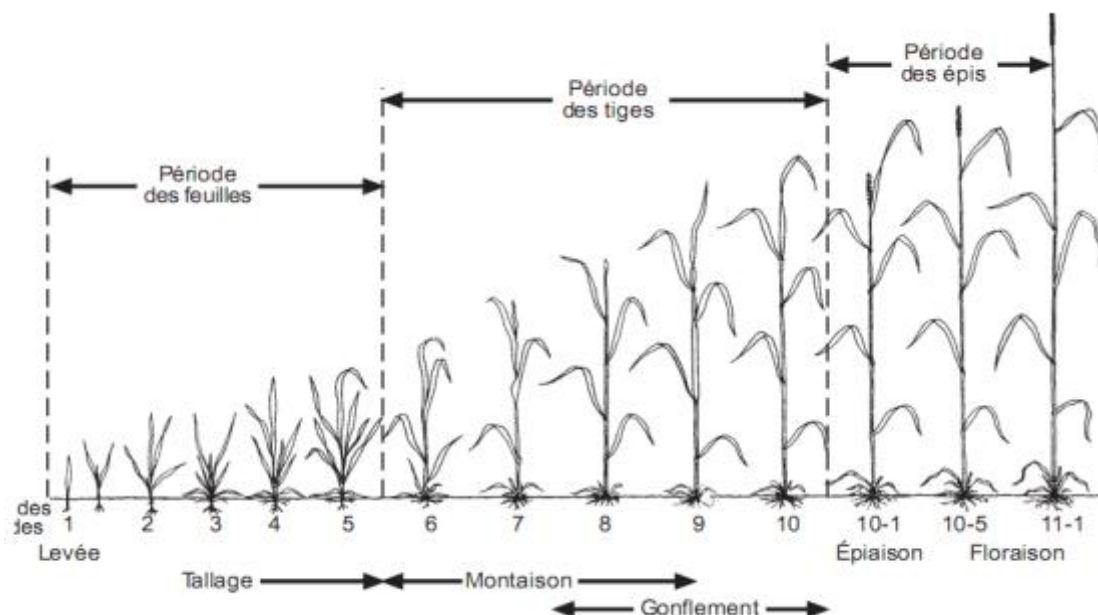


Figure 2. Le cycle de développement du blé (Zadoks et al ,1974)

1.2. Situation de la céréaliculture

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. Ils collaborent avec les organisations internationales, en particulier le Conseil International des Céréales (CIC), dont le siège est à Londres (kellou, 2005).

La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements des céréales obtenus. Le classement de l'année 2012 des dix premiers producteurs indique que la Chine vient en première position. Par contre les Etats unis se situent en troisième position (tableau1). Sept pays assurent les 3/4 des exportations mondiales et ce sont dans l'ordre les Etats-Unis (20%), l'Australie (12.1%), la France (11.3%), le Canada (10.1%), l'Argentine, la Russie et l'Ukraine (FAO, 2012).

La production mondiale des trois principales céréales a connu une fluctuation de production. L'année la plus prédictive est 2008/2009 avec une production totale de 863.77 Millions de Tonnes répartie en 683,19 MT de blé (79,09%), 51.55 d'Orge (17,91%) et d'avoine (2.99%)

Tableau 1. Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (106 Tonnes/an) (FAO, 2012)

Rang	Pays	Production (10 ⁶ t)
1	Chine	115,18
2	Inde	80,80
3	Etats Unis d'Amérique	60,10
4	Russian Federation	41,51
5	France	40,79
6	Allemagne	24,11
7	Pakistan	23,31
8	Canada	23,16
9	Australie	22,13
10	Turkie	19,66

▪ **La situation de la céréaliculture en Algérie**

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3% de ce total, la surface agricole utile (SAU) est de 7,14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne agricole. Les cultures herbacées couvrent 3,8 millions d'hectares. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions

d'hectares, soit 50% des terres labourées (MADR, 2011). Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales comparativement à l'Egypte dont la moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an (FAO, 2007). La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier le manque d'eau (figure 3). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT.

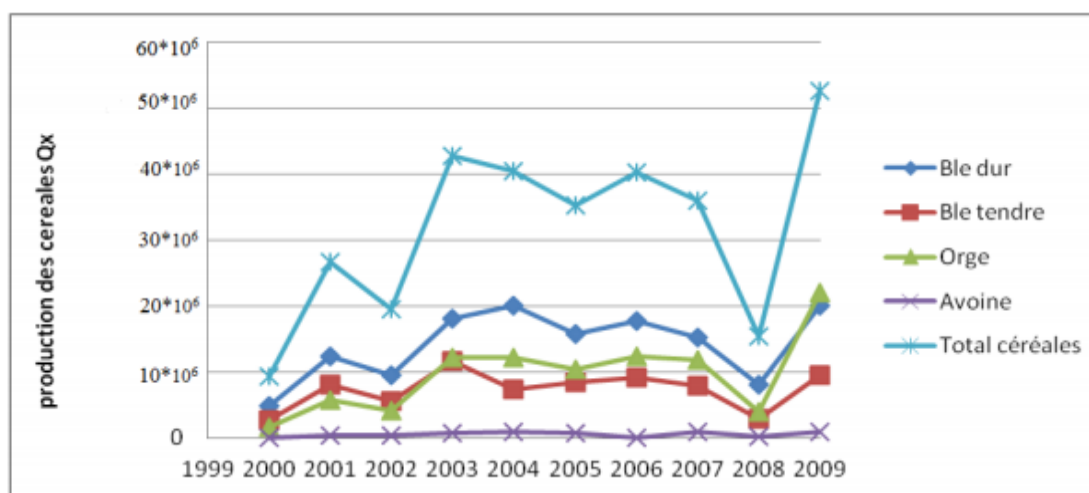


Figure 3. Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009)

2. L'agriculture de conservation

En Afrique du Nord, le Maroc, pionnier du semis direct au Maghreb, a commencé à porter un intérêt à cette pratique au début de l'année 1980 (Mrabet, 2004). La recherche des techniques de production en semis direct du blé ont commencé en 1983, dans les zones situées sous l'Isohyète 200-450 mm de pluie (Bouzza, 1990). Cependant, l'agriculture de conservation nécessite la gouvernance politique appuyée par des gestionnaires spécialistes pour entamer des travaux expérimentaux en fonction de la diversité du climat et du sol. En Tunisie, les projets de développement relatifs au semis direct et l'agriculture de conservation ont débuté en 1999, grâce à des projets financés par le Fond Français de l'Environnement Mondial, réalisés sur des

expérimentations conduites sur des parcelles d'agriculteurs. Les études ont cerné l'effet des systèmes contrastés de labour du sol (Angar et al., 2010).

L'Algérie accuse un retard dans la pratique de l'agriculture de conservation comparativement au Maroc et la Tunisie (Kheyar et al., 2007). La technique de non labour du sol est à son niveau initial en dépit des efforts qui devraient être consentis dans le cadre de l'application de cette nouvelle technique de conservation des ressources naturelles et dans le but d'améliorer la production des cultures. C'est un système qui devrait ressortir dans les urgences d'action du secteur de l'agriculture. La rénovation de cette nouvelle technique de conservation et de gestion des sols améliore les rendements des cultures dans un contexte de développement durable. Néanmoins sur la région des Hauts Plateaux Sétifiens, des investigations ont été réalisées pour évaluer la situation des pratiques du labour conventionnel et l'intérêt qui doit être porté sur les pratiques de conservation. Des travaux ont porté sur l'optimisation du rendement du blé sous l'interaction du précédent cultural et de la nature de l'outil de labour du sol; le comportement de variétés contrastées de blé dur à la date d'implantation en semis direct; la conduite de l'orge sur des modes contrastés de labour du sol (Bouzerzour et al., 2006; Chennafi et al., 2011a, Chennafi et al., 2011b; Bouguendouz, 2011). L'agriculture de conservation est axée sur des principes définis lors du Premier Congrès International sur l'Agriculture de Conservation (PCIAC) qui s'est déroulé à Madrid en 2001. Les normes retenues sont l'absence de retournement profond du sol et la mise en place des cultures en semis direct, le maintien d'un couvert végétal permanent avec l'adoption judicieuse de cultures dans une rotation suffisamment longue (Benites et Ashburner, 2001). Le non labour, le labour minimum, le labour réduit et le labour sous paillis ou mulch, est une dénomination synonyme qui signifie le labour de conservation (Unger, 1990). Derpsch (2001) rappelle l'intérêt de l'agriculture de conservation dans la conservation, l'amélioration et la gestion de la ressource naturelle en sols, en eau en interaction avec l'activité biologique. Chennafi et al., (2011b) mentionnent que l'agriculture de conservation combine la couverture du sol, le non labour ou le travail réduit, la nature de l'outil de labour du sol et la rotation des cultures. Lal (1983) démontre l'aspect économique du système caractérisé par un investissement moins élevé en outils, réduction du temps et de l'énergie mise en jeu pour l'installation des cultures. Les avantages de l'agriculture de conservation sont liés à l'enrichissement du sol en matière organique. En effet, le non retournement du sol en

semis direct conduit à fixer les matières organique en surface et donc enrichit les premiers cm du sol en éléments minéraux (Michon, 2007; Bouzrara et Ould Ferroukh, 2011; Chervet et al. 2005; Mrabet, 2008). Sous semis direct, la teneur en matière organique évolue au cours du temps de manière appréciable. En effet, comparativement au labour conventionnel, sous semis direct, le sol s'enrichit en élément minéraux (Follett et Peterson, 1988; Edwards et al. 1992). Cependant, il semble que le phosphore et le potassium peuvent être réduits au niveau des horizons de profondeurs (Pekrun et al. 2003). Par la pratique des techniques de conservation du sol, les concentrations en Carbone et en azote organiques sont plus notables sur les horizons de surface et décroissent dans les horizons sous-jacents (Michon, 2007). La réduction du travail du sol accroît la séquestration du carbone (Richard, 2004; Thomas et al. 2009). D'autre part, le système de labour réduit et de non labour limite l'érosion du sol. En revanche, il représente une technique d'avenir pour la défense des sols contre l'érosion. Le sol agricole est précieux et rare et par conséquent, il doit être protégé (Gréco, 1979). La couverture végétale diminue l'effet mécanique des gouttes de pluie et y améliore l'infiltration de l'eau. Elle réduit l'évaporation de l'eau du sol, limitant ainsi le dessèchement des couches superficielles du sol (Seguy., 2006). La présence de résidus à la surface du sol freine le ruissellement et permet de réduire efficacement les risques d'érosion (Basic et al. 2004). En revanche, l'amélioration des propriétés physico-chimiques déterminent au préalable l'importance de la présence d'un mulch sur le sol dans l'amélioration de la productivité des céréales. La couverture végétale sur le sol améliore le rendement en grain et la biomasse aérienne (Mrabet, 2008; Fellahi et Hannachi, 2010; Chennafi et al. 2011). L'amélioration du rendement est justifiée essentiellement par la préservation de l'eau dans le profil cultural et qui est utilisée à un stade végétatif sensible au manque d'eau, réduisant ainsi la contrainte climatique (Fellahi et Hannachi , 2010; Chennafi et al. 2012b). Dans Les environnements arides et semi-arides, la conservation de l'eau est un atout majeur pour la production végétale. Le défi dans ces régions est celui de gérer la ressource en eau de la manière la plus efficace possible (Chennafi et al. 2006). En semis direct, l'humidité du sol de l'horizon superficiel est améliorée (Bourguignon et Bourguignon, 2004). La présence de résidus à la surface du sol réduit l'évapotranspiration (Chervet, 2006), freine le ruissellement et favorise l'infiltration (Gainza, 2004; Chervet et al. 2005; Muller et al. 2008) d'où l'amélioration de la capacité de rétention du sol pour la préservation des eaux de pluie (Richard, 2004). Le stockage de l'eau de pluie est amélioré de 10 à 30 % par rapport

aux techniques traditionnelles (Mrabet, 2001), parfois même de 35% (Razine, 2008). Tout gain d'humidité réalisé, suite à une meilleure gestion de la culture et de l'interculturel a, souvent, des conséquences appréciables sur l'augmentation des rendements, à cause de la meilleure efficacité d'utilisation de l'eau (Chennafi et al. 2006). Les graines des mauvaises herbes enfouies ne sont pas exposées à la surface comme c'est le cas par les travaux du sol. Le stock semencier des mauvaises herbes semble donc diminuer en semis direct (Mrabet, 2001; Gainza, 2004; Razine, 2008). Par contre Murphy et al. (2006) considèrent que le semis direct favorise le développement des graminées annuelles et des adventices vivaces. La prolifération des adventices en semis direct peut accroître les charges opérationnelles liées aux herbicides (Debaeke et Orlando, 1994).

3. Classification botanique de blé tendre

Le blé est une plante monocotylédone qui appartient au genre *triticum* de la famille des *poacées* (tableau 2).

C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*triticum aestivum*) et le blé dur (*triticum durum*) mais il existe de nombreuses autres espèces de *triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (blés diploïdes : génome AA, blés tétraploïdes : génomes AA et BB, blés hexaploïdes : génomes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosome 14, 28 ou 42). Le blé tendre possède les trois génomes AA, BB et DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homéologues numérotés de 1 à 7 (A1...A7, B1...B7, D1...D7), soit au total 42 chromosomes.

Le blé dur ne contient que les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes, la plante de blé dur est une *poacée* annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati (Feillet, 2000).

Tableau 2 : Classification selon les APG III (2009)

Règne	<i>Plantae</i>
Clade	Angiospermes
Clade	Monocotylédones
Clade	Commelinidées
Ordre	<i>Poales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Sous-famille	<i>Pooideae</i>
Super-tribu	<i>Triticodae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous-tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<u><i>Triticum</i></u>

4. Notion de qualité

La notion de " qualité " des blés est très complexe, sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype - milieu et de la valeur nutritionnelle (Liu *et al.* 1996). Par ailleurs, l'amélioration de la qualité des variétés en vue de la fabrication de la farine ou des pâtes alimentaires, ne sera réalisée que lorsque toutes les contraintes limitant le rendement seront levées (Feillet, 1986., Abecassis, 1993).

Les variétés locales de blé sont très utilisées dans l'industrie alimentaire, leur qualité dépend de l'orientation des produits dont ils sont issus, ainsi :

- Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé du fait que les unités de transformation se basent uniquement sur ce paramètre pour triturer le blé (Feillet et Dexter, 1996).
- Le pastier recherche des semoules pures et non contaminées par le son et dont la qualité des protéines est satisfaisante.

□ La ménagère recherche des semoules pures et de couleur ambrée. Cette semoule doit présenter une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten et de qualité supérieure pour la fabrication du couscous.

Quant à la semoule de qualité inférieure, elle est destinée à la fabrication de la galette.

4.1. Notion de qualité technologique

La qualité d'un blé dur est en fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués sont surtout les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation) et la semoule (industries de première transformation). La qualité implique donc de répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux 1995, Benbelkacem *et al.*, 1995). La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Ainsi, la connaissance précise des constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique, la définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, 2000). D'anciens travaux ont montré l'importance des protéines du gluten - gliadines et gluténines - ainsi que certaines enzymes et lipides, dans l'aptitude des blés à être transformés en pain ou en pâtes (Abecassis *et al.*, 1990). La qualité technologique du blé dur englobe donc toute une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation de cette semoule en pâtes (Nottin *et al.*, 1949).

Les caractères technologiques d'un blé sont fortement liés à sa variété. Et sont susceptibles de fluctuations sous l'influence des conditions environnantes, ces écarts peuvent aller jusqu'à déprécier complètement le blé vis à vis de l'industrie.

4.2. Critères de sélection qui peuvent être appliqués

Pour Calvel (1973), « la valeur boulangère représente les aptitudes d'un blé ou d'une farine à donner du beau et du bon pain ». Cette définition suppose une connaissance parfaite de la technologie boulangère et comprend les habitudes subjectives du consommateur. Le bon pain est difficile à définir car variable selon les pays et les régions. Le beau pain, en France, est généralement bien développé, léger (densité 0,15 à 0,30), ayant une mie de couleur blanc crème.

La qualité du pain exige un bon déroulement de la fermentation panair qui doit assurer un dégagement de gaz carbonique suffisant pour développer le pain au maximum, mais qui doit aussi améliorer les caractéristiques organoleptiques (Bure, 1980). Ces aptitudes d'un blé sont aussi fonction des facteurs, non subjectifs cette fois, qui regroupent : — la force boulangère, — les propriétés fermentatives de la pâte. Les propriétés fermentatives sont dues au stock glucidique fermentescible préexistant, à l'amidon amylolysable, ainsi qu'à l'importance des amylases.

Le milieu, en particulier les conditions climatiques à la récolte, peut entraîner des fluctuations de ces propriétés fermentatives, de sorte que sont généralement écartées les lignées sensibles à ces conditions qui peuvent causer une germination sur pied. Mais, étant donné les conditions climatiques de récolte en France, ces propriétés fermentatives ne font pas l'objet d'une sélection génétique sévère, contrairement à ce qui est fait dans les pays plus septentrionaux. La force boulangère, qui est étroitement liée à la quantité et à la qualité du gluten, est le facteur de la qualité pour lequel il existe une variabilité génétique importante dans la seule espèce de blé tendre. Etant donné que la plupart des autres caractéristiques qualitatives du blé sont soit prises en compte dans la sélection pour le rendement, soit génétiquement peu utilisables dans nos conditions, il ressort que la force boulangère est devenue, dans notre pays, synonyme de valeur boulangère. Cette force boulangère est d'ailleurs le principal facteur évalué à l'aide de tests indirects de technologie (décrits ci-après) au cours des générations de sélection.

4.2.1. Poids de mille grains

C'est un critère essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de culture qui l'influencent de façon très significative. C'est un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement : échaudage, attaques des insectes ou certaines maladies cryptogamiques

4.2.2. Les objectifs de sélection pour la qualité des blés

Les blés sont généralement classés en catégories de valeurs technologiques bien définies dans le but d'en moduler le prix, aussi précisément que possible, en fonction des utilisations auxquelles ils sont aptes. On distingue :

- 1) les blés de force,
- 2) les blés de bonne valeur boulangère,
- 3) les blés courants,

- 4) les blés présentant quelques défauts corrigibles,
- 5) les blés biscuitiers,
- 6) les blés fourragers.

- **LA VALEUR TECHNOLOGIQUE DES BLES TENDRES**

L'appréciation de la qualité des blés tendres ne peut être concrétisée que par l'effet de tests indirects et de tests directs :

Les tests indirects consistent en un certain nombre d'analyses biochimiques, physico-chimiques et technologiques afin de caractériser les lignées et les variétés et de juger la qualité technologique.

Ainsi la valeur ou qualité technologique d'un blé tendre se décompose en valeur meunière et en valeur boulangère.

La valeur meunière représente l'aptitude d'un blé à donner plus ou moins de farine répondant à des caractéristiques bien définies , elle est régie par le PMG, le taux d'extraction et le taux de cendres

- le poids de 1000 grains nous fournit une évaluation du degré d'échaudage et met en évidence l'influence des traitements en végétation et de la tolérance des variétés au stress hydrique pour un même génotype, le taux d'extraction est influencé par le poids de 1000 grains mais l'analyse inter variétale n'a montré aucune relation entre les deux paramètres.

- Le taux d'extraction est la qualité de la farine obtenue après extraction de 1000g de blé débarrassé de ses impuretés. Cette farine provient de l'albumen et représente environ 70% du poids des grains (CALVEL 1980) le taux d'extraction est influence par le génotype de la variété (finesse de l'amande) et les conditions de mouture

5. Importance du blé

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al. 2005).

Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à l'abaissement des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse (Abeledo et al. 2008).

6. production du blé mondiale et en Algérie

Durant la saison agricole 2017/2018, la production globale de blé et d'orge devrait s'établir à 3,5 millions de tonnes, une indication livrée par le département américain de l'Agriculture (USDA). Cette production, ajoute le département américain, sera réalisée sur 3,5 millions d'hectares et comprend 2,5 millions de tonnes de blé (tendre et dur), principale denrée de base du pays et un million de tonnes d'orge, utilisée essentiellement par l'industrie de l'aliment. Afin de répondre à ses besoins de consommation en blé, l'Algérie devrait compter sur des importations de l'ordre de 8,2 millions de tonnes en matière céréalière. Cela la place au troisième rang des pays importateurs de céréales au monde, derrière l'Égypte et l'Indonésie. Pour leur part, les importations d'orge s'établiront à 600 000 tonnes surtout pour l'alimentation animale.

La consommation ainsi que les stocks mondiaux de blé tendre ont augmenté respectivement de 2,4% et 6,7% en 2016/2017 par rapport à la même période de l'année écoulée (Anonyme)

7. Transformation du blé tendre en farine

Les moulins d'aujourd'hui sont entièrement automatisés, une poignée de personnes suffit à faire fonctionner un moulin moderne. Un moulin, peut, selon les cas, tourner 24 heures sur 24 et 365 jours par an ou sur un rythme plus traditionnel. Certains moulins disposent d'un laboratoire intégré permettant de tester les qualités technologiques des blés. De même, des tests de panification sont souvent effectués pour vérifier que les qualités de la farine répondent aux attentes du boulanger.

Pour obtenir la farine souhaitée, chaque meunier met au point un diagramme de mouture, c'est-à-dire « un programme de réglage des machines » qui permet la fabrication de la farine en fonction des caractéristiques du blé reçu et de la farine souhaitée.

Pour bien comprendre le processus de fabrication de farine ou de transformation du grain de blé en farine, ou plus précisément du principe d'extraction de farine, il faut comprendre le parcours que le grain de blé effectue dès son arrivée au moulin (Doumandji A., Doumandji S., Doumandji M.B, 2003).

7.1. Parcours du grain de blé

7.1.1. Nettoyage du blé

Dès son arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses jusqu'à des réservoirs. Ensuite, il est déversé dans les nettoyeurs séparateurs lesquels éliminent les impuretés - terre, pierres, pailles, grains vides, poussières, autres graines.... Après l'avoir nettoyé, des trieurs permettent de ne conserver que les grains de blé purs. Les grains de blé sains sont humidifiés pour faciliter la séparation de l'amande de ses enveloppes et reposent de 24 à 48 heures dans des boisseaux à blé propre avant d'être moulus.

7.1.2. Étapes de la mouture

Après le nettoyage, la transformation du grain de blé s'opère en trois étapes : le broyage, le claquage, le convertissage. Chacune de ces étapes représente plusieurs passages de blé dans les machines. Le produit de chaque passage successif est tamisé selon sa taille. Chaque opération complémentaire permet d'extraire un peu plus de farine. Environ quatorze opérations sont nécessaires pour obtenir la farine qu'attend le boulanger.

Pour obtenir ce résultat, un diagramme de mouture est défini par le meunier permettant de régler les machines en fonction des variétés de blé reçues et la qualité de farine souhaitée.

La mouture aboutit à la séparation du grain de blé en deux composants : les enveloppes d'un côté et l'amande (amidon) de l'autre. Pour parvenir à ce résultat, le blé suit le labyrinthe du diagramme de mouture complètement automatisé.

À la fin des opérations, la farine contient encore un faible pourcentage de matières minérales issues de l'enveloppe et de débris du germe qui déterminent le taux de cendres réglementaire.

7.1.2.1. Broyage

Le grain passe entre de gros cylindres métalliques, qui ont remplacés les meules d'autrefois. De multiples passages dans ces cylindres aux cannelures de plus en plus fines permettent de séparer l'enveloppe et l'amande. À chaque broyage, des tamis perfectionnés ou plansichters, séparent les produits et les classent selon leur taille.

7.1.2.2. Claquage

Il s'agit d'une réduction des semoules opérée par des cylindres lisses pour broyer les particules encore plus finement.

7.1.2.3. Convertissage

Ultime opération de plusieurs passages dans une série de cylindres lisses pour obtenir des produits fins jusqu'à la farine. C'est aussi le mélange des différentes farines obtenues à chaque étape de la mouture (farine de broyage, de claquage et de convertissage) qui donne la farine panifiable utilisée par le boulanger et que l'on appelle « farine entière ».

Chapitre 2 Généralité sur la farine du blé tendre

1. Farine de blé tendre

La farine de blé tendre ou froment est le produit obtenu à partir des grains de blé tendre *Triticum aestivum* (figure 5). Le blé tendre est utilisé pour faire de la farine panifiable utilisée pour le pain. Ce sous-secteur constitue l'une des bases de l'industrie agro-alimentaire en Algérie. En effet, la farine résulte de mouture et de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (Kellou R. 2008)

2. Composition chimique de la farine du blé tendre

Il est important pour le meunier de pouvoir établir la carte d'identité de chacune de ses fabrications. Cela lui permet de classer ses farines et de répondre précisément aux besoins du boulanger. Chaque composant joue un rôle essentiel au moment de la fabrication du pain. On peut les comparer aux pièces d'un puzzle, qui, une fois réunies, assureront la qualité de la panification (Tableau 3). Parmi les pièces maîtresses, citons l'amidon, composant majeur, non seulement en quantité (il représente presque les deux tiers du puzzle) mais aussi dans le rôle qu'il tient au moment de la fermentation. Les protéines, bien qu'étant en quantité inférieure, jouent également un rôle essentiel dans la constitution du Gluten (Tableau 3)

Tableau 3 : La composition biochimique de la farine du blé tendre (d'après Atwell, 2001)

Constituants	% matières sèche de la farine
Amidon	63-72
Protéines	7-15
Eau	13-16
Sucres	4.5-5
Matières grasses	1-2
Matières minérales	0.4-0.5

2.1. Amidon

C'est un sucre complexe, de la famille des glucides, contenant glucose et maltose. Le maltose sert de nutriment à la levure, lors du processus de fermentation. Il fait rarement l'objet de dosage, en laboratoire d'analyses, car on admet que sa quantité est toujours suffisante dans la farine, pour permettre une bonne fermentation.

L'amidon est le principale polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs (grains de céréales, grains de légumineuses), le grain de blé et l'albumen en contiennent respectivement 67-68% et 70-82%. C'est l'un des polymères fonctionnels des plus importants aliments en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau. L'amidon de blé est le résultat du mélange de 2 polymères d'alpha D-glucose, l'amylose (26-28%) et l'amylopectine (72%-74%), celle-ci est prépondérante par son poids, représentant environ 80% de l'amidon de blé.

2.2. Eau

Quantitativement, l'eau est le deuxième constituant de la farine. On peut s'en étonner car sa présence n'est détectable ni à l'œil, ni au toucher ! Et pourtant, un sac de 50 kilogrammes de farine contient en moyenne de 7 à 8 kg d'eau. Il reste donc de 42 à 43 kg de matières sèches. L'eau est contenue naturellement par le grain de blé. Elle peut aussi être apportée (en très faible quantité) avant la mouture. Elle sert alors à préparer

le grain de blé à l'écrasement, assouplissant les enveloppes. Moins de 16%, le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage.

Il est un constituant instable et son taux est susceptible de varier dans le temps, suite aux échanges avec l'atmosphère, ou entre les particules constituant le produit (I.T.C.F.995). Le taux d'humidité de la graine est un facteur important dans la conservation et de stockage. Un taux d'humidité inférieur à 14%, prolonge la durée de conservation du grain et diminue les risques de son altération par les micro-organismes.

2.3. Protéines

Osborne a été le premier à s'intéresser à la classification des protéines du grain de blé. En 1924, il définit quatre groupes de protéines caractérisés par leur solubilité dans différents milieux (Osborne, 1924) :

- Les Albumines qui sont solubles dans l'eau.
- Les Globulines qui sont solubles dans les tampons salins.
- Les Gliadines qui sont solubles dans une solution d'alcool à 70%.
- Les Gluténines qui sont solubles dans une base ou un acide ou des détergents en présence d'un réducteur.

Cette classification a été revue en 1986 par Shewry et collaborateurs qui ont proposé deux grandes catégories :

- Les protéines métaboliques (protéine de structure) : les Albumines et Globulines
- Les protéines de réserves : les Gliadines et les Gluténines (figure 4).

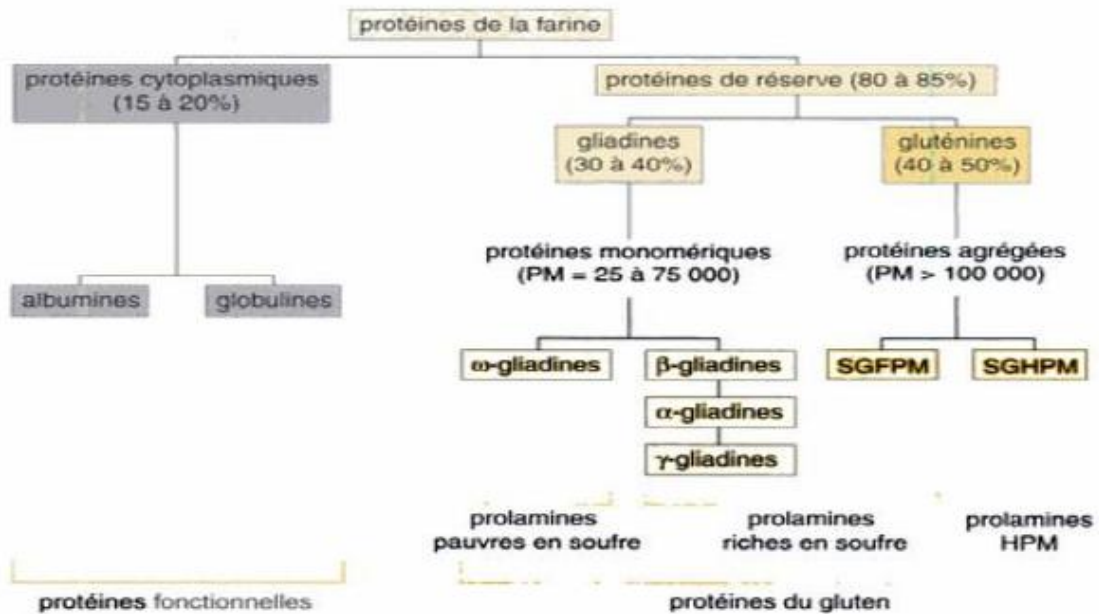


Figure 4 : Composition des protéines de la farine : rapprochement entre les classifications d’Osborne(1907) et de Shewry et al(1986).

2.3.1. Protéines métaboliques (les Albumines et Globulines)

Les albumines et globulines représentent 15 à 20% des protéines présentes dans la farine de blé et sont solubles respectivement dans l’eau et les tampons salins. Ce groupe de protéines est très diversifié de par ses propriétés physicochimiques (compositions en acides aminés, points isoélectriques et poids moléculaires). Ces protéines participent à la formation du grain et à l’accumulation des réserves dans l’albumen (Vensel et al. 2005).

3. Caractéristique de la farine

Selon (Doumandji A et al, 2003), les caractéristiques de la farine sont les suivantes :

3.1. Caractéristique organoleptique

Le but de la détermination des caractères organoleptiques est de rechercher l’état de conservation et la détermination de la pureté.

3.1.1. Essai au touché

L’essai au touché consiste à serrer dans la main une poignée de farine puis ouvrir et observer : la farine de blé tendre forme une espèce de pelote.

3.1.2. Odeur

Il s’agit de préparer un pâton avec de l’eau tiède et sentir. L’odeur de la farine est franche, agréable, analogue à celle de la noisette. Les farines bisées ont une odeur qui

rappelle celle du son. Une odeur acide, rance, acre indique que la farine est ancienne, et une odeur de moisi indique que la farine est en voie d'altération.

3.1.3. Saveur

La saveur normale est agréable et caractéristique douçâtre avec arrière-goût amer pour les queues de la mouture. Des altérations déjà prononcées la modifient.

L'addition de farine étrangère peut être aussi décelée ainsi que celle de graines parasites (mélilot,..). La farine ne doit pas crisser sous la dent (sable)

3.1.4. Couleur

La couleur varie avec le taux d'extraction et avec la nature de blé. La farine dont le taux d'extraction moyen (70%) est blanche. Si le taux d'extraction est élevée (80% et plus), la couleur varie du crème au marron claire. Cette couleur indique la présence de piqûres.

3.2. Caractéristique physico-chimique de la farine

Taux de Protéines

La teneur en protéines est déterminée par un appareil « NIRS (near infra red system) » où les mesures sont faites en transmission ou en réflexion dans une plage spectrale en proche infrarouge [1400-2500nm] d'un échantillon broyé. La détermination de cette teneur nécessite un étalonnage préalable mémorisé dans un microprocesseur à l'aide de l'échantillon, de composition connue et un traitement mathématique du spectre résultant de l'analyse de l'échantillon inconnu. Les résultats sont exprimés en (%) de protéines par rapport à la matière sèche (représentent la moyenne de 3 répétitions).

Taux d'Amidon

Ce taux est déterminé par l'appareil (NIRS) par transmission en proche infrarouge (IR) [1400-2500nm]. Les résultats sont exprimés en (%) d'amidon par rapport à la matière sèche.

Taux d'Humidité

La teneur en eau est mesurée à l'aide d'un appareil à IR (NIR) et selon les mêmes conditions de mesure. Les résultats sont exprimés en (%) d'humidité par rapport à la matière sèche.

4. test de Gluten humide et gluten sec

La teneur en protéines est une qualité importante des farines recherchée par les industriels céréaliers pour leur rôle important dans la formation de la pâte.

Les deux principale protéines du Gluten sont les Gliadines et les Gluténines dans des proportions variables, la variabilité du gluten tant en qualité qu'en quantité est grande et dépend de la variété de blé, lieu de culture, conditions climatiques.

Le Gluten est dosé après séparation manuelle de l'amidon, en pétrissant une petite quantité de pâte sous un filet d'eau. L'amidon est peu à peu entraîné par l'eau et il ne reste finalement qu'une masse compacte blanc crème, souple, extensible, et très élastique.

5. Electrophorèse sur gel d'acrylamide

L'électrophorèse est une méthode de séparation de particules chargées électriquement par migration différentielle sous l'action d'un champ électrique. Le terme d'ionophorèse est utilisé dans le cas d'ions de petite taille.

L'électrophorèse libre, en veine liquide selon Tisélius (1937), est réalisée dans un tube en U de section carrée (ceci afin de pouvoir réaliser des mesures optiques au travers du tube, comme avec une cuve de spectrophotomètre) : la séparation n'est pas totale, mais les frontières qui se forment sont mises en évidence par des méthodes optiques (absorption UV, indice de réfraction, fluorescence...). Cette méthode est utilisée en recherche pour mesurer la mobilité électrophorétique et pour vérifier la pureté des protéines.

Etude Expérimentale

Parite 2 :Etude expérimentale

1-Matériel biologique

L'étude a porté sur une collection de 26 variétés de blé tendre cultivé en Algérie (Tableau 4) 24 variétés reviennent de 3 différents zones (2 zones à Constantine et une zone à Oum el bouaghi) et 2 témoins (lignée 2017/2018) . On les a nettoyés et on les a transformées en farines pour étudier la qualité technologique de cette farine.

Tableau 4 : liste de variétés utilisées

N°201 7/18	Variété ou Lignée	AgSc ore	Khr oub	Bni mest ina	Sigus(OEB)	Moy	Ra ng
1	Hidhab	3.96	48,3	47,3	19,575	38,3 917	9
3	Mahon Demias/Boumerzoug	3.66	56,8	45,9	22,925	41,8 75	6
4	GK. Aron/AG.Seco7846//2180/4/2* Milan/Kauz//...	4.21	51,1	42,2	20,25	37,8 5	11
11	Laloub-2	4	73,1	42	11,5	42,2	4
13	Kiritati/Wbll1//Mesia/3/Kiritati/ Wbll1	4.38	52,5	44,1	16,1	37,5 667	12
14	Nac/TH.Ac//3*Pvn/3/Mirlo/Buc /4/2*Pastor/5/Kachu /6/Kachu	4.14	66,7	58,5	15,075	46,7 583	1
15	Akhamokh	3.90	54,5	47,8	23,775	42,0 25	5
16	Kachu#1//Wbll1*2/Kukuna	4.45	48,3	65,1	21,05	44,8 167	2
18	Tiddis	3.86	52,9	47,7	12,2	37,6	12
19	Yacine	4.07	53	33,4	16,95	34,4 5	17

2. Méthodes utilisées

2.1. Le rendement en grains

Une des raisons du succès de la culture du blé est son aptitude à la compensation des composantes du rendement : celles qui déterminent plus tard peuvent en effet rattraper des insuffisances ou des pertes survenues plus tôt.

En particulier une densité faible de plantes à la levée peut être compensée par un tallage important.

2.2. Le poids de mille grains

La masse de 1000 grains est la masse de 1000 grains entiers exprimée en grammes. C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomiques. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui toutes modifient la masse de 1000 grains (SCOTTI, 1997).

C'est une des composantes du rendement agronomique et rendement semoulier. Cette mesure est surtout effectuée lors de la sélection du blé dur, c'est un critère essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de cultures qui l'influencent, de façon très significative.

Mode opératoire :

Prélever au hasard une quantité de grains de l'espèce considérée. Sélectionner des grains entiers, compter ces derniers à l'aide du compteur automatique Numigral, puis peser la masse de 1000 grains, selon la norme : NF V03-702.



Figure 5: Photo du Compteur à grains (numigral).

2.3. Analyse technologique

- **Préparation de la farine**

On a pris une quantité de grains de chaque sachet et on les a broyer pour obtenir de la farine (figure 5)



Figure 6 : broyeur de grains

2.3.1. Spectroscopie proche infrarouge

Intérêt :

La spectrométrie dans le proche infra rouge est une technique analytique de plus en plus répandue, pour le contrôle rapide de la qualité des céréales.

Le plus souvent non destructive, elle ne nécessite qu'une préparation réduite de l'échantillon. En outre, elle permet la détermination rapide et non coûteuse de plusieurs paramètres.

Principe :

La spectrométrie dans le proche infra rouge (NIRS) est une méthode d'analyse comparative dont le principe repose sur l'absorption de la lumière proche infra rouge par la matière organique (Alava *et al.*, 2001).

En utilisant des calibrations dans les quelles les données spectrales d'échantillons connues sont mises en corrélations avec les valeurs analytiques de référence, la spectrométrie peut prédire, pour un lot inconnu, le niveau du paramètre en se basant uniquement sur l'empreinte spectrale de l'échantillon.

La collecte des spectres se fait sur un appareil NIRS 6500 à partir d'échantillons placés dans des modules de « transport » contenant environ 500 grains ou quelques grammes de semoule de blé dur.

Par sa rapidité et sa précision, cette méthode réduit considérablement le travail analytique, lourd et coûteux, des méthodes chimiques traditionnelles de laboratoire.

Pour l'analyse des constituants des grains, qui repose sur la mesure directe de l'interaction entre constituant chimiquement défini et le rayonnement (teneur en protéines, teneur en eau,...), l'erreur de prédiction est généralement faible quoique par définition toujours supérieure à celle de la méthode de référence (0.3 pour les protéines de blé contre 0.2 en méthode de référence) (ITCF et ONIC, 1995 ; Alava *et al.*, 2001).



Figure 7 : appareil de spectroscopie proche infrarouge

□ **Taux de Protéines**

Le taux de protéines est mesuré à l'aide d'un appareil à infrarouge (analyseur NIR INFRAMATIC). L'analyse se fait par réflexion en proche infrarouge [1400-2500nm] d'un échantillon, avec étalonnage préalable mémorisé dans le microprocesseur intégré. Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de protéines par rapport à la matière sèche, ils représentent la moyenne de trois répétitions.

□ **Taux d'Amidon**

Le taux d'amidon est mesuré par l'appareil (NIR), par réflexion en proche infrarouge [1400-2500nm]. Les résultats à trois répétitions sont exprimés en pourcentage d'amidon par rapport à la matière sèche.

□ **Taux d'Humidité**

Le taux d'humidité est mesuré à l'aide du même appareil à infrarouge (NIR) et selon les mêmes conditions de mesure. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'humidité par rapport à la matière sèche et sont la moyenne de trois répétitions.

2.3.2. Test du Gluten humide et sec

Le Gluten est un composé principal de la fraction protéique des blés, insoluble dans les solutions salines, c'est une substance plastoélastique. Il est considéré comme moyen d'estimation de la qualité de la pâte.

La teneur en gluten a été déterminée selon le protocole de (Mauze et al, 1972), à partir de 10g de farine, on ajoute 5ml d'eau distillée salée à 10% de NaCl et à l'aide d'une spatule un pâton est formé, l'extraction de gluten s'effectue alors par lixiviation manuelle sous un mince filet d'eau. Le gluten humide résultant est essoré, pesé puis séché à l'étuve et ensuite repesé. La teneur en gluten sec sera exprimée en pourcentage (%) de matière sèche.

2.4. Technique d'électrophorèse

Une méthode proposée par Laemlli (1970), le principe des techniques électrophorétique est basé sur la séparation, sous l'effet d'un courant électrique, des molécules biologiques (protéines, acides nucléiques, ADN, ARN). La migration s'effectue sur des supports inertes filtrant ou non filtrant. La préparation se fait sur gel vertical en système discontinu, en présence d'un détergent anionique, le Sodium Dodécyl Sulfate (SDS).

Identification variétale :

Toutes les variétés de blé tendre n'ont pas les mêmes caractéristiques technologiques. Certaines d'entre elles peuvent ainsi mieux répondre que d'autres à une spécificité recherchée par l'industriel. Les utilisateurs se sont donc intéressés à la notion variétale et à la connaissance de la composition d'un lot de blé dur. L'électrophorèse des gliadines permet de reconnaître les variétés présentes dans un lot et par conséquent de s'assurer du respect du contrat.

Objet

Electrophorèse des protéines de sodium dodécylsulfate (SDS) sur gel de polyacrylamide.

L'appareil utilisé :

CUVE BIORAD

Liste des produits :

- Acrylamide-bis acrylamide 30%
- 1.5M tris HCL pH 8.8
- 0.5M tris HCL Ph 6.8

- SDS 10%
- APS 10%
- TEMED
- Eau distillée
- Marqueur moléculaire

2.4.2. Extraction des protéines protéine totale

- Broyer 100mg de matériel végétal à l'aide d'un mortier dans de l'azote liquide.
- Transférer 200µl de la poudre dans un tube eppendorf de 2ml.
- Ajouter **1.8ml de la solution de précipitation.**
- Homogénéiser en vortexant le tube.
- Laisser précipiter à -20°C toute la nuit. (minimum 12 heures).
- Centrifuger 20 min à 10000g à 4°C.
- Eliminer le surnageant délicatement en renversant le tube (le tube ne doit pas décoller).
- Rincer le culot avec **1.8ml de la solution de rinçage.**
(la solution de rinçage permet d'éliminer les résidus de TCA)
Placer 1 heure minimum à -20°C.
- Centrifuger 20 min à 10000g à 4°C.
- Eliminer le surnageant.
- Sécher le culot pendant 30min sous la hotte chimique.
- Peser le culot pour déterminer le poids sec du culot (1mg → 10µl de tampon, [C]=3-5µg/µl)
- Resuspendre le culot dans 100 à 200µl de **tampon bleu de laemmli.**
- Homogénéiser en vortexant le tube.
- Incuber les échantillons 5min à 95°C.
- Centrifuger 20 min à 10000 TA.
- Récupérer le surnageant dans un nouveau tube eppendorf de 1.5ml.
- Centrifuger 10 min à 10000g TA.
- Conserver les échantillons à -80°C
- Centrifugation 15 minu à 10000 TA.
- Préparation du gel de migration
- Dépôt de gel dans les cuves d'électrophorèse
- Dépôt des échantillons

- Ajouter le tampon d'électrophorèse et lancer la migration à 140 V pendant 1h.

Préparation des gels

- **Principe**

La méthode utilisée a été développée par Laemmli (1970) méthode de dénaturation discontinue. Elle permet de déterminer le nombre de sous-unités d'une protéine et de déterminer leur masse molaire respective.

Ce protocole repose sur la présence de SDS et B-mercaptoéthanol qui vont dénaturer les protéines (dissocier les protéines en sous-unités) et les enduire de charges négatives SDS. Cette charge uniforme qui est en rapport avec la masse permet aux protéines de migrer dans un champ électrique et de se séparer en fonction de la masse/taille.

Le système Laemmli utilise deux tampons de différents pH, donc il va générer un gradient de tension à un pH discontinu entre le gel de concentration et le gel de séparation.

Le gel de concentration de 4% (pH 6.8) est versé au-dessus d'un gel de séparation de 10% à 15% (pH 8.8). Le gel de concentration (avec une grande taille de pores) sert à concentrer l'ensemble des protéines (les grands peuvent se rattraper avec les petits).

Le gel de séparation (qui a une taille de pores plus petite) les protéines vont se séparer selon leurs tailles moléculaires relatives.

Tableaux 5 : composition du gel de séparation et du gel de concentration

	Gel de séparation	Gel de concentration
Produits	4%	12%
Acry Bis 40%	1 ml	9 ml
H ₂ O	6.35ml	13 ml
1.5M tris HcL pH8.8	/	7.5 ml
0.5M tris HcL pH6.8	2.5	/
10% SDS	100ul	300ul
10% APS	50ul	150ul
TEMED	10ul	30ul

Parite 2 :Etude expérimentale

Le système d'électrophorèse est constitué de deux plaques : une plaque 'réservoir' portant la cuve d'électrophorèse et une plaque gel portant le gel d'acrylamide. Les deux plaque doivent préalablement être nettoyées ; le système de coulage est monté selon la notice du fournisseur (Biorad)

Les plaque sont assemblées en plaçant un *spacerde* chaque côté et fixé à l'aide du pince.

Dépôt des échantillons et migration dans le gel

Le dépôt se fait en respectant les étapes suivantes :

-Dépôt de 20 ul de chaque échantillon par puits à l'aide d'une micro-seringue tout en respectant l'endroit du dépôt de marqueur de taille (après chaque dépôt faire rincer la micro-seringue avec le tampon de migration)

- Remplissage de la cuve d'électrophorèse avec un volume suffisant de tampon de migration

- Remplissage du bac supérieur situé entre les deux plaques (bien serré contre les joints pour éviter les fuites) avec le même tampon jusqu'à ce que les faces supérieures des gels soient immigrées. Ce dernier est placé dans la cuve d'électrophorèse pour que les faces inférieures des gels plongent dans le tampon.

- Fermeture des électrodes de la cuve puis relié au générateur qui va assurer le passage du courant électrique. La migration est menée à une intensité constante de 140 V.

-Une fois la migration terminée, il faut attendre jusqu'à ce que le front de BBP (bleu de bromophénol) atteigne le bord inférieur des plaques (Approximativement 1-2h)

La migration se fait de la petite moléculaire de polypeptide à la grande molécule, et le poids moléculaire est exprimé en KDa.

La révélation des protéines après l'électrophorèse

Après l'électrophorèse, les protéines ne sont pas visibles. La coloration la plus courante et la plus rapide est celle de bleu de comassie mais la coloration au nitrate d'argent est cent fois plus sensible (moins de 1 ng est détectable) (**Daniel Boujard et all, 2012**).

Après la sortie du front de migration, la migration est arrêtée. Les gels sont démoulés et récupérés dans des bacs en plastique puis recouverts avec une solution décoloration est constituée d'un fixateur des protéines, le TCA (acide trichloracétique) à 60% et d'un

colorant, le bleu de Comassie R250 (Annexe 3) pendant toute une nuit à température ambiante sous agitation constante.

Les gels sont ensuite décolorés par plusieurs rinçages à l'eau distillée dans un mélange de méthanol et d'acide acétique (solution de décoloration) qui doivent être mélange de méthanol et d'acide acétique (solution de décoloration) qui doivent être maintenus en agitation pour éviter le dépôt du colorant.

L'un des puits du gel est consacré au marqueur de poids moléculaire (Laemmli, 1970).

Traitement des résultats d'électrophorèse :

Les gels d'électrophorèse obtenus ont été photographié par un système d'imagerie « Vilbert Loumat TM Système complet Ebox TM VX2 » au niveau de laboratoire Biochimie et Biologie Végétale et Biotechnologie et Génétique végétale de l'Université Constantine -1-.

Son analyse est réalisée à l'aide du logiciel spécifique qui permet une bonne visualisation et une distinction des bandes ainsi que le calcul de leur poids moléculaires en fonction du marqueur de taille.

La présence des bandes est notée par « 1 » et leur « 0 ».

Afin de pouvoir caractériser les liens de parenté qui existent entre les génotypes de la variété étudiée, un dendrogramme a été élaboré à l'aide d'un logiciel statistique « Minitab 18 ».

Résultats et discussion

III.1. Caractères mesurés :

1. Le rendement en grains

La comparaison inter et intra génotypique du matériel végétal étudié montre des différences significatives pour le rendement en grains au niveau des deux sites d'étude.

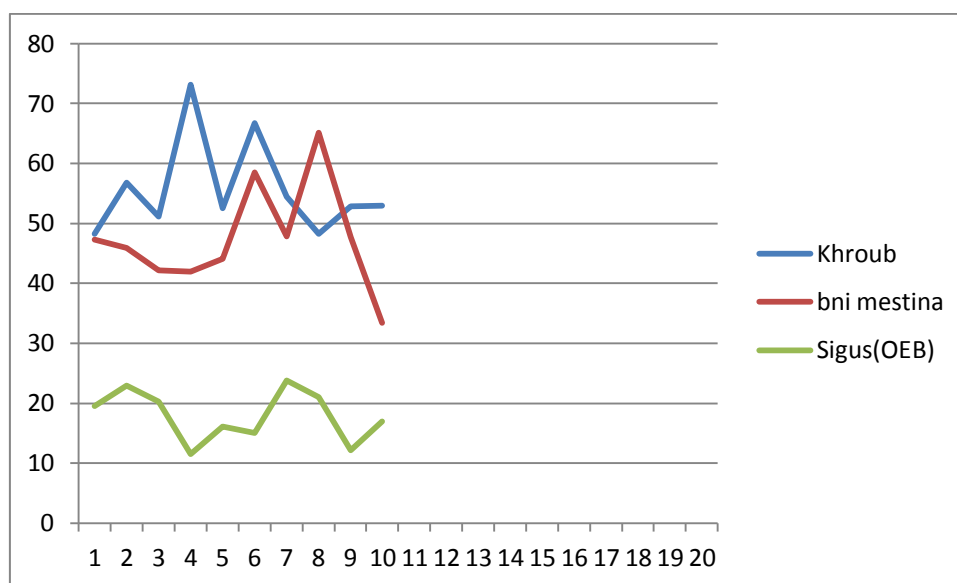


Figure 8 : graphe présente La variabilité des valeurs du rendement en grains pour les trois sites (SIGUS ; KHROUB et BNI MESTINA) pour la campagne 2017/2018

On voit dans la figure que le site KHROUB a été classé le meilleur par rapport aux autres sites (BNI MESTINA et SIGUS) de valeur plus de 70 qt /ha.

Par contre le rendement en grains dans le site de SIGUS a montré une valeur moins de 30 qt/ha

Donc cela indique que si on veut baser sur le rendement le meilleur choix est celles de site de KHROUB.

On peu dire que l'environnement joue un rôle majeur dans l'expression des génotypes et qui reflète son effet sur le rendement en grain. On peut dire alors que la variabilité des rendements est due à des interactions Génotype x Environnement.

2. Le poids de mille grains

Le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après la floraison combine aux températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains (Zouaoui, 1993 ; Chaker, 2003).

La comparaison entre les différents groupes de variétés étudiés montre des résultats variables intra et inter génotypiques pour ce paramètre (figure 8).

La comparaison entre les différents sites où on a cultivé nos variétés montre une grande variabilité (Figure 8).

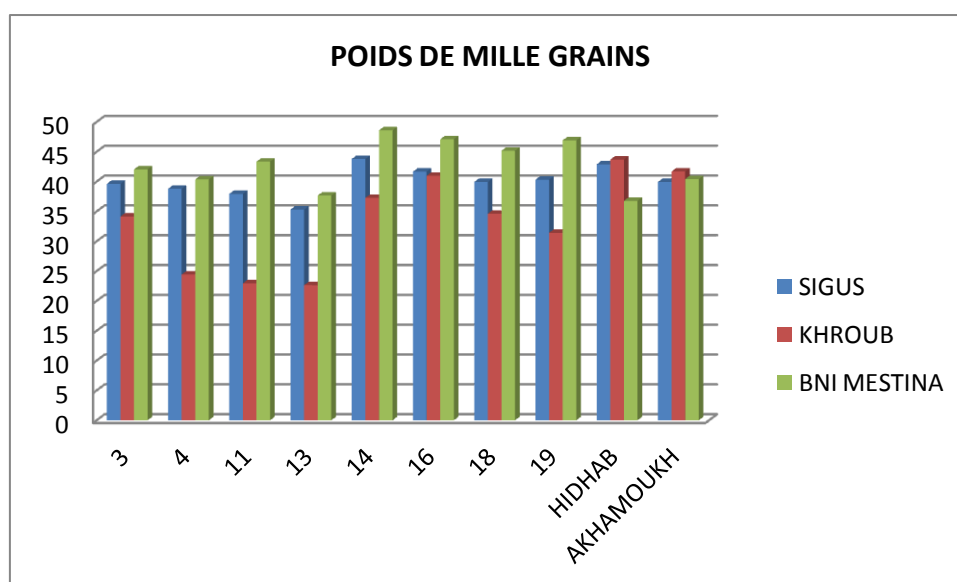


Figure 9: histogramme montre le poids de mille grains chez les 3 sites SIGUS d'OUM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA à CONSTANTINE

- Site d'OM EL BOUAGUI :
SIGUS

Le poids minimal observé est de 35 g pour la variété numéro 13 et un poids maximal de 43 g pour la variété numéro 14. Si on compare la moyenne de poids de mille grains, qui est égale à 39.625 g, des différentes variétés de ce site on peut dire que

cette moyenne est proche de la valeur de poids de mille grains de la variété AKHAMOKH.

Les différences entre les variétés ont été significatives (Annexe). Un total de 6 groupes homogènes ont pu être différenciés (Annexe). A ; B ; C ; D ; E ; F. Les groupes A et B correspondent aux poids de milles grains **43,8 g** et **41,675 g** qui sont les valeurs les plus élevées et les groupes E et F correspondent **37,95** et **35,325** qui présente les valeurs les plus basses.

➤ CONSTANTINE :

➤ KHROUB

Dans ce site, les PMG ont varié de 22,65 g pour la variété numéro 13 à \approx 40 g pour la variété numéro 14. Par rapport à la moyenne de poids de mille grains, qui est égale à 39.625 g, des différentes variétés de ce site on peut dire que cette moyenne est proche comme pour le site précédent du poids de mille grains de la variété témoin AKHAMOKH.

L'analyse statistique on voit qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variétés de KHROUB. Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe les variétés dans 6 groupes A ; B ; C ; D ; E ; F.

En général il est noté que le poids de mille grains a été assez fort dans le groupe BNI MESTINA, et les variétés 14 ; 16 ; 19 sont reconnus pour la grosseur de leurs grains, de ce fait, ils ont présenté une moyenne supérieure aux autres types de variétés et des témoins.

Le poids de mille grains le plus faible est noté chez les variétés 4 ; 11 ; 13 au site KHROUB.

3. Spectroscopie proche infrarouge

1) Taux de protéines totales

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine (Chene, 2001) car elle exerce une influence considérable sur les propriétés viscoélastiques des pâtes et sur la qualité du pain (Feillet, 2000). C'est aussi un paramètre important sur le plan nutritionnel, en

particulier car les céréales rentrent pour une part importante dans la ration alimentaire de la population, elle varie en fonction de la variété, des conditions de culture et le stade de maturité des grains (Selselet ,1991).

Par ailleurs, (Dacosta ,1986), montre que la teneur en protéine n'est pas un critère fidèle de la qualité boulangère. Cette dernière est régie par la qualité du gluten (taux de gluténines et le rapport gluténines /gliadines).

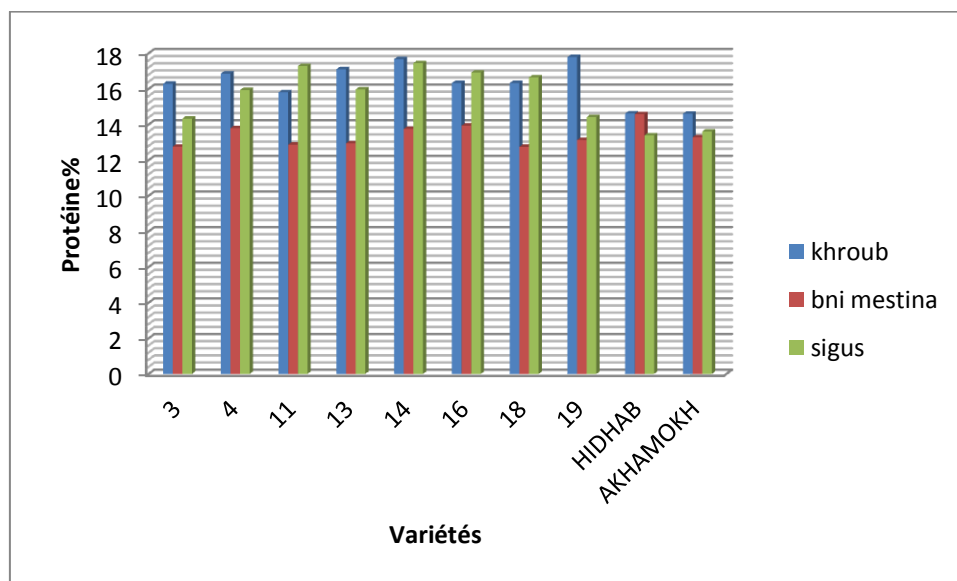


Figure 10: Teneur en protéines totales en utilisant Spectroscopie proche infrarouge pour les variétés dans les sites SIGUS d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA de CONSTANTINE

Il est noté que le taux de protéines a été assez fort dans le groupe KHROUB, et les variétés 19 ; 14 ; 4 ; 13 ont de taux élevé de protéines par rapport aux témoins (HIDHAB et AKHAMOKH). Par contre il est noté un taux moyen de protéines dans le groupe 2502 par rapport aux témoins

Des différences significatives à hautement significatives sont notés entre les variétés Sept groupes homogènes ont été identifiés dans le site KHROUB par contre dans les sites BNI MESTINA et SIGUS on a noté que 3 groupes homogènes. (Annexe).

2) Taux d'humidité

La détermination de l'humidité est importante puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part

celle de la mise en oeuvre des tests technologiques tel l'essai de panification (Calvel, 1984).

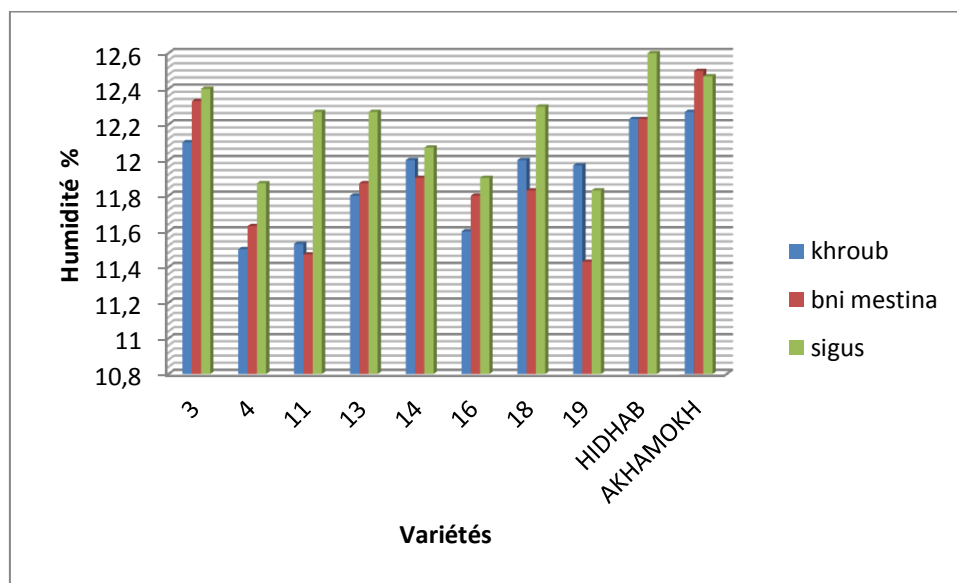


Figure 11 : Taux d'humidité en utilisant Spectroscopie proche infrarouge pour les variétés dans les sites SIGUS d'OM EL BOUAGUI ; KHROUB et BNI MESTINA de CONSTANTINE

On remarque que le taux d'humidité a été assez fort chez les témoins, et que le groupe de variétés du site SIGUS sont plus ou moins fort, on note les variétés 3 ; 11 ; 13 ; 18 présentent un taux élevé par rapport au aux autres variétés des différents sites.

L'analyse de variance montre en effet des différences significatives entre les trois sites. (Annexes)

On a noté aussi quatre groupes homogènes à CONSTANTINE et trois groupes à OM EL BOUAGUI

3) Taux d'amidon

L'amidon est le principal constituant de la farine, son rôle nutritionnel est d'une grande importance car il renferme la principale source de calories après hydrolyse digestive (Dali youcef. Net gouyat.K., 1991).

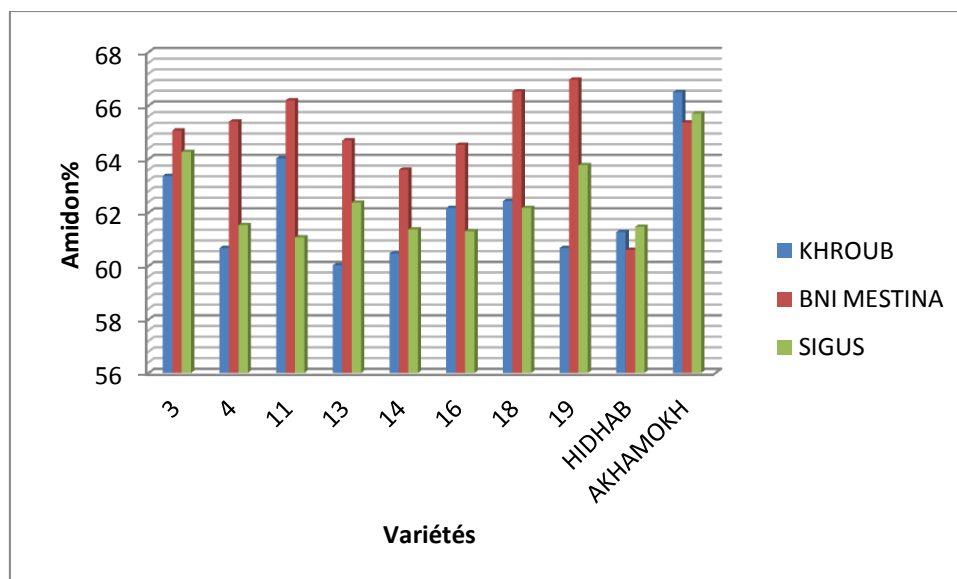


Figure 12 : Taux d’amidon des différents génotypes testés dans les différents environnements.

On remarque que le groupe de variétés qui a le taux élevé d’amidon est celui du site BNI MESTINA chez les variétés 19 ; 18 ; 11 et on note aussi qu’au niveau du site KHROUB les taux d’amidon sont bas pour les variétés 13 ; 14 et 19.

Les résultats statistiques montrent qu’il y a une différence hautement significative et le test de NEWMAN-KEULS à 5% (Annexe) fait ressortir trois groupes homogènes dans les sites BNI MESTINA et SIGUS alors qu’il y en a sept dans le site KHROUB.

4) Test du gluten humide et sec

Une très grande partie des propriétés technologiques de la pâte peut être associée au gluten formé principalement des gluténines et gliadines, plusieurs auteurs ont souligné que la composition du gluten est un facteur déterminant la force d’une farine. La quantité et la qualité de ce dernier sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte (extensibilité et élasticité).

❖ **Gluten humide**

Ugrinovits *et al*, 2004, ont décrit la force des farines selon leur gluten humide.

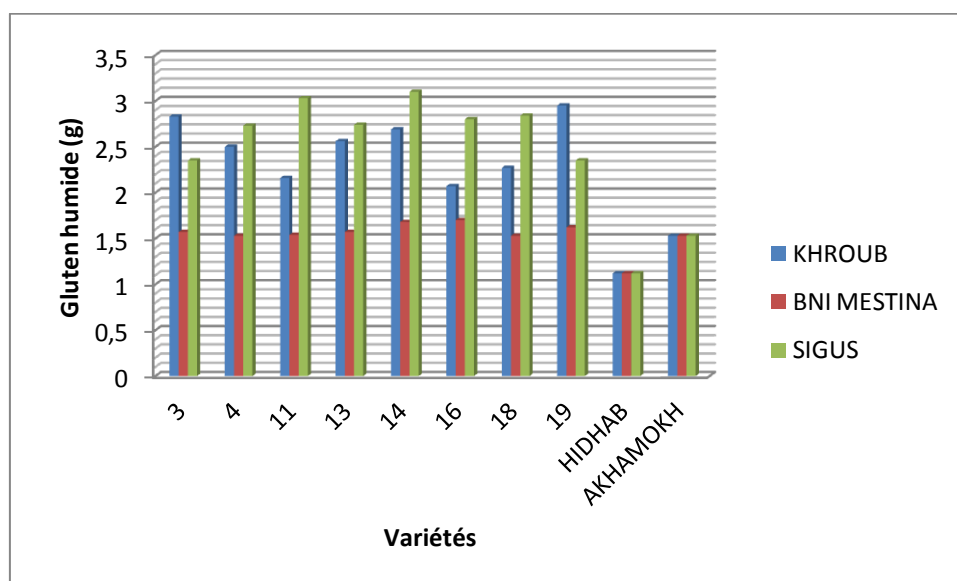


Figure 13: Teneur en gluten humide pour les différentes variétés testées dans les différents sites étudiés.

D'après la figure 13. Les meilleurs teneurs en gluten humide sont observés au niveau des sites SIGUS et de BNI MESTINA présentant une teneur moyenne par rapport aux témoins AKHAMOKH et HIDHAB ; toutes les variétés sont dans les normes requises.

L'analyse de variance (Annexe) fait ressortir des résultats très hautement significatifs entre les différents traitements indiquant une variabilité importante au sein des différents génotypes pour chaque environnement étudié.

On signale pour ce paramètre sept groupes homogènes (Annexe) A ; B ; C ; D ; E ; F ; G.

Le groupe A présente une valeur la plus élevée (2.59 g pour la variété 19) ; la variété 16 présente une valeur de 2.04g du groupe E. On note des valeurs de 1.53g et 1.12g chez les variétés témoins ce qui indiquent que les nouvelles variétés testées sont dans les normes.

❖ **Gluten sec**

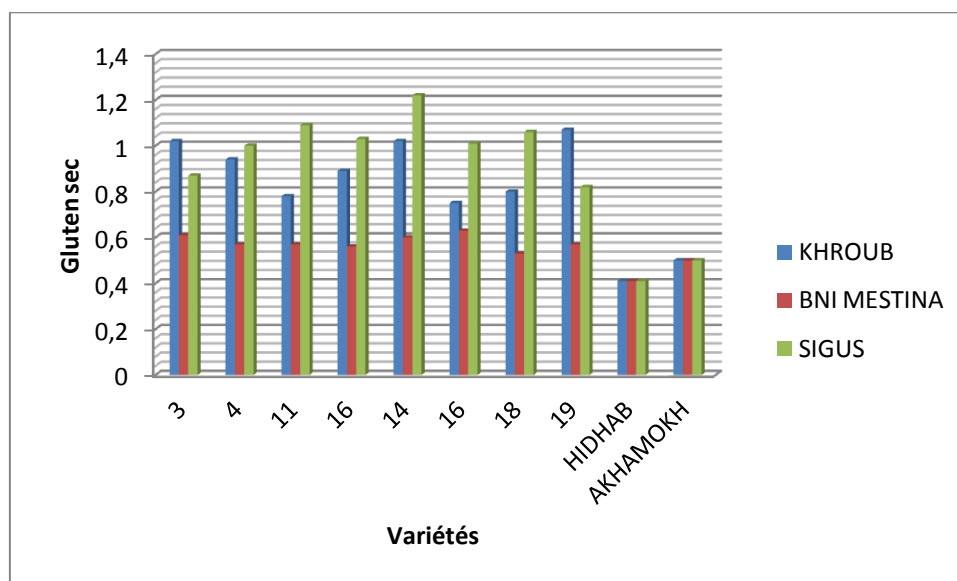


Figure 14: Teneur en gluten sec pour les différentes variétés testées dans les différents sites étudiés.

L’histogramme montre que les meilleurs teneurs sont observés pour les variétés au site SIGUS et les variétés du site BNI MESTINA présentent une teneur moyenne par rapport aux témoins utilisés (AKHAMOKH et HIDHAB)

Les différences entre les différents traitements sont très hautement significatives (annexes) exhibant un seul groupe homogène. (Annexe)

5) Capacité d’hydratation

La capacité d’hydratation est en relation directe avec la qualité de la farine. Elle correspond à la quantité d’eau à ajouter. Selon (Lulton, 1982), il est à noter qu’un gluten de bonne qualité doit absorber une quantité d’eau suffisante de 68% en moyenne.

Cette capacité doit être normalement comprise entre 62 et 65% et peut s’élever à 69% (Lecoq, 1965).

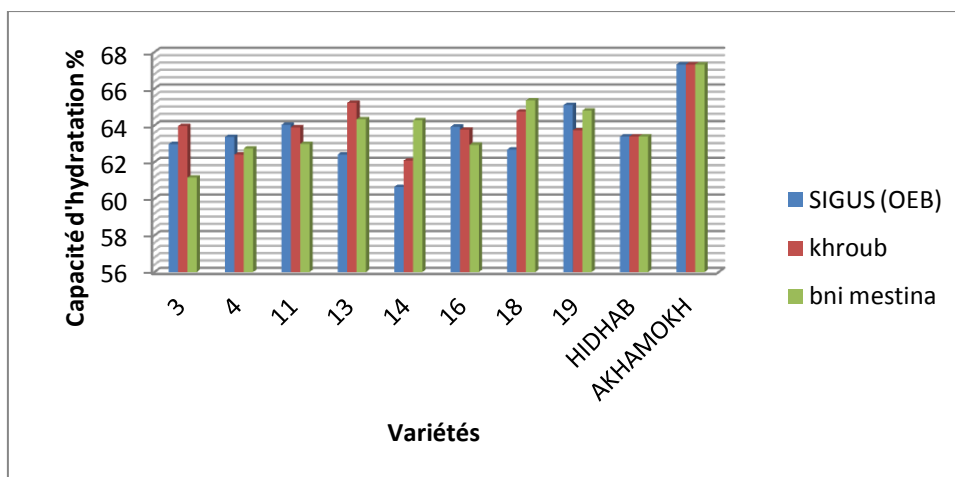


Figure 15 : Histogramme montre la capacité d’hydratation des variétés des sites SIGUS (4) d’OM EL BOUAGUI ; KHROUB et DEBBEH (2501,2502) de CONSTANTINE

La figure montre que la capacité d’hydratation la plus élevée est noté chez AKHAMOUKH dans les trois sites de 67.32 %. Et la plus basse 60.64 % a été noté chez la variété.

Donc par rapport à la référence la capacité d’hydratation est dans les normes.

6) L’électrophorèse

D’après l’électrophorèse on a obtenu les résultats suivants :

☞ Gel 1 :

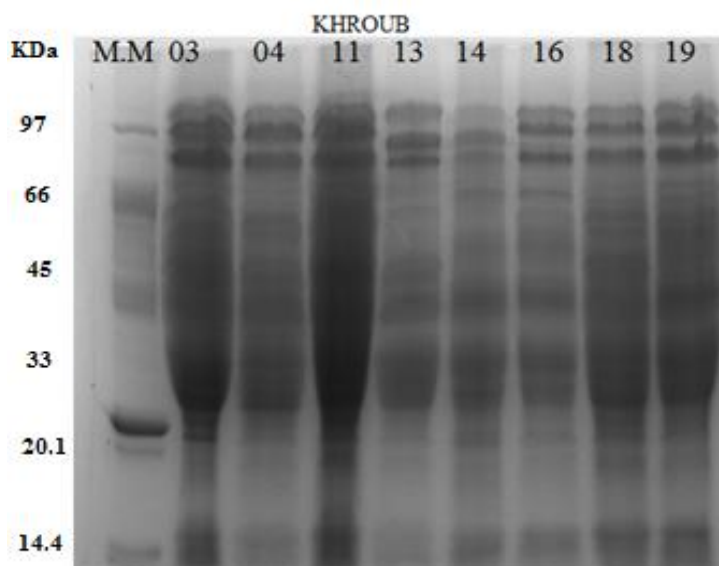


Figure 16: Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 génotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Constantine-Khroub

Se gel est composé de 8 profils représentatifs de 8 génotypes en plus de marqueur de taille (M.T) qui est notre référence en détermination des bandes et qu'il comprend 6 bandes de 97 KDa, 66 KDa, 45 KDa, 33 KDa, 20.1 KDa et 14.4 KDa.

- L'observation des profils électrophorétique montre : des bandes de faible poids moléculaires et des bandes hauts poids moléculaire d'une intensité variable.
- La présence des bandes qui ne se voient pas clairement. C'est du peut être à la présence de quelques traces d'impuretés qui nécessités des étapes de rinçage de plus.

⇒ Gel 2 :

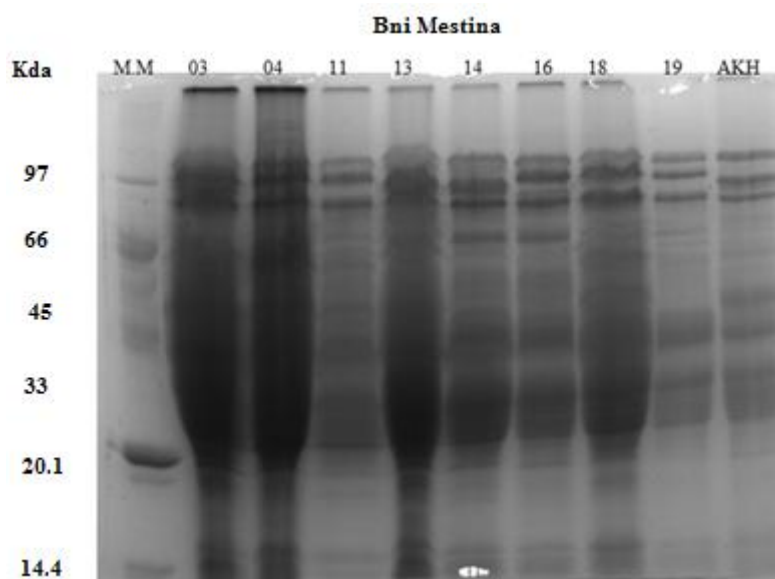


Figure 17: Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 génotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Constantine- Bni Mestina

Se gel est composé de 9 profils représentatifs de 9 génotypes en plus de marqueur de taille (M.T) qui est notre référence en détermination des bandes et qu'il comprend 6 bandes de 97 KDa, 66 KDa, 45 KDa, 33 KDa, 20.1 KDa et 14.4 KDa.

La présence des bandes qui ne se voient pas clairement. C'est du peut être à la présence de quelques traces d'impuretés qui nécessités des étapes de rinçage de plus.

⇒ Gel 3 :

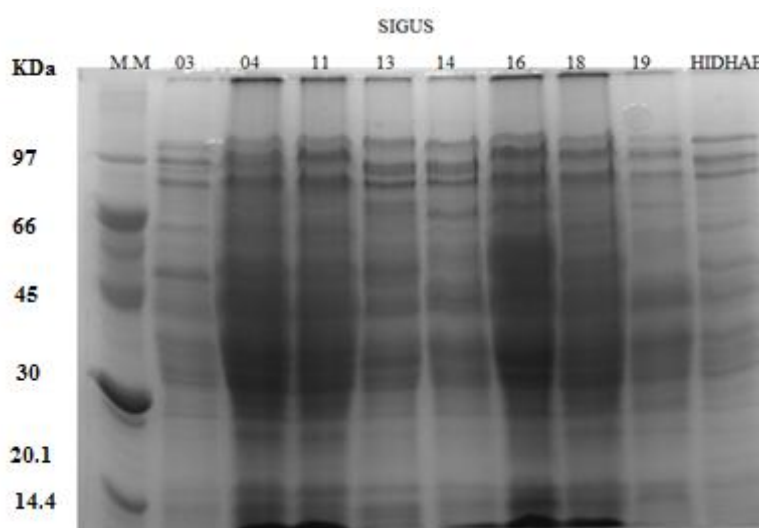


Figure 18 : Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales des grains de blé tendre des 8 génotypes testés présentant de 8 variétés cultivées à Ome el Bouagui
SIGUS

Se gel est composé de 9 profils représentatifs de 9 génotypes en plus de marqueur de taille (M.T) qui est notre référence en détermination des bandes et qu'il comprend 6 bandes de 97 KDa, 66 KDa, 45 KDa, 33 KDa, 20.1 KDa et 14.4 KDa.

On remarque qu'il y a des bandes similaires et des bandes différentes qui sont dues au polymorphisme entre les variétés ce qui indique une bonne variabilité génétique dans ce lot de variétés étudié. Les dendrogrammes dans les figures ... précisent aussi l'existence de ces similarités et de la répartition des groupes.

Et comme on a vu déjà dans les résultats de l'analyse avec le porche infrarouge la qualité des protéines totales est bonne.

D'après Jasso (2002), l'augmentation de l'intensité des bandes est le résultat de l'augmentation des protéines

La teneur en protéine est un caractère polygénique complexe, influencées par plusieurs gènes repartis sur tous les chromosomes agissant probablement en interaction avec les conditions agronomiques et environnementales notamment l'alimentation en eau et la fertilisation azotée.(Feillet, 2000 et amallah, 2017) .

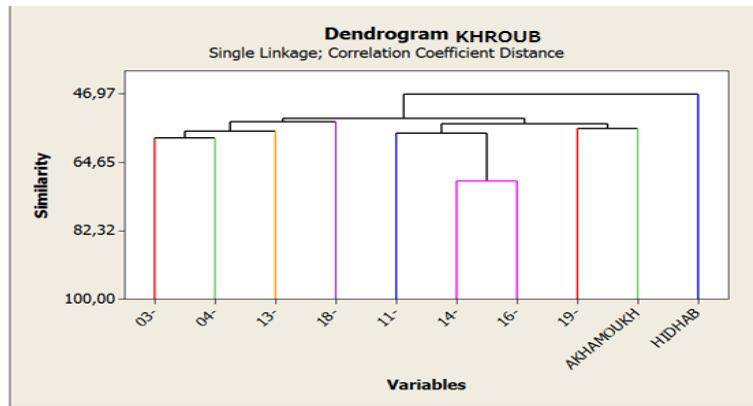


Figure 19 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 géotypes des différents variétés cultivées à Constantine -KHROUB en comparant avec les témoins

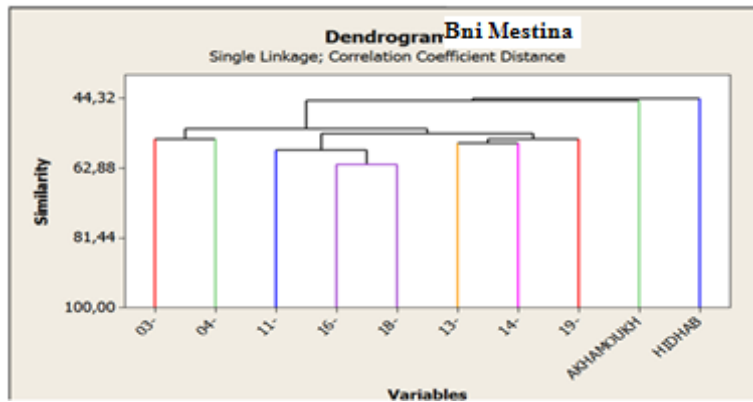


Figure 20 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 géotypes des différents variétés cultivées à Constantine –Bni Mestina en comparant avec les témoins

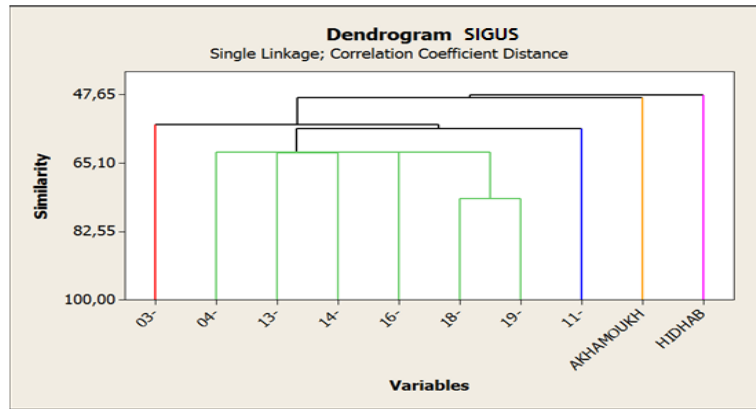


Figure 21 : DENDROGRAM des profils électrophorétique des grains des 8 génotypes de différentes variétés cultivées à Om el bouagui –SIGUS en comparant avec les témoins

La classification hiérarchique des génotypes montre des différences remarquables intra et inter-génotypiques entre les 3 environnements. L'effet de l'environnement sur l'expression génotypique est très clair.

D'après les résultats on peut dire qu'il y a des similarités entre quelques variétés et il y a du polymorphisme entre toutes les variétés.

Conclusion et perspective

Conclusion et perspective

Le caractère qualité est actuellement très recherché et est devenu l'un des objectifs principaux dans l'amélioration des blés.

Notre travail repose sur l'étude de la qualité et du rendement en grain d'une collection de 26 variétés de blé tendre

Le but était d'évaluer le comportement de ces génotypes dans son environnement de culture, par rapport aux paramètres de rendement en grain et de la qualité technologique pour ressortir la variété ou lignée, qui présente un comportement idéal pour la productivité ainsi que pour la qualité. Ceci principalement pour satisfaire y l'agriculteur qui s'intéresse qu'au rendement, y le meunier qui s'intéresse à la qualité semoulière dont les aspects poids de milles grains, taux d'humidité des grains et taux de protéines sont fortement pris en considération et l'industrielle qui s'intéresse à la qualité lors de la transformation en agroalimentaire dont les aspects taux de protéine et taux du gluten sont en tête de son intérêt car il cherche à son tour de satisfaire le destinataire final dans tout ce processus qui est le consommateur et d'assurer la bonne marchandise de ses produits en terme de vente

Les résultats obtenus dans cette étude des différentes méthodes et analyses statistiques utilisées, à savoir l'analyse de variance « ANOVA », les histogrammes pour comparer entre les génotypes entre les deux environnements de culture, l'électrophorèse des protéines totales des grains de blé dur pour révéler le polymorphisme protéiques caché et la classification hiérarchique des génotypes sur la base de ressemblances / dissemblances entre les différents groupe, indique ce qui suit :

- Il existe une importante variabilité génétique intra et inter génotypique parmi les génotypes étudiés pour tous les paramètres y inclus les paramètres du rendement en grain, y les paramètres de la qualité technologique.
- Il est noté que le poids de mille grains a été assez fort dans le groupe 2502, et les variétés 14 ; 16 ; 19 sont reconnus pour la grosseur de leurs grains, de ce fait, ils ont présenté une moyenne supérieure aux autres types de variétés et des témoins.
- Le taux de protéines totales a été assez fort dans le groupe 2501, et les variétés 19 ; 14 ; 4 ; 13 ont de taux élevé de protéines par rapport aux témoins

Conclusion et perspective

(HIDHAB et AKHALOUKH). Par contre il est noté un taux moyen de protéines dans le groupe 2502 par rapport aux témoins

- le taux d'humidité a été assez fort chez les témoins, et que le groupe de variétés du site Sigus sont plus ou moins fort, on note les variétés 3 ; 11 ; 13 ; 18 qui présentent un taux élevé par rapport aux autres variétés des différents sites.
- le groupe de variétés qui a le taux élevé d'amidon est 2502 dont les variétés 19 ; 18 ; 11 et on note aussi que le groupe 2501 montre un taux bas d'amidon chez les variétés 13 ; 14 ; 19
- L'analyse électrophorétique des diagrammes obtenus montre que chacune des farines présente un profil protéique qui lui est propre et qui peut ressembler ou pas à celui d'une autre farine. Ainsi les farines étudiées qui présentent le même diagramme type en tenant compte des gluténines de haut et de faible poids moléculaire sont issues de la ou les mêmes variétés de blé tendre mais qui portent des noms commerciaux différents.
 - Face à la diversité des besoins et des procédés de fabrication à base de farine de blé, les technologues et généticiens ont compris l'importance de mieux connaître les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et l'hérédité des propriétés fondamentales de la pâte. Cela nous conduit à dire que l'amélioration de la qualité des farines par le biais des caractères présents dans les blés tendres mérite l'utilisation de collections de variétés plus performantes (présence des gènes d'intérêt pour la qualité).

Perspective

Promouvoir l'utilisation combinée des outils biotechnologiques et biochimiques avec ceux de la sélection classique et aller vers la sélection assistée par marquage moléculaire pour aider les sélectionneurs à être plus efficaces dans leur travail et fournir aux utilisateurs des produits de bonne qualité technologique.

Donc la conformité de nos résultats nécessite d'autres tests et analyses.

Il serait beaucoup plus utile de : poursuivre ce travail pour une seconde année d'étude.

Conclusion et perspective

Avoir une sélection à la base du rendement et de la qualité en parallèle et non pas pour l'un des deux. Et respecté l'aspect de l'adaptation environnementale pour le choix variétale.

Références bibliographique

Références bibliographiques

- ❖ **ABECASSIS J. (1993).** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Ind. Céréales N° 81. pp 35.
- ❖ **ABECASSIS J., AUTRAN J.C., ADDA J. (1990).** La qualité technologique des blés. Le blé à l'INRA : Recherches et innovations. Revue mensuelle INRA. N°4. pp. 6-9
- ❖ **-Abeledo L. G., Savin R., Gustavo A. et Slafer. (2008).** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. European journal of Agronomy. 28. 541-550p
- ❖ **Abeledo L. G., Savin R., Gustavo A. et Slafer. (2008).** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. European journal of Agronomy. 28. 541-550p.
- ❖ **Ait-Abdallah-Djennadi F., Dekkiche N., Ghalem-Djender Z., Oumdjekane K. (2010).** cultures et couts de production des grandes cultures. Ed : ITGC, Alger.6p
- ❖ **Angar H ., Ben Haj Salah H ., Ben- Hammouda M. (2011).**Semis direct et semis conventionnel en Tunisie : les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison In: Bouzerzour H., Irekti H. & Vadon B. *Quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options méditerranéennes. Série A.: Séminaires Méditerranéens (96): 53-59. Ed. CIHEAM*
- ❖ **Atwell W.A. (2001).** Wheat flour. Eagan press, Minnesota, USA, 123p.
- ❖ **Bajji . M. (1999).** Etude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- ❖ **Baldy C. (1986).** Comportement des blés dans les climats méditerranéens. *Ecologia Mediterranea*, (12): 73-88.
- ❖ **BENBELKACEM A., KELLOU K. (2000).** Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium blé 2000 enjeux et stratégie. Pp192.
- ❖ **Benbelkacem A., Sadli F., Brinis L. (1995).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie, p 61-65. In « option méditerranéennes», série A :

Références bibliographiques

- séminaire du blé dur dans la région méditerranéenne. N°22 DI FONZO, KAA.N.F, et NACHIT.M (1995). Ed. ICARDA, CIHEAM et CIMMYT, Zaragoza (Espagne).P217.
- ❖ **Benites et Ashburner., (2001).** Le non labour, le labour minimum, le labour réduit et le labour sous paillis ou mulch, est une dénomination synonyme qui signifie le labour de conservation.
 - ❖ **Bolot S., Abrouk M., Masood-Quraishi U., Stein N., Messing J., Feuillet C. and Salse J. (2009).** The “inner circle” of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology*, 12(2):119–125.
 - ❖ **-Bonjean A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum L.*).Dossier de l’environnement de l’INRA, N°21 :29-37.
 - ❖ **Bouguendouz A. (2011).** Effet de trois itinéraires techniques sur l’élaboration du rendement de l’orge (*Hordeum vulgare L.*) sous conditions semi arides des hauts plateaux sétifiens. *Options méditerranéennes Série A*, (96) :221226.
 - ❖ **Bouzerzour H., Bahlouli F., et Benmahamed A. (2008).** Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que l’accumulation des assimilats de la tige dans l’élaboration du rendement du blé dur (*Triticum Durum Desf.*) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d’Algérie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, (12): 31-39.
 - ❖ **Bouzza A. (1990).** Water conservation in wheat rotation under several management and tillage systems in semi-arid areas. Ph.D. Diss. Univ. of Nebraska, Lincoln, USA, 200p.
 - ❖ **Boyeldieu J. (1999).**Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre-Ed : Paris.20-20.
 - ❖ **-Calvel R. (1984).** La boulangerie moderne. eyerolles, 10ème Edition Paris, 460 p.
 - ❖ **CHAKER A. (2003).** Etude de l’effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques parametres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum Desf.*). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.
 - ❖ **Chantret, G., Robert, N., Branlard, G., Linossier, L., Martre, P., and Triboï, E. (2005).** Genetic analysis of dry matter and nitrogen accumulation

Références bibliographiques

- and protein composition in wheat kernels *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 111(3) :540–550.
- ❖ **-Chene A. (2001)**. La farine. *Journal de l'ADRIANOR*, 26, 3-8.
 - ❖ **Chennafi H., Hannachi A., Touahria O., Fellahi ZEA., Makhlof M., Bouzerzour H. (2011a)**. Tillage and residue management effect on Durum wheat [*Triticum turgidum* (L.) Thell.ssp. *turgidum* conv. Durum (Desf.) MacKey] growth and yield under semi- arid climate. *Advances in Environmental Biology*5: 3231-3240.
 - ❖ **Chennafi H., Saci A., Harkati N., Adjabi A., Mébarkia A. (2011b)**. L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi- aride. *In: Bouzerzour H., Irekti H. & Vadon B. Quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options méditerranéennes. Série A.: Séminaires Méditerranéens 96: 213:220. Ed. CIHEAM Lavoisier. Paris, 251 p*
 - ❖ **-Dacosta Y. (1986)**. Le gluten de blé dur et ses applications. APRIA, Paris, 130p.
 - ❖ **Dali Yousef N. et Goumal K. (1991)**. Contribution à [étude des caractéristiques Chimiques et technologiques des farines de quatre variétés de blé tendres, *Trilicum aeslivurn*. Thèse, ingénieurat université de Tlemcen.
 - ❖ **Diponzo N., Kaan F., Nachit M. (1993)**. Ed, CIHEM, Espagne, P. 271.
 - ❖ **Doumandji A., Doumandji S., Doumandji M.B. (2003)**. Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes en stock, Ed : Office des publications universitaires, P.129.
 - ❖ **FAO (2012)**. Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – ampleur, causes et prévention. Rome. http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_wheat.html
 - ❖ **FAO. (2007)**. Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales.« En ligne » :<http://www.fao.org/010/ah864f/ ah864f00.htm> .
 - ❖ **FEILLET P., DEXTER J.E. (1996)**. Quality requirements of Durum wheat for semolina milling and pasta production. In "Monograph on Pasta and Noodle Technology", Matsuo R.R., Minnesota, A.A.C.C. N°95. pp132.
 - ❖ **FEILLET P. (1986)**. L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication,

Références bibliographiques

- ❖ **Feillet P. (2000).** Le Grain de blé: composition et utilisation, Editions Quae, P.124-128.
- ❖ **Feillet, P. (1986).** L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. N°103. pp. 979 - 989.
- ❖ **Feillet, P., (2000).** Le grain de blé (composition et utilisation), Ed *INRA*, P57-281.
- ❖ **-Godon B. (1982).** Valeur meunière et boulangère des blés tendres et de leurs farines conservation et stockage des grains et produit dérivé céréales, oléagineuse protéagineux aliments pour animaux, p. 1009 –1028.
- ❖ **I.T.C.F 1995.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineuse. Guide pratique Ed, I.T.C Paris.
- ❖ **Kellou R.2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop . *Master of Science, Masters n°93. CIHEAM-IAMM, Montpellier Pp 39-41.*
- ❖ **Kellou Rym (2008).** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. (Master of Science, IAMM, 2008, Série Thèses & Masters n°93).
- ❖ **Kheyar M., Amara M., Harrad F. 2007.** La mécanisation de la céréaliculture algérienne. *Annales de l'INA, vol : 28, n : 1-2.*
- ❖ **-LAEMMIL, U.K. (1970).** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4.” *Nature.227 (259): 99-680.*
- ❖ **LAEMMLI U.K. (1970) ;** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature, 227 :680-685.*
- ❖ **Lecoq R. (1965).** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. tome 1. Edit DOIN. DEREN et CIE, Paris, 938 p.
- ❖ **Liu, C.Y., Shepherd, K.W., Rathjen, A.J. (1996).** Improvement of durum wheat pasta making and bread making qualities . *Cereal Chemistry 73: pp 155-166.*
- ❖ **Madr (2011).** Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 23 pages.
- ❖ **Mrabet R. 2004.** Le système de semis direct en milieu semi-aride marocain : aperçu sur les acquis de la recherche. *In Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct. Tabarka- Tunisie- 19-22 janvier 2004.*

Références bibliographiques

- ❖ **NOTTIN, DAROS, PIGNARRE (1949).** Valeur industrielle des blés durs. Chambre d'agriculture de Constantine. Algérie. pp. 260.
- ❖ **Osborne T.B. (1924).** The vegetables proteins 2nd edition. Longmans, Green & Co edition London, England, pp 154.
- ❖ **OSBORNE T.B.(1924).** The vegetal proteins. Longmans, Green, London.
- ❖ **OSBORNE. 1907.** The proteins of the wheat kernel.Publ. 84. Carnegie .inst Washington DC.
- ❖ qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. N°103. pp. 979 - 989.
- ❖ **Selselet-Attou G. (1991).** Technologie des céréales et produits dérivés, document à l'usage des étudiants, Option T.A.A., 150 p.
- ❖ **SHEWRY P.R. BRADBERRY D., FRANKLIN J., AND WHITE P.R. 1984.** The chromosomal. Localization relationships of the structural genes for the prolamin storage proteins (secalins) of rye. Theoretical and Applied Genetics.,
- ❖ **SLAMA A., BEN SELAM M., BEN NACEUR M., ZID ED. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.
- ❖ **SOLTNER D.2005.** Les bases de la production végétale *24eme Ed : coll.sci et Tec Agri,*
- ❖ **TALAMALIL, (2000).** La libération du marché des céréales en Algérie office algérien interprofessionnel des céréales OAIC Acte du premier symposium internationale sur la Filière blé , Alger , Algérie , P.11- 18.
- ❖ **TRENTESAUX E. (1995).** Evaluation de la qualité du blé dur. Durum wheat quality in the Mediterranean Region. Seminaires Mediterranean N° 22.
- ❖ **UGINOVITS M.S., ARRIGONI E., DOSSENBACH A., HABERLI G., HANICH H., J. SCHWERZENBACH., RICHEMONT L., RAYCHENER M., THOMANN H., STALDER U. (2004).** Céréales, Produits de L'industrie Meunière, Pré-mélanges pour four, Mélanges de Farines Instantanées. Manuel suisse des denrées alimentaires. Chapitre, 14 : 19.
- ❖ **VENSEL, W.H., TANAKA, C.K., CAIN, N., WONG, J.H., BUCHANAN, B.B., HURKKMAN, W.J.,(2005).** Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm. Proteomics 5, 1594-1611.

Références bibliographiques

- ❖ **ZADOKS J.C. , CHANG P.T. et KONZAK E.F. 1974.** A decimal code for growth stages of cereals. *Ecarpia Bul.*,
- ❖ **ZOUAOUI G. (1993).** Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 varietes de blé dur : determination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mem .Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger. 7p.

Annexes

ANNEXES

1-Détermination de la masse de 1000 grains du blé dur :

-Balance précise à 0.01g

-Compteur de grains automatique Numigral (c'est un appareil approprié pour le comptage des grains : compteur photoélectrique). A défaut d'appareil approprié, le comptage pourra être manuel.

2- Détermination de la teneur en gluten Humide/ Sec :

-Moulin à café électrique

-Semoule très fine de blé dur de chaque échantillon

-Capsule en verre ou mortier spécifique

-Tamis de mailles très petites

-Cuillère / Spatule

-Verre de montre

-Balance de précision

-Becher

-Agitateur

-Eprouvette graduée

-Papier aluminium

-Etuve

*Réactif :

-Eau distillée

-Sel de table à 98% NaCl

-Eau de robinet

❖ Analyses biochimique :

1- Détermination du taux de protéines et d'humidité des grains par spectroscopie proche infrarouge (NIRS)

-Semoule très fine des échantillons de blé tendre

-Cuillère

-Appareil: Inframatic Analysis System (Perten Inframatic 8600: Specialists In Quality Control Of Grain, Flour, Food and Feed

2- Extraction et électrophorèse SDS-PAGE des Protéines totales:

ANNEXES

- Grains de blé dur (*Triticum durum Desf, L.*) des 40 géotypes
- Mortier
- spatule
- Tube Ependorf de 2ml et de 1.5 ml
- hôte chimique
- Micropipette 1000 µl, 500µl, 200µl, 100µl, 20µl / Embouts jaunes et bleus
- Vortex
- Centrifugeuse
- Réfrigérateur
- Speed Vac
- Bain Marie
- Cuves BIO-RAD
- Power Pac BIO-PAD
- Microsurengue
- Boîtes en plastiques
- *Réactifs:
- solution de précipitation
- solution de rinçage
- Tampon bleu de Laemmli
- gel de migration
- gel de coloration
- solution de décoloration
- Eau distillée

❖ **Extraction et électrophorèse des protéines totales :**

➤ **Liste des appareils et matériels :**

- Cuve BioRad

➤ **Liste des produits (chimique et biologique)**

- Acrylamide-bis acrylamide 30%
- 1.5M tris HCl pH8.8
- 0.5M tris HCl pH6.8
- SDS 10%
- APS 10%
- TEMED
- Eau distillée
- Marqueur de poids moléculaire
-

ANNEXES

1- Mode opératoire :

2- Préparation solutions :

a) Solution d'Acrylamide : bis acrylamide T= 30% C=2.67%

Acrylamide	30g
N, N'méthylens bis acrylamide	0.8g
Eau distillée	100ml

- Préchauffer l'eau distillée à 37°C pour faciliter la dissolution des produits chimique
- Filtrer la solution à travers un filtre de 0.45 µm
- Ajuster le pH à 7
- Stocker la solution dans une bouteille opaque à 4°C (maximum 30 jours)

1.5M tris HCl pH 8.8 :

	PM	100ml	200ml
Tris	121.1	18.15g	36.3g
Eau distillée		80ml	150ml

- Ajuster le pH à 8.8 avec du HCl fumant ou avant HCL 6N
- Compléter le volume avec l'eau distillée
- Filtrer la solution à travers un filtre de 0.45 µm
- Stocker la solution à 4°C

b) 0.5M Tris HClpH 6.8

	PM	100ml
Tris	121.1	6g
Eau distillée		60ml

- Ajuster le pH à 6.8 avec du HCl fumant ou avant HCL 6N
- Compléter le volume avec l'eau distillée

ANNEXES

- Filtrer la solution à travers un filtre de 0.45 µm
- Stocker la solution à 4°C

c) 10% APS

	10ml
APS (Ammonium persulfate)	1g
Eau distillée	10ml

- Préparer extemporanément – stocker à 4°C

d) 10% SDS

	50ml	100ml
SDS (Sodium dodécyl sulfate)	5g	10g
Eau distillée	50ml	100ml

- Utiliser le masque,
- Stocker à la température ambiante.

e) Tampon d'électrophorèse :

	Concentration final	1L
Tris base	250 mM	30.30g
Glycine	1.92M	144.10ml
SDS	1%	10g
H2Odi		Qsp 1L

- Ne pas ajuster le pH (-8.3)
- **Tampon d'électrophorèse 1x** : diluer 100ml du tampon 10x avec 900 ml d'H2O distillée.

ANNEXES

f) **Butanol saturé en eau :**

n-Butanol	50ml
H2O	5ml

- **Bien homogénéiser. utiliser la phase supérieure**

g) **Solution de coloration :**

	Concentration finale	1L
Bleu de coomassie R250	0.025% (p/v)	250 mg
Méthanol	40% (v/v)	400 ml
Acide acétique	7% (v/v)	70 ml
H20di		Qsp 1L

- Dans un bécher mettez : méthanol , H20di et bleu de coomassie.
- Homogénéiser bien jusqu'à la dissolution de bleu de coomassie.
- Filtrer avec papier wattman N°01
- Ajouter l'Acide acétique.

h) **Solution de décoloration :**

	Concentration finale	1L
Méthanol	5% (v/v)	50 ml
Acide acétique	7% (v/v)	70 ml
H20di		Qsp 1L

- Dans un bécher, mélanger Méthanol et l'H2O distillée, puis ajouter l'acide acétique.

3- **Protocole :**

a) **Préparation des plaques, coulage, montage :**

ANNEXES

- Nettoyer les plaques de verre avec l'éthanol puis rincer avec l'eau distillée
- Essuyer les deux plaques avec un kimwipe
- Après le montage des plaques sur le support, vérifier que ces deux plaques sont bien ajustées « afin d'éviter les fuites lors du coulage du gel ».

b) Préparation de la solution SDS PAGE :

- Préparer la solution de persulfate d'ammonium (APS) à 10 % dans H₂O distillée et la garder à 4%

Dans un bécher, préparer le mélange acrylamide/bis acrylamide, tris et SDS et compléter avec de l'eau distillée

		GEL DE SEPARATION			GEL DE CONCENTRATION
[C] finale		10%	12%	15%	4%
Acry bis 40%		2ml	1.8ml	2.25ml	0.2ml
1.5M Tris HCl pH8.8	0.375M	1.5ml	1.5ml	1.5ml	
0.5 Tris HCl pH6.8	0.125M				0.5ml
10% SDS	0.1%	60µl	60µl	60µl	20µl
10% APS	0.05%	30µl	30µl	30µl	10µl
TEMED	0.1%	6µl	6µl	6µl	2µl
H ₂ O distillée		2.4ml	2.6ml	2.15ml	1.27ml
TOTAL		6ml	6ml	6ml	2ml

- Juste avant de couler le gel .ajouter le TEMED puis APS 10%, mélanger doucement.
(**APS** = initiateur de la polymérisation du gel, **TEMED** = Accélérateur de la polymérisation)

c) Coulage du gel :

ANNEXES

- Couler le gel séparation sans emprisonner de bulles d'air jusqu'à 1.5 cm du bord supérieur.
- Couvrir le gel de séparation avec butanol saturé en eau.
- Laisser polymériser pendant 30-35 min.
(le temps de polymérisation peut être contrôlé en observant le reliquat de gel préparé)
- Eliminer le butanol par le rinçage avec l'eau distillée 2 à 3 fois.
- Préparer le gel de concentration à 4%.
- Ajouter le TEMED et l'APS à 10%, mélanger puis couler le gel au-dessus du gel de séparation.
- Déposer le peigne dans sa position correcte.
- Laisser polymériser pendant 20 à 30 mnt
- Après la polymérisation retirer les peignes et remplir les puits avec tampons d'électrophorèse 1x.

d) Préparation de la cuve SDS PAGE

- Placer les deux plaques dans la cuve biorad
- Remplir la cuve avec le tampon d'électrophorèse (2gel=700ml, 4gel=1L).

e) Dépôts des échantillons :

- Décongeler les échantillons.
- Diluer les échantillons (1vol :1vol) dans le **tampon bleu de laemmli 2x**
- Incuber les échantillons à 95% pendant 5 min (10 min à 70°C)
- Vortexer quelque secondes
- Centrifuger 4 min vitesse max
- Déposer les échantillons à l'aide d'une micro seringue (15 à 20µl dans chaque puits)
- Ne pas oublier de rincer soigneusement la micro seringue avec le tampon d'électrophorèse entre chaque échantillon pour éviter toute contamination croisée.

f) Migration du gel :

ANNEXES

- Placer le couvercle
- Fixer le voltage à 200V et l'ampérage entre 25 à 30 mA
- Laisser migrer entre 35 à 45 min.

g) Coloration de gel :

- Lorsque la migration est finie, retirer les plaques contenant le gel.
- Enlever les plaques, retirer le gel, éliminer le gel de concentration, couper l'un des coins du gel pour identifier l'ordre des échantillons.
- Mettez le gel dans un bac contenant la solution de coloration.
- Laisser agiter toute la nuit
- Le lendemain, récupérer la solution de coloration, rincer le gel avec l'eau distillée.
- Mettez le gel dans un bac contenant la solution de décoloration jusqu'à la visualisation des bandes de protéines.

• Marqueur de taille utilisé :

ANNEXES

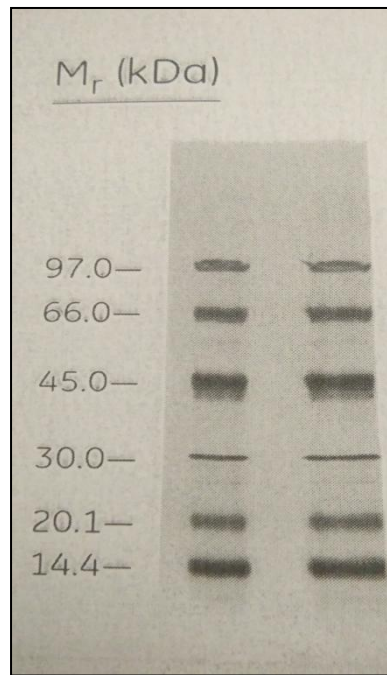


Fig 3. LMW standards stained with silver stain. Aliquots (5 μ l) of a 50 x dilution were loaded per lane on an ExcelGel SDS gradient 8-18 (80-1255-53), run at 600 V, 50 mA for 80 minutes on Multiphor II flatbed unit. The gel was stained with PlusOne™ Silver Staining Kit, Protein (17-1150-01) using a Hoefer™ Automated Gel Stainer

Protein	M_r (Da)	R_f
Phophorylase b	97 000	0.16
Albumin	66 000	0.26
Ovalbumin	45 000	0.41
Carbonic anhydrase	30 000	0.57
Trypsin inhibitor	20 100	0.71
α -Lactalbumin	14 400	0.80

Figure1 : marqueur de taille (low) utilisé pour le marquage des profils électrophorétiques.

- **Caractéristiques de la cuve BIORAD :**

- **Plaque avec les spacers (1mm) :** Cat : 1653308
- **Plaque finie :** Cat : 1653311

ANNEXES

ANOVA du poids de mille grains de la zone de SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV%
Générale	64096.036	230.344	/	/	/	5%	1%	19.252
Bloc		3.226	3	1.075	3.49	1.027	1.387	
Traitement		213.584	9	23.3156	47.34			
Erreur		13.534	27	0.50	/			

ANOVA du poids de mille grains de la zone de KHROUB

	TC	SCE	DD L	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	44589.0625	2323.82375	/	/	/	5%	1%	5.179
Bloc		8.34675	3	2.78225	0.93	3.06774	4.0142645	
Traitement		2234.61625	9	248.29	83.04			
Erreur		80.86057	27	2.99	/			

ANOVA du poids de mille grains de la zone de E DEBBEH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	73427.761	717.239	/	/	/	5%	1%	4.74
Bloc		7.105	3	2.368	0.57	2.945	3.98	
Traitement		598.874	9	66.5415	16.15			
Erreur		111.26	27	4.1207				

ANNEXES

ANOVA du taux de protéines de la zone de SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	7297.3684033	69.0598967	/	/	/	5%	1%	8.44
Bloc		1.21	2	0.605	0.35	2.26	3.095	
Traitement		63.62	9	7.07	4.07			
Erreur		31.23	18	1.735	/			

ANOVA du taux de protéines de la zone d'EL KHROUB

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	8009.868	34.6772	/	/	/	5%	1%	1.27
Bloc		1.08626	3	0.54313	12.65	0.35	0.49	
Traitement		32.82	9	3.65	84.94			
Erreur		0.7728	18	0.043	/			

ANOVA du taux de protéines de la zone E DEBBEH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	5372.33772	14.82588	/	/	/	5%	1%	3.76
Bloc		0.13502	2	0.06751	0.27	0.863	1.2	
Traitement		10.13528	9	1.13	4.45			
Erreur		4.55558	18	0.253	/			

ANNEXES

ANOVA du taux de l'humidité de la zone SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	4462.76	3.05	/	/	/	5%	1%	2.01
Bloc		0.075	2	0.0375	6.25	0.4202	0.5756	
Traitement		1.93	9	0.21	3.5			
Erreur		1.045	18	0.06	/			

ANOVA du taux de l'humidité de la zone EL KHROUB

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	4248.3	2.6	/	/	/	5%	1%	0.85
Bloc		0.302	2	0.151	14.66	0.174	0.24	
Traitement		2.11	6	0.234	22.72			
Erreur		0.185	18	0.0103	/			

ANOVA du taux de l'humidité de la zone E DEBBAH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	4248.3	4.1	/	/	/	5%	1%	1.55
Bloc		0.038	2	0.019	0.56	0.32	0.43	
Traitement		3.453	9	0.3837	11.32			
Erreur		0.61	18	0.034	/			

ANNEXES

ANOVA du taux de l'amidon de la zone SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	117187.5	106	/	/	/	5%	1%	2.36
Bloc		1.274	2	0.637	0.29	2.53	/	
Traitement		65.63	9	7.29	3.36			
Erreur		39.096	18	2.172	/			

ANOVA du taux de l'amidon de la zone EL KHROUB

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	115915.968	118.252	/	/	/	5%	1%	1.006
Bloc		1.638	2	0.819	2.095	1.073	1.47	
Traitement		109.572	9	12.175	31.138			
Erreur		7.042	18	0.391	/			

ANOVA du taux de l'amidon de la zone E DEBBEH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	126347.32033	109.02967	/	/	/	5%	1%	1.65
Bloc		0.53067	2	0.27	8.55	1.84	2.52	
Traitement		88.44	9	9.83	0.235			
Erreur		20.063	18	1.15	/			

ANNEXES

ANOVA du caractère Gluten Humide de la zone SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	181.45	11.8826	/	/	/	5%	1%	5.89
Bloc		0.0705	2	0.03525	3.36	0.25	0.34	
Traitement		11.43	9	1.27	60.48			
Erreur		0.3821	18	0.021	/			

ANOVA du caractère Gluten Humide de la zone EL KHROUB

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	154.27	9.5985	/	/		5%	1%	0.0086
Bloc		0.07765	3	0.039	12.74	0.3	0.41	
Traitement		8.97	9	1	32.68			
Erreur		0.55085	18	0.0306	/			

ANOVA du caractère Gluten Humide de la zone E DEBBEH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	71.09	2.027	/	/	/	5%	1%	13.23
Bloc		0.61	2	0.305	7.35	0.35	0.48	
Traitement		0.67	9	0.074	1.783			
Erreur		0.747	18	0.0415	/			

ANNEXES

ANOVA du caractère Gluten sec de la zone SIGUS (OEB)

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	24.37	1.94	/	/		5%	1%	47.59
Bloc		0.016	2	0.008	0.8	0.73	1.008	
Traitement		1.74	9	0.2	20			
Erreur		0.184	18	0.010	/			

ANOVA du caractère Gluten Humide de la zone EL KHROUB

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	20.07372	1.37828	/	/	/	5%	1%	10.97
Bloc		0.01664	2	0.00832	1.033	0.154	0.21	
Traitement		1.21666	9	0.13518	16.78			
Erreur		0.14498	18	0.00805	/			

ANOVA du caractère Gluten de la zone E DEBBEH

	TC	SCE	DDL	VAR	F cal	PPDS		CV %
Générale	9.20748	0.25652	/	/	/	5%	1%	12.89
Bloc		0.05526	2	0.02763	5.42	0.12	/	
Traitement		0.1102	9	0.012	2.35			
Erreur		0.091	18	0.0051	/			

ANNEXES

Test NEWMAN-KEULS

Poids de mille grains

Khroub		5%
HIDHAB	43,7	A
AKHAMOUKH	41,7	A
16	40,975	A
14	37,275	B
18	34,625	B
3	34,15	C
19	31,425	C D
4	24,425	D
11	22,95	D
13	22,65	D

Bni mestina		5%
14	48,6	A
16	47,1	A
19	46,925	A B
18	45,175	B C
11	43,35	C D
3	42,05	D
AKHAMOUKH	40,425	D E
4	40,375	E
13	37,675	E F
HIDHAB	36,775	F

Sigus		5%
14	43,8	A
HIDHAB	42,9	A
16	41,675	B
19	40,325	C
18	39,95	C
AKHAMOUKH	39,95	C
3	39,625	C D
4	38,8	D E
11	37,95	E
13	35,325	F

ANNEXES

Protéine

Khroub		5%
19	17,79	A
14	17,67	A B
13	17,1	C
4	16,86	C
16	16,33	D E
18	16,33	D E
3	16,29	E
11	15,81	F
HIDHAB	14,62	G
AKHAMOUKH	14,61	G

Bni mestina		5%
HIDHAB	14,58	A
16	13,94	A
4	13,8	A
14	13,76	A B
AKHAMOUKH	13,28	B
19	13,13	B
13	12,95	B C
11	12,87	C
3	12,76	C
18	12,75	C

Sigus		5%
14	17,45	A
11	17,28	A
16	16,92	A
18	16,65	A
13	15,97	A
4	15,94	A B
19	14,42	B
3	14,33	B C
AKHAMOUKH	13,61	C
HIDHAB	13,39	C

ANNEXES

Humidité

Khroub		5%
AKHAMOUKH	12,27	A
HIDHAB	12,23	A
3	12,1	A B
14	12	B
18	12	B
19	11,97	B C
13	11,8	C
16	11,6	D
11	11,53	D
4	11,5	D

Bni mestina		5%
AKHAMOUKH	12,5	A
3	12,33	A
HIDHAB	12,23	A
14	11,9	B
13	11,87	B
18	11,83	B
16	11,8	B C
4	11,63	C D
11	11,47	D
19	11,43	D

Sigus		5%
HIDHAB	12,6	A
AKHAMOUKH	12,47	A
3	12,4	A
18	12,3	A
11	12,27	A
13	12,27	A B
14	12,07	B
16	11,9	B
4	11,87	B C
19	11,83	C

ANNEXES

Amidon

Khroub		5%
AKHAMOUKH	66,5	A
11	64,03	B
3	63,37	B C
18	62,43	C D
16	62,17	D E
HIDHAB	61,27	E F
4	60,67	F
19	60,67	F
14	60,47	F G
13	60,03	G

Bni mestina		5%
19	66,97	A
18	66,53	A
11	66,2	A
4	65,4	A
AKHAMOUKH	65,37	A B
3	65,07	B
13	64,7	B
16	64,53	B
14	63,6	B
HIDHAB	60,6	C

Sigus		5%
AKHAMOUKH	65,7	A
3	64,27	A
19	63,77	A B
13	62,37	B
18	62,17	B
4	61,53	B
HIDHAB	61,47	B
14	61,37	B
16	61,3	B C
11	61,07	C

ANNEXES

Gluten humide

Khroub		5%
19	2,95	A
3	2,83	A
14	2,69	A B
13	2,56	B
4	2,5	B C
18	2,27	C D
11	2,16	D E
16	2,04	E
AKHAMOUKH	1,53	F
HIDHAB	1,12	G

Bni mestina		5%
16	1,7	A
14	1,68	A
19	1,62	A
13	1,57	A
3	1,57	A
11	1,54	A
4	1,53	A
18	1,53	A
AKHAMOUKH	1,53	A
HIDHAB	1,12	B

Sigus		5%
14	3,1	A
11	3,03	A B
18	2,84	B
16	2,8	B C
13	2,74	C
4	2,73	C
3	2,35	D
19	2,35	D
AKHAMOUKH	1,53	D
HIDHAB	1,12	D

ANNEXES

Gluten sec

Khroub		5%
19	1,07	A
3	1,02	A
14	1,02	A
4	0,94	A B
13	0,89	B
18	0,8	B
11	0,78	B C
16	0,75	C
AKHAMOUKH	0,5	D
HIDHAB	0,41	D

Bni mestina		5%
16	0,63	A
3	0,61	A
14	0,6	A
4	0,57	A
11	0,57	A
19	0,57	A
13	0,56	A
18	0,53	A B
AKHAMOUKH	0,5	B
HIDHAB	0,41	B

Sigus		5%
14	1,22	A
11	1,09	A
18	1,06	A
13	1,03	A
16	1,01	A
4	1	A
3	0,87	A
19	0,82	A
AKHAMOUKH	0,5	A B
HIDHAB	0,41	B

"Etude comparative du rendement et de la qualité de quelques variétés de blé tendre (*triticum Aestivum*) cultivées dans trois zones agro-écologiques d'Algérie."

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale

Résumé :

L'étude relative aux caractéristiques qualitatives sur 28 variétés dont 2 témoins (Akhamokh et Hidhab) de blé tendre testées sur trois environnements différents (Debbah à Beni Mestina, Elkhroub et Sigus à Oum el Bouaghi). Pour cela, plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui en découlent ont montré que l'environnement joue un rôle majeur dans l'expression des génotypes qui reflète son effet sur le rendement en grain ; le site « KHROUB » est un bon choix car présentant les meilleures résultats. Pour le poids de mille grains le site « Debbah » a été le meilleur. Le taux de protéines totales a été du niveau des témoins dans les trois sites, le taux d'humidité a été assez fort chez les témoins et le groupe de variétés du site « Sigus » sont plus ou moins fort, le taux d'amidon a été exprimé par des valeurs moyennes et le groupe de variétés du site « Debbah » a exhibé une valeur élevée. Par contre la teneur en gluten humide on a marqué que les le site « DEBBAH » et « SIGUS » présentent des valeurs moyennes ainsi que la teneur en gluten sec. La capacité d'hydratation a été moyenne dans l'ensemble. Les résultats obtenus montrent donc que la majorité des variétés étudiées présentent des caractéristiques très proches concernant les tests physicochimiques et technologiques mais en deça des témoins. Les analyses réalisées sur les farines étudiées sont globalement conformes aux normes en Algérie.

Mots clés : Blé tendre, qualité, qualité technologique, poids de mille grains, rendement

Laboratoire de recherche : laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologies végétales.
Département de biologie végétale et Ecologie.

Jury d'évaluation :

Présidente : HAMMOUDA D. HAMMOUDA D. MCA- UFM1 Constantine
Encadrant : BENBELKACEM .A BENBELKACEM .A DR- INRAA Constantine
Examinatrice : KACEM N. S. KACEM N. S. MCB -UFM1 Constantine

Date de soutenance : 18 /07/2019