

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila**

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de  
Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Biotechnologie**

**Spécialité : Biotechnologie végétale**

**Thème :**

**EVALUATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES DE QUELQUES  
VARIETES DE BLE DUR ET BLE TENDRE CULTIVEES DANS LA ZONE  
NORD ET SUD DE LA WILAYA DE MILA**

**Présenté par :**

**BOUCEDER Assia**

**DELLOUCHE Fatima**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente : BOUSMID A.**

**M.C.B -centre universitaire mila**

**Examinatrice : BOUASSABA K.**

**M.C.B -centre universitaire mila**

**Promotrice : BOUCHETAT F.**

**M.C.B -centre universitaire mila**

**Année universitaire 2020/ 2021**

# Remerciements

Louange à **Dieu** qui nous a donné le courage, la puissance, et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement Mme BOUCHETAT notre encadreur pour nous avoir bien suivi durant notre travail, et de nous faire partager son savoir, ainsi que ses conseils, et pour tout son aide, les remarques constructives qui nous ont permis d'améliorer et réaliser l'objectif de ce travail.

Nos remerciements les plus profonds s'adressent à **Mme. BOUSMID A.**, qui nous fait l'honneur de présider ce jury.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à **Mme. BOUASSABA K.**, qui nous fait l'honneur d'être examinatrice dans ce jury.

Nos sincères remerciements s'adressent également :

**A tout le personnel de l'ITGC de Constantine**, en particulier **Mme. SALEMI S.**

**A M. BETICHE A.**, l'agriculteur multiplicateur de semences

**A M. ANNANI M.**, l'agriculteur multiplicateur de semences

**A tout le personnel du groupe Agro-industrie de moulin Bani Haroune-Grarem Gouga** en particulier, **les ingénieurs de laboratoire.**

**A tout le personnel de laboratoire de génétique, biochimie et biotechnologie végétale de l'université de Constantine 1**, en particulier **Mme. BELLIL I.**

**A tout le personnel du service Statistique** de la **DSA** de la wilaya de Mila a

Nos remerciements les plus profonds vont aussi à tous **les enseignants de Département S.N.V.** qui nous ont enseignés durant ces cinq années.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail : nos amis, nos collègues pour leurs aides et toute la promotion.

# Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à nos parents, nos sœurs, nos frères, nos amis.

Merci à tous

*Assia et Fatima*

# Résumé

Notre étude porte essentiellement sur huit variétés de blé dur et huit variétés de blé tendres cultivées dans deux sites au niveau de la wilaya de Mila. Le site 1 se localise dans la région nord sous un étage bioclimatique humide, le second site se situe dans la région sud qui est caractérisée par un climat semi-aride. Le dispositif expérimental a été installé par l'I.T.G.C. au sein des deux sites. L'objectif de cette recherche est de montrer l'effet de l'interaction génotype x site sur le comportement des variétés à travers l'évaluation des paramètres technologiques et le rendement afin de sélectionner les meilleurs génotypes. L'évaluation des paramètres montre que les variétés de blé dur V6 et V3 (Simeto et GTA dur) expriment de très bonne performance pour l'ensemble des paramètres étudiés. En revanche, ces deux cultivars donnent de faibles rendements. L'étude des paramètres technologiques des variétés de blé tendre indique que les génotypes V4 et V3 (Boumerzoug et Arz) renfermant les meilleurs teneurs en protéines et en gluten humide (16.14% ;36.48%). Cependant, les génotypes V2 et V7 (Akhamoukh et Massine) contiennent les teneurs les plus élevées en amidon (67.85% ;67.6%). Ces deux mêmes variétés expriment les plus importants rendements au sein des deux sites. En effet, l'analyse statistique des données indique une influence très hautement significative de l'interaction génotype x site sur l'ensemble des paramètres étudiés. Les résultats obtenus confirment que chaque variété s'exprime par un comportement particulier par rapport aux conditions environnementales caractérisant chaque site.

**Mots clés :** blé dur, blé tendre, qualité technologique, interaction génotype x site.

## الملخص

تركز دراستنا على ثمانية أنواع من القمح الصلب وثمانية أصناف من القمح اللين المزروعة في موقعين بولاية ميلة. يقع الموقع 1 في المنطقة الشمالية ذات مناخ رطب، أما الموقع الثاني فيقع في المنطقة الجنوبية التي تتميز بمناخ شبه جاف تم تثبيت الإعداد التجريبي بواسطة المعهد التقني للمحاصيل الكبرى I.T.G.C على مستوى الموقعين. الهدف من هذا البحث هو إظهار تأثير تفاعل النمط الوراثي مع الموقع على سلوك الأصناف من خلال تقييم الجودة التكنولوجية والمحصول من أجل اختيار أفضل الأنماط. يوضح التقييم أن أصناف القمح القاسي Simeto و GTA dur تعبر عن أداء جيد جدًا لجميع المتغيرات المدروسة. من ناحية أخرى، فإن هذين الصنفين يعطيان محاصيل منخفضة. تشير دراسة الجودة التكنولوجية لأصناف القمح اللين أن الأصناف الوراثية Boumarzoug و Arz تحتوي على أفضل مستويات البروتين والغلوتين الرطب (16.14%؛ 36.48%). ومع ذلك، فإن الأصناف الوراثية Akhamoukh و Massine تحتوي على أعلى مستويات النشا (67.85%؛ 67.6%). هذان النوعان نفسهما يعبران عن أعلى إنتاجية داخل الموقعين. في الواقع، يشير التحليل الإحصائي للبيانات إلى وجود تأثير كبير للغاية للتفاعل النمط الوراثي x الموقع على جميع المتغيرات المدروسة. تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها أن كل نمط وراثي له سلوك معين حسب الظروف البيئية التي تميز كل موقع.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، القمح اللين، الجودة التكنولوجية، التفاعل النمط الوراثي x موقع

# Abstract

Our study focuses on eight varieties of durum wheat and eight varieties of soft wheat grown in two sites in the wilaya of Mila. Site 1 is located in the northern region under a humid bioclimatic stage, the second site is located in the southern region which is characterized by a semi-arid climate. The experimental set-up was installed by the I.T.G.C. within the two sites. The objective of this research is to show the effect of the genotype x site interaction on the behavior of varieties through the evaluation of technological parameters and yield in order to select the best genotypes. The evaluation of the parameters shows that the durum wheat varieties V6 and V3 (Simeto and GTA dur) express very good performance for all the parameters studied. On the other hand, these two cultivars give low yields. The study of the technological parameters of the soft wheat varieties indicates that the V4 and V3 (Boumerzoug and Arz )genotypes contain the best levels of protein and wet gluten (16.14% ;36.48%). However, the V2 and V7 (Akhamoukh and Massine )genotypes contain the highest levels of starch (67.85% ;67.6%). These same two varieties express the highest yields within the two sites. Indeed, statistical analysis of the data indicates a very highly significant influence of the genotype x site interaction on all of the parameters studied. The results obtained confirm that each variety is expressed by a particular behavior in relation to the environmental conditions characterizing each site.

**Keywords:** durum wheat, soft wheat, technological quality, genotype x site interaction.

# Table des matières

Remerciements .....	
Dédicace .....	
Résumé .....	
المخلص.....	
Abstract .....	
Table des matières .....	
Liste de figure.....	
Liste de tableaux.....	
Liste d'abréviation.....	
Introduction générale .....	1
Chapitre I.....	4
1.1 Origine géographique et génétique.....	5
1.1.1 Origine géographique.....	5
1.1.2 Origine génétique .....	5
1.2 Production de blé dur.....	6
1.2.1 Dans le contexte international .....	6
1.2.2 Dans le contexte national .....	6
1.2.3 Dans la région de MILA.....	6
1.3 Structure du grain de blé dur .....	7
1.4 Composition biochimique.....	7
1.4.1 Glucides.....	8
1.4.2 Protéines .....	8
1.4.3 Lipides .....	8
1.4.4 Vitamines .....	9
1.4.5 Minéraux .....	9

1.4.6 Enzymes .....	9
1.4.7 Eau.....	10
Chapitre II.....	11
2.1 Origine génétique et géographique du blé tendre .....	12
2.1.1 Origine génétique .....	12
2.1.2 Origine géographique .....	12
2.2 Production de blé tendre .....	13
2.2.1 Production mondiale .....	13
2.2.2 Production en Algérie.....	13
2.3 Structure du grain .....	13
2.4 Différents constituants du grain de blé tendre .....	16
2.4.1 Éléments principaux .....	16
2.4.2 Éléments secondaires .....	17
Chapitre III .....	19
3.1 Notion de qualité .....	20
3.2 Les critères de la qualité technologique de blé dur : .....	20
3.2.1 Mitadinage.....	20
3.2.2 Teneur en protéines .....	21
3.2.3 Teneur engluent.....	21
3.2.4 Teneur en eau .....	22
3.3 Les critères de la qualité technologique de blé tendre .....	22
3.3.1 Teneur en protéines .....	22
3.3.2 Teneur en Gluten .....	22
3.3.3 Teneur en humidité.....	23
3.3.4 Teneur en amidon.....	23
3.4 Les critères de qualité en commun entre le blé dur et le blé tendre .....	23

3.4.1 Poids de Mille Grains (PMG) :	23
3.4.2 Le Poids Spécifique (PS) :	24
3.4.3 L'échaudage.	24
3.4.4 Moucheture.	25
Chapitre IV	26
Objectif	27
4.1 Localisation des sites	27
4.1.1 Caractéristiques des sites	27
4.1.2 La conduite des essais	28
4.1.3 Caractéristique climatique	29
4.2 Protocole expérimental	31
4.2.1 Matériel végétale	31
4.2.2 Méthode d'étude	32
4.3 Démarche d'analyse et d'interprétation statistique	39
Chapitre V	40
5.1 Partie I : Evaluation des paramètres technologiques et de rendement de quelques variétés de blé dur	41
5.1.1 Les paramètres technologiques	41
5.1.2 Le rendement réel	52
5.2 Partie II : Evaluation des paramètres technologiques et de rendement de quelques variétés de blé tendre	54
5.2.1 Les paramètres technologiques	54
5.2.2 Le rendement	64
5.3 Synthèse des résultats	65
Conclusion générale	67
Bibliographie	70

# Liste de figure

<b>Figure 1:</b> Lieux d'origine et diffusion de <i>Triticum turgidum</i> à travers le monde ( <b>Bozzini, 1988</b> ).....	5
<b>Figure 2:</b> occupation du sol de la wilaya de MILA 2019/2020 (DSA MILA).....	6
<b>Figure 3:</b> Coupe d'un grain de blé ( <b>site 4</b> ).....	7
<b>Figure 4 :</b> Structure du grain du blé tendre .....	14
<b>Figure 5:</b> Coupe d'un grain de blé.....	15
<b>Figure 6:</b> À gauche, coup d'un grain vitreux, à droite coup d'un grain totalement mitadiné ( <b>Samson et Desclaux, 2006</b> ) .....	21
<b>Figure 7:</b> des graines du blé échaudé ( <b>site 8</b> ).....	24
<b>Figure 8:</b> Graines moucheté du blé ( <b>Arvalis, 2014</b> ) .....	25
<b>Figure 9:</b> La carte de la wilaya de Mila avec ses treize daïras .....	27
<b>Figure 10:</b> Photos représentative de la méthode utilisée pour mesurer le PS ( <b>photo personnel</b> ):.....	33
<b>Figure 11:</b> Compteur de grain ( <b>photo personale</b> ) .....	34
<b>Figure 12:</b> Grains sain (à gauche), grains mitadinés (à droite) ( <b>photo personale</b> ) .....	35
<b>Figure 13:</b> grains sain (à gauche), grains mouchetés (à droite) (Photo personnel).....	36
<b>Figure 14:</b> Sain (à gauche), grains échaudes (à droite) (Photo personale).....	37
<b>Figure 15:</b> à gauche, le repos de pate 5min. à droite, l'extraction manuelle de gluten. (Photo personale) .....	38
<b>Figure 16:</b> l'appareil à infrarouge (NIRS). ( <b>Photo personale</b> ).....	38
<b>Figure 17:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le poids spécifique des grains.....	42
<b>Figure 18:</b> Effets de l'interaction génotype x site sur le poids de mille grains.....	43
<b>Figure 19:</b> Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de mitadinage.....	45
<b>Figure 20:</b> Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de moucheture.....	46
<b>Figure 21:</b> Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux d'échaudage.....	47
<b>Figure 22:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en protéines.....	49

<b>Figure 23:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en humidité .....	50
<b>Figure 24:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le teneur en gluten humide .....	51
<b>Figure 25:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le rendement .....	52
<b>Figure 26:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le poids spécifique .....	56
<b>Figure 27 :</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le poids de mille grains.....	57
<b>Figure 28:</b> Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de moucheture.....	58
<b>Figure 29:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le taux d'échaudage.....	59
<b>Figure 30:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en protéines.....	60
<b>Figure 31 :</b> Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en eau.....	61
<b>Figure 32:</b> Effet de l'interaction Génotype x site sur la teneur en gluten humide .....	62
<b>Figure 33:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en amidon .....	63
<b>Figure 34:</b> Effet de l'interaction génotype x site sur le rendement en grains.....	64

# Liste de tableaux

<b>Tableau 1:</b> Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé.....	10
<b>Tableau 2:</b> Principales caractéristiques des essais de site 1 durant la campagne 2020/2021..	28
<b>Tableau 3:</b> Principales caractéristiques des essais de site 2 durant la campagne 2020/2021..	29
<b>Tableau 4:</b> Les températures moyennes (°C) dans le site 1 et le site 2 durant la campagne 2020/2021. (Site 9).....	30
<b>Tableau 5:</b> La pluviométrie cumulée (mm) dans le site 1 et le site 2 durant la campagne 2020/2021 (site 10).....	31
<b>Tableau 6:</b> liste des 8 variétés de la collection des blés durs et tendres utilisés dans l'expérimentation. ....	31
<b>Tableau 7 :</b> Analyse de la variance (carrés moyens) de différents caractères mesurés chez les variétés de blé dur .....	41
<b>Tableau 8:</b> Analyse de la variance (carrés moyens) de différents caractères mesurés chez les variétés de blé tendre.....	54

# Liste d'abréviation

**AACC** : Association des Agences-Conseils en Communication

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**AFSSA** : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

**C°** : degré Celsius

**CIC** : Conseil international des céréales

**DSA** : Direction des Services Agricoles

**Ha** : hectare

**hl** : hectolitre

**ICC** : International Code Council.

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique

**ISO** : Organisation internationale de normalisation.

**ITCF** : Institut Technologique des Céréales et des Fourrages

**ITGC** : l'Institut Technique des Grandes Cultures

**Kg** : Kilogramme.

**MAP** : Phosphate mono-ammonique

**Mg** : milligramme.

**Mm** : millimètre

**ms**: Matière sèche

**Mt** : Million tonne

**n** : Nombre de chromosome

**NIRS** : Near infra red spectroscopy

**nm** : nanomètre

**PAC** : Politique Agricole Commune

**PMG** : Poids de milles grains

**PS** : poids spécifique

**qx** : quintal

**RDM** : Rendement

**SAU** : Surface Agricole Utile

**TECH** : taux d'échaudage

**THUM** : teneur en humidité

**TGTU** : teneur en gluten

**TMI** : taux de mitadinage

**TMO** : taux de moucheture

**TPRO** : teneur en protéine

**USDA** : Département Américain de l'agriculture.

**%** : pourcentage

# **Introduction générale**

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment (**Ammar, 2015**), appartiennent à la famille des Poacées. Parmi eux on retrouve les : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Ce sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques (**Moule, 1971**).

De nos jours, les céréales, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens (**Ammar, 2015**). Leur utilisation est très différente principalement en semoulerie et en meunerie, pour produire la semoule à partir du blé dur et la farine à partir du blé tendre (**Djelti, 2014**).

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. (**Djermoun, 2009**)

Les conditions météorologiques favorables devraient booster la production céréalière en 2019/2020. D'après le Département américain de l'agriculture (USDA), la récolte céréalière devrait atteindre 5,95 millions de tonnes grâce au bon niveau des précipitations dans la plupart des zones de culture, cultivé sur une superficie de 3,5 millions d'hectares. Dans les détails, le volume de blé devrait se chiffrer à 3,95 millions de tonnes, soit 10 000 tonnes de plus que l'année précédente. (**site1**).

Malgré ces superficies normalement suffisantes et le développement en production de blé par rapport aux années précédentes, les besoins sont loin d'être couverts en cette matière, même en année favorable notamment avec la croissance démographique sans cesse croissante, ce qui entraîne des importations coûteuses en devises pour le pays. La production céréalière reste faible en Algérie à cause d'une multitude de facteurs d'ordre scientifiques (variétés plus adaptées) et organisationnels. Aussi, le non-pratiqué de l'irrigation dans ce domaine reste un des problèmes techniques majeurs. Outre les difficultés dues à un faible taux d'utilisation des engrais, mauvais suivi des techniques culturales, utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis, rendant ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle (**Anonyme, 2008**). Ainsi, D'après (**Rachedi, 2003**), 60 % des superficies se trouvant situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles.

En revanche, l'augmentation de la productivité de blé peu se réaliser par l'amélioration des génotypes (la recherche des variétés performants et plus tolérants). De ce fait, l'augmentation de la production serait possible tout en adoptant un itinéraire technique plus intensif dans les plaines intérieures où les conditions de production sont nettement moins avantageuses ; et par l'adoption de cultivars plus flexibles vis-à-vis des aléas climatiques tout en prenant en considération la préparation correcte du lit de semences ; le désherbage chimique au moment opportun ; la fertilisation azotée adéquate et la lutte contre les maladies cryptogamiques par l'utilisation des fongicides à action rapide. **(Bouchetat, 2020)**

C'est dans ce cadre que s'intègre ce travail qui a pour objectif d'améliorer les qualités technologiques de blé dur et blé tendre et du rendement. Ces objectifs ne peuvent être atteints que grâce à l'évaluation des qualités de quelques variétés de blé dur et blé tendre, ceci dans deux sites différents dans la wilaya de Mila à savoir dans la région humide (Mila) et la région semi-aride (Chelghoum l'aïd), et d'étudier l'effet de l'interaction génotype x environnement sur les caractères étudiés, à fin de cibler des variétés dont les performances agronomiques et technologiques seront optimales dans différentes régions agricoles **(Abidi, 2009)**.

Ce travail s'articule autour de six parties :

- La première partie sera consacrée à une synthèse bibliographique, cette partie englobe des généralités sur le blé dur ;
- La deuxième partie contiendra des généralités sur le blé tendre ;
- La troisième partie englobera les critères de la qualité technologique des blés ;
- La quatrième partie présentera le matériel et les méthodes utilisées ;
- La cinquième partie se rapportera à l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus ;
- Enfin, la sixième partie sera réservée à une conclusion générale qui synthétisera les principaux résultats obtenus.

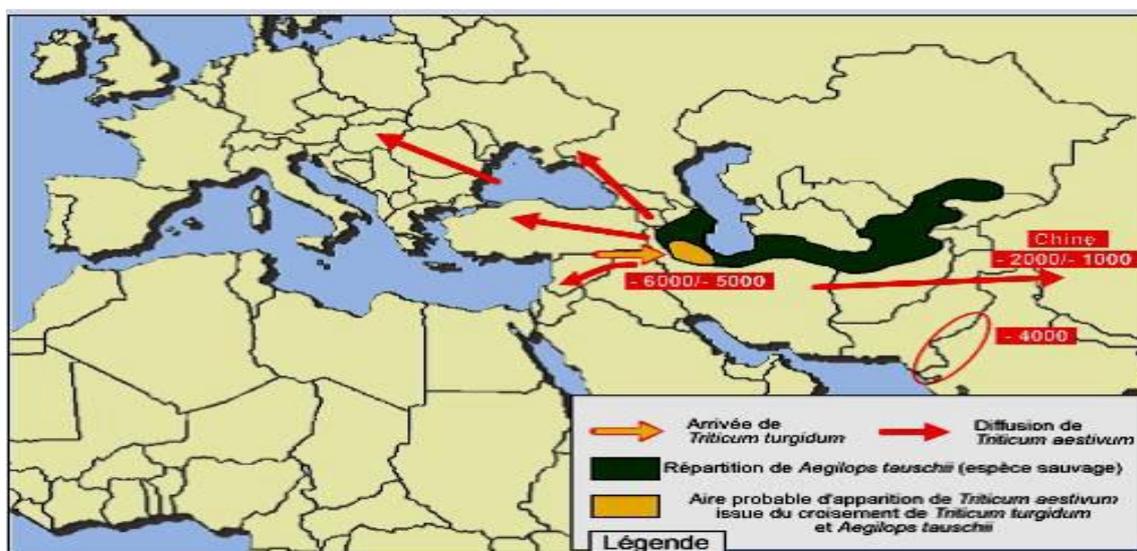
# **Chapitre I**

## **Généralités sur le blé dur**

## 1.1 Origine géographique et génétique

### 1.1.1 Origine géographique

Les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche-Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature (**Bozzini, 1988**). Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication. On croit que le blé dur provient des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman, 2001**), comme le montre la figure 1 :



**Figure 1:** Lieux d'origine et diffusion de *Triticum turgidum* à travers le monde (**Bozzini, 1988**).

### 1.1.2 Origine génétique

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Il est acquis que le génome A provient de *triticum monococcum*, le génome B d'un *Aegilops* (*bicornis*, *speltoïdes*, *longissima* ou *searsii*) et le génome D d'*Aegilops squarrosa* (également dénommé *Triticum tauschii*). Le croisement naturel *T. monococcum* x *Aegilops* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum*ssp. *Dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T. turgidum*ssp. *Dicoccumpuis* vers *T. durum* (blé dur cultivé). Les blés tendres cultivés (AA BB DD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *T. turgidum*ssp. *Dicoccum* (AA BB) et *Aegilops squarrosa*(DD). (**Feuillet, 2000**).

## 1.2 Production de blé dur

### 1.2.1 Dans le contexte international

Production mondiale de blé dur, estimée à 1,6 Mt, augmenterait de 21,7 % sur un an mais resterait inférieure de 6,3 % à la moyenne quinquennale 2016-2020. Le rendement moyen (55,2 q/ha) augmenterait de 6,3 % par rapport à 2020 et de 5,1 % sur la moyenne quinquennale 2016- 2020. Les surfaces consacrées au blé dur atteignent 288 milliers d'hectares contre 252 milliers d'hectares l'an dernier soit une hausse de 14,4 % sur un an mais sont en retrait de 10,8 % par rapport à 2016-2020. (site2)

### 1.2.2 Dans le contexte national

En Algérie, le blé dur détient la plus grande part des emblavures de céréales vu qu'il constitue une ressource essentielle dans l'alimentation de la population algérienne (couscous. Pâtes alimentaire).

Selon le Premier ministre algérien, l'Algérie a cessé d'importer du blé dur depuis Juin 2019, pour la première fois depuis des décennies. Et ajoute que la production nationale a atteint 3.2 millions de tonnes, un nombre qui permet d'atteindre l'autosuffisance. (site3)

### 1.2.3 Dans la région de MILA

Dans la wilaya de MILA, les céréales occupent une superficie de 144140 ha, soit 60.67% de la SAU. Dont le blé dur occupe une superficie de 11.916 ha, produit 17.00 qx, pendant l'année 2019-2020. (DSA Mila)

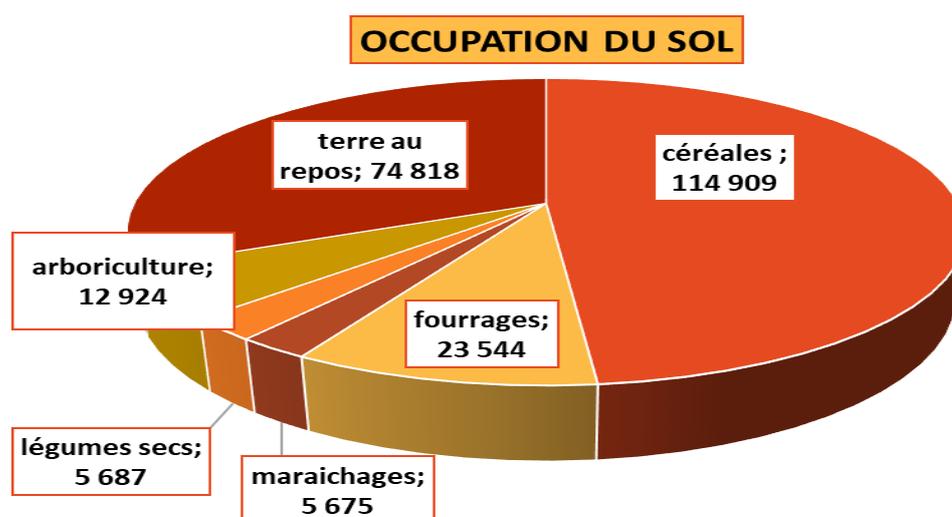


Figure 2: la wilaya de MILA 2019/2020 (DSA MILA)

### 1.3 Structure du grain de blé dur

Le grain de blé est un fruit sec dont les dimensions moyennes sont, de 6 à 8 mm de longueur et de 3 mm environ de largeur et d'épaisseur, est un ellipsoïde plus ou moins bombé, présentant un sillon longitudinal profond de 1,5 à 2 mm, l'une des extrémités porte des poils, et sur l'autre se trouve un germe minuscule (Hacini, 2014)

La coupe du grain fait apparaître trois parties :

-**L'albumen**, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain).

-**Les enveloppes de la graine et du fruit**, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).

-**Le germe (3%)**, composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. (Feillet, 2000).

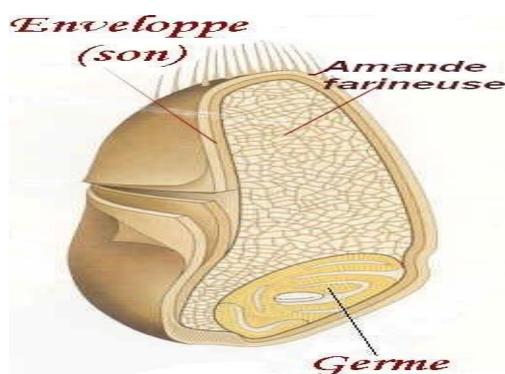


Figure 3: Coupe d'un grain de blé (site 4)

### 1.4 Composition biochimique

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés (Cretois *et al.*, 1985). Le grain est constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) : les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet, 2000). Cette composition joue un rôle déterminant dans la qualité des produits qui en dérivent. Elle est sous la dépendance d'un

certain nombre de facteur tels que : le climat, la variété, la nature du sol et les technique culturale (**Boudreau et Menard, 1992 ; Amir et al., 2004**).

#### **1.4.1 Glucides**

Présentent sous forme de sucres simples ou composés, ils sont d'une grande importance car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les microorganismes tels que les levures. Ils sont principalement constitués d'amidon, qui est un glucide complexe environ 70% (**Feuillet, 2000**). C'est un polymère de glucose, il est constitué des chaînes non ramifiées (amylose) : 25% et des chaînes ramifiées (amylo-dextrines) : 75%. La cellulose qui est un glucide complexe, difficilement digestible, rentre dans la composition du péricarpe (**Nique et Classeran, 1989**). On trouve également des glucides simples, environ 2% dont la majeure partie est localisée dans le germe et l'assise protéique (**Fredot, 2005**).

#### **1.4.2 Protéines**

Par ailleurs, d'une part sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante et d'autre part sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines (**Jintet et al., 2006**). Le grain de blé dur est constitué d'environ 12% de protéines. Décomposé (protéines). Ils ont la propriété de lever par fermentation et sont très sensible à la température (**Crus, 1989**), sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) ou elles sont constituées par plus d'une cinquantaine de constituants classées d'après leurs propriétés de solubilité en quatre fractions : Albumines hydrosolubles (9%), globulines solubles dans les solutions salées diluées (6%), prolamines et gliadines solubles dans les solutions alcooliques (45%), glutenines solubles dans les solutions acides diluées (40%). Le gluten représente 90% des protéines et permet la panification par son élasticité lorsqu'il est mélangé avec l'eau. Il est constitué de glutenines et surtout de gliadines qui est l'agent responsable de la maladie coeliaque chez les personnes sensibles (**Virling, 2008**).

#### **1.4.3 Lipides**

Les grains du blé sont naturellement pauvres en lipides : Ils en contiennent seulement 2 %, essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique (**Fredot, 2012**). Cependant, leur composition qualitative est intéressante car plus de la moitié de ces lipides sont polaires. Ils vont ainsi se lier lors du pétrissage de la pâte aux protéines et aux glucides et permettre la rétention d'eau, l'extensibilité et l'élasticité de la pâte (**Fredot, 2005**). Certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé (**Patrick, 2006**).

#### 1.4.4 Vitamines

Toutes les céréales ont des caractéristiques similaires : absence de vitamines A, C et D et présence des vitamines du groupe B : B1, B2, B3, B6, B9 (**Fredot, 2005**). Ce sont des éléments cliniques complexes jouant un rôle important dans la nutrition. Dans le grain, elles sont concentrées au niveau du germe et des enveloppes (**Nadiaye, 1999**). Lors de la mouture, une partie des vitamines sera perdue dans les sons à cause de la forte concentration au niveau de germe et des enveloppes (**Cruz, 1989**).

#### 1.4.5 Minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3 % de matière sèche du grain (**Niquet et Lasseran, 1989**). Les céréales ont une teneur élevée en potassium (340mg/100g), en phosphore (400mg/100g), en magnésium et une faible teneur en fer, zinc, calcium (45mg/100g) et en sodium (8mg/100g) (**Fredot, 2005**). Ils sont souvent associés ou présents sous forme de sels tels que les phosphates, chlorures ou sulfates (**Berhautetal., 2003**).

#### 1.4.6 Enzymes

Ce sont des substances complexes présentes en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important, elles sont responsables des transformations que subissent les autres substances. (**Niquet et Lasseran, 1989**). Les enzymes les plus importantes en technologie des céréales sont celles qui provoquent la dégradation des protéines, des lipides et des glucides (**Adrian et Rebache, 1996**).

##### 1.4.6.1 Les glucidases

B amylases qui transforment l'amidon en  $\beta$ - maltoses, c'est la plus importante des diastases du grain de blé. Elles se trouvent dans le grain sain, normal et inactivé par la chaleur. A amylases qui transforment l'amidon en dextrines, elles ne se rencontrent que dans le blé germé. Elles sont stables à la chaleur et peuvent survivre à des hautes températures atteignant 70 à 80°C (**Fredot, 2005**).

##### 1.4.6.2 Les protéases

Trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.

### 1.4.6.3 La lipase

Est une enzyme lipolytique trouve son activité concentrée dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination (**Potus et al., 1994**).

### 1.4.7 Eau

Le grain du blé mûr est constitué de 13.5% d'eau (**Feillet, 2000**), cette faible teneur lui permet d'être stocké longtemps en évitant ainsi le développement des micro-organismes en particulier les moisissures (**Fredot, 2005**). L'eau est présente dans le grain sous des formes différentes :

- L'eau de dissolution dans les vacuoles des cellules ; c'est une eau que l'on qualifie « libre ».
- L'eau d'inhibition associée aux colloïdes.
- L'eau de constitution très fortement fixée à la molécule (**Godon, 1989**).

**Tableau 1:** Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé (**Godon, 1989**).

	% grain	Part du constituant dans le tissu			
		% albumen	% aleurone	%péricarpe	%germe
Amidon	68.9	82	0	0	0
Protéines	13.7	12	30	10	31
Fibres	10.2	2	49	83	9
Lipides	2.7	2	9	0	12
Minéraux	1.9	0.5	12	7	6
Sucre réducteurs	2.4	1.8	0	0	30

# **Chapitre II**

## **Généralités sur le blé tendre**

## 2.1 Origine génétique et géographique du blé tendre

### 2.1.1 Origine génétique

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) classé 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**). Le génome actuel du blé tendre provient de 2 évènements majeurs d'hybridations successives. Un premier évènement résultant du croisement entre deux espèces diploïdes ( $2n=14$ ), *Triticum rartu* (AA) et une espèce proche d'*Aegilops sepltoïdes* (BB), a permis l'apparition du blé dur sauvage (*Triticum turgidums spdicocoides*) au génome AABB, à l'origine du blé dur actuel *Triticum durum*. Un second croisement entre le tétraploïde *Triticum turgidum* et le diploïde *Triticum tauschii* (aussi appelé *Aegilops tauschii* ou *Aegilops squarosa*, génome DD) a conduit à l'obtention de blés hexaploïdes tels que le blé tendre (*Triticum aestivum*) et l'épeautre (*Triticum spelta*) (**Bednarek, 2012**). Le génome de *Triticum aestivum* à une taille de 17 milliards de paires de bases, organisé en trois séries de 7 chromosomes appartenant aux génomes A, B et D soit 42 chromosomes au total (**Paux et al., 2008**).

### 2.1.2 Origine géographique

La culture du blé est très ancienne ; elle remonte au néolithique, peut-être même au mésolithique (vers 7 000 av. J.-C.). Heer a retrouvé dans les stations lacustres suisses une variété à petits grains (Tr. anti-quorum) dont la culture s'est maintenue jusqu'à l'époque romaine. L'origine géographique du blé tendre demeure très discutée. Selon **VAVILOV**, les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient 3 centres d'origine distincts :

- A. Le foyer syrien et nord palestinien serait le centre d'origine du groupe diploïde (engrain) Également serait le centre de diversification du groupe des *Aegilops* et *Secale* à  $2n = 14$ .
- B. Le foyer abyssin serait le centre de diversification des blés tétraploïdes.
- C. Le foyer afghan-indien serait le centre des blés hexaploïdes.
- D. Un quatrième centre, plus hypothétique, le Caucase où l'on rencontre des blés à  $2n = 28$  et  $42$ , serait un centre d'immigration secondaire. Cette théorie est néanmoins très controversée, étant en désaccord avec les conclusions des cytogénéticiens (**Moule, 1971**)

## 2.2 Production de blé tendre

### 2.2.1 Production mondiale

Selon des données du 1er août 2021, « la production de blé tendre est estimée à 36,6 Mt (+ 26,4 % par rapport à 2020 et + 10 % par rapport à la moyenne 2016-2020). L'estimation début août est donc revue en baisse de 0,4 Mt sur les chiffres de juillet », indique le service statistique du ministère de l'agriculture. Les régions de l'ouest, très impactées l'an dernier par la baisse de la production, voient leur récolte rebondir nettement : Poitou-Charentes (+ 63,6 % sur un an), Pays de la Loire (+ 55,6 %) ou encore Bretagne (+ 21,6 %). Le rendement est révisé à 74,3 q/ha (75,1 q/ha au 1/07), supérieur de 7,8 % à la moyenne quinquennale 2016-2020. Les surfaces de blé tendre, qui intègrent ce mois partiellement les surfaces PAC déclarées par les agriculteurs, sont estimées à 4 924 milliers d'hectares et augmentent de 16,6 % par rapport à 2020 et de 2 % par rapport aux surfaces moyennes 2016-2020. » (Site5)

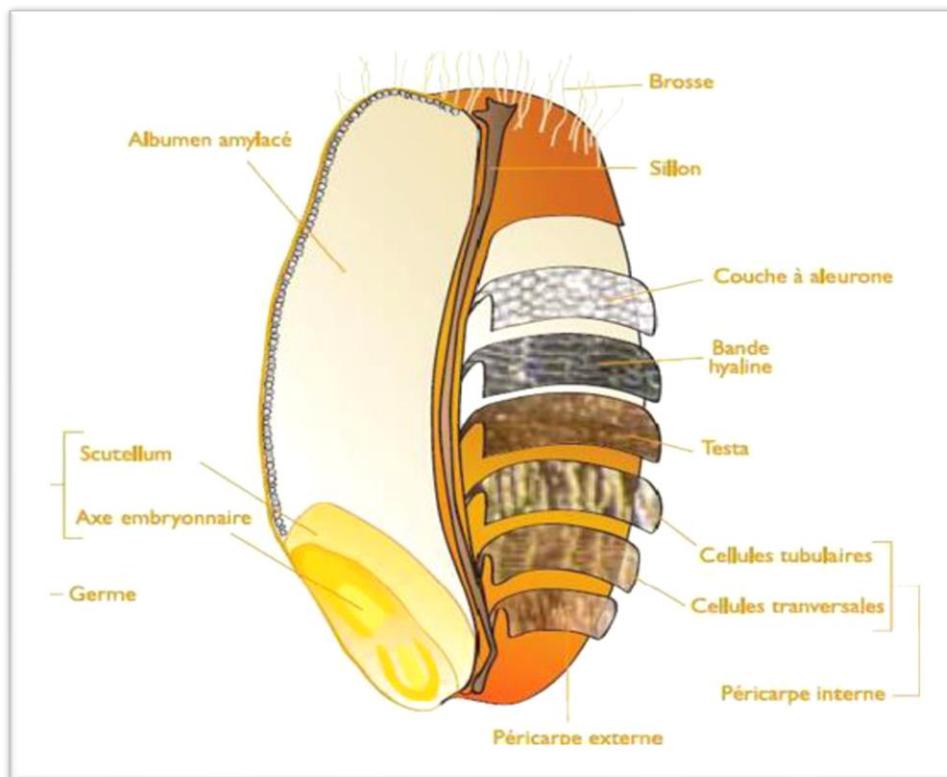
### 2.2.2 Production en Algérie

Le blé tendre est l'une des céréales les plus consommées en Algérie après le blé dur du fait qu'elle est utilisée dans la préparation des gâteaux traditionnels et du pain de boulangerie surtout pour les zones citadines (Chaulet et al 1993). Depuis des années, l'Algérie était parmi les premiers importateurs de cette matière, en vue de la faible production. Récemment, le gouvernement algérien a récemment annoncé une réduction de 35,55 % des importations de blé tendre pour l'année 2020 : 4 M tonnes seront importées contre 6,5 M tonnes en 2019 (4,6 M tonnes/an de blé importés de France – campagne 2018/2019) (site6). Cette décision est intervenue après avoir considéré la constante évolution de la production nationale. Où en 2018, l'Algérie a enregistré une production record de 60,5 millions de tonnes, dont 7,9 millions de quintaux de blé tendre avec une augmentation de plus de 6%. Les experts en affaires économiques Algériens, ont convenu qu'il est capable d'atteindre l'autosuffisance dans la production de blé. Et l'orge, et les capacités possédées par l'Algérie la qualifient pour étendre les surfaces de culture de blé tendre. (Site7)

## 2.3 Structure du grain

Le grain de blé a une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur (Figure4). Il est obtenu après le battage, c'est-à-dire une fois que les balles enveloppant le grain ont été supprimées. A la base dorsale du grain, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5

mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg (Surget et Barron, 2005). Par ailleurs, selon Calvel, (1983), la couleur de blé varie du roux au blanc. En rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture et le climat. En outre, d'après (Emillie, 2007).



**Figure 4 :** Structure du grain du blé tendre (Emillie, 2007).

Le grain de blé se compose de trois parties (figure 5)

### A. Enveloppe

L'écorce représente à elle seule 20% du poids du grain, elle est formée de plusieurs couche et l'on observe, au microscope de l'extérieur vers l'intérieur les zones suivantes (Figure5) :

- Le péricarpe qui constitue l'enveloppe, il est formé de plusieurs cellules à membrane épaisse.
- Le tégument séminale qui contient les colorants de blé (jaune ou roux), la bande hyaline qui est transparente lorsqu' on l'observe au microscope.
- L'assise protéique : qui est composée de cellule de taille moyenne, de forme cubique a paroi moins épaisse que celle du péricarpe et moins lignifiée.

### B. Amande farineuse

Encore appelée albumen, représente la majeure partie de blé, 77 à 80% du poids du grain, elle est limitée à sa partie inférieure par le germe. Elle est constituée d'un ensemble de cellules renferment les grains d'amidon, réunis entre eux par un réseau de gluten (Figure 5). C'est ce dernier qui confère à la farine la propriété de former une pâte élastique lorsqu'on y ajoute de l'eau. Lorsque l'on va de la périphérie de l'amande vers le centre. Les grains d'amidon deviennent plus nombreux.

### C. Germe

Il représente environ 3% du poids de la graine (Figure5), il constitue la future plante c'est un groupe riche en matière grasses, en sucres et vitamines (B et E) (Godon, 1982).

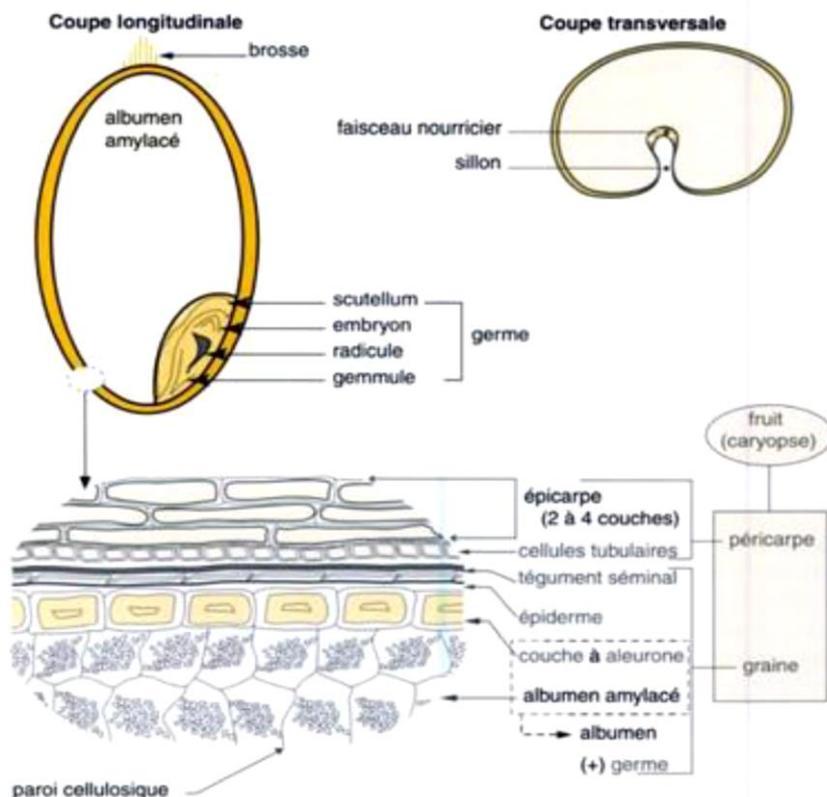


Figure 5: Coupe d'un grain de blé (Godon, 1982).

## 2.4 Différents constituants du grain de blé tendre

### 2.4.1 Éléments principaux

Les glucides, surtout sous forme d'amidon, de très loin le constituant le plus important des céréales, et les lipides ou matières grasses, constituants majeurs des oléagineux, sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Les protides présents sous forme de protéines contiennent en plus de l'azote. D'une manière générale, les céréales sont peu riches en protéines, contrairement aux protéagineux (pois, féverole) et aux oléo protéagineux (colza, tournesol, soja). **(Feillet, 2000)**

#### 2.4.1.1 Glucides

Les glucides ou sucres se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence, facilement digestible. C'est le constituant majeur des céréales : 60 à 65 % du poids pour le blé et 70 à 73 % pour le maïs. La cellulose qui entre dans la composition du péricarpe est un glucide complexe, difficilement digestible par les monogastriques. **(Benhamimed et Chaoui, 2016)**

#### 2.4.1.2 Gluten (protides ou protéines)

Le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé tendre ou de blé dur. Principalement constitué de protéines (75 à 85% ms selon les conditions de fabrication), il contient également de l'amidon (8 à 10% ms), des sucres réducteurs (1 à 2% ms), des lipides (5 à 10% ms), et des matières minérales (1% ms). **(Feillet, 2000)**

#### 2.4.1.3 Amidon (glucides)

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs, représente 60 à 72 % à l'état naturel, dans l'amande, il se présente sous forme d'une poudre composée de granulés de tailles différentes. C'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau. **(Lamara et Benguedoudj, 2019)**

#### 2.4.1.4 Protides et Protéines

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales et des protéagineux varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 43 % pour le soja, 12 % pour le blé, 11 % pour l'orge et seulement 10 % pour le maïs. Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation animale (substance nécessaire à la croissance). (Mahi, 2020)

#### 2.4.1.5 Lipides

Les lipides représentent une classe complexe hétérogène de constituants, que nous définirons comme étant insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques (chloroforme, éther, benzène .... etc.). Ils sont constitués de longues chaînes hydrocarbonées et contiennent un ou plusieurs acides gras ou des dérivés d'acides gras. Les lipides sont des constituants mineurs du blé puisqu'ils ne représentent en poids qu'entre 1,5 et 2,5 % (Daniels *et al.*, 1971), Cette faible quantité, est d'un intérêt particulier parce qu'elle modifie l'attitude des autres constituants. Le grain de blé est riche en acides gras saturés, localisés dans le germe (15%) et les enveloppes (12%) (Calvel, 1980).

### 2.4.2 Éléments secondaires

#### 2.4.2.1 Pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques complexes, surtout concentrés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les pigments sont spécifiques à chaque espèce et même à chaque variété. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigments caroténoïdes). (Feillet, 2000)

#### 2.4.2.2 Enzymes

Ce sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important : ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés).(Benhamimed et Chaoui, 2016)

##### A. Amylases

Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panariaire sont la  $\alpha$  amylase et  $\beta$  amylase la présence de la  $\alpha$  amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylase a besoin d'être contrôlé soigneusement.

**B. Lipases**

Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanc.

**C. Protéases**

Enzymes agissant sur la structure des protéines ; leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.

**D. Lipoxydases**

Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanc.

**2.4.2.3 Eau**

L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande. Du point de vue chimique et physique, son action solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil. Le rôle de l'eau et les problèmes qu'elle engendre pour la conservation sont étudiés plus loin. **(Feillet, 2000)**

# **Chapitre III**

## **Les critères de la qualité technologique des blés**

### 3.1 Notion de qualité

D'après l'AFNOR (1991), la qualité d'un produit est son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs. En effet, elle est le résultat de facteurs multiples et complexes. Elle peut être considérée comme une caractéristique complexe d'un aliment qui détermine son intérêt ou son acceptabilité pour le consommateur (Raiffaud, 2001).

### 3.2 Les critères de la qualité technologique de blé dur :

La qualité d'un blé dur est 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 à 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.

#### 3.2.1 Mitadinage

La valeur semoulière d'un blé caractérise le rendement de sa transformation en semoule de pureté déterminée. Elle tient compte des caractéristiques commerciales du lot (teneur en eau, quantité des impuretés...) (Feillet, 2000). Le rendement en semoule dépend essentiellement du mitadinage qui correspond à la diminution de la vitrosité du grain par l'apparition des zones farineuses blanchâtres dont la taille dépend de l'importance de cet accident (Valdayron et al., 1957).

Chez le blé dur, l'effet de mitadinage se manifeste lorsque les grains atteints ont tendance à s'effriter à la mouture pour donner du gruau au lieu de la semoule d'où la diminution du rendement semoulier (**Sombrero et Monneveux, 1989**). Le mitadinage est influencé par les conditions environnementales et les techniques culturales (**Mosconi et Bozzini, 1973**).



**Figure 6:** À gauche, coup d'un grain vitreux, à droite coup d'un grain totalement mitadiné (**Samson et Desclaux, 2006**)

### 3.2.2 Teneur en protéines

Pour les céréales à pailles, la teneur en protéine est une caractéristique essentielle. C'est un critère important d'appréciation de la qualité. Elle représente un intérêt technologique et nutritionnel pour l'utilisation du blé (**Gate, 1995**). Les protéines de l'albumen des céréales sont classiquement réparties en quatre classes selon leur solubilité : les albumines, les globulines, les prolamines (nommées gliadines chez le blé) et les glutélines (**Feillet, 2000**). Les deux premières fractions sont formées par l'ensemble des enzymes et des structures protéiques nécessaires à la vie cellulaire. Les deux dernières fractions, principales constituant du gluten, forment les protéines de réserve et représentent 70 à 85 % des protéines d'un grain (**Lasztity, 1984 ; AFSSA, 2003**).

### 3.2.3 Teneur engluent

Le gluten est un complexe protéique viscoélastique que l'on peut obtenir par lixiviation sous un mince filet d'eau, d'un pâton formé de semoule ou de farine de blé et d'eau. Le gluten est constitué de 75 à 80 % de protéines, 5 à 7 % de lipides, 5 à 10 % d'amidon, de 5 à 8 % d'eau et des matières minérales en proportion plus faibles (**Linden et Lorient, 1994**). Les protéines du gluten constituent 80 % du total des protéines du grain (**Osborne 1907 ; Liu et al., 1996**). Les composantes majeures du gluten sont les gliadines et les gluténines, qui représentent 70 % des protéines totales du blé. Ce sont les deux principaux groupes de protéines de l'endosperme, et

varient suivant la variété de blé utilisée (**Linden et Lorient, 1994 ; Masci et al., 1995 ; Mok ,1997**). La qualité des gliadines influence l'extensibilité de la pâte, les gluténines lui donnent élasticité et ténacité.

#### **3.2.4 Teneur en eau**

Quant à la teneur en eau du blé, elle peut être définie comme étant la quantité d'eau éliminée après maintien du produit dans une atmosphère où la pression de vapeur est égale à zéro pendant un temps suffisant pour atteindre un équilibre en poids (**Feillet, 2000**). La mesure de la teneur en eau des céréales est une opération capitale ayant trois intérêts principaux : le premier, technologique, correspond à la détermination des opérations de récolte, de séchage ou de stockage. Le deuxième, analytique, rapporte les résultats des analyses de toute nature à base fixe et le dernier intérêt est réglementaire puisque les contrats commerciaux fixent des seuils de teneur en eau à partir desquels sont appliquées des bonifications et des réfections (**ITCF et ONIC, 1995**).

### **3.3 Les critères de la qualité technologique de blé tendre**

La qualité technologique d'un blé tendre représente son aptitude à donner une plus ou moins grande quantité de farine de qualité bien définie dans des conditions de mouture fixées (valeur meunière) et de l'aptitude de la farine ainsi obtenue d'être valorisée soit en panification (valeur boulangère), en biscuiterie (valeur biscuitière). (**Aboudaou, 2011**).

#### **3.3.1 Teneur en protéines**

La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson à base de céréales varie de 7 à 15 % environ. Elle est fonction de la teneur en protéines des blés mis en mouture, de la répartition de celles-ci dans le grain et du taux d'extraction de la farine par rapport au grain (**Godon et Guinet, 1994**).

#### **3.3.2 Teneur en Gluten**

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 principales 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. (**Boukarboua et Boulkroun, 2016**).

### **3.3.3 Teneur en humidité**

La teneur en eau de la farine est un facteur important de conservation au cours du stockage (**Benhania, 2013**). La teneur en eau est importante en boulangerie puisqu'elle intervient dans le taux d'hydratation des pâtes, et donc dans leurs caractéristiques rhéologiques (**Godon et Willm, 1998 ; Kiger et Kiger, 1967**). Plus la teneur en eau de la farine est faible, et plus il est possible de lui ajouter de l'eau au pétrissage pour arriver à une consistance optimum de la pâte. Cette incorporation est d'autant plus aisée que la teneur en eau de la farine est plus faible (**Grandvoinnet et Prats, 1994**). Une farine saine loyale et marchande ne doit contenir plus de 16% d'eau.

### **3.3.4 Teneur en amidon**

L'amidon constitue environ 70 % du poids de la farine, il subit une certaine transformation au cours de processus de mouture au niveau de ses granules qui se voient endommagés. L'endommagement de l'amidon peut être bénéfique, aux possibilités d'absorption d'eau de la farine. Il absorbe son propre poids d'eau par contre l'amidon non endommagé absorbe 1/3 de son poids d'eau mais à partir d'un certain niveau, il rend la pâte plus grasse et plus collante jusqu'à la rendre non maniable. L'amidon endommagé facilite l'action des amylases, en particulier celle de  $\beta$ -amylase ce qui se traduit par une plus grande production de sucres et une augmentation progressive de la croûte (**Feillet, 2000**).

## **3.4 Les critères de qualité en commun entre le blé dur et le blé tendre**

### **3.4.1 Poids de Mille Grains (PMG) :**

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies). La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (**Dexter et Matsuo, 1977**).

Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis. Le PMG, pour une même variété, est corrélé positivement au taux d'extraction de semoule. Dans les zones chaudes de culture du blé dur telle que l'Afrique du nord, les PMG sont moins importants. Ce déficit provient de la brièveté de la période de reproduction (**Grignac, 1981 ; Benbelkacem et Kellou, 2000**).

### 3.4.2 Le Poids Spécifique (PS) :

Le PS est une ancienne mesure qui permet de mesurer la masse de grains pour un volume donnée (kg/hl), c'est la masse volumique dite masse à l'hectolitre. Etant toujours prise en compte dans les transactions commerciales, c'est une analyse qui présente toujours un intérêt. Chez le blé dur, est considérée comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement semoulier important (**Scotti, 1997**). Ce qui concerne le blé tendre, le PS est un indicateur de la valeur meunière, qui on peut l'apprécier indirectement par le poids spécifique (poids de l'hecto- litre) : plus il est élevé, plus le rendement meunier est élevé. C'est une caractéristique variétale mais elle est très fluctuante. Le parallélisme poids spécifique-valeur meunière fait que le poids spécifique est pris comme base commerciale. (**Moule, 1971**)

### 3.4.3 L'échaudage.

Cet accident se traduit par un aspect plus ou moins flétri, anguleux du caryopse, un poids de mille grains et de l'hectolitre faibles. Il consiste de toute évidence en un défaut de croissance et une mauvaise maturation de l'amande consécutive à un « coup de chaleur ». Son mécanisme se déduit directement de la connaissance de la physiologie de la maturation. Chez le blé d'hiver, **Geslin, (1944) et Jonard, (1964)** ont montré que les perturbations enregistrées sur la croissance en matière sèche sont fonction du stade de la maturation où les températures excessives apparaissent ; en l'occurrence le « palier » de poids d'eau constitue une phase critique de sensibilité à l'échaudage : avant ou après on n'observe en conditions naturelles aucune anomalie de maturation. (**Moule, 1971**). Se traduit par un aspect plus ou moins flétri du grain, des contours anguleux, un poids de 1 000 grains faible. (**Moule, 1971**)



**Figure 7:** des graines du blé échaudé (site 8)

### 3.4.4 Moucheture

A l'échelle internationale, la norme ISO décrit les grains mouchetés comme présentant à d'autres endroits que sur le germe une coloration brune à noire (OIN, 1994). Tandis que la norme européenne distingue d'une part, les grains colorés du germe comme étant des grains ayant la coloration au niveau de l'enveloppe du germe, et d'autre part les grains mouchetés comme étant ceux colorés ailleurs que sur le germe et en particulier au niveau du sillon (ECS, 2017).

La moucheture du blé dur et ainsi du blé tendre, caractérisée par des taches brunes à noires sur le grain de blé à maturité, contribue à déprécier l'aspect des pâtes alimentaires. (Samson et Desclaux, 2006). Au-delà des symptômes observés à l'œil nu, il a fallu étudier en détail leurs causes d'apparition, c'est ainsi que 2 types de facteurs se distinguent : les facteurs biotiques (champignons, cultivar de blé) et ceux abiotiques (principalement les conditions environnementales). (Chau, 2019)



**Figure 8:**Graines moucheté du blé (Arvalis, 2014)

# **Chapitre IV**

## **Matériel et méthodes**

## Objectif

La recherche s’articule sur l’évaluation de la qualité technologique de quelques variétés de blé dur et blé tendre tout en étudiant l’effet de l’interaction « Génotype x site » sur ces paramètres dans le but est de sélectionner les génotypes les plus performants, en d’autres termes, cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités technologiques et leur rendement en s’adaptant à des milieux différents.

### 4.1 Localisation des sites

Les échantillons qui ont fait l'objet des analyses ont été récoltés de deux sites expérimentaux appartiennent à l’Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Constantine, ils se trouvent localiser dans la Wilaya de Mila : le premier se situe dans la région Nord et le deuxième dans la région Sud.

#### 4.1.1 Caractéristiques des sites

La wilaya de Mila s’étend sur une superficie totale de 348840 hectares, (Figure 9).



Figure 9: La carte de la wilaya de Mila avec ses treize daïras (DSA MILA, 2020)

La céréaliculture occupe une place prépondérante parmi les autres activités agricoles avec une superficie emblavée de (109 950 hectares) (DSA, 2020), ce qui donne à la wilaya une vocation céréalière. La culture des céréales se trouve localisée au niveau de la zone sud car Mila se caractérise par deux types de climat. Un climat humide au nord et un climat semi-aride au sud. La céréaliculture occupe une place prépondérante parmi les autres activités

agricoles avec une superficie emblavée de (109 950 hectares) (DSA, 2020), ce qui donne à la wilaya une vocation céréalière. La culture des céréales se trouve localisée au niveau de la zone sud car Mila se caractérise par deux types de climat. Un climat humide au nord et un climat semi-aride au sud.

#### 4.1.2 La conduite des essais

Les travaux culturaux effectués pour la mise en place de l'expérimentation sont présentés aux Tableaux 2 et 3

**Tableau 2:** Principales caractéristiques des essais de site 1 durant la campagne 2020/2021 (ITGC ,2021)

Caractéristiques des essais	Dates, outils et doses utilisées
<b>Précédant cultural</b>	Jachère
<b>Déchaumage</b>	Effectué en Aout 2020 Par une déchaumeuse
<b>Labours profonds</b>	Effectué en Septembre 2020 avec une Charrue à soc
<b>Recroissage</b>	1 <sup>er</sup> passage Octobre 2020 2 <sup>ème</sup> passage Novembre 2020 avec un Cultivateur
<b>Hersage</b>	Réalisé le mois de Décembre 2020
<b>Fertilisation de fond</b>	Une dose de 1 QX de MAP a été apportée le 05/12/2020
<b>Semis</b>	Avec une dose de 150kg/h, le 02/01/2021 les espèces cultivées sont : blé dur et blé tendre (Saoura Ammar 6-oued el bared-hd1220-massine-boumerzoug-vitron-wahbi-bousselam-ain lehma-simeto-gta dur-akhamoukh-maouna-ain abid-tiddis –arz-wifak)
<b>Désherbage Chimique des céréales</b>	Désherbant appliqué est palasse / li 700 et rapide, avec une dose de (1/2L/ha) Date d'application : 02/02/2021
<b>Fertilisation azotée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1<sup>er</sup> apport</b> avec une dose de 60Kg de l'Urée 46% apporté le 04/02/2021</li> <li>• <b>2<sup>ème</sup> apport</b> avec une dose de 70Kg de l'Urée 46% apporté le 03/03/2021</li> </ul>

**Tableau 3:** Principales caractéristiques des essais de site 2 durant la campagne 2020/2021 (ITGC ,2021)

Caractéristiques des essais	Dates, outils et doses utilisées
<b>Précédant cultural</b>	Carotte
<b>Déchaumage</b>	/
<b>Labours profonds</b>	/
<b>Recroissage</b>	Le 1 <sup>er</sup> passage est effectué le mois de Décembre 2020. Le 2 <sup>ème</sup> passage est réalisé le mois de Décembre 2020 avec un Couver-crop
<b>Hersage</b>	Réalisé le mois de Janvier 2020
<b>Fertilisation de fond</b>	Une dose de 1 QX de MAP a été apportée le 07/01/2021
<b>Semis</b>	Avec une dose de 175 kg/h, le 07/01/2021 les espèces cultivées sont : blé dur et blé tendre (Saoura Ammar 6-oued el bared-hd1220-massine-boumerzoug-vitron-wahbi-bousselam-ainlehma-simeto-gta dur-akhamoukh-maouna-ain abid-tiddis –arz-wifak)
<b>Dés herbage Chimique des céréales</b>	Dés herbant appliqué est FOCUS Date d'application : 02/02/2021
<b>Fertilisation azotée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1<sup>er</sup> apport avec une dose de 70 Kg de l'urée 46% apporté le 03/03/2021</li> <li>• 2<sup>ème</sup> apport avec une dose de 60Kg de l'urée 46% apporté le 04/02/2021</li> </ul>

#### 4.1.3 Caractéristique climatique

Les caractéristiques observées dans ces deux régions sont notamment la pluviométrie et la température (tableaux 5 et 6). Ces deux facteurs ont un effet important sur le développement des céréales.

#### 4.1.3.1 La température

Le site 1 est caractérisé par des températures élevées et des vents chauds déterminant la fin de cycle et provoquant parfois des déficits hydriques qui touchent surtout la phase du remplissage de grain. (Tableau 4)

Le site 2 se localise au niveau de l'étage bioclimatique semi-aride de la zone sud de la wilaya de Mila. Cette zone se caractérise par de faibles températures au cours de la saison hivernale puis par de fortes chaleurs de fin de cycle qui provoquent des déficits hydriques affectant beaucoup plus la phase du remplissage de grain (Tableau 4).

**Tableau 4:** Les températures moyennes (°C) dans le site1et le site 2 durant la campagne 2020/2021. (Site9)

Mois	Site1	Site2
Septembre	21.6	20.4
Octobre	16.1	14.7
Novembre	13.5	11.6
Décembre	9	6.6
Janvier	8.6	6.4
Février	11.5	10
Mars	10.4	9.1
Avril	14.4	13.7
Mai	19.8	19
Juin	25.3	25.6
Moyen	15.02	13.71

#### 4.1.3.2 La précipitation

La zone nord de la wilaya de Mila, site 1, qui est une région humide, caractérisée par un climat relativement doux mais avec un été chaud. Au cours de ces dernières années, la moyenne pluviométrique varie entre (300 mm et 860 mm).

La zone sud, site 2, de la wilaya de Mila, caractérisée par un climat relativement sec avec une faible pluviométrie variant entre (200 et 300 mm)

**Tableau 5:** La pluviométrie cumulé (mm) dans le site 1 et le site 2 durant la campagne 2020/2021 (site 10)

Mois	Site1	Site2
Septembre	18.2	25
Octobre	20.8	6
Novembre	44.8	46.4
Décembre	78.4	54.5
Janvier	34.8	16.6
Février	9	7
Mars	36.6	44.8
Avril	28.8	14.8
Mai	36.6	80.2
Juin	4.8	2
Totale	312.8	297.3

Les conditions climatiques de cette campagne se caractérisent par des précipitations très faibles que ce soit dans le site 1 que dans le site 2. Entre le mois de septembre et le mois de décembre, le cumul pluviométrique est important. Par la suite, les précipitations sont faibles entre les mois de Janvier jusqu'au mois de juin ce qui a affecté la culture durant les stades critiques en eau telles que le remplissage du grain surtout au niveau de site 2 (Tableau 5).

## 4.2 Protocole expérimental

### 4.2.1 Matériel végétale

L'étude a porté sur deux collections de blés

-1<sup>er</sup> collection comporte huit variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*), (Tableau 6)

-2<sup>eme</sup> collection : composée de huit variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*), (Tableau 6)

Les grains de blés sont stockés dans des sacs en papier d'une contenance de 1000 g. Les échantillons sont retenus pour apprécier la qualité technologique du blé dur et tendre. La partie expérimentale a été effectuée au niveau de deux laboratoires : au sein de Moulin Béni Haroun, Garm Gouga, et au laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale, de l'Université Frères Mentouri Constantine 1.

**Tableau 6:** liste des 8 variétés de la collection des blés durs et tendres utilisés dans l'expérimentation (ITGC ,2021).

N°	Noms des Variétés de blé dur	Noms des Variétés de blé tendre
V1	AIN LAHMA	AIN ABID
V2	BOUSSELAM	AKHAMOUKH
V3	GTA DUR	ARZ
V4	OUED ELBARED	BOUMARZOUG
V5	SAOURA	HD 1220
V6	SIMETO	MAOUNA
V7	VITRON	MASSINE
V8	WAHBI	WIFAK

#### 4.2.2 Méthode d'étude

Les analyses ont été effectuée sur les grains de chaque variété et des autres sur la semoule du blé dur et la farine du blé tendre après la mouture qu'ils subiet, les protocoles et les résultats obtenus sont la moyenne de trois essais.

##### 4.2.2.1 Analyse physico-chimique des grains des variétés étudiées

###### A. Mesure de poids spécifique (PS)

- **Principe**

Le poids spécifique, ou poids au boisseau, est une mesure de la densité du grain et représente le poids du grain tassé dans un volume donné. Le poids spécifique du grain est généralement exprimé en kilogrammes par hectolitre (kg/hl). (site11)

Elle est considérée comme un indicateur de la valeur de semoule et la farine. La valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78 kg/hl pour le blé dur et 77 kg/hl pour blé tendre

- **Mode expérimental**

a. Monter la trémie sur le mesureur puis remplir de grain jusqu'au bord supérieur sans tassage.

**b.**Ouvrir l'obturateur de trémie et laisser couler les grains dans le mesureur. Puis glisser le coteau raseur pour obturer.

**c.**En lever le mesureur et peser le contenu à l'aide de NULEMALITRE, le poids obtenu divisé par 10 donne le poids naturel du grain à l'hectolitre.



**Figure 10:** Photos représentative de la méthode utilisée pour mesurer le PS (photo personnel ,2021 ) :

**a :** Monter la trémie sur le mesureur puis remplir de grain jusqu'au bord supérieur sans tassage,

**b :** Ouvrir l'obturateur de trémie et laisser couler les grains dans le mesureur

**c :**en lever le mesureur et peser le contenu à l'aide de NULEMALITRE

## B. Détermination du poids de mille grains

### • Principe

Est basée sur le comptage des grains d'une prise d'essai de 30g après élimination des impuretés et de grains cassés. (Boulala et Rouabeh, 2018)

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes que la plante a pu rencontrer pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies) (site12)

### • Mode expérimental

- a. fait une opération de nettoyage (élimination de blé cassé et autres déchets)
  - b. peser le blé nettoyé à l'aide d'une balance automatique.
  - c. Compter le nombre de grain à l'aide d'un appareil appelé « Compteur de grain ».
  - d. Déterminer l'humidité initiale des grains, selon la procédure suivante :
  - e. Broyer du grain à l'aide de broyeur
  - f. Peser 10 grammes de grains broyés
  - g. Mettre l'échantillon dans l'étuve BRABANDER afin de déterminer l'humidité de blé
- La détermination du poids de 1000 grain est obtenue par la formule :

Poids de 1000 grain:  $P \times 10(100 - H) / N$

P=poids du blé nettoyé

N= nombre de grain compté par l'appareil

H= humidité Initiale de blé



Figure 11: Compteur de grain (photo personnel, 2021)

### C. Détermination du taux de mitadinage

- **Principe**

Le taux de mitadinage (exprimé en %) indique le nombre de grains partiellement ou totalement farineux dans un lot de grains. La détermination du taux de mitadinage s'effectue manuellement. (Boulala et Rouabeh, 2018)

- **Mode expérimental**

Le taux de mitadinage a été déterminé visuellement sur 100 graines de blé (dur et tendre), par la sélection des graines mitadinées d'échantillon. Le pourcentage des grains mitadinés est le résultat de trois essais selon la formule suivante :

Le pourcentage des graines mitadinées % =  $(M \times 100) / N$

M = nombre de grain mitadinés présent dans 100 graines

N = nombre de graines du prélèvement



**Figure 12:** Grains sains (à gauche), grains mitadinés (à droite) (photo personnel, 2021)

### D. Détermination du taux moucheture

- **Principe**

Elle correspond à un changement de couleur du péricarpe des graines, Il s'agit des grains qui présentent à d'autres endroits que sur le germe des colorations situées entre le brun et noir brunâtre. (Boulala et Rouabeh, 2018)

La moucheture sur les blés peut entraîner la présence de piqures noires dans les semoules de blé dur et dans les farines de blé tendre. Cet accident physiologique due aux plusieurs facteurs (climat ; les variétés ; les pratiques culturales). (site13)

- **Mode expérimental**

Le taux de moucheture a été déterminé visuellement sur 100 graines, par la sélection des graines mouchetées. Les résultats sont exprimés en pourcentage pour 100 graines d'échantillons selon la formule suivantes

Le pourcentage des graines mouchetés % =  $(M \times 100) / N$

M = nombre de grain mouchetés présents dans 100 graines

N = nombre des graines du prélèvement



**Figure 13:** grains sain (à gauche), grains mouchetés (à droite) (Photo personnel, 2021)

### E. Détermination du taux d'échaudage

- **Principe**

C'est un phénomène physiologique qui a lieu avant la maturation à cause de température élevée (supérieure à 28°) qui provoque une forte évaporation de l'eau.

Les grains échaudés sont rabougris, ridés, déformés conséquence du mauvais remplissage. (Boulala et Rouabeh, 2018)

- **Mode expérimental**

Le taux d'échaudage a été déterminé visuellement sur 100 graines de blé (dur et tendre), par la sélection des graines échaudé d'échantillon. Le pourcentage des grains échaudés est le résultat de trois essais selon la formule suivante :

Le pourcentage des graines échaudées % =  $(M \times 100) / N$

M = nombre de grain échaudés présent dans 100 graines

N= nombre de grain du prélèvement



**Figure 14:**Sain (à gauche), grains échaudés (à droite) (Photo personnel, 2021)

#### 4.2.2.2 Analyse technologique des farines et des semoules

À fin d'effectuer ces analyses, une opération de transformation de blé dur et tendre respectivement en semoule et en farine est mis en place, selon les étapes suivantes :

- Nettoyage et humidification des grains de blé (manuellement)
- Repos des grains humidifiés de 24h à 48h
- Broyage à l'aide d'un broyeur
- . -Convertissage des grains broyés à des produits fins jusqu'à la farine et la semoule.

##### A. Teneur en gluten

- **Principe :**

L'extraction du gluten est obtenue par malaxage mécanique d'une pâte de farine et par lavage par une solution de NaCl tamponnée, puis en essorant et en pesant le résidu (AACC. 38.12, ICC Standard 137). (Sassi, 2008)

- **Mode expérimental**

- Peser 10 grammes de semoule/farine
- Mélanger la semoule avec de l'eau salée pour obtenir une pâte homogène.
- laisser reposer 5min
- laver la pâte sous le robinet pour éliminer l'amidon et garder le gluten
- Mettre le gluten dans centrifugeuse 5min pour le séchage
- Peser le gluten net à l'aide d'une balance ...



**Figure 15:** à gauche, le repos de pâte 5min. à droite, l'extraction manuelle de gluten. (Photo personnel, 2021)

#### 4.2.2.3 Analyse dans le proche infrarouge NIRS

L'analyse technologique consiste à mesurer par infrarouge les paramètres suivants de la farine et de semoule : l'humidité, l'amidon, le taux des protéines. C'est une méthode rapide couramment utilisée en est réalisée par un instrument d'analyse de composition (Inframatic). On introduit une petite quantité de farine dans la cellule de mesure puis on lance l'analyse. Les résultats apparaissent à l'écran. (Boukarboua et Boulkroun, 2016)



**Figure 16:** l'appareil à infrarouge (NIRS). (Photo personnel, 2021)

##### A. Teneur en protéine

La teneur en protéines se mesure également de façon indirecte sur grains entiers (ou broyés) par spectrométrie dans le proche infrarouge. Cet appareil permet d'obtenir la teneur en protéines d'un échantillon de blé en moins d'une minute. (Arvalis, 2013)

**B. Teneur en eau**

Le taux d'humidité est mesuré à l'aide du même appareil à infrarouge (NIRS) 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. (Kara, 2015)

**C. Teneur en amidon**

Le taux d'amidon est mesuré par l'appareil (NIRS), par réflexion en proche infrarouge (1400-2500nm). Les résultats à trois répétitions sont exprimés en pourcentage d'amidon par rapport à la matière sèche. (Kara, 2015)

**4.3 Démarche d'analyse et d'interprétation statistique**

Les résultats obtenus des deux stations sont analysés à l'aide d'un logiciel appelé SPSS. Ce logiciel nous a permis de traiter les données. Cette analyse nous a donné en premier lieu l'effet de chacun des facteurs étudiés et leur interaction, ces résultats sont illustrés dans le tableau d'analyse de la variance.

Le seuil de signification retenu est de 0.05 %. Si la probabilité est inférieure à ce seuil, on pourra dire qu'il existe un effet significatif du facteur étudié (génotype, site ou leur interaction). Si au contraire, la probabilité est supérieure à ce seuil, on pourra dire qu'il n'existe pas d'effet significatif du facteur étudié.

Si l'analyse statistique montre un effet significatif dans l'interaction des deux facteurs étudiés (interaction génotype x site), ceci indique qu'il existe une dépendance de l'expression des deux facteurs. A cet effet, la comparaison des différentes moyennes nous montre le nombre de groupes homogènes existants pour le paramètre étudié. Cette comparaison est faite en utilisant le test de Newman et Keuls (ou le test PPDS).

Si au contraire, l'analyse statistique ne montre pas de signification de l'interaction génotype x environnement, on interprète juste les facteurs qui montrent une signification (génotype ou milieu) sans passer au test de PPDS pour le facteur interaction G x S.

# **Chapitre V**

## **Résultats et discussion**

## 5.1 Partie I : Evaluation des paramètres technologiques et de rendement de quelques variétés de blé dur

### 5.1.1 Les paramètres technologiques

Plusieurs paramètres Physiques ont été étudiés tels que le poids spécifique ; le poids de mille grains ; le taux de mitadinage ; le taux de moucheture et le taux d'échaudage. En outre, d'autres caractères technologiques ont été évalués tels que la teneur en protéines de la semoule ; la teneur en humidité de la semoule et le teneur en gluten humide. Les principaux résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le (Tableau 7).

**Tableau 7** : Analyse de la variance (carrés moyens) de différents caractères mesurés chez les variétés de blé dur

Caractères étudiés	Moyenne des carrés		
	Géotypes	Sites	Interaction
PS	007.867 <sup>ns</sup>	00091.025***	030.385***
PMG	016.374 <sup>ns</sup>	00514.175**	039.777***
TMI	481.131 <sup>ns</sup>	00075.000 <sup>ns</sup>	741.190***
TMO	085.131 <sup>ns</sup>	00243.000 <sup>ns</sup>	087.190***
TECHO	026.095 <sup>ns</sup>	01386.750***	021.512***
TPRO	002.218 <sup>ns</sup>	00000.992 <sup>ns</sup>	004.267***
THUM	000.253 <sup>ns</sup>	00003.101 <sup>ns</sup>	001.403***
TGTU	064.747 <sup>ns</sup>	00000.403 <sup>ns</sup>	060.005***
RDM	018.933 <sup>ns</sup>	14338.945***	025.145***

PS = Poids spécifique, PMG = Poids de mille grains, TMI = Taux de mitadinage, TMO = Taux de moucheture, TECHO = Taux d'échaudage, TPRO = Teneur en protéine, THUM = Taux d'humidité, TGTU = Teneur en gluten humide, RMD = Rendement

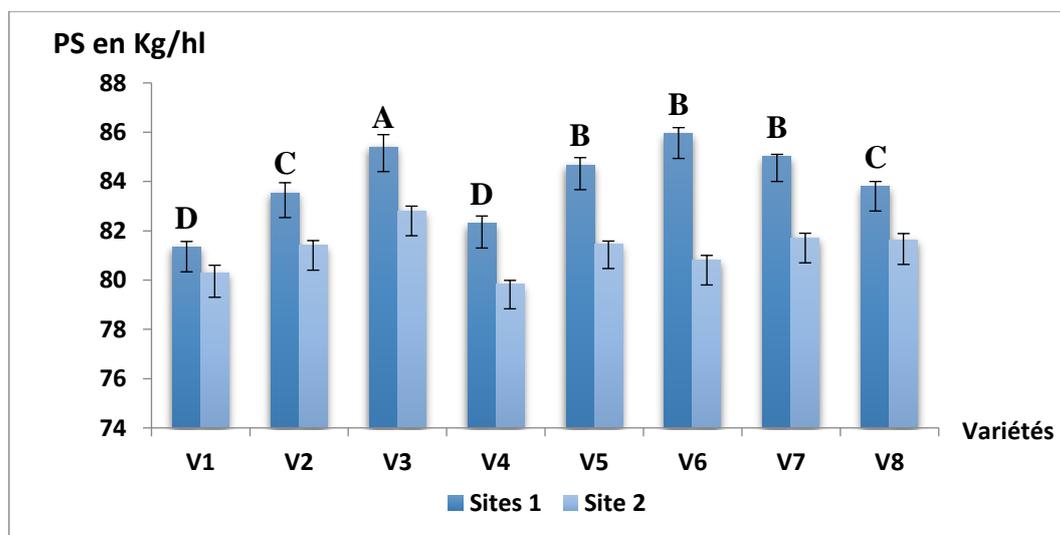
L'analyse statistique de la variance du facteur génotype nous dévoile que le test F observé est largement moins important que le test F théorique. Ceci implique qu'il existe un effet non significatif du génotype sur tous les caractères (Tableau 7).

L'analyse de la variance du facteur site indique une différence non significative entre les deux sites avec une probabilité supérieure à (0,05) pour les caractères : taux de mitadinage, taux de moucheture, teneur en protéine, teneur en humidité et teneur en gluten. Par contre, la différence entre les deux sites est hautement significative à très hautement significative pour, respectivement, poids de mille grains, poids spécifique, taux d'échaudage et le rendement.

L'analyse de la variance du facteur interaction génotype x site indique une différence très hautement significative entre les génotypes dans les deux sites pour tous les caractères évalués, avec une probabilité de (0.0001), (Tableau 7)

### 5.1.1.1 Poids Spécifique :

Les résultats se rapportant au poids spécifique des échantillons, exprimé en kilogramme par hectolitre, sont représentés par la Figure 16.



**Figure 17:** Effet de l'interaction génotype x site sur le poids spécifique des grains

L'analyse statistique de la variance du facteur interaction génotype x site indique des différences très hautement significatives. En effet, le test F observé étant nettement supérieur au test F théorique pour une probabilité de 0,0001 et un risque d'erreur de la 1<sup>ère</sup> espèce  $\alpha = 0.05 \%$ , ce qui prouve l'influence des deux facteurs à la fois (génotype et site) en interaction sur le caractère poids spécifique des grains.

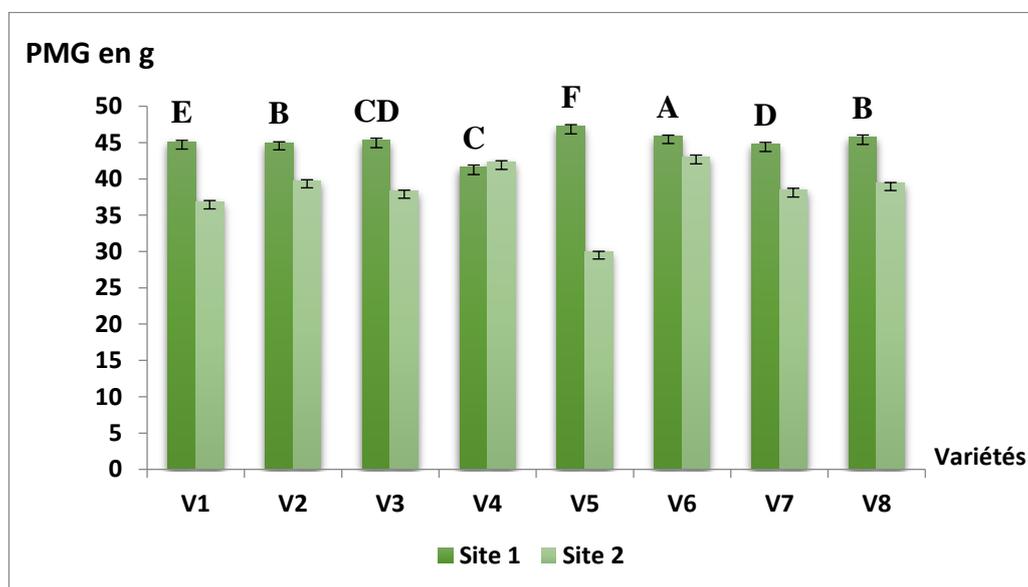
Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS, montre la présence de plusieurs groupes homogènes et révèle les meilleurs poids spécifiques au sein des deux sites. En effet, les génotypes ont exprimé les meilleures performances du poids spécifique dans le site 1 là où les conditions climatiques étaient favorables lors de remplissage du grain. Le poids spécifique le plus élevé a été obtenu chez le génotype Simeto (85.933 kg/hl), suivi des génotypes, selon un ordre décroissant, GTA dur (85.4 kg/hl) ; Vitron (85 kg/hl) , Saoura (84.66 kg/hl) , Wahbi (83.8kg/hl) , Bousselam (83.53 kg/hl), Oued Elbared (82.3 kg/hl) , le poids minimum a été observé chez le génotype Ain lehma (81.33kg/hl).

Les résultats des analyses montrent l'influence de l'interaction génotype  $\times$  site sur le poids spécifique.

Les poids élevés enregistrés dans le site 1 sous des conditions favorables, limitent le déclenchement d'échaudage qui diminue le poids spécifique. Ainsi, selon **Soltner, (2005)** plus les grains sont secs, plus son poids spécifique augmente.

### 5.1.1.2 Poids de mille grains PMG

Les résultats relatifs au poids de mille grains des échantillons, exprimé en gramme, sont regroupés et représentés par la Figure 17.



**Figure 18:** Effets de l'interaction génotype  $\times$  site sur le poids de mille grains

Au sein de même site, les génotypes présentent les mêmes performances pour exprimer un PMG dont les écarts ne sont pas significativement différents. La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences hautement significatives dont les meilleures performances sont obtenues dans le site 1 (Figure 18). En effet, le poids de mille grains est un

paramètre lié au potentiel génétique de chaque cultivar et aux conditions climatiques caractérisant chaque site. Ce qui est confirmé par l'effet très hautement significatif du facteur interaction génotype x site (Figure 18).

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de plusieurs groupes homogènes, le génotype Simeto a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (44.46 g) suivi par les deux variétés Wahbi et Bouselam avec des valeurs moyennes de (42.56g et 42.38g). Par contre, le poids de mille grains le plus faible est enregistré chez le génotype Saoura avec une moyenne de (38.58g). En effet, ces fluctuations du poids d'une même variété impliquent que les génotypes ne s'expriment pas de la même manière d'un site à un autre.

En effet, ces fluctuations du poids d'une même variété impliquent que les génotypes ne s'expriment pas de la même manière d'un site à autre (**Bouchetat, 2020**).

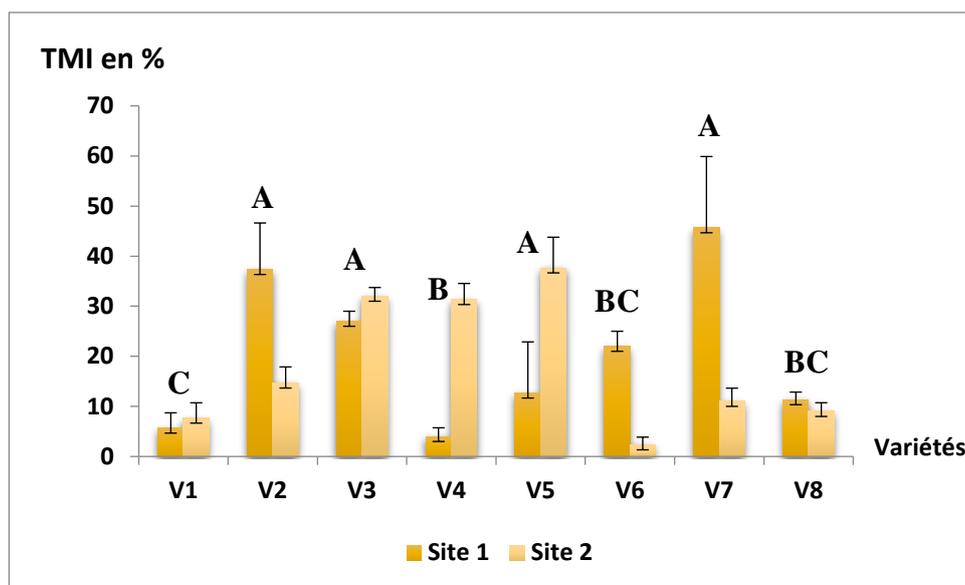
Ces fluctuations pourraient provenir des conditions environnementales dans lesquelles ont évoluent les génotypes étudiés. Le Poids de mille grains est peu maîtrisable car fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains. (**Abidi, 2009**)

Les poids de mille grains élevés marqués dans le site 1 ont due grâce à des facteurs climatiques favorables : sous hautes température, une vitesse de remplissage sera très élevée et ci qui affecte le Poids de mille grains positivement, et ceci explique les différences génotypiques du poids de mille grains mieux que la durée de la phase de remplissage du grain. (**Bouchetat, 2020**)

Les faibles poids de mille grains obtenus dans le site 2 peut être expliqué par : Un manque d'eau après floraison, combiné aux fortes températures, entraîne une diminution du Poids de mille grains par altération de la vitesse et/ ou de la durée de remplissage, provoquant ainsi l'échaudage des grains une diminution de Poids de mille grains provoquant un fort échaudage des grains de blé. (**Abidi, 2009**)

### 5.1.1.3 Taux de mitadinage

Les résultats se rapportant au taux de mitadinage des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés par la Figure19



**Figure 19:** Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de mitadinage

Les différences de taux en mitadinage entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur ce caractère.

Le test de NEWMAN et KEULS classe les différents groupes homogènes et révèle des valeurs de taux de mitadinage comprises entre (4 % et 45.66 %), avec une moyenne générale de 20.7 %, un écart-type de 5.63 %. Les génotypes les plus intéressants et ayant répondu à un taux de mitadinage moins de 20% sont : Oeud Elbared (4%), Ain alehma (5.66 %), Wahbi (11.33%), Saoura (12.66%), selon le règlement communautaire n° 824/2000 du 19 avril 2000 **.(Samson et Desclaux, 2006)**

Toutefois, les génotypes ayant obtenu les plus forts pourcentages en mitadinage sont : Simeto (22 %), GTAdur (27 %), Bousselam (37.33 %), Vitron (45.66 %).

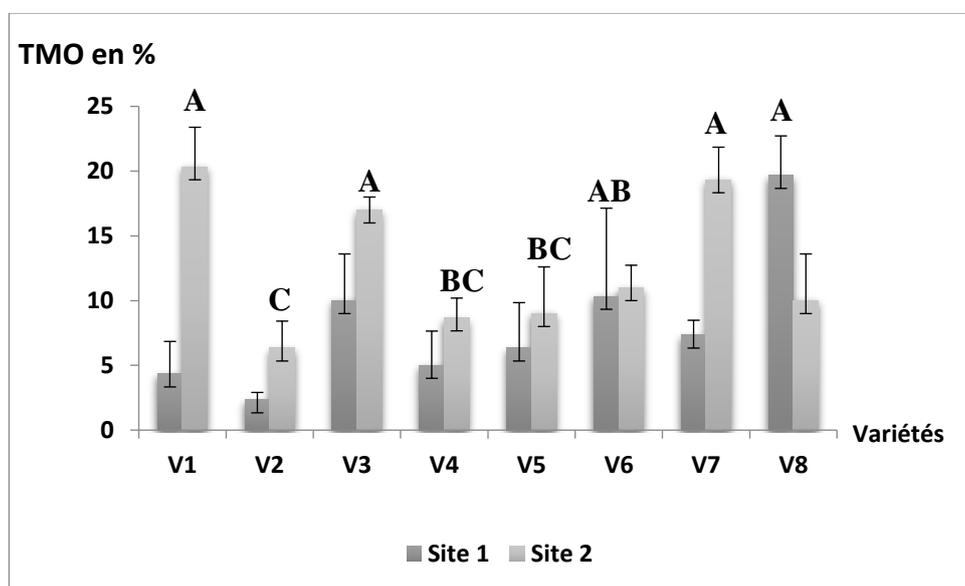
Ces résultats seraient liés à l'interaction génotype  $\times$  site, qui aurait un impact positif ou négatif sur le taux de mitadinage.

En effet, ce paramètre est fortement limité par le fractionnement des apports d'azote sur le site, sachant que l'ajout des doses élevées d'azote permet d'atteint un taux élevé de protéine pour limiter le mitadinage (**site14**) et ci confirmé par **Abdellaoui ,(2007)** en disant que l'apport croissant de doses d'azote durant les 2 stades de développement du blé (tallage, gonflement) occasionne une réduction de pourcentage de mitadinage.

Selon les résultats publiés par "Campus Inra-Agro Montpellier" montrent que sur le plan biochimique, les lots de blé les moins mitadinés (<20 %) ont plus de gliadines que de gluténines. Il semble, comme chez le blé tendre, que l'augmentation de la teneur en protéines totales en réponse à la fertilisation azotée, s'accompagne d'une élévation de la teneur en gliadines qui dans le cas du blé dur modifierait la structure de l'albumen. (Samson et Desclaux, 2006)

#### 5.1.1.4 Taux de moucheture

Les résultats relatifs au taux de moucheture des échantillons, exprimé en pourcentage, sont illustrés par la Figure 19



**Figure 20:** Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de moucheture

Les différences de taux de moucheture entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en moucheture des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS, révèle la présence de plusieurs groupes homogènes classés selon un ordre croissant de résistance à la moucheture et détermine l'interaction qui présente la meilleure résistance vis-à-vis de ce paramètre, les variétés qui présentent un taux de moucheture inférieur à 5% , selon le règlement communautaire n° 824/2000 du 19 avril 2000 (Samson et Desclaux, 2006), sont : Bousselam (2.33%), Ain Lehma (4.33%), Oued elbard

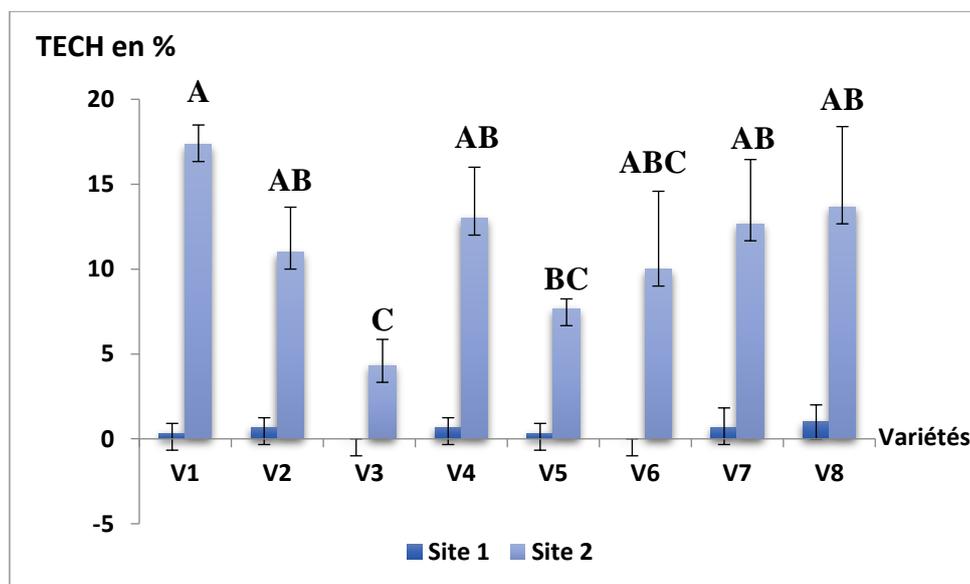
(5%). Ainsi, les résultats obtenus montrent un taux de moucheture très élevé pour certains groupes, qui sont : GTA dur (10%), Saoura (6.33%), Simeto (10.33%), Vitron (7.33%) et Wahbi (19,66%).

Ces faits, montrent l'influence du milieu sur le taux de moucheture des différents géotypes. Par conséquent, ce taux de moucheture est dépendant de la variété et de l'environnement.

Les géotypes présentent une résistance vis-à-vis à ce paramètre dans le site 1 caractérisé par une température moyenne et pluviométrie élevée (facteurs motivants l'augmentation de taux de moucheture). "...Parmi l'ensemble des variables climatiques journalières collectées pendant la période épiaison-grain pâteux, ce sont essentiellement la température moyenne et l'humidité maximale qui se révèlent les plus corrélées au taux de moucheture ( $R^2= 0.8$  à  $0.9$ )". (Samson et Desclaux, 2006)

### 5.1.1.5 Taux d'échaudage

Les résultats se rapportant aux taux d'échaudage des échantillons, exprimé en pourcentage sont illustrés par la Figure 20



**Figure 21:** Effet de l'interaction Géotype x site sur le taux d'échaudage

Les différences de taux d'échaudage entre les géotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. Par contre, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes plus importantes dans le site 2 que dans le site 1. L'effet combiné du facteur géotype x site est très hautement significatif pour l'expression du caractère taux d'échaudage des grains.

Le test de la plus petite amplitude significative révèle cinq groupes homogènes dont les faibles teneurs ont été enregistrées par les cultivars GTA dur(2.16%),Saoura (4%)et Simeto (5%) En revanche, les cultivars Bousselam (5.83%), Vitron (6.66%), Oued Elbared (6.83%),Wahbi(7.33%) et Ain lehma (8.83%) ont donné les teneurs les plus importantes.

Les résultats précédents montrent l'influence de l'interaction génotype  $\times$  site sur le taux d'échaudage.

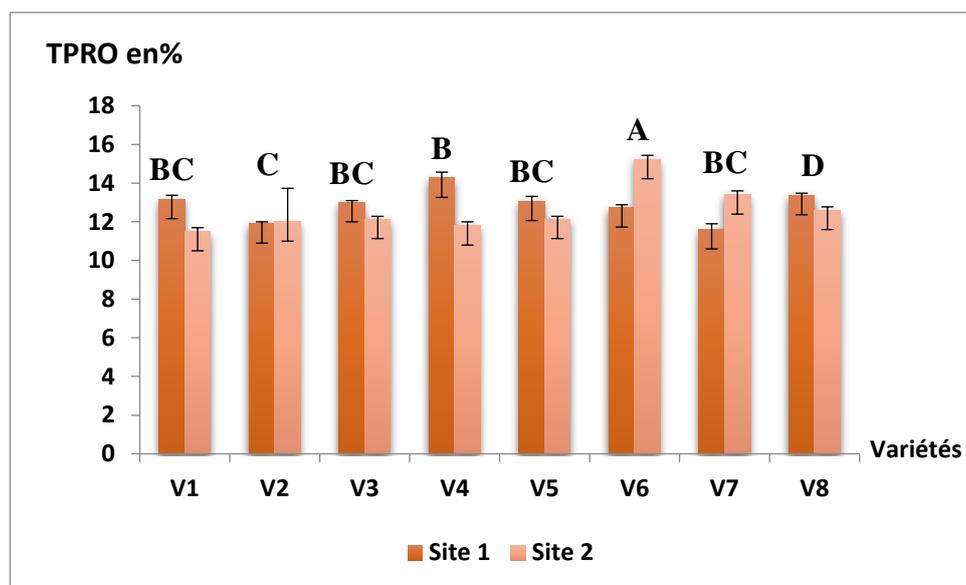
Les génotypes mieux résistés à ce paramètre dans un milieu caractérisé de hautes températures et pluviométrie élevé. Les mêmes génotypes deviennent très sensibles vis-à-vis ce paramètre dans le site 2 caractérisé par les mêmes conditions climatiques de site 1.

Les hausses températures entraînent l'évaporation de l'eau au cours de la maturation (échaudage physiologique) résulte un mauvais remplissage des grains. **(Boukarboua et Boulkroun, 2016)**

La possibilité de présence des certains champignons dans le site 2 tels que "*Piétin*" qui contamine les racines, sa présence dans un milieu favorable (les hivers doux et humides, et les printemps pluvieux favorisent la croissance du champignon. Une période de sécheresse pendant le remplissage des grains accentue symptômes et dégâts motivant son développement qui entraîne l'augmentation d'échaudage (échaudage pathologique). **(Site15)**

#### **5.1.1.6 Teneur en protéines**

Les résultats relatifs à la teneur en protéines des échantillons, exprimé en pourcentage sont représentés dans la Figure 21



**Figure 22:** Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en protéines

Les différences de taux en protéines entre les génotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en protéines des grains

L'analyse de la variance selon le test de NEWMAN et KEULS, dévoile les meilleures teneurs en protéines des semoules grâce au classement des groupes homogènes. Les valeurs moyennes des génotypes dans les deux sites ont été caractérisées par de fortes teneurs en protéines qui oscillent entre 13.98% et 11.95%. La variété Simeto a enregistré la meilleure teneur en protéines avec une valeur moyenne de (13.98%) suivie par la variété Oued Elbared avec une valeur moyenne de (13.03%). Par contre, le cultivar Bousselam a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (11.95%).

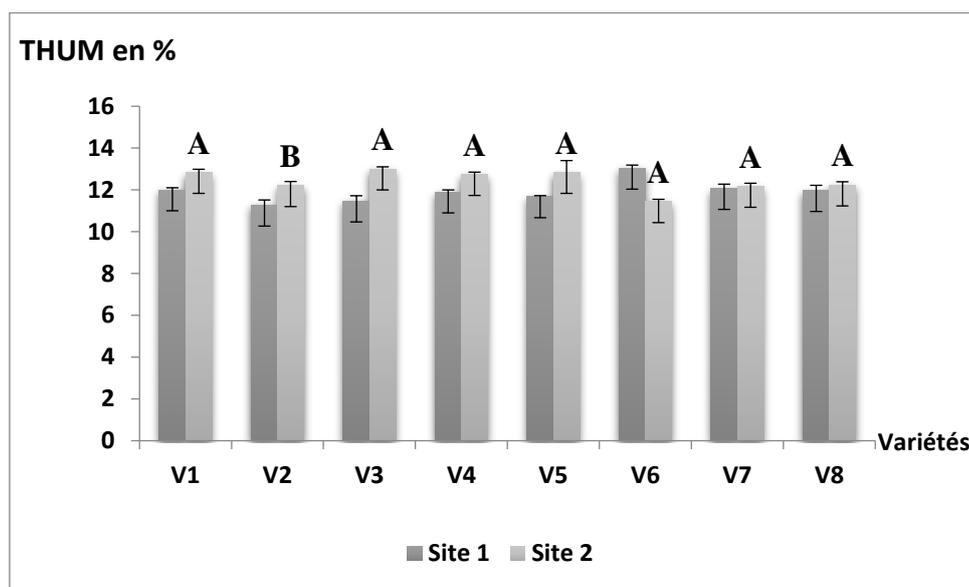
L'ampleur de cette variation des résultats en protéines, implique que les performances des génotypes diffèrent d'un site à autre. Il y'a donc un double effet génotypique et environnemental sur la teneur en protéine des semoules.

Ces résultats corroborent ce qui rapporté par des nombreux auteurs dont **Nachit et al.(1995)**, qui affirme que la teneur en protéine du blé dur est contrôlée par: la fertilisation, l'environnement et l'hérédité.

Les géotypes présentent des teneurs moyennes à élevées en protéine dans les 2 régions, grâce aux conditions climatiques favorables, ainsi des apports suffisants d'azote permettent une augmentation de protéine. D'après **Cheftel et al.(1985)** la teneur en protéine est un caractère génétiquement transmissible, mais les variations liées à l'hérédité sont de l'ordre de 5%.

### 5.1.1.7 Teneur en humidité

Les résultats relatifs à la teneur en humidité des échantillons, exprimé en pourcentage sont représentés dans la Figure 22



**Figure 23:** Effet de l'interaction géotype x site sur la teneur en humidité

Les différences de taux en humidité entre les géotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction géotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs géotype et site en interaction sur la teneur en humidité des semoules

Le test de NEWMAN et KEULS, révèle 2 groupes homogène pour l'humidité des semoules. On constate que les teneurs en humidité des semoules sont comprises entre 11.26 % et 13.03 %. Le géotype renfermant la plus basse humidité est Bousselam avec une teneur moyenne de (11.73%). Cependant, les géotypes GTA dur ; Saoura ; Oued Elbared ; Wahbi ;Ain lehma ; Vitron et Simeto ont exprimé des teneurs en eau plus importantes soient respectivement (11.46%) ,( 11.6%) , (11.9%) ,( 11.96% ) , (12% , 12.06%).

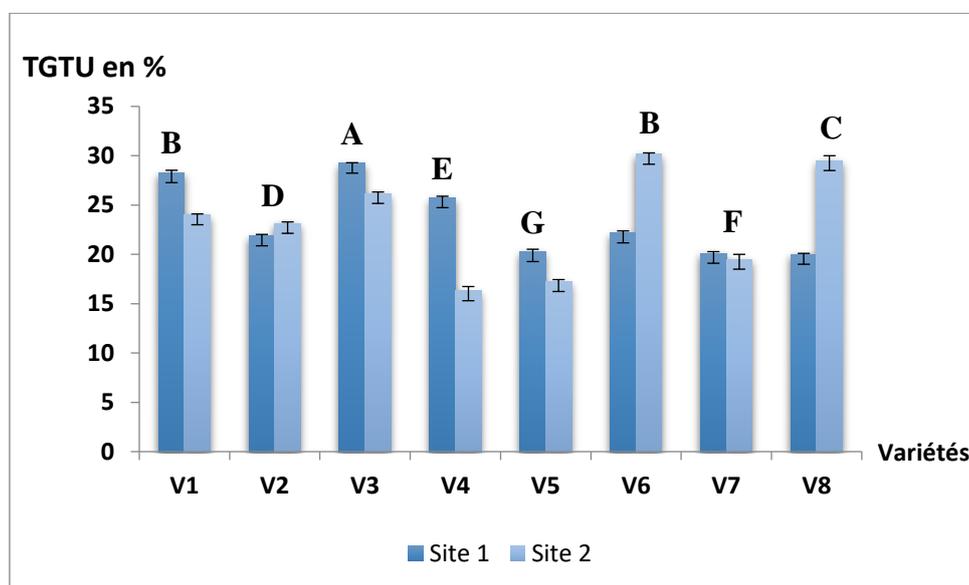
La variation des taux d'humidités semoules est due au conditionnement des grains avant leurs transformations en semoule.

Les géotypes présentent des teneurs en eau faibles dans des conditions de pluviométries suffisant dans site 1 à cause de la perte en eau lors de la mouture. (Nuret, 2000 ; Godon, 2002)

Les mêmes géotypes dans site 2, marquent des taux d'humidité moyenne. Peut-être expliqué par l'homogénéité du mouillage lors du conditionnement (keddar, 2014).

### 5.1.1.8 Teneur en gluten humide

Les résultats relatifs à la teneur en gluten humide des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 24



**Figure 24:** Effet de l'interaction géotype x site sur le teneur en gluten humide

Les différences de teneurs en gluten humide entre les géotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction géotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs géotype et site en interaction sur la teneur en gluten humide des grains.

Grâce au test de NEWMAN et KEULS, les groupes homogènes sont classés de façon à indiquer les meilleures teneurs en gluten humide. Les valeurs moyennes des géotypes dans les deux sites ont été caractérisées par de fortes teneurs en gluten humide qui oscillent entre

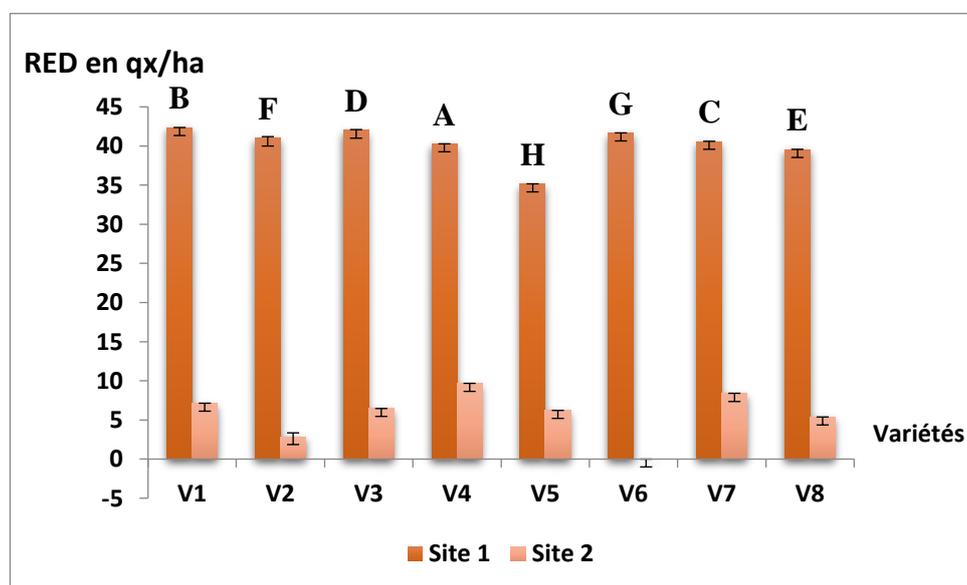
30.13%.et 16.3%. La variété GTA dur a enregistré la meilleure teneur en gluten humide avec une valeur moyenne de (27.6%) suivie par les variétés Ain lehma et Simeto avec des valeurs moyennes de (26.13% et 26.15%). Par contre, le cultivar Saoura a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (18.75%)

D'après ces résultats, on peut constater des variations de ce caractère au sein d'un même génotype en passant de milieu à autre. Ainsi, les teneurs les plus élevées en gluten humide, ont été relevées dans le site 1

Les teneurs élevées en gluten humide des semoules de blé dur sont expliquées par la forte corrélation significative entre la teneur en protéines et la teneur en gluten (Quaglia, 1988). Plus les quantités de gluten extraites sont élevées, meilleure est la qualité de l'échantillon (Motquin et al., 2007). Cependant, Corbellin et al., (1998) et LUO et al., (2000) ont noté que les propriétés rhéologiques du gluten sont affectées de même que la quantité et la qualité des protéines, par le niveau de fertilité du sol notamment les disponibilités de l'azote et du soufre.

### 5.1.2 Le rendement réel

Les résultats relatifs au rendement en grains, exprimé en quintal/hectare, sont illustrés par la Figure 24



**Figure 25:** Effet de l'interaction génotype x site sur le rendement

Au sein de même site, les génotypes présentent les mêmes performances pour exprimer des rendements dont les écarts ne sont pas significativement différents. La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences hautement significatives dont les

meilleures performances sont obtenues dans le site 1 (Figure 24). En effet, le rendement en grains est un paramètre lié au potentiel génétique de chaque cultivar et aux conditions climatiques caractérisant chaque site. Ce qui est confirmé par l'effet très hautement significatif du facteur interaction génotype x site (Figure 24).

Le test de la plus petite amplitude significative révèle plusieurs groupes homogènes. Les valeurs moyennes du rendement oscillent entre 24.95qx/ha et 20.67qx/ha. Les meilleurs rendements ont été obtenus par l'Oued elbard avec un rendement moyen de (24.95 qx/ha) suivi par le cultivar Ain lehma avec une valeur moyenne de (24.73 qx/ha). En revanche, les cultivars Simeto et Saoura ont donné les rendements les plus faibles soient respectivement (20.82 qx/ha ; 20.67 qx/ha).

En dépit des résultats de cette analyse, on note une différence de comportement entre les génotypes. Cette différence s'expliquerait par l'influence de l'environnement exercée sur les génotypes (**Abidi, 2009**).

En effet, sous des conditions favorables (Température moyenne et pluviométrie suffisante), les génotypes expriment de meilleurs rendements dans le site 1

Les mêmes génotypes s'occupent de donner des très faibles rendements dans le site 2, affectés par son environnement : le déficit pluviométrique serait le principal facteur de limitation des rendements en début et en fin de cycle.

D'une part, il aurait causé les pertes constatées à la levée et d'autre part, accentuée par la sécheresse (sirocco) et coïncidant avec la floraison, cette contrainte abiotique aurait affecté le remplissage des grains. La phase de remplissage du grain étant la continuité du processus de production mis en place dès la levée et dont la finalité est le rendement en grains. Le rendement est lui-même la résultante de l'exploitation des sites de grains par m<sup>2</sup> (épi par m<sup>2</sup> et grains par épi) et de leur remplissage (poids moyen du grain) Néanmoins, selon **Nasraoui,(1996)** le premier critère de choix d'une variété est la stabilité du rendement (même moyen) et non un rendement élevé mais hautement dépendant des conditions climatiques d'une année défavorable. (**Abidi, 2009**)

## 5.2 Partie II : Evaluation des paramètres technologiques et de rendement de quelques variétés de blé tendre

### 5.2.1 Les paramètres technologiques

Au total, quatre paramètres Physiques ont été étudiés : le poids spécifique ; le poids de mille grains ; le taux de moucheture et le taux d'échaudage. De plus, quatre caractères technologiques ont été évalués : la teneur en protéines de farine ; la teneur en humidité de farine, le teneur en amidon et la teneur en gluten humide. Les principaux résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le (Tableau 8).

**Tableau 8:** Analyse de la variance (carrés moyens) de différents caractères mesurés chez les variétés de blé tendre

Caractères étudiés	Moyenne des carrés		
	Géotypes	Sites	Interaction
PS	013.068 <sup>ns</sup>	13.868 <sup>ns</sup>	9.006 <sup>***</sup>
PMG	108.090 <sup>ns</sup>	242.370 <sup>ns</sup>	55.162 <sup>***</sup>
TMO	90.798 <sup>ns</sup>	24.083 <sup>ns</sup>	81.750 <sup>***</sup>
TECHO	000.750 <sup>ns</sup>	18.750 <sup>**</sup>	0.845 <sup>ns</sup>
TPRO	010.973 <sup>***</sup>	14.268 <sup>**</sup>	0.582 <sup>***</sup>
THUM	004.052 <sup>ns</sup>	10.925 <sup>ns</sup>	3.060 <sup>***</sup>
TGTU	214.822 <sup>ns</sup>	1187.035 <sup>*</sup>	133.348 <sup>**</sup>
AMI	020.483 <sup>ns</sup>	0.701 <sup>ns</sup>	19.828 <sup>***</sup>
RDM	009.208 <sup>ns</sup>	7643.934 <sup>***</sup>	11.123 <sup>***</sup>

PS = Poids spécifique, PMG = Poids de mille grains, TMO = Taux de moucheture, TECHO = Taux d'échaudage, TPRO = Teneur en protéine, THUM = Taux d'humidité, AMI = Taux en amidon, TGTU = Teneur en gluten humide, RMD = Rendement

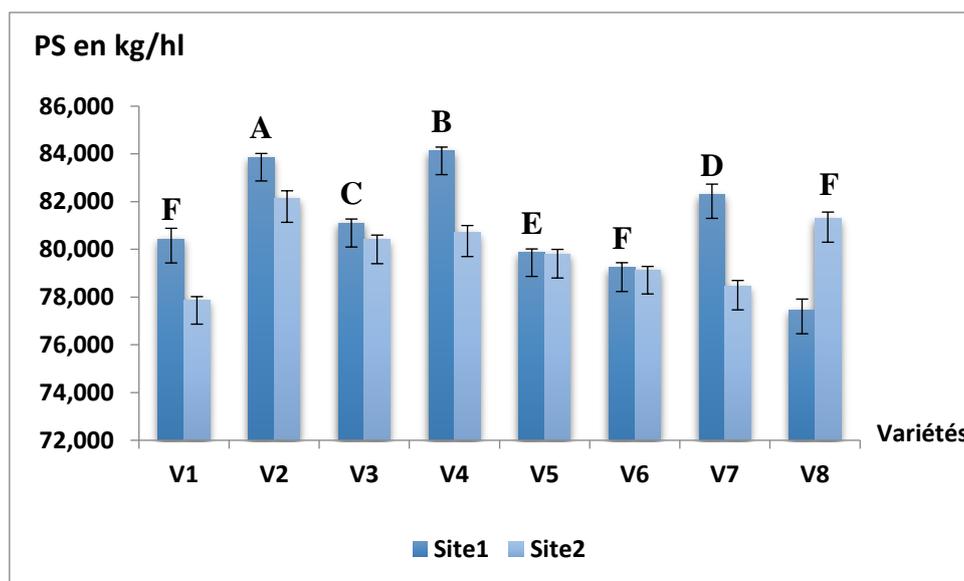
L'analyse statistique de la variance du facteur génotype nous dévoile que le test F est très hautement significatif pour le caractère teneur en protéines. Par contre, Le test F observé est largement moins important que le test F théorique. Ceci implique qu'il existe un effet non significatif du génotype sur les caractères : Poids spécifique, poids de mille grains, taux de moucheture taux d'échaudage, teneur en protéine, taux d'humidité, taux en amidon, teneur en gluten humide et le rendement (Tableau8).

L'analyse de la variance du facteur site indique une différence non significative entre les deux sites avec une probabilité supérieure à (0,05) pour les caractères : Poids spécifique, poids de mille grains, taux de moucheture, teneur en humidité de farine et la teneur en amidon. Par contre, la différence entre les deux sites est hautement significative à très hautement significative pour, respectivement, taux d'échaudage, teneur en protéine, teneur en gluten humide et le rendement

L'analyse de la variance du facteur interaction génotype x site indique une différence très hautement significative entre les génotypes dans les deux sites pour l'ensemble des caractères évalués, avec une probabilité de (0.0001) à l'exception du caractère teneur d'échaudage des grains pour lequel le test F observé est largement moins important que le test F théorique ce qui implique qu'il existe un effet non significatif de l'interaction génotype x site sur ce paramètre avec une probabilité supérieure à (0,05), (Tableau 9)

#### **5.2.1.1 Poids spécifique :**

Les résultats se rapportant au poids spécifique des échantillons, exprimé en kilogramme par hectolitre, sont représentés par la Figure 25



**Figure 26:** Effet de l'interaction génotype x site sur le poids spécifique

Les différences du poids spécifique entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur ce caractère.

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de plusieurs groupes homogènes, le génotype Akhamoukh a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (83 kg/hl) suivi par les deux variétés Boumarzoug et Arz avec des valeurs moyennes de (82.41kg/hl)et (80.75kg/hl). Par contre, le poids spécifique le plus faible est enregistré chez le génotype Ain abid avec une moyenne de (79.15kg/hl). En effet, ces fluctuations du poids d'une même variété impliquent que les génotypes ne s'expriment pas de la même manière d'un site à un autre.

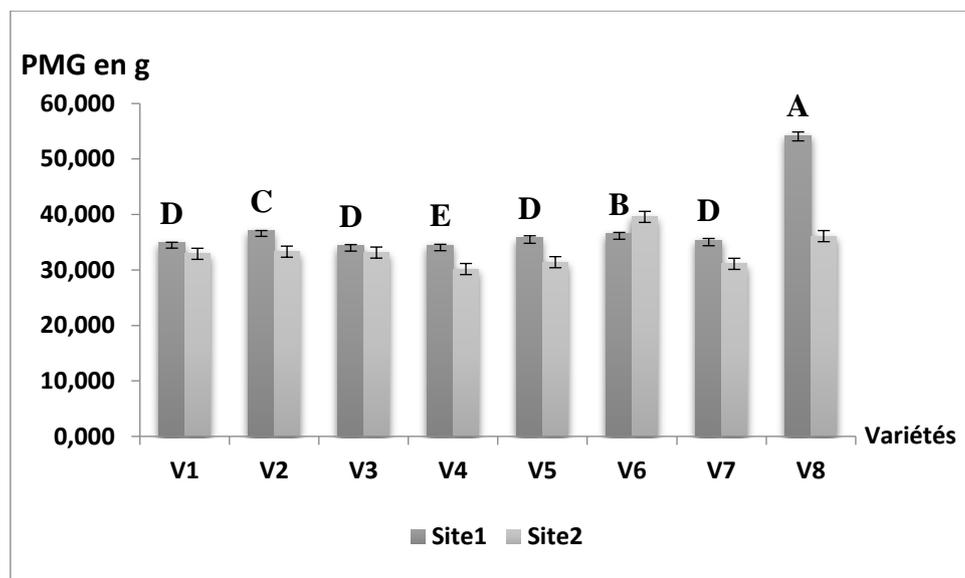
Les résultats des analyses montrent l'influence de l'interaction génotype  $\times$  site sur le poids spécifique.

Les meilleurs poids spécifiques marqués dans le site 1, résultent de la bonne évolution des grains dans un milieu favorable : Le poids spécifique est impacté par les conditions de remplissage (capacité à former initialement des gros grains denses) et de dessiccation (déformation des grains qui altèrent leur capacité à se « ranger » les uns par rapport aux autres. Il se met en place en début du remplissage du grain avec une incidence, par exemple,

du rayonnement reçu par la culture. Puis, il se dégrade progressivement suivant les cumuls de pluie entre le stade « grain laiteux » et la récolte. (site16)

### 5.2.1.2 Poids de mille grains

Les résultats relatifs au poids de mille grains des échantillons, exprimé en gramme, sont regroupés et représentés par la Figure 26.



**Figure 27** : Effet de l'interaction génotype x site sur le poids de mille grains

Au sein de même site, les génotypes présentent les mêmes performances pour exprimer une PMG dont les écarts ne sont pas significativement différents. La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences hautement significatives dont les meilleures performances sont obtenues dans le site 1 (Figure26). En effet, le poids de mille grains est un paramètre lié au potentiel génétique de chaque cultivar et aux conditions climatiques caractérisant chaque site. Ce qui est confirmé par l'effet très hautement significatif du facteur interaction génotype x site (Figure 26).

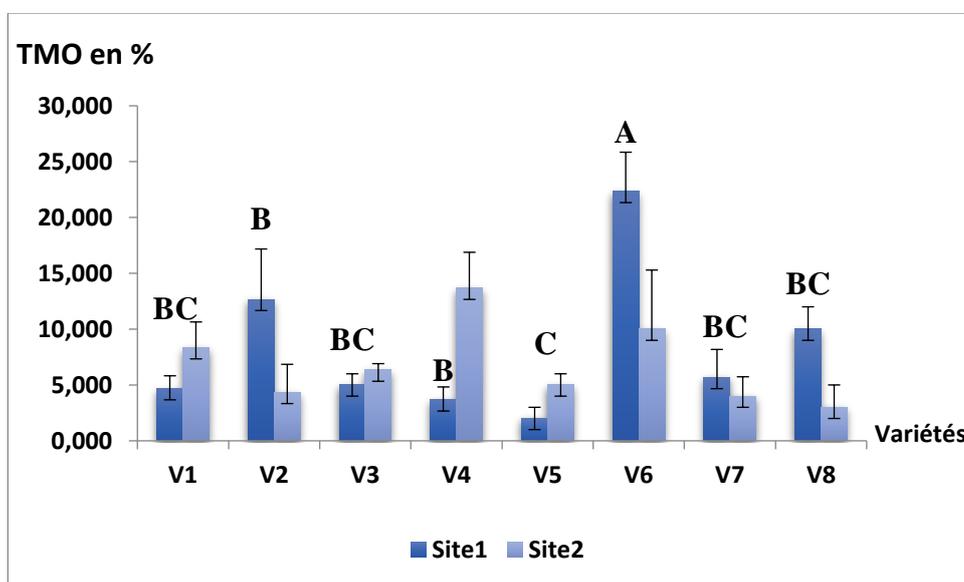
Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de plusieurs groupes homogènes, le génotype Wifak a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (45.18 g) suivi par les deux variétés Maouna et Akhamoukh avec des valeurs moyennes de (38.05g) et (35.17g). Par contre, le poids de mille grains le plus faible est enregistré chez le génotype Boumarzoug avec une moyenne de (32.31g). En effet, ces fluctuations du poids d'une même variété impliquent que les génotypes ne s'expriment pas de la même manière d'un site à un autre.

Ces résultats montrent que ce paramètre est sous l'influence génotype × site.

Les génotypes dans le site 1 présentent des poids de mille grains élevés, en raison d'être affecté par les facteurs climatique appropriés : la pluviométrie encourage l'augmentation de remplissage des grains. Selon **Deswarte et Gouache**, Lorsque le retour des pluies est survenu avant la fin du remplissage et que des surfaces vertes étaient encore disponibles, ces plantes ont également maximisé leur poids de mille grains, et ce qui confirme l'effet positif de cette la précipitation.

### 5.2.1.3 Taux de moucheture

Les résultats relatifs au taux de moucheture des échantillons, exprimé en pourcentage, sont illustrés par la Figure 27



**Figure 28:** Effet de l'interaction Génotype x site sur le taux de moucheture

Les différences de taux de moucheture entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en moucheture des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS, révèle la présence de plusieurs groupes homogènes classés selon un ordre croissant de résistance à la moucheture et détermine l'interaction qui présente la meilleure résistance vis-à-vis de ce paramètre, les variétés qui présentent un taux de moucheture inférieur à 5%, selon le règlement communautaire n° 824/2000 du 19 avril 2000 (**Samson et Desclaux, 2006**) sont : HD1220 (3.5%), Massine (4.83%), Ainsi, les résultats

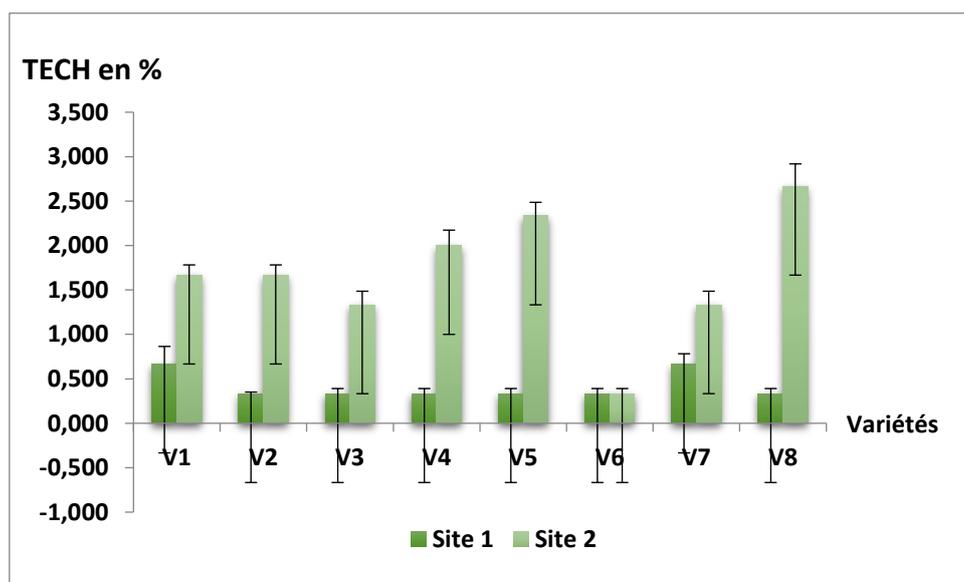
obtenus montrent un taux de moucheture très élevé pour certains groupes, qui sont : Boumarzoug (8.66%), Wifak (6.5%), Akhamoukh (8.5%), Maouna (16.16%), Ain abid (6.5%), Arz (5.66%).

Les résultats indiquent que le taux de moucheture est dépendant de la variété et de son site. Les génotypes dans le site 1 ont montré une grande sensibilité vis-à-vis ce paramètre en présence des facteurs qui contribuent à une augmentation de taux de moucheture: une température moyenne et pluviométrie élevée.

Cependant, le site 2 a produit une récolte avec des taux faibles de moucheture, alors qu'ils présentent une résistance vis-à-vis ce paramètre. (Samson et Desclaux, 2006)

#### 5.2.1.4 Taux d'échaudage

Les résultats se rapportant au taux d'échaudage des échantillons, exprimé en pourcentage sont illustrés par la Figure 28



**Figure 29:** Effet de l'interaction génotype x site sur le taux d'échaudage

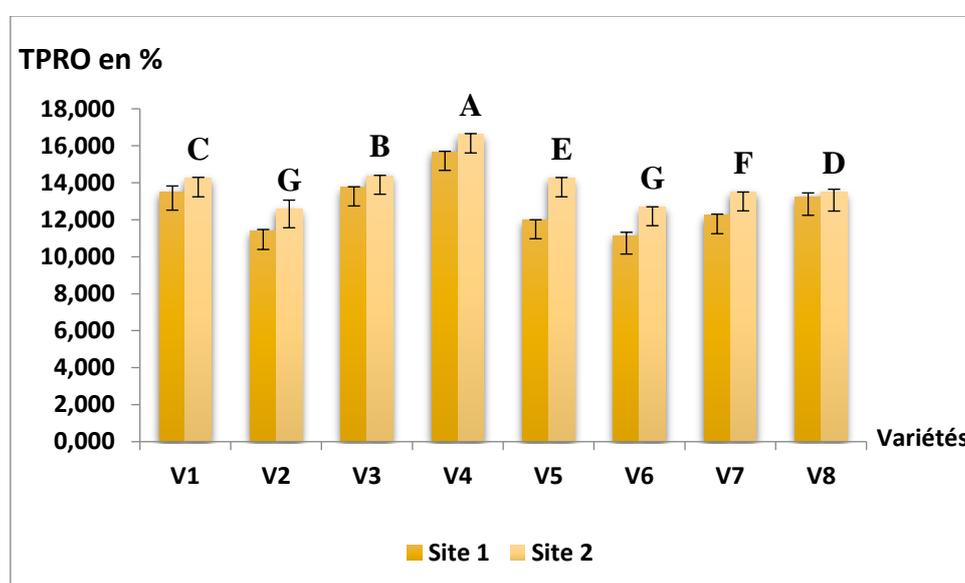
Les différences de taux d'échaudage entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque site. Par contre, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes plus importantes dans le site 2 que dans le site 1. L'effet combiné du facteur génotype x site est non significatif pour l'expression du caractère taux d'échaudage des grains.

Les résultats indiquent la sensibilité ou la résistance des génotypes dans les deux sites, est expliquée par l'interaction génotype × site.

L'échaudage est un accident de croissance des grains, dû soit à un coup de chaleur, soit à une attaque parasitaire (piétin-échaudage) qui perturbe l'alimentation en eau de la plante. Il conduit à un arrêt plus ou moins total du remplissage des grains ou de leur maturation : à la récolte, les grains sont ridés et de faible poids spécifique. L'échaudage de la vigne, ou « grillage », atteint parfois les grappes de raisin au cours des journées très chaudes d'été. Les baies se flétrissent et se dessèchent sous l'action de la sécheresse et de l'insolation. (site17)

### 5.2.1.5 Teneur en protéines

Les résultats relatifs à la teneur en protéines des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 29



**Figure 30:** Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en protéines

Les différences de taux en protéines entre les génotypes sont très hautement significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui sont significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en protéines des grains

L'analyse de la variance selon le test de NEWMAN et KEULS, dévoile les meilleures teneurs en protéines des farines grâce au classement des groupes homogènes. Les valeurs moyennes des génotypes dans les deux sites ont été caractérisées par de fortes teneurs en protéines qui oscillent entre 16.14% et 11.91%, la variété Boumarzoug a enregistré la meilleure teneur en protéines avec une valeur moyenne de (16.14%) suivie par la variété Arz avec une valeur

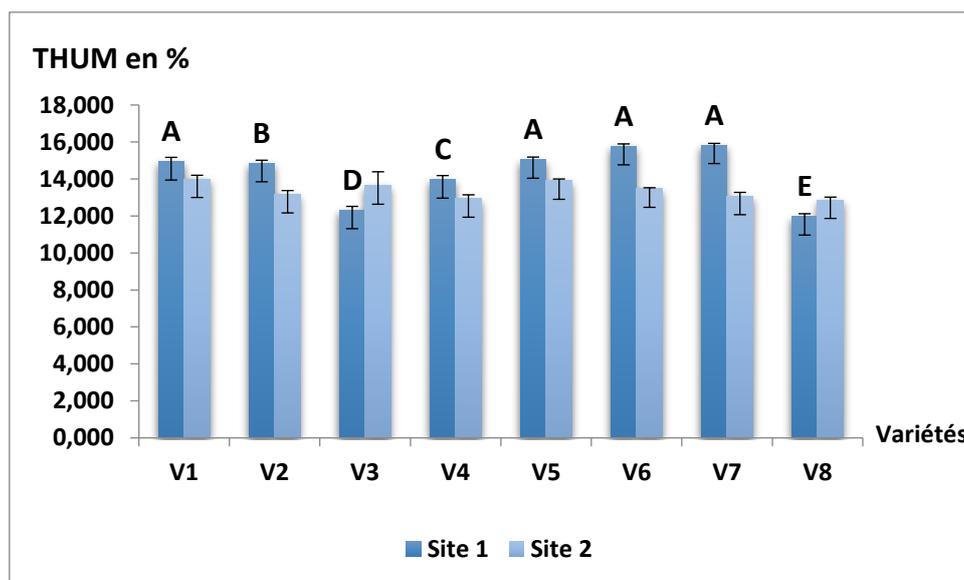
moyenne de (14.06%). Par contre, le cultivar Maouna a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (11.91%).

Ces résultats indiquent que la teneur en protéines est hautement influencée par l'année et les conditions de culture (notamment les facteurs agro-climatiques et la fertilisation azotée) et par le génotype (PECHANNEK et al., 1997 ; MAGHIRANG et al., 2006).

D'autre part (El HadeF et El Okki, 2015). Inscrites au niveau du génome, les différentes fractions protéiques peuvent toutefois être présentes à des teneurs variables selon la nutrition azotée. La fertilisation azotée a une incidence sur le rapport Azote/Soufre qui se traduit par des variations quantitatives de la synthèse d'acides aminés sulfurés comme la méthionine et la cystéine (Rharrabti et al., 2001).

#### 5.2.1.6 Teneur en humidité de farine

Les résultats relatifs à la teneur en humidité des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 30



**Figure 31** : Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en eau

Les différences de taux en humidité entre les génotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en humidité des farines.

Le test de NEWMAN et KEULS, révèle plusieurs groupes homogène pour l'humidité des farines. On constate que les teneurs en eau des farines sont comprises entre 12.41 % et 14.61 %. Le génotype renfermant la plus basse humidité est Wifak avec une teneur moyenne de (12.41%). Cependant, les génotypes Arz ; Boumarzoug ; Akhamoukh ; Massine ;HD1220 ; Ain abid, et Maouna ont exprimé des teneurs en eau plus importantes soient respectivement (12.97% ;13.44% ;14% ;14.45 ;14.47% ;14.47 ;14.61%.

La variation des teneurs en eau des farines est due au plusieurs facteurs :Les facteurs génétiques ; Les facteurs du milieu naturel, et les techniques culturales (travail du sol, fertilité) ;Les conditions de mouture, la préparation du blé et son conditionnement ;Les conditions de stockage et de conservation des farines (Nuret, 2000) et (Godon 2002).

Les génotypes présentent des teneurs en eau faibles, Selon les travaux de Noorka et al. (2009), le stress hydrique diminue la teneur d'humidité dans le grain de blé, et aussi la perte en eau lors de la mouture.

#### 5.2.1.7 Teneur en gluten humide

Les résultats relatifs à la teneur en gluten humide des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 31

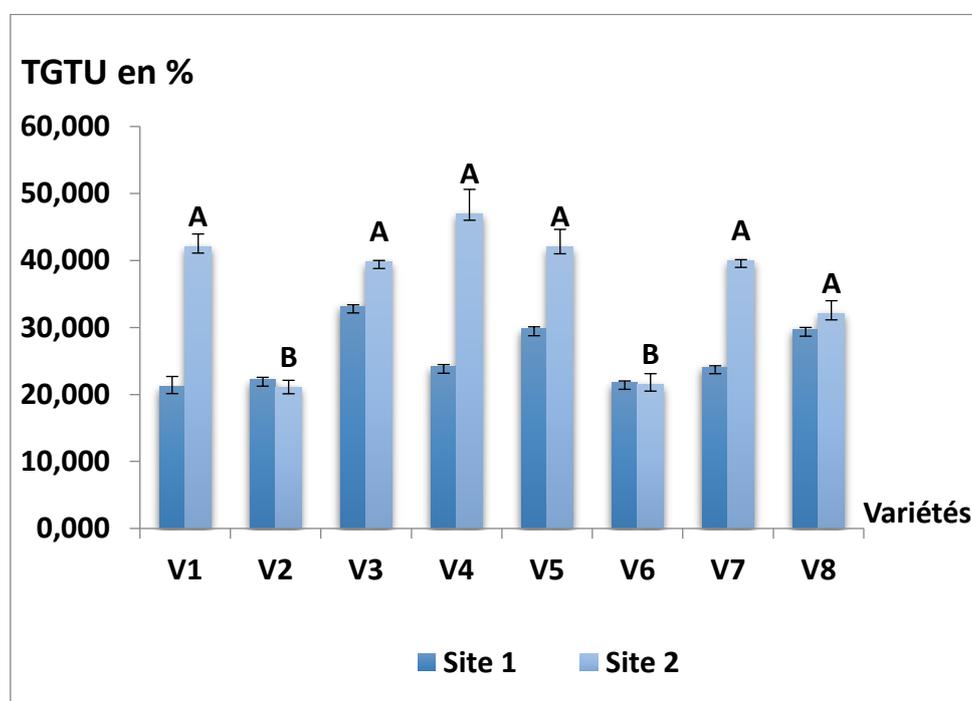


Figure 32: Effet de l'interaction Génotype x site sur la teneur en gluten humide

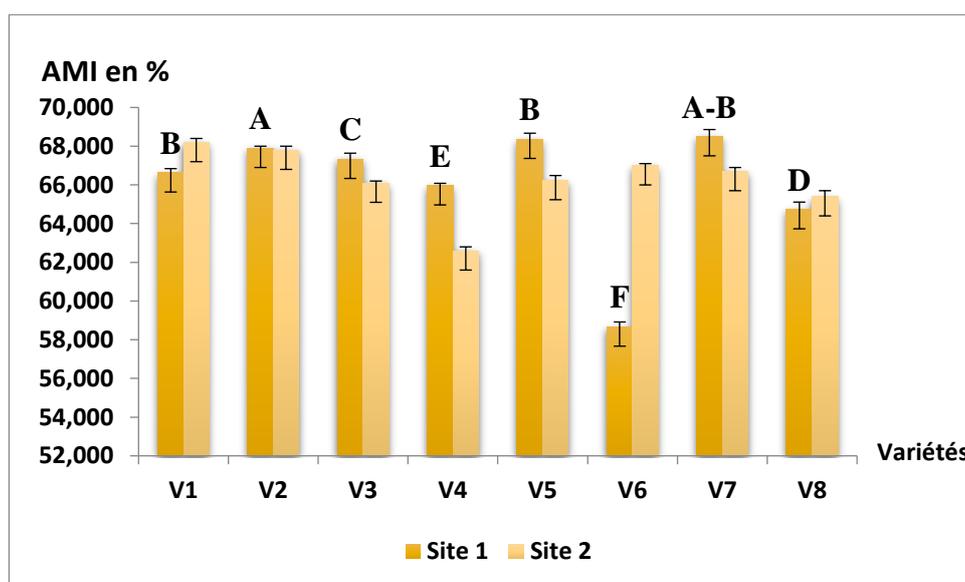
Les différences de teneurs en gluten humide entre les génotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. En revanche, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui sont significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en gluten humide des farines.

Grâce au test de NEWMAN et KEULS, les groupes homogènes sont classés de façon à indiquer les meilleures teneurs en gluten humide. Les valeurs moyennes des génotypes dans les deux sites ont été caractérisées par de fortes teneurs en gluten humide qui oscillent entre 36.48% et 21.63% les variétés Wifak, Ain abid, Massine, Boumarzoug, HD1220, Arz ont enregistré les meilleures teneurs en gluten humide soient respectivement les valeurs moyennes de ( 30.91% ; 31.61% ; 32.03% ; 35.58% ; 35.88% ; 36.48%) suivies par les variétés Akhamoukh et Maouna avec respectivement les valeurs moyennes de (21.66% et 21.63%).

D'après ces résultats, on peut constater que les teneurs élevées en gluten ont été marquées à cause de stress hydrique (manque de pluviométrie), selon **Flagella et al. (2010)** montrent une augmentation dans la quantité des gluténines macro polymères sous stress hydrique durant le remplissage du grain.

#### 5.2.1.8 Teneur en amidon

Les résultats relatifs à la teneur en amidon des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 32



**Figure 33:** Effet de l'interaction génotype x site sur la teneur en amidon

Les différences de teneurs en amidon entre les génotypes ne sont pas significatives au niveau de chaque site. De même, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes avec des écarts qui ne sont pas significatifs entre les deux sites. L'analyse de la variance de l'interaction génotype x site est très hautement significative (Prob = 0.0000 %) avec  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet combiné significatif des deux facteurs génotype et site en interaction sur la teneur en amidon des grains.

Grâce au test de NEWMAN et KEULS, les groupes homogènes sont classés de façon à indiquer les meilleures teneurs en amidon. Les valeurs moyennes des génotypes dans les deux sites ont été caractérisées par de fortes teneurs en amidon qui oscillent entre 67.85% et 62.83% la variété Akhamoukh a enregistré la meilleure teneur en amidon avec une valeur moyenne de (67.85%) suivie par les variétés Massine et Ain abid et HD1220 soient respectivement les valeurs moyennes de (67.6% ;67.41% ;67.3%). Par contre, le cultivar Maouna a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (62.83%) .

D'après les résultats de cette analyse, on note une faible variation entre celle de site 1 et site 2, alors que les valeurs obtenues sont toujours conformes à la norme fixée par le codex alimentaires (64%-70%) (Benhamimed et Chaoui, 2016).

### 5.2.2 Le rendement

Les résultats relatifs au rendement en grains, exprimé en quintal/hectare, sont illustrés par la Figure 33

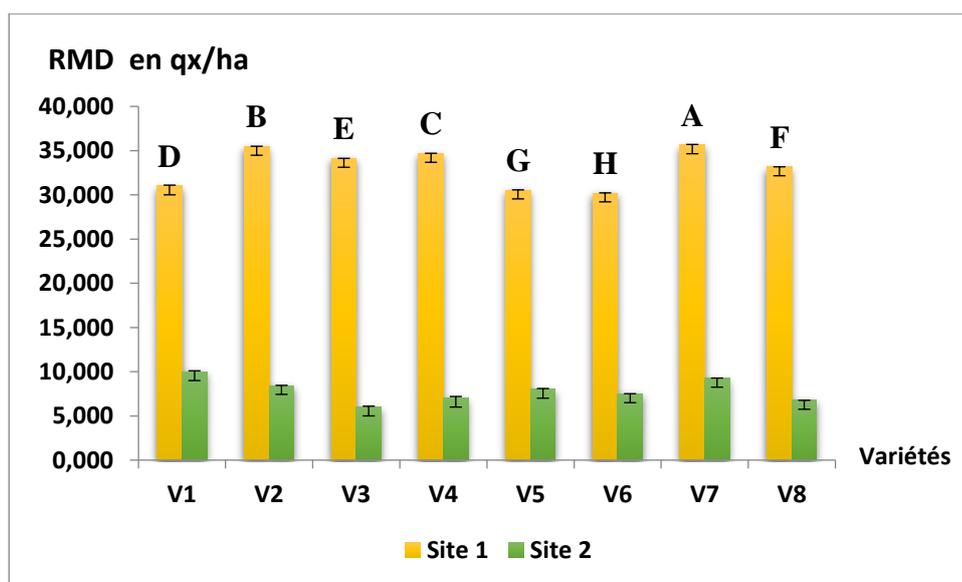


Figure 34: Effet de l'interaction génotype x site sur le rendement en grains

Au sein de même site, les géotypes présentent les mêmes performances pour exprimer des rendements dont les écarts ne sont pas significativement différents. La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences hautement significatives dont les meilleures performances sont obtenues dans le site 1 (Figure 33). En effet, le rendement en grains est un paramètre lié au potentiel génétique de chaque cultivar et aux conditions climatiques caractérisant chaque site. Ce qui est confirmé par l'effet très hautement significatif du facteur interaction géotype x site (Figure 33).

Le test de la plus petite amplitude significative révèle plusieurs groupes homogènes. Les valeurs moyennes du rendement oscillent entre 22.45qx/ha et 18.85qx/ha. Les meilleurs rendements ont été obtenus par Massine avec un rendement moyen de (22.45 qx/ha) suivi par le cultivar Akhamoukh avec une valeur moyenne de (21.95qx/ha). En revanche, les cultivars HD1120 et Maouna ont donné les rendements les plus faibles soient respectivement (19.27qx/ha et 18.85qx/ha).

Dans le site 1, les bonnes conditions environnementales sont réunies (Température moyenne et pluviométrie suffisante), les géotypes s'expriment mieux leur aptitude génétique et donneront des rendements élevés

Dans le site 2, les conditions environnementales sont défavorables (le déficit pluviométrique serait le principal facteur de limitation des rendements en début et en fin de cycle.) et pour cela les mêmes géotypes donneront des très faibles rendements. **(Benseddik, 2000)**

Le premier critère de choix d'une variété est la stabilité du rendement (même moyen) et non un rendement élevé mais hautement dépendant des conditions climatiques d'une année défavorable **(Nasraoui, 1996)**

### 5.3 Synthèse des résultats

L'évaluation de la qualité technologique et de rendement des variétés de blés permet de sélectionner les meilleurs géotypes qui expriment au mieux leurs potentiels génétiques dans les deux sites.

Pour le blé dur, généralement les résultats étant satisfaisants, où les géotypes sont performants dans les deux sites pour la majorité des paramètres. Le poids spécifique moyen le plus élevé (84.1 kg/hl) est noté chez le cultivar GTA Dur. Simeto a réalisé le meilleur poids de mille grains avec (44.46 g). Les résultats montrent aussi que le plus performant géotype est Ain Lehma avec le taux de mitadinage le plus faible (04%). Bouselam réalise le plus

faible taux de moucheture avec (04.33%). Les valeurs les plus satisfaisantes en protéine et en humidité sont respectivement observées chez Simeto (13.98%) et Bousselam (11.73%). Les résultats montrent aussi que la teneur en gluten la plus élevée est obtenue chez GTA dur avec (27.6%). Exceptionnellement, les génotypes ne sont pas performants dans le site 2 pour l'échaudage et le rendement, où ils marquent des taux d'échaudage élevé avec un moyen de (11.2%) et un rendement très faible de moyen de (05.74 qx/ha).

Pour le blé tendre, l'analyse statistique montre une influence très hautement significative de l'interaction « génotype x site » pour tous les paramètres étudiés, sauf l'échaudage où l'analyse montre une influence non significative. Les génotypes présentent des poids spécifiques élevés, où le génotype Akhamoukh présente le poids spécifique le plus élevé avec (83kg/hl). Le poids de mille grains le plus important est enregistré par la variété Wifak avec (45.18 g). Ainsi, le taux de moucheture le plus faible est de (03.5%) noté chez HD 1220. D'après les analyses technologiques, Boumarzoug est le plus performant pour une teneur en protéine de (16.14%). Le teneur élevée en amidon est enregistré chez Akhamoukh pour (67.85%), avec un taux bas d'humidité notamment pour Wifak avec (12.42%). De fortes teneurs en gluten humide sont enregistrées surtout chez la variété Arz qui donne la teneur la plus élevée (36.48 %). Ce qui concerne le rendement, les génotypes ne s'adaptent pas bien dans le site 2 où ils marquent un très faible rendement avec une moyenne de (07.86 qx/ha).

# **Conclusion générale**

La qualité technologique est actuellement un caractère très recherché et un objectif très important dans l'amélioration des blés.

Ce travail de recherche s'est intéressé à évaluer la qualité technologique du grain et de rendement de huit variétés de blé dur et de huit variétés de blé tendre cultivées dans la zone nord et sud de la wilaya de Mila, dans le but de révéler l'effet de l'interaction génotype x site sur le comportement des cultivars afin de sélectionner les génotypes les plus performants.

Les méthodes d'analyses statistiques adoptées ont donné des résultats satisfaisants ce qui a permis de déduire :

Pour le blé dur, le facteur génotype montre une différence non significative pour tous les caractères. Le facteur site a un effet non significatif pour le taux de mitadinage, taux de moucheture, teneur en protéine, humidité et gluten, par contre, la différence entre les deux sites indique une différence hautement significative à très hautement significatif respectivement pour poids de mille grains, poids spécifique, taux d'échaudage et le rendement. L'interaction génotype x site a révélé une différence très hautement significative pour tous les paramètres. Ces analyses permettent de choisir Simeto (V6) et GTA Dur (V3) comme les génotypes les plus performants, sur le plan technologique, malgré les faibles rendements réalisés au niveau de site 2.

Concernant le blé tendre, le facteur génotype montre une différence non significative pour tous les caractères sauf pour le taux de protéines qui présente une différence très hautement significative. Le facteur site a un effet non significatif pour le poids spécifique, le poids de mille grains, le taux de moucheture, la teneur en humidité des farines et la teneur en amidon. Par contre, la différence entre les deux sites est hautement significative à très hautement significative pour, respectivement, taux d'échaudage, teneur en protéines, teneur en gluten humide et le rendement. L'interaction génotype x site a révélé une différence très hautement significative pour tous les paramètres sauf le taux d'échaudage qui marque une différence non significative. Les résultats de ces analyses révèlent que les meilleurs teneurs en protéines et en gluten humide sont marquées chez Boumarzoug et Arz, et que Akhamoukh et Massine contiennent les teneurs les plus élevées en amidon et expriment les plus importants rendements au sein des deux sites.

Face à l'importance de l'amélioration des blés et leur impact sur le secteur agricole et économique nationale, cette étude permet de sélectionner et identifier les meilleurs génotypes, et encor les plus performants qui présentent des gènes d'intérêt pour une excellente qualité.

Et donc en perspective, la poursuite des travaux nécessite une étude approfondie sur plusieurs variétés locales et introduites de blé dur et blé tendre, afin de sélectionner les génotypes les plus stables et les plus performants sur le plan technologique et agronomique. L'élargissement de la gamme variétale permettra la réalisation des programmes de croisement avec un plus grand nombre de géniteurs.

# Bibliographie

## A

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. p 6-9.

Abidi, I.(2009).Etude de l'interaction genotype-environnement sur les parametres agronomiques et technologiques de quelques varietes de ble dur (Triticum durum Desf.).Memoire de magister:amelioration des productions vegetales.Blida:Universite de saad dahleb de Blida,p 15-77-109 .

Aboudaou,M.(2011).Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farineà tendance biscuitière.Mémoire Magister:Sciences Alimentaires.Alger:Ecole Nationale Supérieure Agronomique-E.N.S.A-El Harrach Alger,p 37.

Adrian, L. et Rebache ,H. (1996). Caractéristiques et intérêt des enzymes. Revue de l'apic, industries des céréales.

Amir, Y., DJabri ,D., Guellil, H., Youyou ,A., (2004). Influence of environmental factors on the quality of wheat grown in north Algeria, JFAE(Finland). 2(2) ,p 315-319 .

Ammar, M.(2014). Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. thèse de doctorat de CIHEAM Montpellier, p17-20.

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

Arvalis - Institut du végétal(2013).Teneur en proteines des bles :relever le double defi agronomique et economique.

Arvalis - Institut du végétal(2014).garantir la qualité de blé dur :quels leviers pour matraiser la moucheture et le mitadinage.

## B

Bednarek ,J. (2012). Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (Triticum aestivum) Sciences agricoles. Université Blaise Pascal – Clermont Ferrand II, Français, p 187.

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, p192.

Benhania, Z. (2013). étude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité. Master académique: science et techniques, Université kasdi merbah.

Berhaut, P., Bras, A., Niquet, G., et Griaud ,P. (2003). Stockage et conservation des grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris, p 108.

Bonjean ,A. (2001). Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L). In : S. Le Perchec, P. Guy, A. Fraval: Agriculture et biodiversité des plantes. *Dossier de l'environnement de l'INRAA* 21, p 29-37.

Bouchetat, F.(2020). Etude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduits et de la variété locale saïda. Hybridation diallele et analyse génétique des descendances. Thèse de doctorat: Amélioration des productions végétales. Blida: Université saad dahleb de blida 1, p16-100 .

Boudreau, A., et Menar ,G. (1992). Le blé Eléments fondamentaux et transformation. Coordonnateurs. Ed .Les presses de l'Université Laval, Canada, p 439.

Boukarboua, A et Boulkroun, M( 2016). Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects. Mémoire Master: Biochimie Option Analyse Protéomique et Santé. Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine, p 20 .

Boulala,Z et Rouabeh, A.(2018). Appréciation de la qualité technologique de 8 variétés homologuées de blé dur cultivées dans la région de Constantine. Mémoire Master: Biochimie de la Nutrition. Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine, p22-24-26

Bozzini , A. (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. *Durum Wheat: Chemistry technology* ,p 1-16

## C

Calvel , R. (1980). La panification : pâte, fermentation, mise en forme. La boulangerie moderne, Paris, EYROLLES, p 112-142.

Chantret ,N., Salse J., Sabot, F .et al. (2005). Molecular basis of evolutionary events that shaped the hardness locus in diploid and polyploid wheat species (*Triticum* and *aegilops*). *The plant cell* 17(4), 1033-1045

Chau, S. (2019).Moucheture du blé dur : identification des facteurs et gestion du risque.raportt de stage master : Fonctionnement et gestion des agrosystème . Agrocampus Ouest, Rennes : Arvalis – Institut du végétal,p 3.

Cheftel, J-C., Cuq J-L.,Lorient D.( 1985) Protéines alimentaires . Tec & Doc- Lavoisier, p 309 .

Corbellin, M., Mazza, L., Ciaffi, M., et al.(1998). Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheats. In wheat, prospects for global improvement, Proc. of the internaional wheat conference Ankara, Turkey, 10-14 june 1996. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht,Netherlands, p 213-220.

Cretois, A. (1985). Valeur technologique de quelques variétés de blé. *Industries des céréales*. 26(20), p 32 .

Cruz, J.F. (1989). Conservation des grains en région chaudes. 2éme édition, p 5-13.

## D

Daniels ,N. W. R., Frazier ,P. J. et Wood ,P. S. (1971). Flour lipids and dough development. *Bakers Digest* 45(4), 20.

Deswarte,J-Ch et Gouache,D(2012).La récolte sauvée par la capacité de compensation des blés tendres.PERSPECTIVES AGRICOLES,(385),38.

Dexter, J.E et Matsuo, R.R. (1977). Changes in semolina proteines during spaghetti processing. *Cereal Chem*. N° 54, p 882 - 894

## E

El HadeF El Okki, L. (2015). Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. Mémoire de Magister, Univ Ferhat Abbas Sétif 1, p 76.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2017. EN 15587 : Cereal and cereal products - Determination of Besatz in wheat (*Triticum aestivum* L.), durum wheat (*Triticum durum* Desf.), rye (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticosecale* Wittmack spp)and feed barley (*Hordeum vulgare* L.).

Emillie. (2007). Connaissance des aliments Base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. ED : Tec et Doc, Lavoisier, paris.

## F

Feillet, P. (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. Ed .INRA. Paris, p 5-6-57-281-303-308.

Feldman, M. (2001).Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J.

Angus (ed.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre,p 3-58-75.

Flagella, Z., Giuliani M.M., Giuzio L., et al. (2010). Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality. *European Journal of Agronomy*, 33, p 197-207.

Fredot ,E. (2005). Connaissance des aliments. Ed. TEC et DOC. Lavoisier-Paris ,p 157-199 - 397.

Fredot, E. (2012). Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3ème édition , Lavoisier, Tec & Doc, Paris, p 613.

.

## J

Jintet, R., Croguennec ,T., Schuck ,P., et al. (2006). Science des aliments biochimie, microbiologie, procédés et produits, Ed .Tec et Doc Lavoisier.Paris. volume(1), p 381.

Jonard, P.(1964). Étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Ann. Amél. Plantes, p 14, 2, 101-130.

## H

Hacini,N (2014). Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur(*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse de doctorat : Biologie végétale. Annaba. Universite badji mokhtar -annaba, p 20.

Hazmoune, T. (1995). Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie. Perspectives, Option Méditerranéennes, p 291-294.

## I

ITCF & ONIC, 1995. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique, p 268.

## G

Gate ,P. (1995). Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. Lavoisier Tec and Doc. ,Paris, p 430.

Geslin, H. (1944). Étude des lois de croissance d'une plante en fonction du climat, Contribution à l'étude du climat du blé. Thèse Fac. Sciences, Paris, p 116.

Gherfi, A et Lounes, Y.(2010). Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national. Diplôme d'ingénieur d'état en agronomie: Phytotechnie.Tizi Ouzou: Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie,p2. Disponible sur:

<https://www.memoireonline.com/12/13/8345/Contribution--l-etude-du-comportement-agronomique-de-27-nouvelles-varietes-de-ble-dur-en-vue-d.html> (page consultée le 17/09/2021)

Godon ,B. (1991). Composition biochimique des céréales: grains d'avoine, blé, mais orge, seigle, triticale. Ed, TEC & DOC APRIA, paris, p 75.

Godon, B., et Guinet, R. (1994).La panification française. Tec et Doc Lavoisier, Paris.

Godon, B., et Willm, C. (1998). Les industries de première transformation des céréales.

Grignac, P. (1981). Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie),p 185-194.

## K

Kara ,K.(2015). Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre(*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique.thèse doctorat : Les bases biologiques de la production végétale .Constantine :Universite des freres mentouri constantine,p 44.

Keddar, M N(2014).Caractérisation physico-chimique, biochimique et technologique de quelques variétés de blé dur algérien destinées à la panification.Mémoire

Magister:Alimentation et Nutrition.Alger :Ecole nationale superieure agronomique el-harrach -alger,p57.

Kiger, J. L., and Kiger, J.-G. (1967). "Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime: par JL Kiger, JG Kiger," Dunod.

## L

Lasztity R., 1984. The chemistry of cereal proteins. CRS Press, Inc., Boca Raton, Florida,USA, p 131-151.

Linden, G., Lorient, D. (1994). Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson, p 70-80.

Luo, C., Branlard, W.B., Griffin W.B.et al.( 2000).The effect of nitrogen and sulfur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters.J. Cereal Sci., N.31, p 185-194.

## M

Mahi,k(2020).Appréciation de la qualité technologique des farines issues du blé tendre local.Mémoir Master:Biotechbologie alimentaire.Mostaganem:Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem,p15.

Mosconi G. & Bozzini A., 1973. Effect of application of late nitrogen fertilizer to durum wheat. Revista di agronomia (7), p75-82.

Motquin, et al. (2007). Méthodes d'appréciation de la qualité des blés (et épautres) destinés à la panification.

Moule C (1971) Caractères généraux des céréales. la maison rustique Paris ,p 10.61.32.

## N

Nachit, M.M., Baum M., Impiglia H., et al. (1995). Studies on some grain quality traits in durum wheat grown in Mediterranean environments .Options Méditerranéennes, Zaragoza (ESP), N° 22, p181-187.

Nadiaye D.S.B., (1999). Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux, Coopérative Autrichienne pour le développement, p 61.

Nasraoui , B. (1996).Choix des variétés . In: Cultures du blé et de l'orge dans les régions semi-arides de la Tunisie. E.S.A.K., pp: 5-6.

Nique ,G., etCLASSERAN J.C., (1989). Stockage et conservation des grains à la ferme Guides pratiques, p 50.

Noorka I.R.,Rehman J.R., Haidry J.R et al (2009). Effect of water stress on physicochemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L. )Pakistan Journal of Botany, 41: 2917-2924.

Nottin, Daros, Pignarre. (1949). Valeur industrielle des blés durs. Chambre d'agriculture de Constantine. Algérie , p 260.

Nuret, 2000, le grain de blé ; composition histologique et chimique du grain ,p 23.

.

## O

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, 1994. ISO 11051. Blé dur (*Triticum durum* Desf).-Spécifications.

## P

Patrick, J.F. (2006). Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec, p 293.

Paux ,E., Sourdille, P., Salse, J. et al. (2008). A physical map of the 1 -gigabase bread wheat chromosome 3B. *Science* 322(5898), p 101-104.

Pechanek, U., Karger, A., Gröger, S.et al.(1997).Effect of nitrogen fertilization on quality of flour proteins components, dough properties, and breadmaking quality of wheat.Cereal Chemistry,vol.74, N. 6, p 800-805.

Potus, J. (1994). Les enzymes in la panification françaises. Ed .Tec et doc Lavoisier .Paris, p 300.

## Q

Quaglia, G.B.(1988). Other durum wheat products. In G. Fabriani, et C. Lintas (Eds.), Durum wheat: Chemistry and technology. St. Paul, MI: American Association of Cereal Chemistry, p263–274

## R

Rachedi , MF., 2003 : Les céréales en Algérie : problématique et option de réforme. Céréaliculture. N° 38, p 6-9.

Rharrabti , Y., Villegas, D., Garcia Del Moral, L. F., et al. (2001). Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Plant Breeding ,p 120, 381-388.

## S

Samson,MF et Desclaux,D(2006).Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur :vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin, p 1-3.

Scotti, G. (1997). Analyses physicochimiques, partie I, analyse physiques des grains du blé tendre et du blé dur, chap, 5. 76-119. In : (guide pratique d'analyse dans les industries des céréales), p79.

Soltner ,D. (2005). Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles , p 472.

Sombrero, A. et Monneveux, P. (1989). Le mitadinage chez le blé dur (T. Durum. Desf) : influence de l'alimentation azotée et hydrique et de la variété .Agr.Med. Vol (119), p340-360.

Surget ,A., Baron ,C. (2005). Histologie du grain de blé. Industrie des céréales.

## T

TRENTESAUX E. (1995). Evaluation de la qualité du blé dur. Durum wheat quality in the Méditerranéan Region. Seminaires Méditerranéan N° 22

## V

Valdayron G., Seguela J. M. & Matweef M., 1957. De quelques conclusions sur trois années d'étude sur le mitadinage du blé dur en Tunisie. Annales de service botanique agronomique de Tunisie, vol (30), p 1-32.

### Les sites

**Site 1 :AGRO.**Algérie: la récolte céréalière s'annonce abondante en 2019/2020 [en ling].(page consultée le 17/9/2021).

<https://www.agenceecofin.com/cereales/0807-67668-algerie-la-recolte-cerealiere-s-annonce-abondante-en-2019/2020>.

**Site 2 :La terre de chez nous .**Une moisson 2021 abondante [en ling].(page consultée le 2/9/2021).[http://m.laterredecheznous.com/news/archivestory.php/aid/7864/Une\\_moisson\\_2021\\_abondante.html](http://m.laterredecheznous.com/news/archivestory.php/aid/7864/Une_moisson_2021_abondante.html).

**Site 3 :AA.** L'Algérie cesse d'importer du blé dur pour la première fois depuis des décennies.[en ling].(page consultée le 10/9/2021).

<https://www.aa.com.tr/ar/1635639/اقتصاد/الجزائر-توقف-استيراد-القمح-الصلب-لأول-مرة-منذ-عقود>

**Site 4 : Skyrock.** Le schema d'un grain de blé.[en ling].(page consultée le 30/8/2021).

<https://boulanger-27.skyrock.com/3060714433-Le-schema-d-un-grain-de-ble.html>

**Site 5 :terre-net.** Agreste révisé à la baisse ses estimations de rendements en blé tendre.[en ling].(page consultée le 18/9/2021).

<https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/agreste-publie-ses-premieres-estimations-de-rendements-en-ble-tendre-217-180478.html> 9. 9. 2021

**Site 6 :businessfrance.** Algérie - Baisse des importations de blé tendre prévue pour 2020.[en ling].(page consultée le 5/9/2021).

<https://www.businessfrance.fr/algerie-baisse-des-importations-de-ble-tendre-prevue-pour-2020>

**site 7 :Elairesnews.** Le blé tendre en Algérie entre criminalité économique et criminalité sanitaire. .[en ling].(page consultée le 8/9/2021).

<https://elauresnews.com/القمح-اللين-بالجزائر-بين-الاجرام-الاق/>

**site 8 : Chambres d'agriculture Bretagne .** Accident-culture sur céréales - échaudage dû à des températures supérieures à 25°C.[en ling].(page consultée le 20/8/2021).

<http://www.bretagne.synagri.com/synagri/accident-culture-cereales-echaudage-du-a-des-temperatures-superieures-a-25-degres-celsius>

**site 9 :Infoclimat.** [en ling].(page consultée le 4/9/2021).

<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2021/setif/valeurs/60445.html>

**site 10 :Infoclimat.** [en ling].(page consultée le 4/9/2021).

<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2020/constantine/valeurs/60419.html>

**site 11 : Commission Canadienne des grains.**Poids spécifique des grains canadiens. [en ling].(page consultée le 10/8/2021).

<https://grainscanada.gc.ca/fr/qualite-grains/classement-des-grains/facteurs-de-classement/poids-specifique-grains.html>

**site 12 :Olcéa.** Poids de mille grains (PMG) .[en ling].(page consultée le 12/8/2021).

<https://laboratoire-olcea.fr/index.php/poids-de-mille-grains/>

**site 13 :terre-net.** La moucheture bientôt prévisible .[en ling].(page consultée le 10/9/2021).

<https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/moucheture-ble-dur-penalissant-exportations-maghreb-217-69148.html>

**Site 14 : terre-net.** Gestion de l'azote en blé dur et impact sur le rendement et le taux de protéines .[en ling].(page consultée le 11/9/2021).

<https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/gestion-de-l-azote-en-ble-dur-et-impact-sur-le-rendement-et-le-taux-de-proteines-217-97633.html>

**Site 15 :ARVALIS.**Piétin échaudage. [en ling].(page consultée le 13/9/2021).

[http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche\\_accident/fiches\\_accidents.php?mode=fa&type\\_cul=1&type\\_acc=4&id\\_acc=40](http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=1&type_acc=4&id_acc=40)

&fbclid=IwAR0Xc4H2ZQydjgWdOu1Qdq\_MNc3KBQZOjx8ajsUxJW3WIUm6cjKPZbUF  
ULk

**Site 16 : terre-net.** Le poids spécifique, un critère important en céréales. [**en ling**].(page consultée le 16/9/2021).

<https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/le-poids-specifique-un-critere-important-en-cereales-217-170152.html>

**Site 17 : DREAL Grand Est . E ("échaudage" à "espèce")** .[**en ling**].(page consultée le 15/9/2021)

<http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/e-echaudage-a-espece-a15905.html>