

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département d'Ecologie et Biologie Végétale

قسم الإيكولوجيا والبيولوجيا النباتية

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies et génomique végétale

Spécialité : *Biotechnologies et génomique végétale*

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé

EFFET DU STOCKAGE SUR LA QUALITE DU GRAIN DE BLE

Présenté par : BOUMAZA Rania Chehrazed

Le 20/06/2023

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr.BENBELKACEM Abdelkader Professeur - INRAA,Constantine 1

Encadreur : Mlle.MOUELLEF Adra MCB., Université Frères Mentouri, Constantine 1.

Examineur : Mme.KHENNAOUI Amina MCB., Université Frères Mentouri, Constantine 1.

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant et miséricordieux pour toutes ses bénédictions dont santé, volonté et bravoure afin de composer ce document et vous le présenter bien correctement.

En premier lieu, ce travail ne serait mis en œuvre et vit le jour qu'avec l'appui de mon encadrante Mlle MOUELLEF Adra et je ne la remercierai jamais assez pour la qualité d'encadrement exceptionnel, patience et disponibilité durant ma préparation. Je suis reconnaissante pour : Mr. Benbelkacem d'avoir accepté de présider le jury, Mme. Khennaoui Amina. D'avoir accepté ce travail, mes vifs remerciements sont adressés pareillement à tous mes enseignants de cette année mémorable.

Dédicace

Je dédie cet honorable travail à ma mère ; les mots ne peuvent décrire mon ressenti , **MERCI** inconditionnellement , mes grands-parents maternels Ma et Beba père , grand-père et je remercie la vie pour cette richesse ; Tonton Mouloud mon beau-père, ainsi que toute ma famille mes deux oncles maternels Tonton et Khali , Tata Imene Zemzem et Youya , Iyed , Ilyes et Assia mes cousins que j'aime tant , merci de m'avoir apporté joie et bonne humeur sans oublier Soumi ma tante maternelle bien aimé , Nouh et Léna je vous aime ; mes amis que je considère comme ma deuxième famille , mes compagnons , et mes âmes sœurs , ceci est pour vous ; je ne vous oublierai jamais Nihel , Rachel et Rezgui , Sabrina et Ghizlane , à tout ami(s) que j'ai perdu en cours de route ; je tiens à vous remercier pour votre soutien , amour , amitié et encouragements non cessants.

Mes amis mes collègues et mes camarades promo BTGV , chaque moment de notre parcours restera gravé à tout jamais dans mon esprit , je vous porterai toujours dans mon cœur

Rania

Effet du stockage sur la qualité du grain de blé

Résumé

L'objectif de ce travail est de préciser l'effet de la durée du stockage sur la qualité des grains de blé dur. Pour cela, 6 lots de deux variétés de blé dur : Hedba3 et Waha ont été sélectionnés, pour chaque variété, un lot témoin stocké pendant 1 an, et deux lots stockés pendant 4 et 8 ans. Une étude physiologique a été effectuée sur les grains du blé dur : la couleur, le poids de mille grains, la faculté germinative, la teneur en eau, et le test topographique au tetrazolium des graines. Ensuite, une analyse moléculaire des protéines de réserves : « les gluténines » a été évaluée par SDS-PAGE. Pour les deux variétés, les résultats obtenus montrent que, la faculté germinative a diminué de même que la teneur en eau et la viabilité ; alors que la couleur n'est pas subie de changements significatifs. De plus, les diagrammes électrophorétiques, nous montre des unités présentes aussi bien chez les témoins (1 an) que chez les deux lots 4 et 8 ans, alors que d'autres sont présentes /ou absentes chez les deux lots 4 et 8 ans et les témoins 1an. Ces résultats permettent de conclure que la durée de stockage, a d'une manière générale affecté négativement la qualité des grains de blé dur des deux variétés étudiées. Des recherches ultérieures devraient permettre de préciser de quelle manière les conditions de stockage influencent la qualité des grains de blé dur afin de pouvoir limiter l'effet négatif de la durée du stockage sur les grains.

Mots clés :

Blé dur, stockage, viabilité, qualité, grain, protéines.

Effect of storage on wheat grain quality

Abstract:

The objective of this work is to specify the effect of the duration of storage on the quality of durum wheat grains. For this, 6 batches of two varieties of durum wheat: Hedba3 and Waha were selected, for each variety, a control batch stored for 1 year, and two batches stored for 4 and 8 years. A physiological study was carried out on the grains of durum wheat: the color, the weight of a thousand grains, the germination capacity, the water content, and the topographic test with tetrazolium of the seeds. Then, a molecular analysis of the reserve proteins: “the glutenins” was evaluated by SDS-PAGE. For both varieties, the results obtained show that the germination capacity has decreased as well as the water content and the viability; while the color is not undergone significant changes. In addition, the electrophoretic diagrams show us units present both in the controls (1 year) and in the two batches 4 and 8 years old, while others are present / or absent in the two batches 4 and 8 years old and witnesses 1 year. These results lead to the conclusion that the storage time generally negatively affected the quality of durum wheat grains of the two varieties studied. Further research should clarify how storage conditions influence the quality of durum wheat grains in order to be able to limit the negative effect of storage time on grain.

Keywords

Durum wheat, storage, viability, quality, grain, protein.

تأثير التخزين على جودة حبوب القمح

ملخص :

الهدف من هذا العمل هو تحديد تأثير مدة التخزين على جودة حبوب القمح القاسي. لهذا الغرض، تم اختيار 6 دفعات من صنفين من القمح القاسي: هدبا 3 وواحة (Hedba3 et Waha)، لكل صنف، دفعة تحكم مخزنة لمدة سنة واحدة، ودفعتين مخزنتين لمدة 4 و 8 سنوات. أجريت دراسة فسيولوجية على حبوب القمح القاسي: اللون، ووزن الألف حبة، والقدرة الإنباتية، والمحتوى المائي، والاختبار الطبوغرافي باس-تخدام tetrazolium. بعد ذلك، تم تقييم التحليل الجزيئي للبروتينات الاحتياطية: "الغلوتينين" بواسطة SDS-PAGE. بالنسبة لكلا الصنفين، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن قدرة الإنبات قد انخفضت وكذلك محتوى الماء والص-لاحية؛ في حين أن اللون لا يخضع لتغيرات كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، تُظهر لنا المخططات الكهربائية الوحدات الموجودة في كِّ من الضوابط (سنة واحدة) وفي الدفعتين من عمر 4 و 8 سنوات، في حين أن البعض الآخر موجود / أو غائب في الدفعة 4 و 8 سنوات وشاهد 1 سنة. أدت هذه النتائج إلى استنتاج أن وقت التخزين بش-كل عام أثر سلباً على جودة حبوب القمح القاسي للصنفين المدروسين. يجب أن يوضح البحث الإضافي كيف تؤثر ظروف التخزين على جودة حبوب القمح القاسي من أجل أن تتمكن من التعامل مع التغيرات السلبية في الوقت المناسب وتخزين علف حبوب وب.

كلمات المفتاحية:

. قمح صلب، تخزين، قابلية البقاء، جودة، حبوب، بروتين..

Liste des abréviations

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

KDa : Kilos Dalton (mesure)

TTC : Chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium

SDS-PAGE: Electrophoresis Poly Acrylamid gel Sodium Dodecyl sulfate

SG-HMW : Sous unités à haut poids moléculaire

SG-LMW : Sous unités à faible poids moléculaire

INRAA : L'Institut national de la recherche agronomique

ISTA : International testing seed association

ITGC : Institut technique des grandes cultures

OAIC : Office algérien interprofessionnel des céréales

ONFAA : Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires

T° : Température

C° : Degrés Celsius

TEMED : Catalyseur essentiel pour la polymérisation des gels de polyacrylamide

J.C : Jésus Christ

TE : Teneur en eau

G% : faculté germinative

TZ : Test topographique au tetrazolium

Liste des figures

Figure 1 : Présentation de la plante de blé.....	3
Figure 2 : Le cycle de vie du blé dur.....	6
Figure 3 : Projection géographique de la diversité génétique observé sur 632 land races de blé.....	7
Figure 4 : Origine génétique du blé.....	8
Figure 5 : Les produits traditionnels du blé dur.....	9
Figure 6 : Production de blé mondiale dans le monde par millions de tonnes	10
Figure 7 : Schéma d'une graine de blé.....	13
Figure 8 : Classification des protéines de blé par Osborne (1907) et Shewry (1986).....	15
Figure 9 : Représentation schématique de la structure primaire des différents types de gliadines	17
Figure 10 : Représentation schématique de la structure primaire des différents types de gluténines de faibles poids moléculaires et de hauts poids moléculaires	18
Figure 11 : Représentation des associations des protéines via des liaisons disulfures intra-et intermoléculaires.....	18
Figure 12 : Schéma récapitulatif des méthodes de stockage et de conservation des semences.....	21
Figure 13 Photographie des graines /ou semences utilisées.....	25
Figure 14 : Test de tétrazolium accompagné des graines prises en photo avec le microscope binoculaire.....	26
Figure 15 : Montage d'analyse colorimétrique des graines du blé permettant d'utiliser l'application <i>android</i> de capture de couleur <i>Color Grab</i>	27

Figure 16 :Résultats du test au tetrazolium des graines de deux variétés de blé dur stocker durant 1an, 4 ans et 8 ans. A : la variété Hedba3 et B : la variété Waha.....	33
Figure 17 : Variations du pourcentage de germination des deux variétés de blé dur stocké durant 1 an, 4 ans et 8 ans.....	37
Figure 18 : Variations de la teneur en eau des grains des deux variétés de blé dur stockés durant 1 ,4 et 8 ans.	39
Figure 19 : Variations du poids de mille grains des grains des deux variétés de blé dur stockées durant 1 an, 4 ans et 8 ans	41
Figure 20 :Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines de réserve « gluténines » des graines de deux variétés de blé dur conservée durant 8 ans, 4 ans et 1 an.....	43

Liste des tableaux

Tableau 1 :Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé d'après Feillet, (2000).....	14
Tableau 2 : Caractéristiques des semences utilisées.....	24
Tableau 3 : Distribution histologique des principaux constituants du grain du	
Tableau 4 : Caractéristiques des semences utilisées	
Tableau 5 : Variations de la couleur des grains des deux variétés de blé dur stockées durant 1 an, 4 ans et 8 ans.....	34
Tableau 06 : Comparaison des moyennes de paramètre (L) de la couleur des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans.....	35
Tableau 07 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur de la couleur des grains35	
Tableau 08 : Comparaison des moyennes de paramètre du pourcentage de germination des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans	37
Tableau 09 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur de la capacité germinative des grains	38
Tableau 10 : Comparaison des moyennes de paramètre de la teneur en eau des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans	39
Tableau 11 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur de la teneur en eau des grains40	
Tableau 12 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur du poids de milles grains	41
Tableau 13 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur du poids de mille grains	42

Tableau 14 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur variété des trois durées du stockage de blé dur du poids de mille grains42

Tableau 15: Diagramme présence / absence des bandes dans les graines de deux variétés de blé dur conservée durant 8 ans, 4 ans et 1 an44

SOMMAIRE

Table des matières

Introduction	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	
1-Le blé	3
1-1-Qu'est-ce que le blé ?.....	3
1-2-Les différents types de blé	4
1- 3-Le cycle de vie du grain de blé	4
1-3-1- La période végétative.....	5
1-3-2- La période reproductrice	5
1-4- L'histoire et l'origine géographique du blé.....	6
1-5-L'origine génétique du blé	8
1-6-L'importance et l'utilisation du blé	9
1-6-1- Valeur nutritionnelle.....	9
1-6-2- Utilisations du blé	9
1- 7-La production et la distribution du blé.....	10
1-7-1-Dans le monde.....	10
1-7-2-En Algérie.....	10
2-Le grain ou graine du blé.....	11
2- 1-Définitions	11
2- 2-Présentation du grain de blé.....	12
2-3- 1-Les couches externes	12
.....	12
2-3-2- L'endosperme	13
2-3-3- Le germe	13
2- 3-La composition biochimique du grain	13
2-4- La viabilité et vigueur des semences	14
3-Les protéines du grain du blé.....	14
3- 1-Les protéines de réserve	14
3-1-1- Qu'est-ce que le Gluten	14
3-1-2- Propriétés du gluten.....	16
3-1-3-Utilisations du gluten.....	16

3-1-4-Les gliadines	16
3-1-5-Les gluténines	17
3-1-6- interaction des protéines de gluten.....	18
3- 1-Les protéines métaboliques	19
3-2- 1-Les albumines et les globulines.....	19
3-2-1-Les protéines amphiphiles	19
4-Stockage des graines et semences	19
4-1- Les conditions et la durée	20
4- 2-Les méthodes et les techniques de stockage et de conservation	21
4-2- 1-Les techniques traditionnelles	21
4-2-2-Les techniques modernes	22
4-3-Le stockage des semences en Algérie	23

CHAPITRE II : Matériel et Méthodes

1-Matériel végétal	24
2-Conduite de l'expérimentation	24
3-Préparation des grains du blé dur	25
4-Les paramètres étudiés	25
4- 1-Paramètres physiologiques	25
4-1-1-Test topographique au tetrazolium.....	25
4-1-2-Détermination de la couleur des graines.....	26
4-1-3-La faculté germinative	27
4-1-4-Détermination de la teneur en eau.....	28
4-1-5-Détermination du poids de milles grains	29
4- 2-Paramètre moléculaires : analyse des protéines de réserve par SDS-PAGE.....	29
4-2-1-Principe de l'électrophorèse monodimensionnelle sur gel de Polyacrylamide (SDS-PAGE)	29
4-2-2-Extraction des gluténines et gliadines	29
4-2-3-Electrophorèse SDS-PAGE.....	30
4-2-3-1- Préparation des gels	30
4-2-5-2-La migration	31
4-2-5-3-Coloration et décoloration des gels	31
5-L'étude statistique et analyse des résultats	32

CHAPITRE III : Résultats et discussion

1-Variation des paramètres physiologiques	33
1-1-Test topographique au tetrazolium	33
1-2-La couleur des graines.....	34
1-3-Taux de germination.....	36
1-4-Teneur en eau des grains.....	38
1-5-Poids de mille grains.....	40
2-Analyse des gluténines	42
- Sous unités de haut poids moléculaire (SG-HMW) et les sous unités de faible poids moléculaire (SG-LMW) :	43
Conclusion.....	46
Références Bibliographiques.....	47

INTRODUCTION

Introduction

La culture des céréales est considérée comme l'une des premières grandes découvertes ayant exercé une influence majeure sur l'avenir des sociétés humaines. Encore aujourd'hui, les céréales constituent la base de notre alimentation, en raison de la facilité des modes de production, de récolte, de stockage et de transport, de la diversité des aires géographiques de production, de leur richesse en constituants d'intérêt nutritionnel et de la diversité des modes de préparation et de consommation.

À l'échelle mondiale, continentale et nationale ; le blé est la céréale la plus cotée, et ce ; depuis toujours. Le blé est la plante monocotylédone la plus commercialisée au monde sous ses deux principaux types "Dur et Tendre" et elle a décroché cette place puisque c'est l'un des aliments de base dans plusieurs localisations du globe notamment l'Afrique et l'Algérie qui été le grenier de l'empire Romain.

Cette céréale de tête remonte à des temps immémoriaux. Elle fait partie de notre société de génération en génération et est aujourd'hui l'objet d'étude de nombreux savants, scientifiques, agriculteurs etc. Le secteur des blés se situe au premier ordre des priorités économiques et sociales de notre pays.

Les semences sont les structures reproductives des plantes, porteuses de l'information génétique et des ressources nécessaires à la germination et à l'établissement des semis (Bewley et Black, 2012).

L'importance des semences de blé est de préserver et de transmettre le patrimoine génétique de la plante aux générations futures. Les semences sont utilisées dans l'amélioration génétique de blé.

Celles-ci sont stockées soit par des méthodes traditionnelles soit par des méthodes modernes.

La conservation des céréales et leurs produits secondaires ont des problèmes à multiples interrelations, liées à la complexité de l'écosystème post récolte des grains entreposés (Aoues, 2012).

Le stockage des récoltes est « l'art de préserver les qualités originelles des grains et d'empêcher leur détérioration pour une période de temps spécifique, qu'elles soient conservées pour être utilisées sur place ou destinées au transport en vue d'une éventuelle transformation » (Kiaya, 2014)

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire vise à préciser les effets du stockage sur les grains de blé dur sur différentes périodes, à travers des paramètres physiologiques et moléculaires .

Ce document se divise en 3 chapitres :

Le premier chapitre est composée d'une partie bibliographique totalement consacrée aux généralités du blé, d'une schématisation du Grain de blé, d'une description rigoureuse de ce

dernier ; notamment des Protéines de réserves (Gluténines et Gliadines faisant partie du Gluten) et aussi d'une présentation des modes de conservation et de stockage des semences.

Le deuxième chapitre, comprend la description du matériel végétal et des méthodes et techniques de laboratoire utilisées

Enfin le troisième chapitre est consacrée aux résultats obtenus et à leur discussion, ainsi qu'à la conclusion et aux perspectives de cette étude.



Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1- Le blé

1-1- Qu'est-ce que le blé ?

Le blé est une céréale qui a une histoire riche et une importance significative dans l'agriculture et la nutrition humaine. D'un point de vue botanique ; Le blé est une plante annuelle, monocotylédone, du genre *Triticum* appartenant à la famille des Poacées autrement dit Graminées (tableau 01- annexe 01), et au groupe des angiospermes c'est-à-dire plantes à fleurs, sa graine est enfermée dans un fruit, l'embryon de la graine qui est l'ébauche de la future plante contient des feuilles rudimentaires appelées Cotylédons. Le grain est un fruit sec indéhiscent dit Caryopse qui se compose d'une graine et de téguments (figure 01) (Belaloui, 2010). L'embryon du blé ne possède qu'un seul cotylédon donc il est dit Monocotylédone. Tout genre de blé a une inflorescence en épi d'épillets (figure01) ; ils sont hermaphrodite autrement dit autogames, leur pollinisation est anémogame ; et leur dissémination est épizoochore (Cronquist 1981 ; Belaloui , 2010).

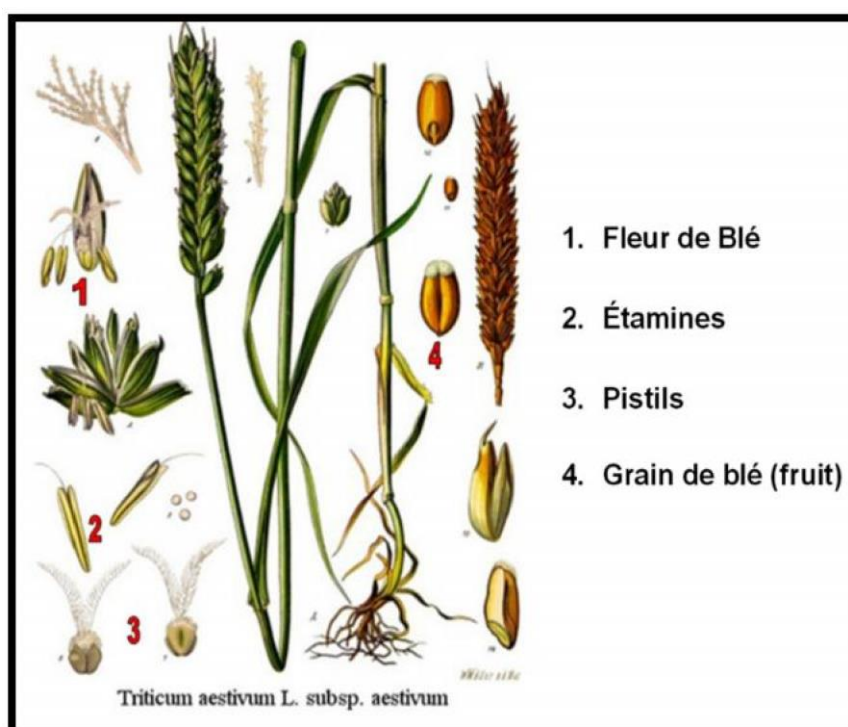


Figure 01 : Présentation de la plante de blé

(<https://louisa-paulin.ecollege.haute-garonne.fr/espaces-pedagogiques/sciences-et-technologie/le-vivant-sadiversite-et-les-fonctions-qui-le-caracterise/le-ble-34297.htm>)

Le blé est une des céréales les plus cultivées et les plus consommées dans le monde. Différentes espèces de blé sont cultivées, notamment le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (Shewry, 2009).

1-2- Les différents types de blé

Le blé est classé en différents types en fonction de divers facteurs tels que la couleur du grain, la dureté et la teneur en protéines. Voici quelques types de blé courants :

- **Blé de force rouge :**

Le blé de force rouge a un grain brun rougeâtre foncé. Il est généralement plus riche en protéines et en gluten que les autres types de blé, ce qui le rend idéal pour la fabrication du pain (Pomeranz, 2011).

- **Blé tendre rouge :**

Le blé tendre rouge a un grain de couleur plus claire et une teneur en protéines plus faible que le blé dur rouge. Il est souvent utilisé pour des produits tels que les gâteaux, les pâtisseries et les biscuits en raison de sa teneur en gluten plus faible (Pomeranz, 2011).

- **Blé de force blanc :**

Le blé de force blanc a un grain de couleur pâle et une teneur en protéines similaire à celle du blé de force rouge. Cependant, il a une saveur plus douce et un goût légèrement plus sucré, ce qui le rend approprié pour le pain, les pâtisseries et les nouilles asiatiques (Hoseney, 1994).

- **Blé tendre blanc :**

Le blé tendre blanc a une couleur de grain pâle et une teneur en protéines plus faible. Il est couramment utilisé dans la production de gâteaux, de pâtisseries, de biscuits, de crackers et de céréales pour le petit-déjeuner en raison de sa texture tendre et de sa faible teneur en gluten (Hoseney, 1994).

- **Blé dur :**

Le blé dur a un grain dur de couleur ambrée et est principalement utilisé pour la fabrication de pâtes alimentaires. Il a une teneur élevée en protéines et de fortes propriétés de gluten, ce qui lui confère une excellente texture pour les pâtes (Rubenthaler & Miller, 2009).

1-3- Le cycle de vie du grain de blé

Ce cycle annuel évolutif du blé est divisé en deux grandes périodes (figure 02): une période végétative et une période reproductrice

1-3-1- La période végétative

Elle s'étend de la germination à l'ébauche de l'épi. On y trouve deux stades :

- **Phase Germination - levée**

La germination est le passage de la semence de l'état de vie lente à l'état de vie active. Le grain de blé ayant absorbé au moins 30% de son poids en eau. La coléoptile joue un rôle protecteur et mécanique pour percer le sol. À la levée les premières feuilles amorcent la photosynthèse. Néanmoins les réserves du grain continuent à être utilisées. On parlera de levée lorsque 50% des plantes seront sorties de la terre (Chabi *et al.*, 1992).

- **Phase Levée- Tallage**

Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire. Il est caractérisé par trois caractéristiques : formation du plateau de tallage, émission des talles et sortie de nouvelles racines.

L'importance du tallage dépendra de la variété, de la densité de semis, de la densité d'adventices et de la nutrition azotée (Chikhi, 1992). Le tallage marque la fin de la période végétative et le début de la phase reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

1-3-2- La période reproductrice

- **Phase Montaison Gonflement**

Elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, c'est la fin du tallage herbacé et la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entrenœuds, auparavant emplies sous l'épi (Belaid, 1996). Il est suivi du stade 1 à 2 nœuds, ici les nœuds sont aisément repérables sur la tige. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Merizek, 1992).

○ Epiaison – fécondation

C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux et que va s'effectuer la fécondation. Le nombre de fleurs fécondées durant cette période critique dépendra de la nutrition azotée et l'évapotranspiration (Clement et Prats, 1970). Elle correspond au maximum de la croissance de la graine qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de transpiration qui influencent le nombre final de grain par épi.

○ Grossissement du grain

Il correspond à la croissance de l'ovaire. Il s'agit d'une phase d'intense activité de la photosynthèse. A la fin de cette phase 40 à 50% de réserves se sont accumulées dans le grain qui, ayant bien sa taille définitive, reste mou et de couleur verte. C'est le stade grain laiteux (Chabi *et al.*, 1992).

○ Maturation du grain

Selon Belaid (1996) la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains. Par la suite, les grains perdent leur humidité (Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008).

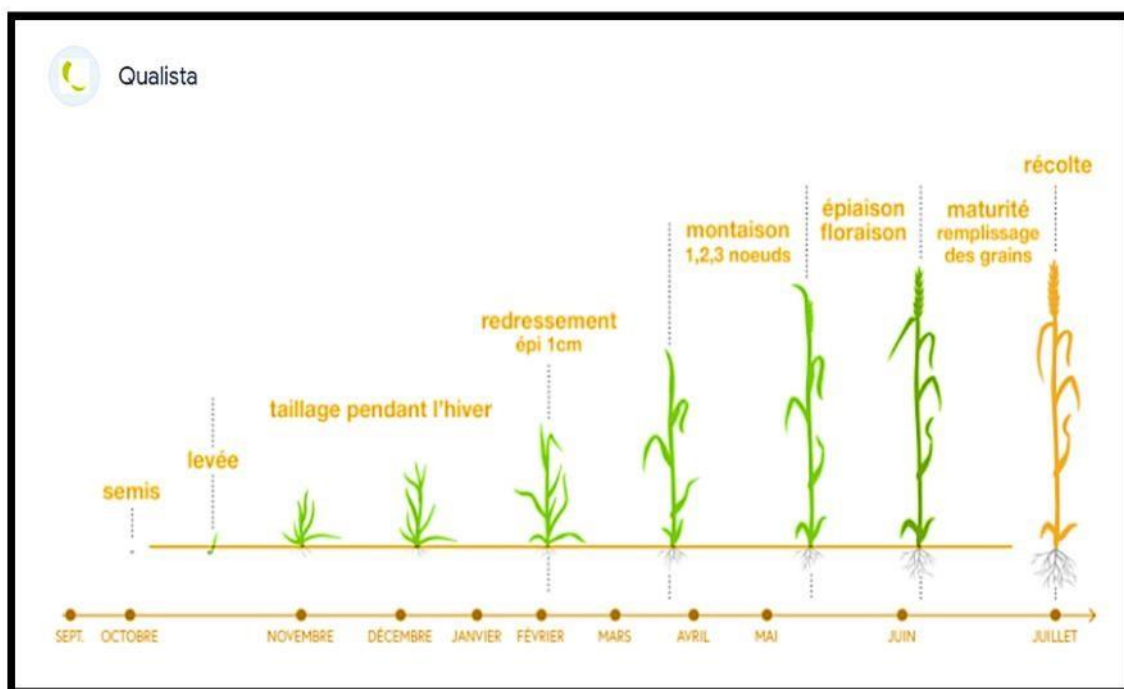


Figure 02 : Le cycle de vie du blé dur

<https://qualista.fr/actualites/juillet-la-recolte-du-ble/>

L'histoire et l'origine géographique du blé

La culture du blé remonte à l'Antiquité et trouve son origine dans le Croissant fertile du Moyen-Orient, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010). C'est à partir de cette zone que le blé a été diffusé vers, l'Asie, l'Europe, et l'Afrique du Nord

(Figure 03) (Ait Slimane et Ait Kaki, 2008), puis l'Amérique et l'Australie. L'analyse comparée de l'ADN (acide désoxyribonucléique) de 68 lignées cultivées et de 261 espèces sauvages a montré une grande similitude de composition entre les premières et 11 espèces sauvages issues des montagnes du sud de la Turquie (les Karacadag). Ce résultat renforce l'hypothèse que cette région serait le berceau du blé. (Vavilov, 1992).

La culture du blé a joué un rôle essentiel dans le développement des premières civilisations, comme celles de la Mésopotamie et de l'Égypte qui est l'une des plus anciennes cultures. Il y a 10000 ans avant J.C, le blé poussé à l'état sauvage fait partie aujourd'hui des trois céréales les plus importantes au monde avec le maïs et le riz. Le blé est aujourd'hui cultivé à grande échelle dans de nombreux pays et constitue une culture vivrière de base pour une grande partie de la population mondiale (Zohary *et al.*, 2012). Autrement dit, les céréales en général et le blé de façon spécifique représentent les deux tiers de l'approvisionnement mondiale en nourriture (Borlaug, 1998).

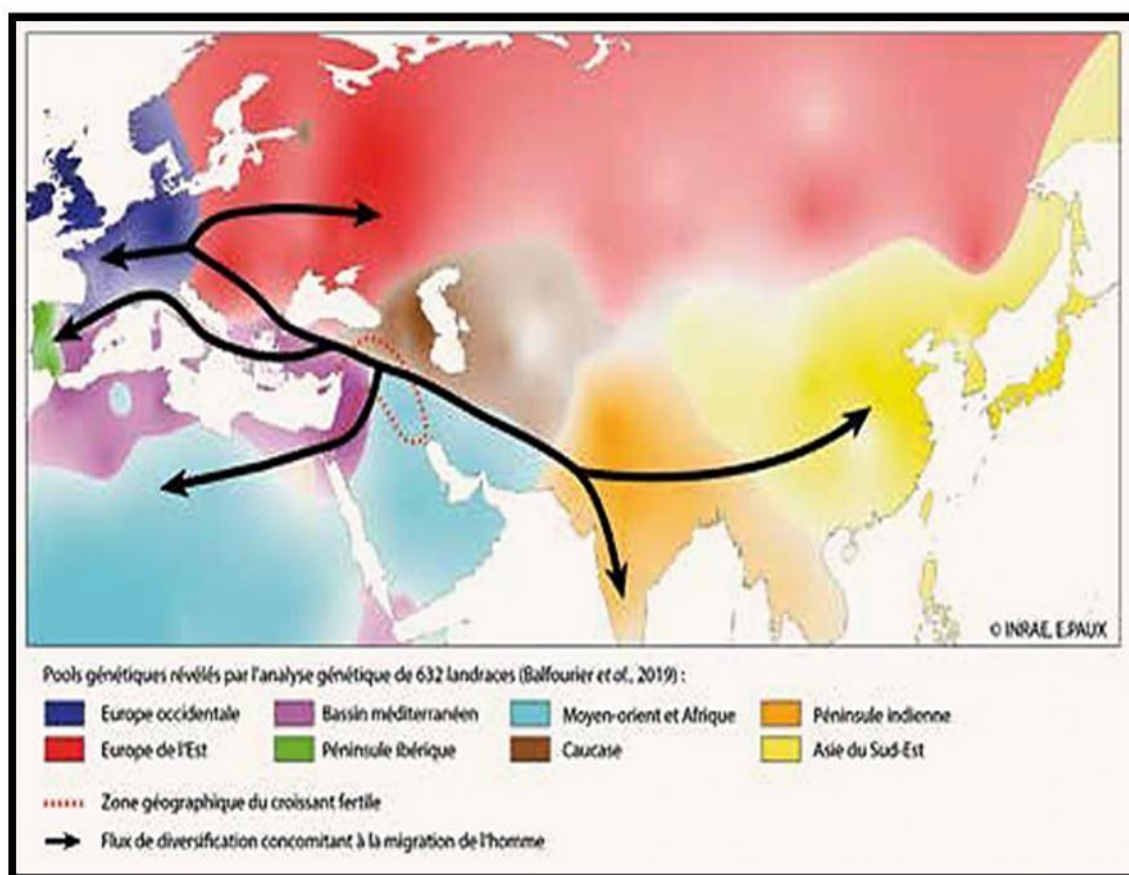


Figure 03 : Projection géographique de la diversité génétique observée sur 632 land races de blé (d'après Balfourier *et al.*, 2019).

1-5- L'origine génétique du blé

Le génome est l'ensemble des chromosomes, et par extension l'ensemble des gènes portant le patrimoine génétique ou encore l'information génétique d'un individu. La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement clair. Il est reconnu que le génome A provient de *Triticum monococcum* (en grain). L'en grain (*Triticum monococcum*) est considéré comme l'une des huit plantes fondatrices de l'agriculture. Le Blé dur (*T. turgidum ssp. durum* Desf.) est un allo tétraploïde ($2n = 28$, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie d'un doublement chromosomique entre *Triticum Urartu* (génome AA) et une espèce voisine, *Aegilops speltaoides* (génome BB) (Huang *et al.*, 2002). Cette hybridation a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum ssp. dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé). Le blé tendre cultivé (AA BB DD) sera issu d'un croisement, également naturel, entre *Triticum turgidum ssp. dicocoum* (AA BB) et *Aegilops squarrosa* (DD) (Figure.04) (Diamond, 1997 ; Bourouh et Maadabi, 2020).

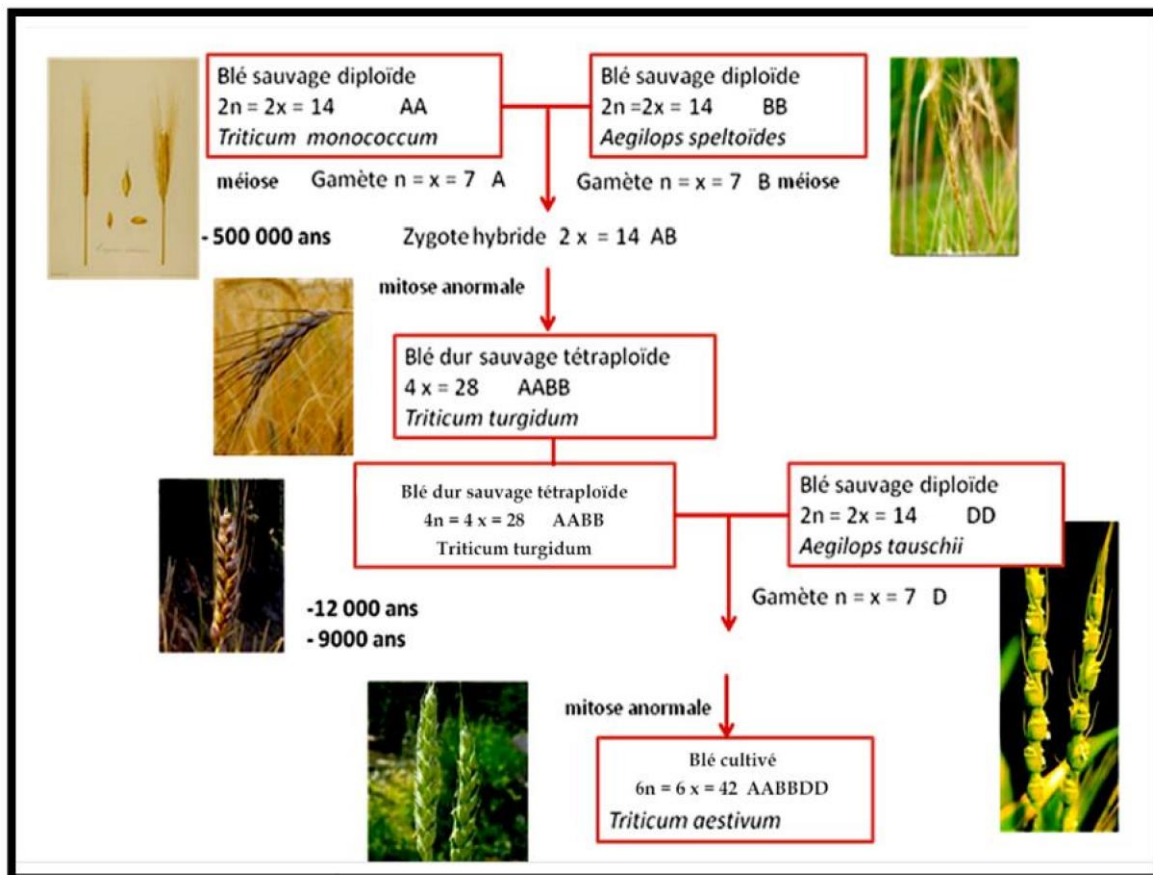


Figure 04 : Origine génétique du blé

(<http://svtmarcq.blogspot.com/2016/09/theme-1a-genetique-et-evolution.html>)

1.6- L'importance et l'utilisation du blé**1.6-1- Valeur nutritionnelle**

Le blé est une source précieuse de glucides, de protéines, du gluten, de fibres alimentaires et de nutriments essentiels tels que les vitamines et les minéraux (Shewry et *al.*, 2013). Il renferme en plus d'acides aminés et des lipides (Pena et Pfeiffer, 2005). Le blé entier contient toutes les parties du grain, y compris le son, le germe et l'endosperme, qui fournissent une série de nutriments. La présence du gluten, donne aux pâtes alimentaires un meilleur terme à la cuisson, Donc le blé dur est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité.

1.6-2- Utilisations du blé

Les céréales dont le Blé ont d'innombrables facultés alimentaires et aussi industrielles. Leur utilisation en alimentation humaine remonte à l'âge Néolithique environ 10,000 ans avant J.C. (Zadri, 2009). Le grain du blé tendre est principalement utilisé comme céréale alimentaire, couramment moulu en farine pour la production de pain, de pâtes, de pâtisseries et d'autres produits de boulangerie. Le grain du blé dur sert à la production de pâtes alimentaires, du couscous, et à bien d'autres mets comme le pain. Il est utilisé pour préparer les chappattis dans le sous-continent indien et tortillas en Amérique Central et du Sud (Pena et Pfeiffer, 2005). Il est également utilisé dans les industries de la brasserie et de la distillation. La paille de blé, un sous-produit de la récolte du blé, a des applications dans la litière pour animaux, les matériaux de construction et la production de bioénergie (Shewry et *al.*, 2010).

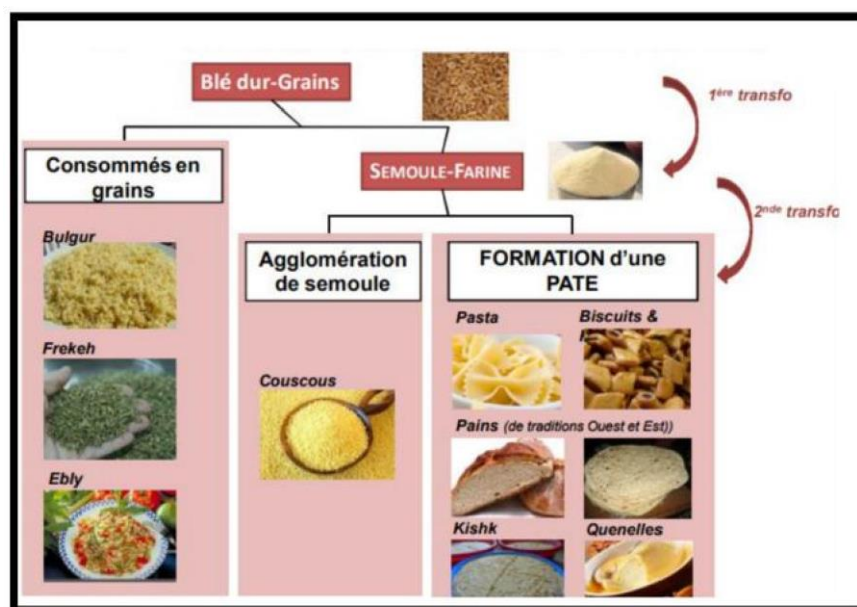


Figure 05 : Les produits traditionnels du blé dur

(<https://leschroniquesduvegetal.wordpress.com/2023/03/10/reflexions-autour-du-ble-dur/>)

1-7- La production et la distribution du blé

1-7-1-Dans le monde

Le blé est largement répandu et cultivé dans le monde entier. Sa culture s'étend sur plusieurs régions, chacune contribuant à la production et à l'offre mondiale de blé (figure 06) (FAO, 2019). Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, (2020) les plus grands producteurs et consommateurs de blé dans le monde étant la Chine, la Turquie, l'Inde et la Russie en tête de la production en Asie. Suivie par l'Europe, dont les pays comme la France, l'Allemagne et l'Ukraine. Les États-Unis et le Canada sont les principaux producteurs de blé en Amérique du Nord. En Australie, le blé australien est réputé pour sa grande qualité et est exporté dans le monde entier. L'Australie est un grand producteur de blé. L'Argentine et le Brésil sont les principaux pays producteurs de blé en Amérique du Sud. En Afrique, le blé est cultivé dans plusieurs pays dont l'Égypte, l'Éthiopie et l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. Ces pays contribuent à la fois à la sécurité alimentaire régionale et au commerce international du blé (ONUPAA, 2020).

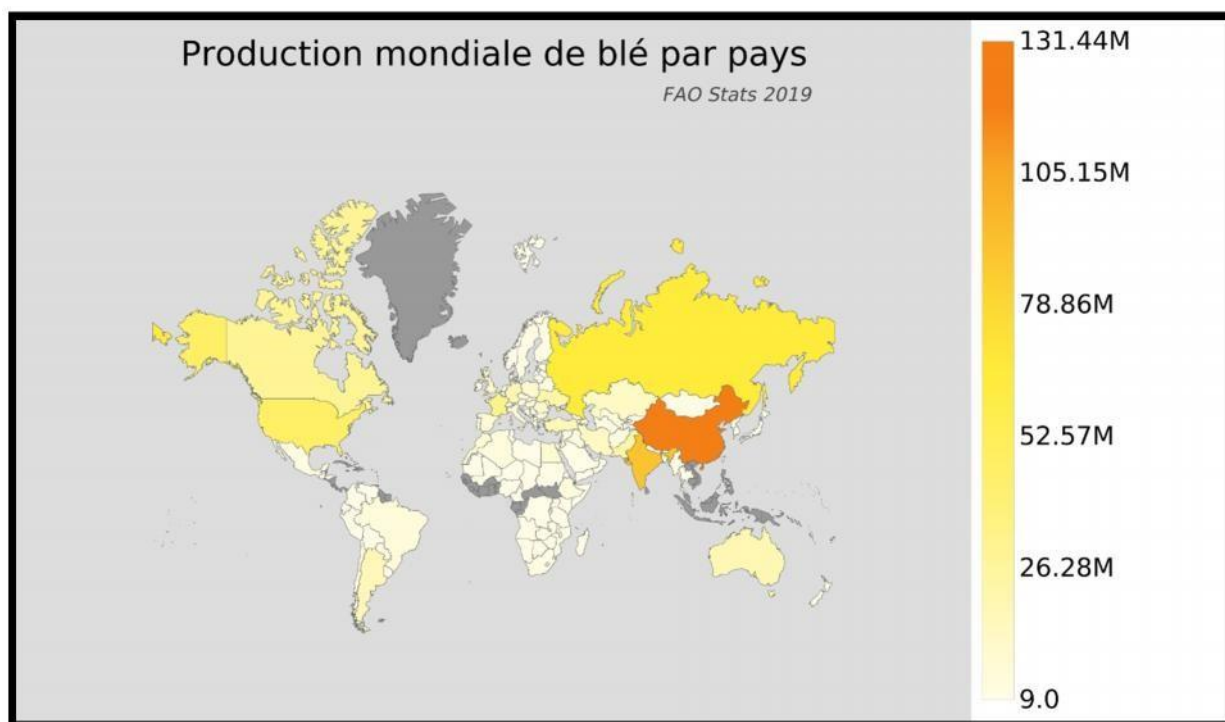


Figure 06 : Production de blé mondiale dans le monde par millions de tonnes (FAO, 2019).

1-7-2-En Algérie

Le rendement de la production céréalière de l'Algérie a été notamment impacté par la faible pluviométrie qu'a connue le pays. Étant en grande partie pluvial, les rendements céréaliers sont très variables et dépendent de la quantité et de la répartition des précipitations. Ainsi, la production totale de céréales en 2021 est estimée à 3.5 millions de tonnes ce qui est inférieur à la moyenne quinquennale et qui représente environ 38% de moins que la production de l'année précédente (Anonyme, 2022). En Algérie, les importations de blé ont augmenté jusqu'à atteindre les 7.6 millions de tonnes par an (Kouini, 2022), principalement de blé tendre qui représente environ 70% de la consommation intérieure alors que la taille du marché du blé était évaluée à 127,7 milliards de dollars et devrait atteindre 169,1 milliards de dollars d'ici 2027. Les importations algériennes de blé devraient atteindre, en 2023, 8,3 millions de tonnes.

Récemment, depuis le début de la guerre en Ukraine, une instabilité dans l'offre du blé s'est fait ressentir au niveau des marchés internationaux. Ce qui a poussé l'Algérie peuple et gouvernement à travailler pour l'augmentation du rendement national, car notre pays est l'un des plus grands consommateurs de blé au monde (<https://www.algerie360.com/production-et-importation-de-ble-algerie-quelle-strategie-pour-2023/>).

2- Le grain ou graine du blé

2-1- Définitions

Les termes "semence" et "grain" sont souvent utilisés de manière interchangeable, mais ils ont des significations distinctes dans le contexte de la botanique et de l'agriculture.

Une graine est la structure reproductrice d'une plante qui contient l'embryon, ce dernier a le potentiel de se développer en une nouvelle plante dans des conditions appropriées. En revanche, un grain désigne spécifiquement le petit fruit sec et dur produit par certaines plantes céréalières. Selon Reece *et al.*, (2019), une graine est définie comme "un ovule mature composé d'un embryon, de nutriments stockés et d'une enveloppe protectrice". Les graines se forment après la fécondation et servent aux plantes à se disperser et à se propager.

Les grains, quant à eux, sont un type de graines produites par les plantes céréalières, telles que le blé, le riz, le maïs, l'orge et l'avoine. Ils se distinguent par leur texture sèche et dure et se composent généralement d'une enveloppe extérieure ou le son, d'un endosperme qui stocke les nutriments et d'un germe ou embryon. Les céréales sont principalement utilisées pour la production alimentaire et sont largement consommées par les humains et le bétail.

En résumé, si toutes les céréales sont des graines, toutes les graines ne sont pas des céréales. Les graines englobent une catégorie plus large de structures reproductives que l'on trouve dans diverses plantes, tandis que les grains se réfèrent spécifiquement aux graines des cultures céréalières.

2-2- Présentation du grain de blé

Les grains sont pratiquement tous des fruits secs polyspermes aussi connus sous le nom de fruits secs déhiscents comme les follicules ; les gousses ; les siliques et les capsules (Belaloui, 2010).

Les grains de blé sont des fruits, appelés caryopses. Ces derniers sont de forme ovoïdes, possèdent sur l'une de leurs faces une cavité longitudinale " le sillon " et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils "la brosse" (Ait kaki, 2008 ; Surget et Barron, 2005). La taille du grain est de 5 à 7 mm de long 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur. Son poids varie entre 20 et 50 mg, les plus gros grains sont localisés au centre de l'épi (Surget et Barron, 2005). La taille et le poids varient de graine en graine et d'épi en épi, selon la position sur l'épi, les facteurs climatiques, les parasites etc. (Calderini *et al.*, 2000 ;Evers et Millar ,2002 ;Larraz Ferreira ,2011).

2-3- La composition histologique du grain

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties qui sont : le germe, l'endosperme (l'albumen) et les couches externes (les enveloppes) (figure 07). L'ensemble de ces composants fournit les nutriments nécessaires au développement de la graine et favorise sa germination. La composition d'une graine de blé peut varier en fonction de la variété de blé et de facteurs environnementaux. Toutefois, la structure générale décrite ci-dessus est commune à la plupart des graines de blé (Shewry et Halford, 2002) :

2-3-1- Les couches externes

Les couches extérieures d'une graine de blé sont constituées de l'enveloppe ou du son. Le son est composé du péricarpe, qui est la couche protectrice entourant la graine. Il assure une protection physique et contient une grande quantité de fibres, de minéraux et de vitamines. Le son comprend également la couche d'aleurone, riche en enzymes et en protéines. Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de 3 groupes de téguments soudés (AitKaki, 2008) :

- Le péricarpe ou tégument du fruit est constitué de 3 assises cellulaires : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe ;
- Le testa ou tégument de la rainure est constitué de 2 couches de cellules -
L'épiderme du nucelle est appliqué sur l'albumen sous-jacent.

2-3-2- L'endosperme

L'endosperme est la plus grande partie de la graine de blé et contient la majorité de ses nutriments. Il se compose principalement d'amidon, de protéines de réserve et de petites quantités de graisses et de minéraux. L'endosperme fournit de l'énergie et de la nourriture à l'embryon en développement pendant la germination (Ait-Kaki, 2008).

2-3-3- Le germe

Le germe, également appelé embryon, est la plus petite partie de la graine de blé. Il contient des huiles essentielles, des protéines, des vitamines, des minéraux et des enzymes. Le germe est la partie vitale de la graine qui a le potentiel de se développer en une nouvelle plante (Shewry et Halford, 2002 ; Shewry et Hey, 2015).

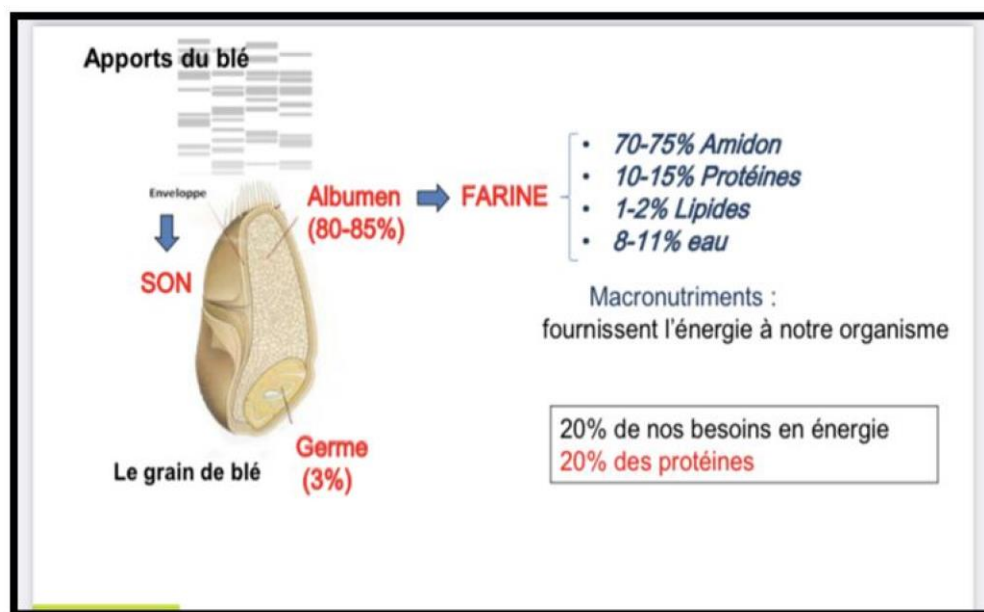


Figure 07 : schéma d'une graine de blé

(file:///C:/Users/AEK/Downloads/Gnis_RRSCP_2018_sud_est_7_gluten_nutrition_sante.pdf)

2-4- La composition biochimique du grain

Le grain de blé est composé majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Il est aussi composé de protéines de (10-15%) et de pentosanes (8-10%) de la matière sèche qui se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche à Aleurone. (Pomeranz, 1988 ; Debiton, 2010). Les autres constituants, pondéralement sont mineurs

(lipides, cellulose, sucres libres, minéraux et vitamines) (Feillet, 2000). Voici un tableau récapitulatif :

Tableau 01 : Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé d'après Feillet, (2000).

Constituant (% de la masse du grain)	Protéines (%)	Matières Minérales (%)	Lipides (%)	Matières cellulosiques (%)	Pentosanes (%)	Amidon (%)
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tégument (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste du Nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise Protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	15	1	20	20
Albumen (82- 85%)		8-13	0.35- 0.60	1	0.5-3	70-85

2-5- La viabilité et vigueur des semences

La viabilité, selon les spécialistes des technologies des semences, c'est le pouvoir qu'a une graine à germer et à produire une plantule normale. La viabilité est associée au taux de germination dans un essai. Le pourcentage de germination d'un lot de semence représente le taux des graines viables (Copeland, 1976).

D'autre part la vigueur est la somme des propriétés de la semence déterminant le niveau d'activité et de développement de la semence ou du lot de semences au cours de la germination et de la levée des plantules. Ainsi, les semences qui se développent bien sont des semences à vigueur élevée et vice versa (ISTA ,1997).

3- Les protéines du grain du blé 3-1-Les protéines de réserve

Les protéines de réserve font partie des "prolamines", un mélange de complexe protéique.

3-1-1- Qu'est-ce que le Gluten

Les protéines de réserve que contient le grain de blé permettent d'obtenir le gluten. Ce dernier a été défini pour la première fois en 1745, par le professeur Giacomo Beccari en Italie, comme étant "une masse cohésive obtenue après lavage de la farine de blé avec de l'eau".

Quelques années plus tard le gluten a été défini comme un ensemble de protéines. Il constitue une des familles de protéines les plus complexes du règne végétal. (Pincemaille, 2018)

Le gluten vient du latin glutinum signifiant "lien" ou "colle". Il est composé d'éléments protéiques liés les uns les autres (75-85%) par des ponts disulfures et des liaisons hydrogènes plus quelques granules d'amidon (10-15%) et de lipides (5-8%), il est alors une fraction protéique soit de blé, de seigle, d'orge, d'avoine ou même de leurs variétés croisées ainsi que leurs dérivés (Djeghim, 2022 ; Linden et Lorient, 1994). Le gluten est un complexe viscoélastique. Il est le produit du lavage d'une pâte de blé sous un filet d'eau, cette action est dite : Lixiviation (Pincemaille, 2018). Les protéines du gluten constituent 80 % du total des protéines du grain (Osborne, 1907, cité par Li *et al.*, 1996). Selon Osborne, (1907) les protéines de blé sont classées en 2 grandes familles les gliadines et les gluténines (figure 08). 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). Dans le grain de blé, 70 jusqu'à 80% des protéines totales se trouvent dans l'albumen amylicé (Campbell, 1979).

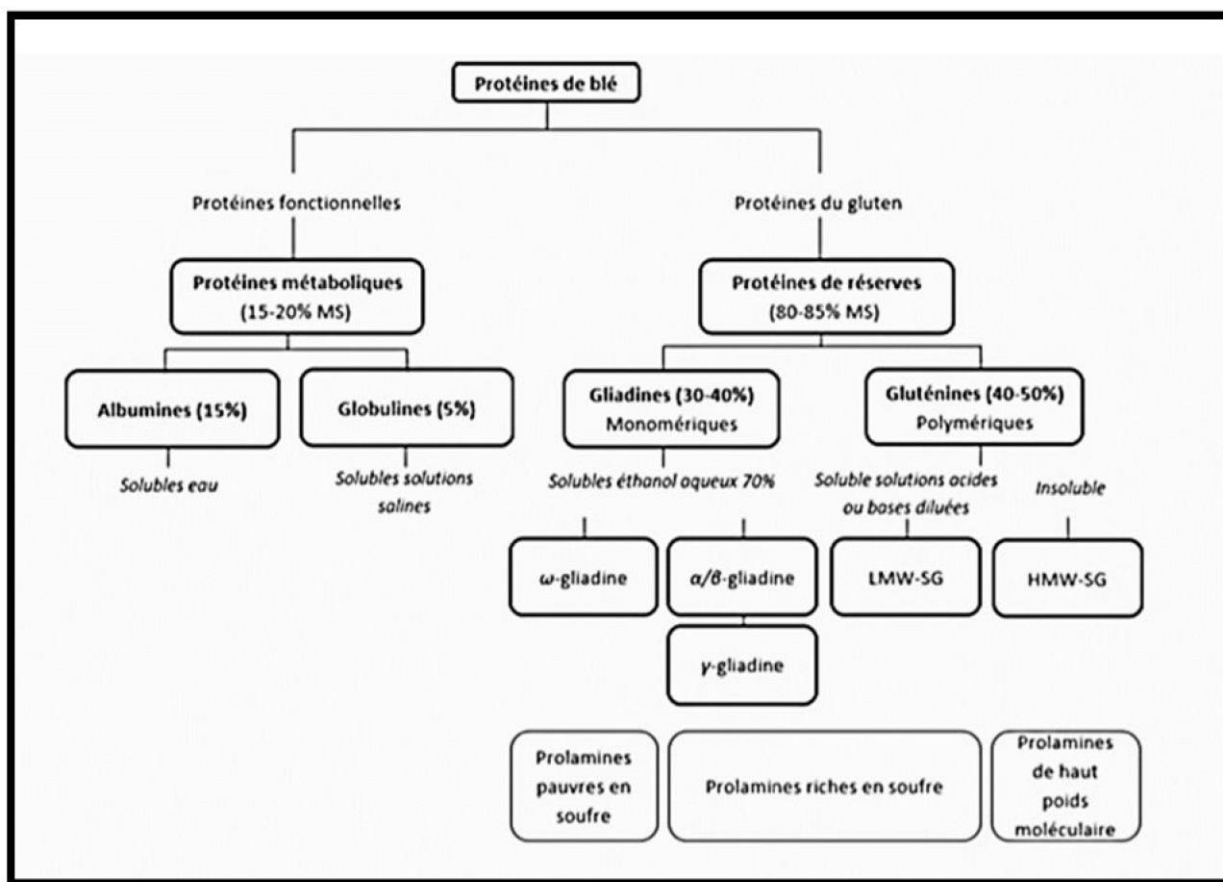


Figure 08 : Classification des protéines de blé par Osborne (1907) et Shewry (1986).

3-1-2- Propriétés du gluten

Les propriétés mécaniques du gluten dépendent essentiellement des gluténines. Plusieurs hypothèses ont été émises pour l'étude de la structure du gluten ; Selon Feillet (1986), la structure du gluten hydraté prend la forme d'un feuillet de type lipoprotéique, organisée autour d'une couche bi moléculaire de phospholipides qui forment un plan glissement entre les deux couches du feuillet assurant l'écoulement visqueux. Par contre, d'autres affirment que la structure fibrillaire ne dépend que des protéines seules (Abecassis, 1991). Selon Kovacs *et al.*, (1997), le volume de sédimentation pourrait être un bon indicateur de qualité du gluten, cependant il dépend de la quantité et la composition en protéines du blé.

Les propriétés rhéologiques du gluten sont influencées par deux facteurs principaux :

- La qualité et la quantité des fractions protéiques dans le complexe glutineux (composition en acides aminés, masse moléculaire...) ;
- Les interactions entre les différents constituants protéiques du gluten (liaisons disulfures, liaisons hydrogènes, interactions hydrophobes) (Liu *et al.*, 1996 ; Kovacs *et al.* 1997). La teneur en Gliadines est plus importante que celle en Gluténines, lorsqu'il y a une augmentation du taux de protéines dans le grain (Charmet *et al.*, 2017).

3-1-3- Utilisations du gluten

Le gluten du blé spécifiquement est utilisé dans une large gamme de produits alimentaires aux textures contrastées (farines, pains, pâtes, biscuits, bières, semoules, etc). Ses propriétés de transformations, sa flexibilité et sa capacité à répondre aux besoins nutritionnels, ont fait de lui un bon candidat en substitut potentiel aux produits animaux (Pincemaille, 2018).

3-1-4- Les gliadines

Les gliadines sont des protéines monomériques de faibles poids moléculaire (30-80 kDa). Elles se divisent en plusieurs classes, selon leur mobilité électrophorétique à bas pH (Woychik *et al.*, 1961) : α -gliadines, β -gliadines, γ -gliadines et ω -gliadines (figure 09). Les α - et - β gliadines sont généralement regroupées en une seule classe (α / β -gliadines) et représentent 44 à 60% des gliadines totales, les ω -gliadines 30 à 46% et les γ -gliadines 6 à 20% (Wieser *et*

al., 1994). Dès 1980, Bietz *et al.*, identifient les ω -gliadines comme des protéines différentes du reste des gliadines avec un poids moléculaire spécifique plus important de l'ordre de 60 à 80 kDa contre 28 à 35 kDa pour les α / β -gliadines et 31 à 38 kDa pour les γ -gliadines).

La structure primaire des différentes gliadines est très proche et peut être divisée en deux domaines distincts : un domaine N-terminal, répétitif, riche en résidus prolines et en glutamines et un domaine C-terminal, non répétitif. Les cystéines, présentes en nombre pair au niveau de la séquence répétée, sont impliquées dans des liaisons intramoléculaires (Tatham & Shewry, 1985).

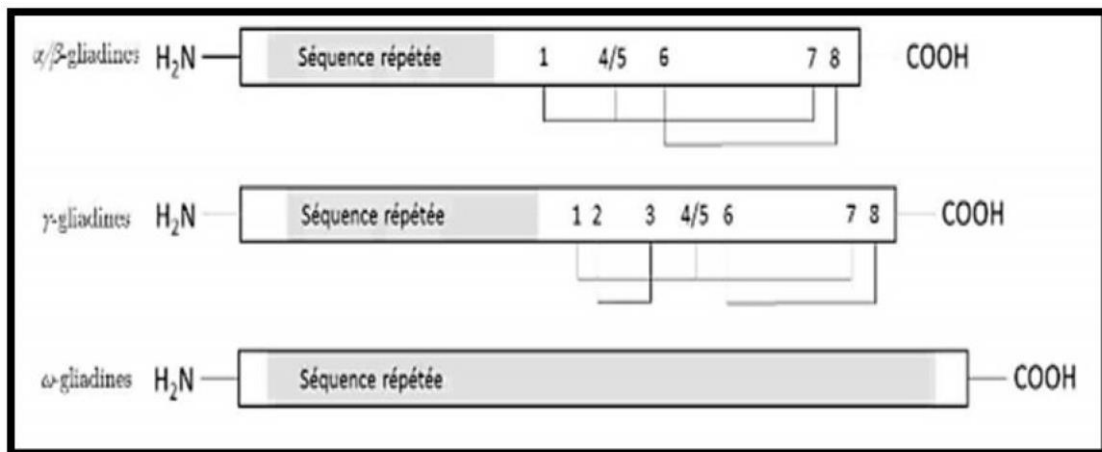


Figure 09 : Représentation schématique de la structure primaire des différents types de gliadines selon Shewry & Tatham, (1997). Les bandes grises correspondent aux séquences en acides aminés répétées et les chiffres aux cystéines établissant des ponts disulfures intramoléculaires.

3-1-5- Les gluténines

Les gluténines représentent 40 à 50% des protéines de réserve de blé. Contrairement aux gliadines, les gluténines sont des protéines polymériques de haut poids moléculaire compris entre 500 à 10 000 kDa, qui résultent de la polymérisation de sous-unités. Les gluténines sont divisées en 2 groupes de sous-unités polypeptidiques : celles de hauts poids moléculaires (HMW-SG) et celles de faibles poids moléculaires (LMW-SG) (figure 10).

- Les **LMW-SG** sont les sous-unités majoritaires parmi les gluténines et représentent 60 à 80% des gluténines. Ces dernières peuvent être divisées en trois groupes selon leur poids moléculaire : B, C et D. Les LMW-SG de type B ont un poids moléculaire de 40 à 50 kDa, celles de types C de 30 à 40 kDa et celles de types D de 50 à 70 kDa. De même que pour les gliadines, les LMW-SG sont composées d'un domaine N-terminal

constitué de séquences répétitives et d'un domaine C-terminal constitué de 8 cystéines capables de faire des liaisons disulfures intramoléculeaires (Wieser, 2007).

- Les **HMW-SG** représentent la plus faible proportion des protéines du gluten (y10%) mais également les plus complexes. Leur séquence en acides aminés est composée de 80 à 100 résidus au niveau de la partie N-terminal, et contient 3 à 5 résidus cystéines. L'autre partie de la séquence non répétitive, au niveau C-terminal, est composée de 42 résidus dont 1 cystéine. La séquence répétée intermédiaire peut être composée de 490 à 700 résidus (MacRitchie, 1992).

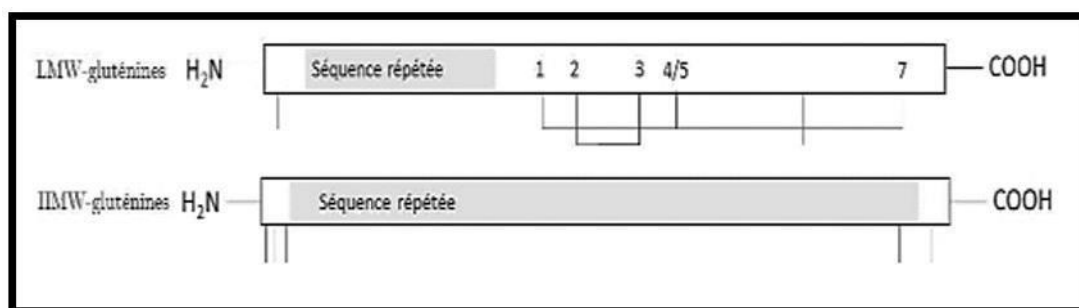


Figure 10 : Représentation schématique de la structure primaire des différents types de gluténines de faibles poids moléculaires et de hauts poids moléculaires selon Shewry & Tatham, (1997). Les bandes grises correspondent aux séquences en acides aminés répétées et les chiffres aux cystéines établissant des ponts disulfures intramoléculeaires.

3-1-6- Interactions des protéines du gluten

Les propriétés physico-chimiques (composition en acides aminés, solubilité...) rhéologiques (viscoélasticité) du gluten sont la résultante des caractéristiques de ses constituants et de leurs interactions.

Quelle que soit la protéine, la localisation des cystéines sur les chaînes polypeptidiques permet d'expliquer la formation des ponts intra- et intermoléculeaires (Keck *et al.*, 1995 ; D'Ovidio et Masci, 2004).

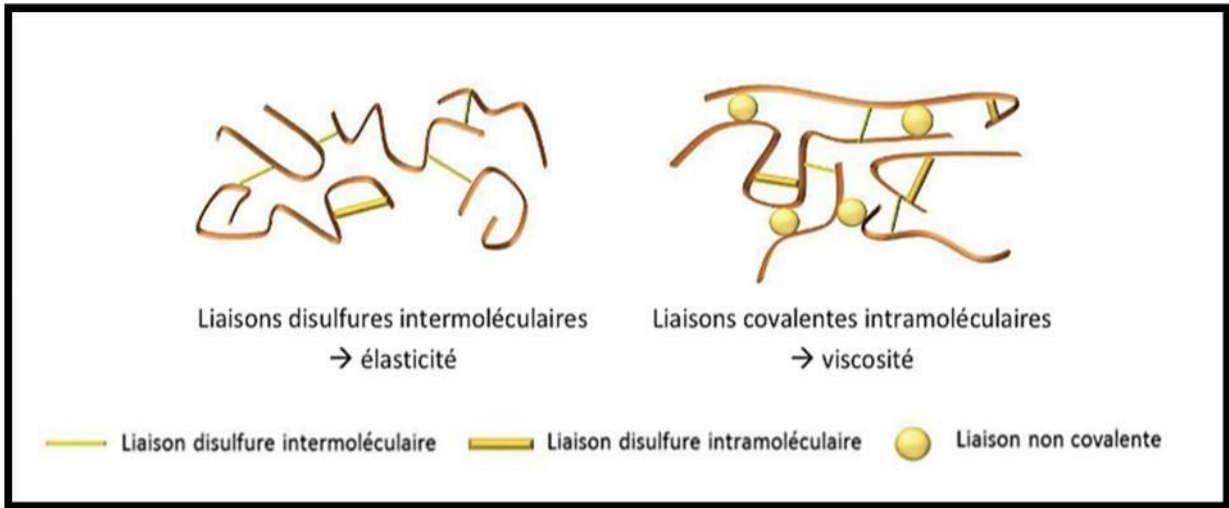


Figure 11 : Représentation des associations des protéines via des liaisons disulfures intra- et intermoléculaires (Feuillet, 2000).

Les deux fractions (gluténines et gliadines) diffèrent par leurs propriétés fonctionnelles : Ainsi les macromolécules de gluténines forment des polymères de protéines et développent une grande surface sur laquelle de nombreuses liaisons non covalentes peuvent se réaliser avec des gliadines (forme des chaînes polypeptides monomériques) ou d'autres molécules de gluténines et sont largement responsables de la viscoélasticité du gluten et de la pâte (Masci *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1996). Alors que les interactions non covalentes des gliadines entre elles et les polymères de gluténines conduisent à rendre la masse du gluten élastique les albumines et les globulines n'ont pas d'effet majeur sur les propriétés du gluten (Liu *et al.*, 1996)

L'augmentation de la quantité de gluténines favorise la ténacité, en parallèle la quantité de gliadines contribue à l'extensibilité et le gonflement de la pâte (Wrigley *et al.*, 2006). Les gliadines ont une viscosité beaucoup plus faible que celles des gluténines (Cornec *et al.*, 1994).

3-2- Les protéines métaboliques

3-2-1- Les albumines et les globulines

Les albumines et globulines sont des protéines physiologiquement actives, ce qui signifie qu'une plus grande concentration de ces entités se trouve dans les grains de blé avant maturité. Ces protéines présentent 15 à 20% des protéines totales et sont solubilisées dans les solutions salines diluées (Boudreau et Ménard, 1992). Ce groupe de protéines est très diversifié par ses propriétés physicochimiques (composition en acides aminés, points isoélectriques et poids moléculaires). Elles participent à la formation du grain et à l'accumulation des réserves dans l'albumen (Vensel *et al.*, 2005).

3-2-2- Les protéines amphiphiles

Les protéines amphiphiles représentent entre 5 et 9% des protéines présentes dans la farine de blé. Elles possèdent un pôle hydrophobe et un pôle hydrophile. Ces protéines sont solubles dans le détergent *Triton X114* et sont liées aux membranes. Elles jouent un rôle important dans la qualité, notamment les puro-indolines qui sont connues pour avoir un effet sur les propriétés technologiques de la pâte (Dubreil *et al.*, 1997 ; Remil, 2018).

4- Stockage des graines et semences

Les semences de blé assurent la reproduction et la propagation de l'espèce végétale. Elles servent également à préserver et à transmettre le matériel génétique de la plante de blé aux générations futures. Un stockage adéquat des semences de blé est essentiel pour maintenir leur viabilité et leur qualité au fil du temps.

Le stockage des graines et des semences, est une pratique essentielle dans le domaine de l'agriculture et de la préservation des ressources génétiques végétales. Le stockage approprié des graines et des semences implique de créer des conditions optimales de température, d'humidité et de protection contre les ravageurs et les maladies.

Les méthodes de stockage peuvent varier en fonction de la durée de conservation souhaitée, allant du stockage à court terme dans des réfrigérateurs ou des congélateurs, au stockage à long terme dans des banques de semences spécialisées dotées d'environnements contrôlés. Une gestion adéquate, y compris la rotation régulière des stocks et la documentation précise, est essentielle pour assurer la disponibilité et la diversité des ressources génétiques pour les besoins actuels et futurs de l'agriculture et de la recherche (De lucia et Assennato, 1998).

Le premier système de stockage était de grands paniers de roseaux ou fioles d'argile qui sont immergés dans le sol (Druve, 2004) ainsi que des puits, des paniers de femmes, des structures de bois ou de boue et des puits grains de paille sont utilisés (Reed,1992).

Des pratiques de stockage appropriées, notamment l'utilisation de récipients hermétiques, de déshydratants et d'environnements de stockage frais, contribuent à minimiser la détérioration des semences et à maintenir une qualité élevée de ces dernières (ISTA, 2021). La mise en œuvre de techniques de stockage appropriées est cruciale pour préserver la viabilité et l'intégrité génétique des semences de blé.

4-1- Les conditions et la durée

Les conditions de stockage des semences influencent grandement leur viabilité et leur longévité. Des facteurs tels que la température, l'humidité et la disponibilité en oxygène peuvent affecter la qualité et la longévité des semences (Hong et Roberts, 1992).

La durée de conservation des grains dépend principalement de : la température et la teneur en humidité (Jayas et White, 2003). Afin de protéger les cultures stockées, et par la même occasion favoriser une conservation optimale des grains, ils se doivent d'être propres, entiers, secs, température convenante et entreposés dans un environnement propre et étanche (St-Pierre *et al.*, 2014). Un taux d'humidité de 15%, une hygrométrie de l'air ambiant inférieur ou égale à 70% et une température de l'air et du grain de 10°C sont indiqués pour une bonne conservation (SI Bennasseur, 2009).

4-2-Les méthodes et les techniques de stockage et de conservation

Il existe deux méthodes de conservation des semences (voir la figure 12)

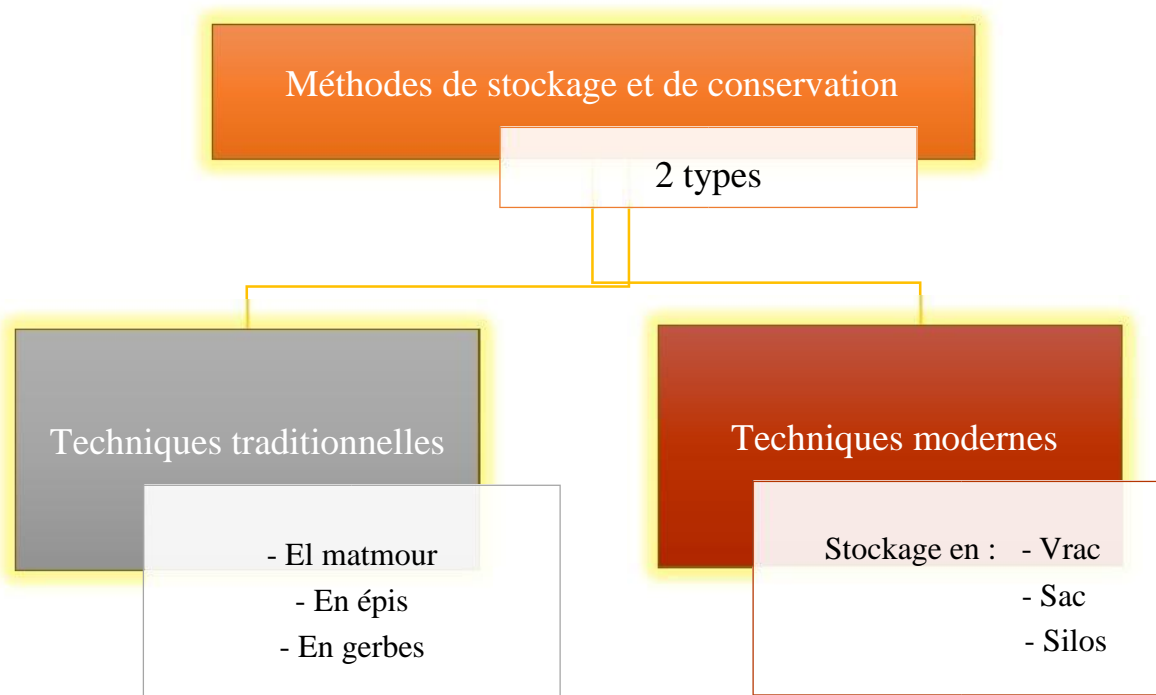


Figure 12 : Schéma récapitulatif des méthodes de stockage et de conservation des semences.

4-2-1- Les techniques traditionnelles

Les agriculteurs utilisent des structures indépendantes des habitations afin de stocker leurs grains. Ces structures ou autrement dit greniers peuvent varier dans leur forme et leur capacité d'une région à une autre ou d'un pays à un autre. Elles sont conçues à base de matériaux locaux et d'autres modes de stockage se rencontrent aussi : ils vont du sac de jute en passant par le

canari ou la jarre, la calebasse, les branches des arbres ou le dessus des maisons (Alzouma, 1990).

□ **El matmour**

En Algérie, l'agriculteur sur les hauts plateaux, conservait tant bien que mal, ses semences d'orge et de blé, dans des enceintes creusées dans un sol argileux généralement à un endroit surélevé ou proche de la ferme. C'est ce qu'on appelle « El matmour ». La capacité de ces lieux de stockage est de l'ordre de quelques mètres cubes. C'est une technique archaïque qui est peut-être encore utilisée dans certaines régions isolées. L'inconvénient majeur de cette méthode de stockage, c'est la trop forte humidité et les eaux d'infiltration qui favorisent le développement des moisissures et les phénomènes de fermentation bactérienne (Doumandji *et al.*, 2003).

□ **Le stockage en gerbes**

C'est la méthode traditionnelle appliquée depuis le haut Moyen-âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne. On peut entasser les gerbes en plein air (gerbiers, meules), mais cette variante semble plutôt récente 18^{ème} siècle, l'usage le plus courant étant le stockage en grange, laquelle abrite aussi l'aire à battre au fléau. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (Multon, 1982).

□ **Stockage en épis**

Le stockage du blé en épis a été mentionné avant 1440 ans, dans le saint Coran à la sourate Yusuf, où ALLAH (Dieu) a inspiré au prophète Youssef (Paix sur Lui) aux anciens Egyptiens de stocker le blé en épis pour faire face à la sécheresse, c'est une preuve de l'importance de stockage en épis (Mouellef, 2019).

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. C'est le cas de certaines régions d'Indonésie, et surtout d'Afrique noire et d'Amérique tropicale. Mais ce fut aussi le cas dans l'Europe ancienne, le nom de grenier vient du bas latin *Spicarium*, qui désigne un grenier à épis (Godon, 1991). Le stockage en épis demande bien

moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de l'ambiance du stockage. En effet, avec le stockage en épis nous voyons apparaître deux procédés bien distincts : le confinement et l'aération (Multon, 1982).

4-2-2- Les techniques modernes

□ Le stockage en vrac

Bien qu'il soit plus difficile de conserver les semences il est tellement plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac qu'on a toujours cherché à le stocker sous cette forme. Les techniques destinées à conserver le grain dans son état initial sont nombreuses. Les silos souterrains constituent une des plus importantes d'entre elles (Multon, 1982). Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique, malheureusement les contaminations sont possibles (Doumandji *et al.*, 2003).

□ Le stockage en sac

Les grains de blé sont stockés dans des sacs fabriqués en toile de jute, doublés par un sac plastique afin d'assurer normalement une très bonne conservation. Il faut que les grains soient secs, que le sac plastique intérieur ne soit pas percé, qu'il n'y ait pas de fumigeant (pesticide très volatil capable d'agir sur l'appareil respiratoire des insectes) et que le sac soit bien attaché (Ndiaye, 1999 ; Ntsam, 1989).

□ Le stockage en silos

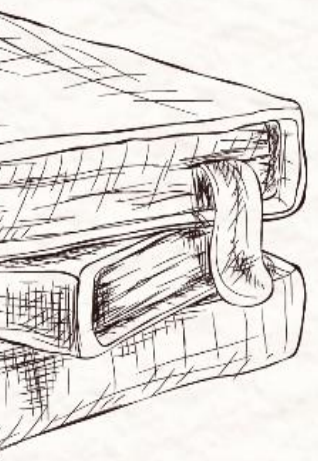
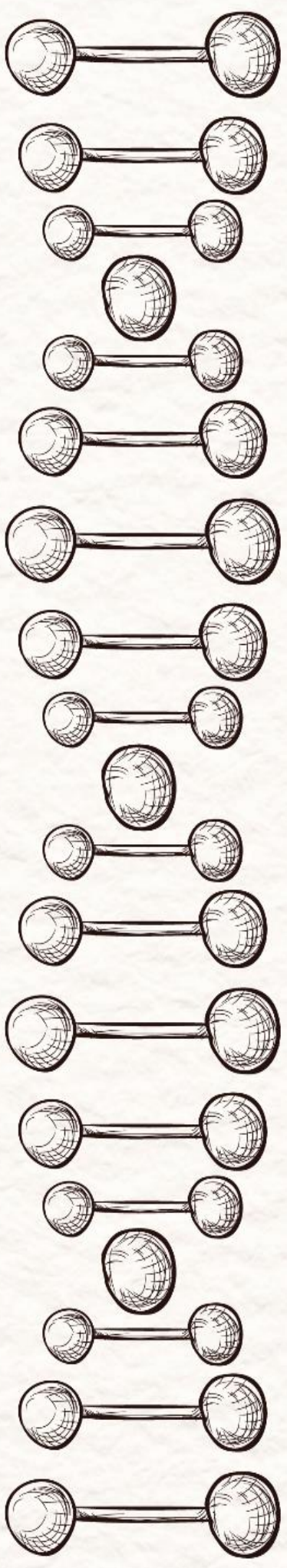
Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji *et al.*, 2003). De nos jours, les silos permettent de stocker plusieurs types de céréales en même temps : ils sont multi-produit (Duron, 1999).

4-3-Le stockage des semences en Algérie

L'office algérien interprofessionnel des céréales (O.A.I.C), organisme détenant le monopole de la commercialisation et du stockage des céréales et légumes secs, possède de fortes

capacités de stockage (1 895.175 Tonnes), dont 40,5% sont représentés par les silos en béton, 31,5% par les silos en métal et 28% par les magasins pouvant être le siège d'infestation par les rongeurs, les oiseaux, les insectes et les acariens (Bencharif et Chaulet, 1991 ; Aouis,2010).

Matériels et méthodes



Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans le présent travail est constitué de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), d'origine locale et introduite (tableau 02). Les graines de ces variétés ont été fournies par l'ITGC (l'institut technique des grandes cultures ElKhroub, Constantine). L'origine et les caractéristiques des variétés utilisées sont illustrées dans le tableau ci-dessous

Tableau 2 : Caractéristiques des semences utilisées

Hedba 3	Waha "S"
<p>Origine : Algérie</p> <p>Pédigrée : Hedba 3/GDVZ 619 Obtenteur : ITGC EL KHROUB Demandeur : ITGC Année d'inscription : 1998</p>	<p>Origine : Syrie</p> <p>Pédigrée : PLC /Ruff//GTA"S"/3/... Obtenteur : ICARDA Demandeur :ITGC Année d'inscription : 1998</p>
<p>Grain Forme: Allongé Longueur des poils de la brosse vue dorsale :Courts Coloration au phénol :Nulle ou très faible Type de développement :Hiver</p> <p>Caractéristiques agronomiques et technologiques</p> <p>Rendement : Elevé Poids de mille grains (PMG): Moyen Qualité semoulière : Mitadinage Teneur en protéines : 14,50%</p> <p>Résistance aux maladies</p> <p>Oïdium sur feuille : Résistante Oïdium sur épi : Résistante</p>	<p>Grain Forme :Demi allongé Longueur des poils de la brosse vue dorsale :Moyenne Coloration au phénol : Nulle ou très faible Type de développement :Hiver</p> <p>Ccaractéristiques agronomiques et technologiques</p> <p>Rendement : Elevé Poids de mille grains (PMG): Moyen Qualité semoulière : Très bonne Mitadinage : Sensible Teneur en protéines : 13,95%</p> <p>Résistance aux maladies</p> <p>Oïdium sur feuille : Résistante Oïdium sur épi : Résistante</p>

Rouille brune : / Charbon : / Fusariose : / Septoriose : Résistante	Rouille brune : Très sensible Charbon: / Fusariose: / Septoriose : Moyennement sensible
--	--

1- Conduite de l'expérimentation

L'expérience a été conduite au niveau du laboratoire de génétique, biochimie et de biotechnologie végétale (GBBV) équipe 2 Biotechnologie et Amélioration des Plantes à Chaabat EL Rasses, Université les Frères Mentouri Constantine1, au cours de la période 2013-2019 dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat en Science en Biotechnologies Végétales.

Les échantillons ont été stockés durant 1 an, 4 ans et 8 ans dans des secs en papier. Ils ont été conservés à l'intérieur du laboratoire dans des conditions ambiantes où la température et l'humidité relative du climat sont estimées entre 15°C et 38°C, 40% à 60% successivement.

2- Préparation des grains du blé dur

Les semences utilisées dans le présent travail ont été récoltées dans les années 2013-2014, 2018-2019 et 2020-2021. Ils ont trois différents âges, à savoir 1 an, 4 ans et 8 ans, en considérant l'âge du 1an comme témoin (figure 13). Pour chaque âge de chaque variété, 3 répétitions ont été réalisées



Figure 13 : Photographie des grains /ou semences utilisées

4- Les paramètres étudiés

4-1- Paramètres physiologiques

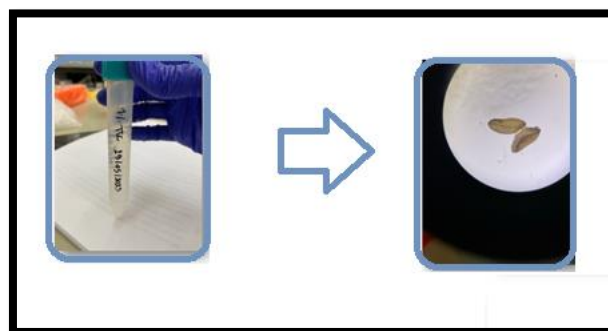
4-1-1- Test topographique au tetrazolium

Le test tetrazolium est développé en Allemagne dans les années 40 par le professeur “Georg Lakor“ dans le but de distinguer entre les grains (semences) vivantes de celles qui ne le sont pas (donc mortes). C’est une méthode vivement recommandée pour étudier la viabilité des grains et est aujourd’hui un test de routine dans de multiples laboratoires de biotechnologies, d’amélioration de plantes etc.

Le test au tetrazolium est basé sur la réduction de la solution incolore chlorure 2,3,5-triphenyltetrazolium (TTC :2,3,5-Triphenyl tetrazolium Chloride) en 2,3,5-triphenyl formazan de couleur rouge. Cette solution agit comme un indicateur pour la détection des processus de réduction qui ont lieu dans les parties de vie de la graine (ISTA, 2009)

Les grains sont coupées longitudinalement, puis elles sont immergées dans 0,1% de la solution de tétrazolium (la préparation de cette solution de 0,1%, en dissolvant 1 gr de poudre de tétrazolium dans 1000 ml d’eau distillée). Les grains doivent être

recouvertes complètement par la solution et mises à l'obscurité dans une étuve à température de 20 à 30°C pendant 30 à 40 minutes. Après les avoir retirées et rincer avec de l'eau distillée, les coupes sont ensuite examinées et prises en photos (Nour, 2017). L'emplacement, la taille des zones non teintées et parfois l'intensité de la teinture, sont utilisés pour déterminer si certaines semences sont considérées comme viables ou non (Milosevic et al, 2010)



Figures 14 : Test de tétrazolium accompagné des graines prises en photo avec le microscope binoculaire

4-1-2- Détermination de la couleur des graines

L'analyse de la couleur des graines est déterminée à l'aide d'une application Android de capture de couleur qui porte le nom de Color Grab (version 3.6.1, 2017, Loomatrix Ltd) (He *et al.*, 2020). Le smartphone utilisé dans cet essai est un Android Huawei.

Pour assurer que la lumière ambiante n'affecte pas la capture des couleurs, une boîte fermée en polystyrène avec une surface interne blanche ($39 \times 17 \times 28$ cm³), intégrée avec une lumière LED blanche de 1,2 W 5V, est utilisée pour obtenir une lumière interne uniforme (figure 14). L'espace colorimétrique CIELAB ($L^* a^* b^*$) défini par la Commission Internationale de l'Eclairage est choisi. Il a décrit toutes les couleurs visibles à l'œil humain (Chen et Ren, 2014).

- **La valeur de luminosité L^*** définit le noir à 0 et le blanc à 100,
- **La valeur de a^*** est relatif aux couleurs opposées vert-rouge, avec les valeurs (-) indique le vert et les valeurs (+) indique le rouge.
- **La valeur de b^*** représente les adversaires bleu-jaune, avec les valeurs (-) indique le bleu et les valeurs (+) indique le jaune.

Les graines sont mises dans la boîte. Les valeurs de L^* , a^* et b^* des différentes graines ont été déterminé. Cinq captures de photos par le meme appareil du smartphone

des positions différentes du même lot de graines. Ensuite, l'analyse des résultats obtenus est réalisée à l'aide de l'application Color Grab.

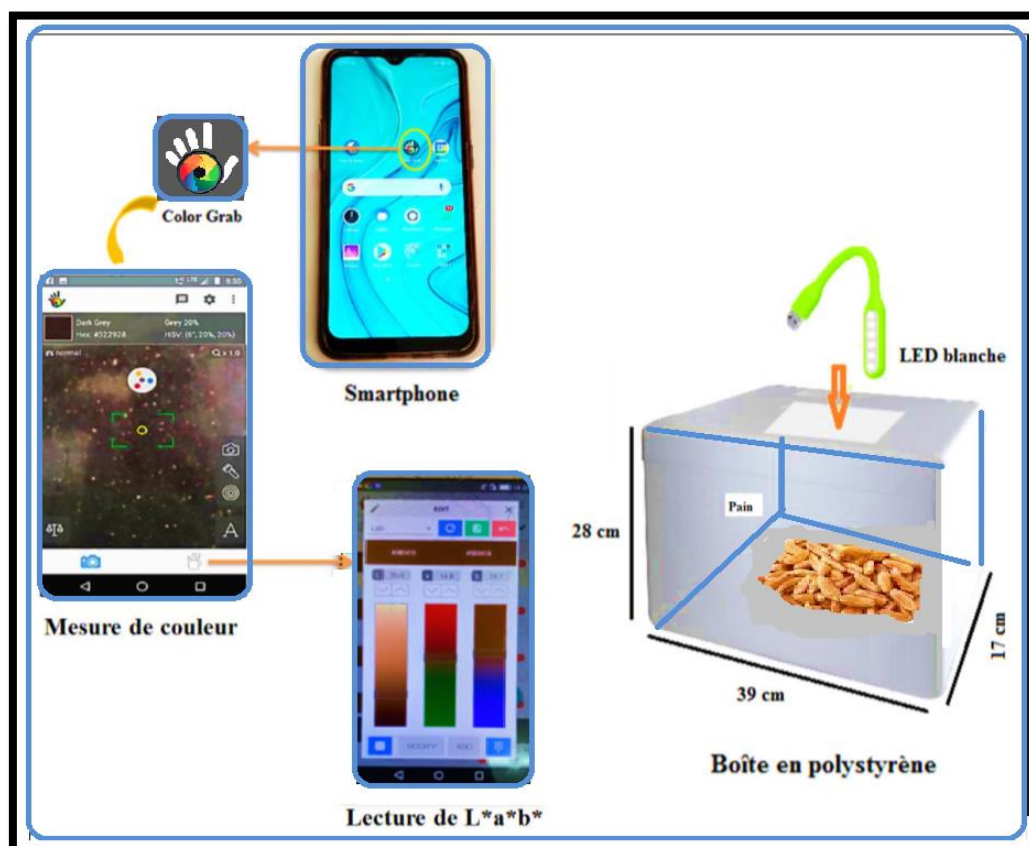


Figure 15 : Montage d'analyse colorimétrique des graines du blé permettant d'utiliser l'application *android* de capture de couleur *Color Grab*.

4-1-3- La faculté germinative des graines

L'expérimentation est conduite dans la chambre de culture. Elle consiste à étudier l'effet du stockage sur la germination de deux variétés du blé dur afin d'identifier les critères les plus adéquats pour choisir les tests de sélection et d'amélioration.

Les graines choisies doivent être saines. Elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme. Les graines sont désinfectées à l'eau de javel à 5% (l'hypochlorite de sodium) pendant 15 à 20 mn, puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée (3 à 5 fois).

Les grains stérilisés sont mis à germer sur du papier filtre dans des boîtes de pétri stérilisés, à raison de 30 graines par boîte et par lot. Les boîtes sont mises ensuite à l'obscurité pendant 48 h dans une chambre de culture à une température de 25 °C et une humidité relative à 42% (pré-germination). La germination est repérée par la sortie de la

radicule hors de la graine. Après l'obtention de la radicule les boites sont transférées à la lumière avec une photo période de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité. Trois mL de l'eau distillée stérile ont été ajoutés à chaque boite, chaque 48h.

Notre dispositif se répartit en 06 blocs (facteur variétés, voir tableau n° 02). Chacun contient trois traitements (facteur durée du stockage) et chaque traitement est répété trois fois. Le nombre de graines germées a été noté après 24 heures jusqu'au 7^{ème} jour.

Le pourcentage de germination est calculé par la formule donné par Mazliak, 1982 :

$$G\% = \frac{g}{N} \times 100$$

Diagram illustrating the formula for germination percentage (G%). The formula is enclosed in a green box. Arrows point from the variables to their respective labels: 'g' points to 'Nombre de graines germés', 'N' points to 'Nombre de graines mises à germer', and the entire formula points to 'Pourcentage de germination'.

4-1-4- Détermination de la teneur en eau

Cette technique consiste à peser les grains du blé sec (m). Les grains sont ensuite séchés à une température de 130°C pendant 2 heures. Les grains séchés sont repesés après l'étuvage (m1). Les valeurs de la teneur en eau sont déterminées selon par la formule qui suit :

Poids frais des grains

$$Tenenur\ en\ Eau = \frac{m - m1}{m} \times 100$$

Poids sec des grains après 2h à l'étuve à 130°C

4-1-5- Détermination du poids de milles grains

C'est un critère agronomique qui rend compte de la bonne formation et alimentation des grains. On a compté manuellement milles graines ; Puis on les a pesés à l'aide d'une balance.

4-2- Paramètre moléculaires : analyse des protéines de réserve par SDS-PAGE

4-2-1- Principe de l'électrophorèse monodimensionnelle sur gel acrylamide (SDS-PAGE)

Un des outils d'analyse du protéome le plus souvent utilisé est l'électrophorèse qui est une technique biochimique de séparation fondée sur le fait que des molécules portant des charges électriques (les protéines chargées négativement par un détergent qui est le SDS), migrent à des vitesses différentes lorsqu'elles sont placées dans un champ électrique. Cette technique est décrite la première fois par (Laemmli, 1970). Aujourd'hui, l'électrophorèse est devenue une technique de routine dans les laboratoires où on l'utilise pour séparer les protéines et les acides nucléiques. L'électrophorèse des protéines peut être réalisée sur des supports variés, notamment sur gel de polyacrylamide en présence du sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE). Cette technique décrite pour la première fois par Laemmli en 1970 est utilisée pour séparer les protéines en fonction de leur poids moléculaire.

La séparation des protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide donne un profil caractéristique du génotype et reproductible si les techniques sont standardisées. La différence entre profils réside dans l'intensité relative des bandes colorées ainsi que dans le nombre de bande obtenues.

4-2-2- Extraction des gluténines et gliadines

La technique de (*Singh et al., 1991*) est une technique de séparation séquentielle des protéines, en fonction de leur solubilité dans 3 solutions de bases (annexe : 02). Elle permet une meilleure séparation des sous unités gluténines de Haut poids moléculaire (HPM) et de faible poids moléculaire (FPM).

Le matériel de départ est la farine d'un demi-grain, broyé dans un mortier. Le surnageant éliminé après introduction d'1ml de solution A (annexe : 02), est récupéré dans un autre eppendorf, servant ainsi pour l'extraction des gliadines. En effet la solution A permet le lessivage des gliadines, d'où son utilisation à trois reprise, à fin d'éliminer au maximum les gliadines et d'éviter ainsi la contamination des gluténines par celles-ci.

A cette étape le culot ne contient que des gluténines, pour leur extraction on utilise deux solutions, chacune à base de la solution B. La solution B1 (annexe : 02), contient le DTT (Dithiotreitol), qui permet la réduction des gluténines. L'avant dernière étape

consiste à ajouter 0.1 ml de solution B2 (annexe : 02), elle contient le 4 4-vinylpyridine, son rôle est l'alkylation des protéines.

La dernière étape consiste à introduire la solution C (annexe : 02), contenant du SDS qui chargera les protéines négativement et permettra ainsi leur séparation selon leurs poids moléculaires. Après l'évaporation du surnageant contenant les gliadines, le culot est repris avec la même solution C (annexe : 02) (Zadri, 2009). On obtient ainsi la fraction gluténines qui est possible de conserver pendant trois semaines à 4°C ou à -80°C.

4-2-3- Electrophorèse SDS-PAGE

La séparation des gluténines est réalisée par une électrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en présence de SDS (SDS-PAGE) suivant la méthode de (Laemmli, 1970) modifié par (Singh *et al.*, 1991). Le principe de la technique est basé sur la séparation, sous l'effet d'un courant électrique, des molécules biologiques (protéines, acide amine ADN, ARN) ici, la molécule étudiée est la protéine.

4-2-3-1- Préparation des gels

La séparation des protéines par la technique SDS-PAGE nécessite la préparation de deux types de gels : un gel de séparation à T= 12,52% et à T : 10,3 % et un gel de concentration à C : 1,3%. Le gel de séparation permet le fractionnement des protéines selon leurs poids moléculaires, alors que le gel de concentration permet de stocker les impuretés (tamis, etc....) et de tasser les protéines, avant leur entrée dans le gel de séparation.

- **Préparation du gel de séparation (Running gel) :**

Les gels sont T= 12.52% et C= 0,97% pour les gluténines et à T = 10,3 % C= 1,3% pour les gliadines, les gels sont constitué d'acrylamide à 35% (p/v), de N_N'_méthylène bis- acrylamide (bis acrylamide) à 2% (p/v), de tris HCL 1M, tamponnés à pH 8.8, de SDS, et d'eau (annexe : 04).

On commence par le montage des plaques en verre après les avoir nettoyée à l'éthanol puis on rince par l'eau distillé, les plaques sont placées l'une contre l'autre en les séparant avec deux séparateurs dont la largeur est choisie selon les paramètres recherchés.

La polymérisation de ces constituants est catalysée par (APS) et le TEMED, qui sont ajoutés en derniers. On applique le remplissage du gel par une seringue en plaquant sa queue contre la paroi de la première plaque, et on verse doucement le gel afin d'éviter la formation des bulles d'aires ; on s'arrête au niveau marqué (4cm), ce niveau sera rempli par le gel de concentration.

On applique une fine couche de buthanol tout au long du gel, à l'aide d'une seringue, le buthanol aplatira le gel et fera une barrière contre l'air pour accélérer la polymérisation qui prendra 30 à 45 min, et éliminera les bulles d'air à la surface. Quand le gel se polymérise, on verse le buthanol et on rince 3 fois à l'eau distillée.

- **Préparation du gel de concentration (Stacking gel)**

Les dimensions sont de 180 x 40 x 1,5 mm. Ce gel est à et ses constituants sont ceux du gel de séparation avec une différence au niveau des tris HCL qui a un PH de 6.8 (annexe : 04). Il est coulé au-dessus du gel de séparation, on pose les peignes (nettoyés au paravent à l'éthanol) délicatement pour ne pas faire de bulles, bien au centre des cassettes. Le gel prend en l'espace de 20 à 40 min, après les peignes sont retirés soigneusement pour ne pas détruire les puits fermes, on verse le tampon dans les puits et on fait les dépôts à raison de 15µl par puit. Un puit de chaque gel a été consacré aux marqueurs de poids moléculaire : Kit HMW Ge Healthcare UK (tableau 02-annexe : 01).

2-4-5-2- La migration

Le bac supérieur qui porte les deux plaques est rempli de tampon de migration (annexe : 05). À un niveau qui dépasse celui des gels, on le place dans la cuve d'électrophorèse ou le bac inférieur, rempli au paravent de solution de tampon de tel sorte que les faces inférieures des gels soient immergées. La cuve d'électrophorèse est maintenue à une température constante à 4°C grâce à un système de refroidissement. Le gel de dimension 180 x 105 x 1,5 mm est soumis à une intensité constante de 80 mA par gel, et une tension variable ne dépassant jamais le maximale de 600 V. Les échantillons des protéines chargées négativement migrent vers l'anode et sont séparées selon leur encombrement moléculaire. La migration est arrêtée généralement 30 min après la sortie du front coloré.

2-4-5-3- Coloration et décoloration des gels

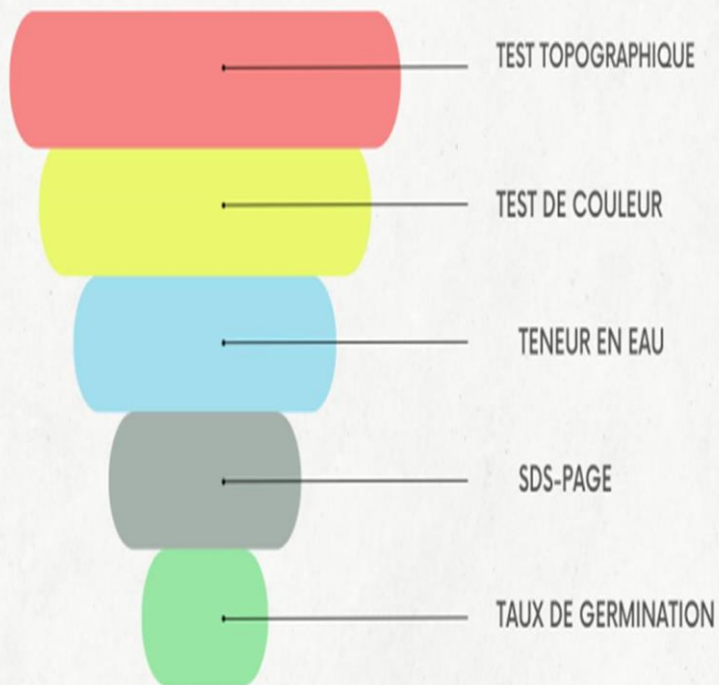
Après la sortie du front de migration, le gel de concentration est éliminé, les gels sont démoulés soigneusement et mis dans le bac contenant une solution de coloration qui contient un fixateur de protéines, le TCA (acide trichloroacétique) à 60 % et un colorant, le bleu de coomassie R250 et d'eau distillée (annexe : 05). Recouvrir les gels de solution de coloration, placer les sur l'agitateur pendant une nuit, afin d'homogénéiser la coloration, puis les gels sont décolorés dans solution de décoloration (annexe : 05), et sont prêts à la lecture.

5- L'étude statistique et analyse des résultats

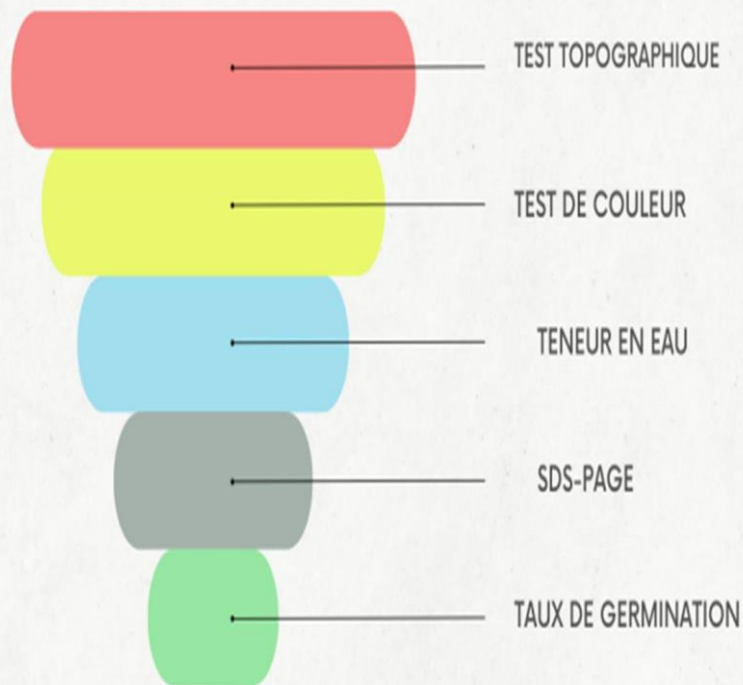
Toutes les mesures des paramètres physiologiques étudiés ont été répétées au moins trois fois. Les résultats, présentés sous forme d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes et leurs écartypes, ces deux derniers ont été réalisés par le logiciel Excel 2010 pour Windows. L'analyse de variance à deux facteurs (facteur variété, facteur durée du stockage et leur interaction) et les groupes homogènes ont été réalisée par l'utilisation d'un logiciel spécifique « Excel STAT 2015 » en utilisant le test de Tukey.

Le système d'imagerie Dig Doc print II, nous a permis de prendre des photos des gels obtenus par la technique d'électrophorèse (SDS-PAGE). Le calcul des poids moléculaires, afin d'interpréter les résultats de l'électrophorèse en présence de SDS, est réalisé avec le logiciel Photo-capt8. Le logiciel de MINITAB (version 13), nous a permis la réalisation de dendrogrammes pour l'établissement du degré de similarité entre les variétés et entre les durées du stockage de grains.

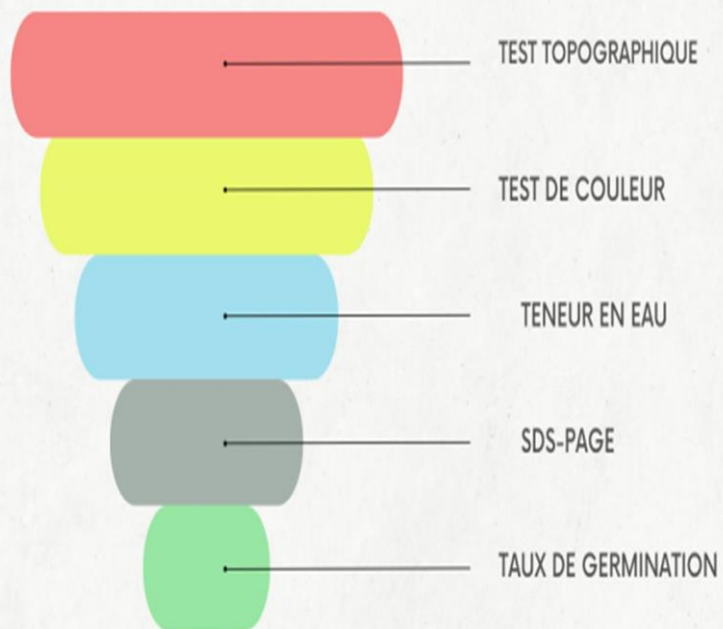
RESULTATS ET INTERPRÉTATIONS



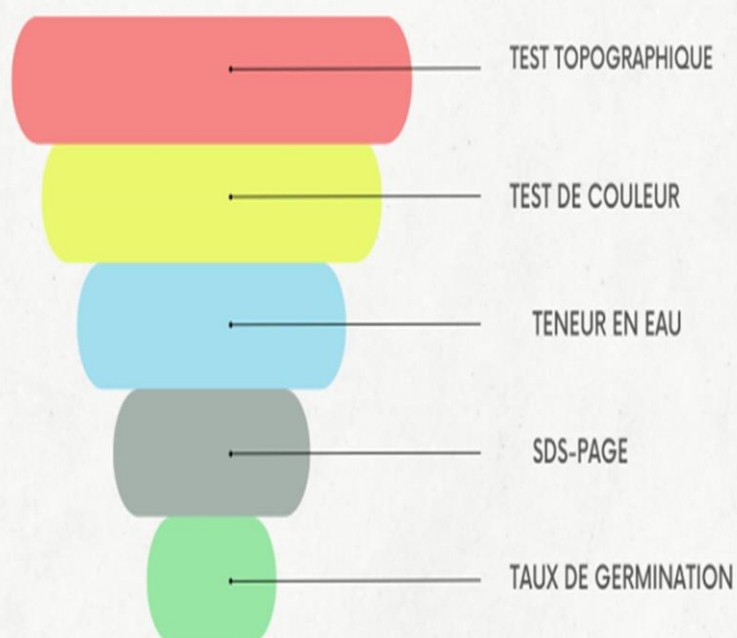
RESULTATS ET INTERPRÉTATIONS



RESULTATS ET INTERPRÉTATIONS



RESULTATS ET INTERPRÉTATIONS



1- Variation des paramètres physiologiques

1-1-Test topographique au tetrazolium

Comme cité précédemment, le test topographique au tetrazolium (TZ) nous permet de différencier entre les tissus viables et ceux qui ne le sont pas, donc qui sont morts en se référant à leur taux de respiration relative (Chaker, 2003 ; Nour, 2018). Preuve à l'appui, les photos de la figure (15) montrent les résultats de ce test, pour les deux variétés utilisées dans cette manipulation : Hedba3 et Waha sur fond noir. Les résultats obtenus montrent que d'une manière générale, les deux variétés testées présentent une très grande viabilité et également une forte vigueur (figure : 15).

On distingue alors des semences plus colorées que d'autres au niveau de la partie embryonnaire, du scutellum en allant vers la coléoptile, point d'attache et plumule. (Nour, 2018). Les graines stockées pendant 1 an et 4 ans dégagent un rouge vif comparées à ceux d'il y a 8 ans, à noter que celles-ci (8 ans) ont été colorées à un seul niveau par rapport aux deux autres pour la variété Hedba3.

Les semences de la variété Waha ayant subi un stockage d'un an sont vivement colorés en rouge et on peut voir une nette différence avec ceux stockés pendant 4 et 8 ans, ces dernières ont subi un déchirement niveau embryonnaire, même des altérations membranaires menant donc à la mort de certains tissus et cette partie est non colorée ainsi le tissu est mort.

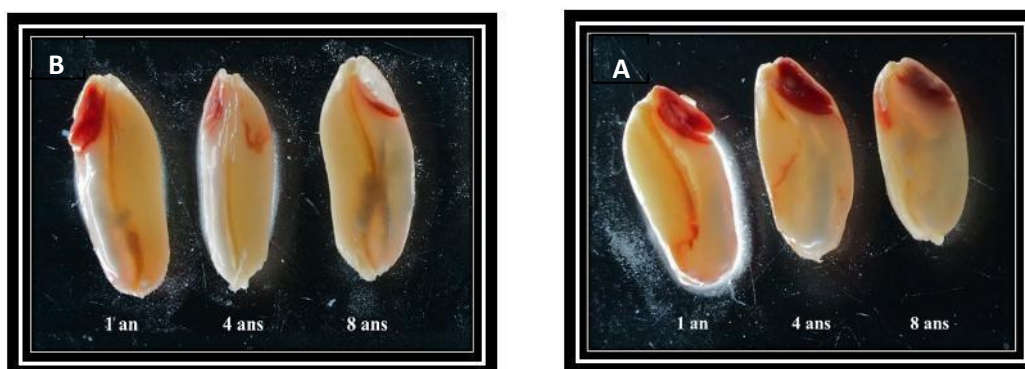


Figure 16 : Résultats du test au tetrazolium des graines de deux variétés de blé dur stockées pendant 1 an, 4 ans et 8 ans. **A** : la variété Hedba3 et **B** : la variété Waha.

D'après le Tetrazolium Testing Committee (1970), beaucoup de graines ne sont ni complètement viables ni complètement mortes du fait que le blé possède dans l'embryon de la

graine des méristèmes initiaux des deux paires de racines séminales. Ces dernières se développent et produisent une plantule normale même si la radicule, elle, ne se développe pas. Le pourcentage du TZ- test est le pourcentage de germination (potentiel germinatif) attendu quand le lot de semences est mis à germer sous des conditions très favorables (Tetrazolium Testing Committee, 1970 in Chaker 2003). Le test TTC (chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium) est une méthode largement utilisée pour évaluer la viabilité des graines de blé sur la base de leur activité physiologique. Le test TTC fonctionne en évaluant l'activité métabolique des cellules vivantes à l'intérieur des graines de blé, car les cellules viables convertissent le TTC en un composé formazan rouge.

1-2-La couleur des graines

Les résultats obtenus de la couleur des graines sont représentés ci-dessous dans le tableau n° 03. La luminosité (L^*) des graines des deux variétés de blé dur étudiées Hedba3 et Waha sont relativement proche variant entre 23,73 jusqu'à 34,07, la couleur jaune (b^*) varie de variété à l'autre. La luminosité (L) augmente dans la durée de stockage 4ans chez la variétés Waha (tableau 05).

Concernant la variété Waha on a enregistré une moyenne maximale de 26,07 pour les semences stockées pendant 4 ans, 24,37 pour les graines stockées durant 8 ans et 24,83 pour le témoin qui est la semence stockée pendant 1 an.

Pour la variété Hedba3 on a enregistré des moyennes variables qui sont comme suit : 28,23 pour le témoin d'un an, 23,27 pour les semences stockées pendant 4ans et 27,8 pour les graines datant d'il y a 8 ans.

La couleur rouge (a^*) pour la variété Hedba3 vont de 9 de moyenne jusqu'à 11,17, en revanche pour la variété Waha elle va de 8,93 jusqu'à 16,2 moyennement ; le stockage datant d'il y a 4 ans a enregistré la moyenne la plus basse pour les deux variétés étudiées.

Tableau 05: Variations de la couleur des grains des deux variétés de blé dur stockées durant 1 an, 4 ans et 8 ans

Durée du stockage	Hedba3			Waha		
	L	a	b	L	a	b
1 an	31.37± 2.40	11.17±0.97	28.23± 2.03	23.73 ±2.43	11.77±0.32	24.83±1.21
4 ans	34.4± 2.89	09± 6.51	23.27± 6.19	33.33± 3.98	8.93± 2.80	26.07± 2.05
8 ans	34.07± 2.89	10.43± 3.48	27.8± 0.66	26 ± 1.92	16.2±0.26	24.37± 1.53

L'analyse de variance des deux paramètres de la couleur a et b est non significatif. L'analyse de la variance à deux facteurs de ce paramètre fait ressortir une différence non significative pour les lumières a et b des deux facteurs variété et durée du stockage. Tandis que, l'analyse de variance du paramètre L (luminosité), révèle l'existence d'une différence significative entre les deux variétés étudiées ($P>0.019$), une différence non significative pour le facteur durée du stockage ($P>0.077$) et une différence non significative pour l'interaction Variétés*Traitement ($P>0.330$) (Tableau 06).

Tableau 06: Comparaison des moyennes de paramètre (L) de la couleur des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Durée	2	121.523	60.762	3.205	0.077
Variétés	1	140.561	140.561	7.415	0.019
Durée*Variétés	2	46.154	23.077	1.217	0.330

* $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$: Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; $P>0.05$ NS: non significative. ddl : degré de liberté, SCE : somme des carrés des écarts, CM : carré moyenne, Fobs : observé, P : Probabilité

L'analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % « Test de Tukey » pour le facteur variété présente deux groupes homogènes (tableau : 07). Le premier groupe A correspond à la variété Hedba3 avec une moyenne générale de 33.28. Le deuxième groupe B correspond à la variété Waha avec une moyenne générale de 27.69.

Tableau 07 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur variété aux niveaux de trois durées du stockage pour la luminosité (L) de la couleur des grains :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Hedba3	33.278	A

Waha

27.689

B

La luminosité (L^*) des grains de la variété Hedba3 a montré des valeurs significativement plus élevée avec une couleur plus claire que celles de la variété Waha dans les trois durée du stockage. Ceci peut être dû à la couleur naturelle plus claire de la variété Hedba. La couleur des semences dépend leur composition biochimique des sels minéraux. Le grain de blé a une couleur variant du roux au blanc.

Les résultats enregistrés au cours de cette étude révèlent que les graines des 6 lots des variétés de blé dur (Hedb3 et Waha) des années respectivement 2014-2019-2021 sont de couleur Jaunâtre. L'évaluation de la qualité des semences de blé est possible et réalisable sur la base de leurs attributs de couleur, en utilisant les mesures de l'application pour évaluer la maturité, la santé et les dommages potentiels causés par les maladies ou les insectes.

L'application Color Grab et les paramètres physiologiques offrent une approche normalisée de l'évaluation de la couleur, permettant des comparaisons et des analyses précises entre divers échantillons de graines de blé.

L'intégration de la technologie et des paramètres physiologiques fournit des informations précieuses sur les caractéristiques de la couleur des graines de blé, ce qui ouvre des possibilités pour la recherche, l'agriculture et les applications de l'industrie alimentaire. L'utilisation de l'application *Color Grab* pour l'analyse de la couleur des graines de blé met en évidence le potentiel de la technologie des smartphones en tant qu'outil accessible et efficace pour les mesures et les analyses scientifiques.

1-3- Taux de germination

La germination est un processus physiologique crucial dans le cycle de vie des plantes, notamment le blé, et la compréhension de son cadre physiologique est vitale pour une production végétale réussie. La germination est le processus par lequel une graine subit des changements métaboliques et physiques, conduisant à l'émergence d'une plantule à partir de l'enveloppe de la graine.

La faculté germinative traduite en pourcentage de germination a été enregistrée dans les deux variétés étudiés (Hedb3 et Waha) et au cours des trois durée de stockage testés (figure. 16).

En ce qui concerne la variété de blé dur Hedba3, les résultats inscrites du taux de germination ci-dessous (Figure 16) exposent que les graines stockées pendant 1 an ont la capacité et le pouvoir de germer le plus remarquable à raison de plus que 95%.

Pour les semences stockées durant ces quatre (4) années précédentes le taux dépasse plus ou moins les 85% par rapport aux graines plus âgées datant d'il y a 8 ans qui ont affichées un taux moindre estimé à 55% pour ce qui est de la variété Hedba3 et de 65% concernant la variété de blé dur Waha.

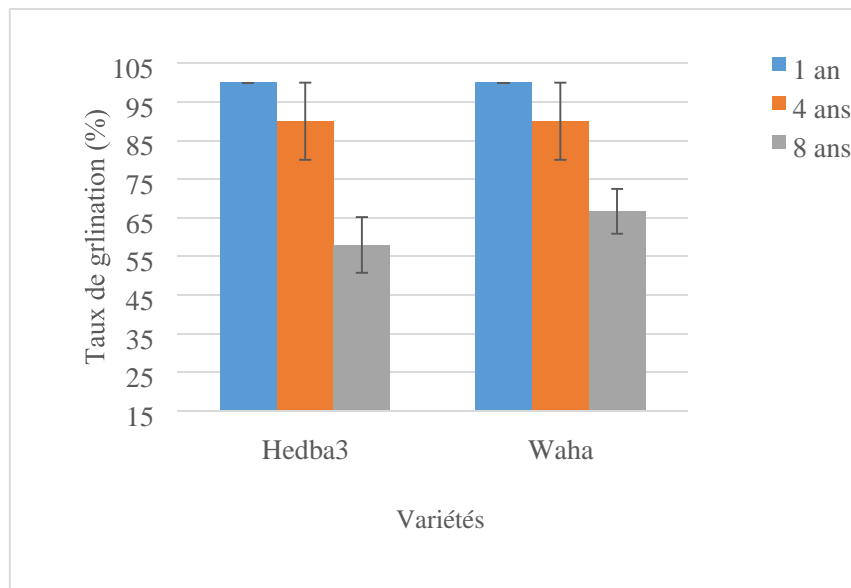


Figure 17 : Variations du pourcentage de germination des deux variétés de blé dur stocké durant 1 an, 4 ans et 8 ans

D'après l'analyse de la variance effectuée sur les deux facteurs (variété, durée du stockage), et d'après l'analyse de la variance de leur interaction on constate l'existence d'une différence très hautement significative au niveau de la durée du stockage ($P < 0.0001$). Non significative pour l'effet variété ($P > 0.05$), et pour l'effet interaction entre deux facteurs (Tableau 08).

Tableau 08: Comparaison des moyennes de paramètre du pourcentage de germination des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Durée	2	4568.444	2284.222	48.033	< 0,0001

Variétés	1	37.556	37.556	0.790	0.392
Durée*Variétés	2	75.111	37.556	0.790	0.476

* $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$: Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; $P > 0,05$ NS: non significative. ddl : degré de liberté, SCE : somme des carrées des écarts, CM : carré moyenne, Fobs : observé, P : Probabilité

Le test de Tutey, analyse les différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %. Le facteur la durée du stockage présente deux groupes homogènes. Le premier groupe A correspond aux durées 1 an et 4 ans du stockage avec une moyenne générale de 100.00%. Le deuxième groupe B correspond à la durée 8 ans avec une moyenne générale de 62.333% (tableau : 09).

Tableau 09 Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur du stockage des deux variétés de blé dur de la capacité germinative des grains

<u>Modalités</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Regroupements</u>
1 an	100.000	A
4 ans	90.000	A
8 ans	62.333	B

Les paramètres physiologiques de la germination peuvent varier en fonction de la qualité des semences, des conditions de stockage, des facteurs génétiques et des indices environnementaux, ce qui souligne l'importance de prendre en compte ces facteurs dans les pratiques agricoles. Les semences sont des organismes vivants dont l'activité métabolique se poursuit même pendant le stockage (Ellis *et al.*, 1992). Il est donc essentiel de maintenir des conditions de stockage optimales, y compris des températures basses et des niveaux d'humidité contrôlés, pour prolonger la viabilité et la vigueur des semences de blé (Finch-Savage et Bassel, 2016). L'humidité est estimée de 85% pour toutes les générations de céréales (ITGC ,2008) De mauvaises conditions de stockage, telles que des températures et une humidité élevées, peuvent entraîner une détérioration des semences, une perte de viabilité et une réduction des taux de germination.

1-4-Teneur en eau des grains

La teneur en eau des semences de blé est un paramètre physiologique critique qui a un impact direct sur la viabilité, la germination et la qualité globale des semences. Le maintien d'une teneur en eau appropriée dans les graines de blé est crucial pour garantir que leurs processus physiologiques restent actifs sans causer de dommages ou compromettre leur viabilité.

Ci-dessous, la figure 18, une représentation des résultats des différentes variations en teneur en eau des deux variétés étudiées Hedba3 et Waha. La teneur en eau varie de façon non significative, on remarque alors que les semences stockés pendant 1 an, leur pourcentage de teneur en eau est le même et estimé à presque 9%, en revanche les semences stockés pendant 4 ans différent d'une variété à l'autre et on enregistre un pourcentage de presque 8% pour la variété Hedba3 et 8,5 à peu près pour la variété Waha. Concernant le stock de 8 ans, la teneur en eau des graines est quasi la même, proche, et varie de 7,5% jusqu'à 8% presque.

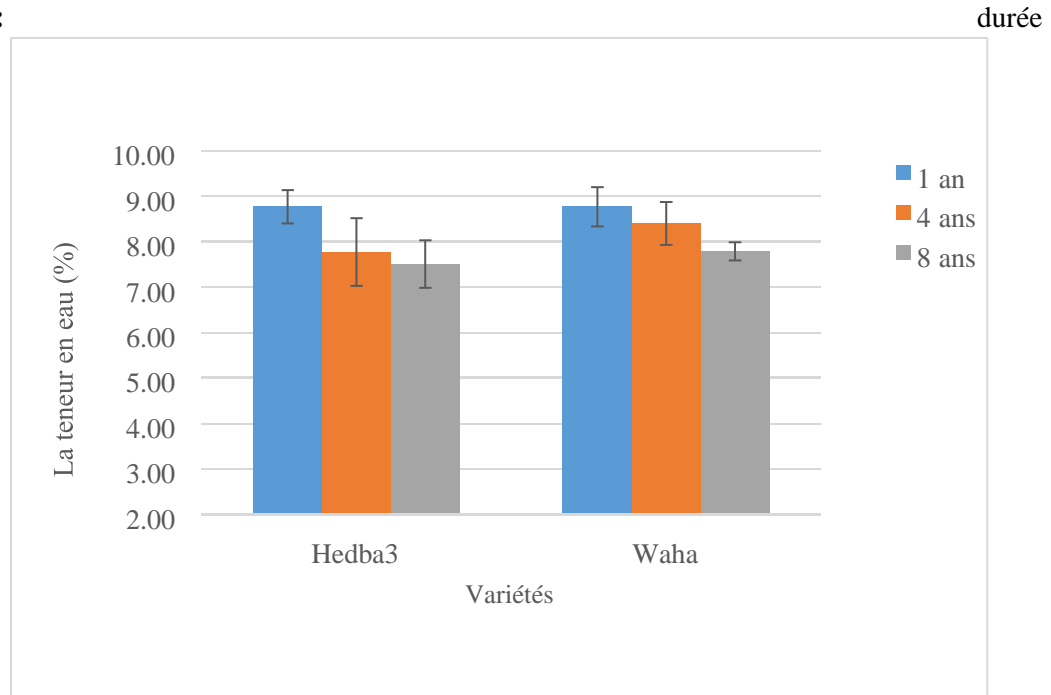


Figure 18 : Variations de la teneur en eau des grains des deux variétés de blé dur stockés durant 1 ,4 et 8 ans.

L’analyse de variance de la teneur en eau fait ressortir une différence très significative pour l’effet durée du stockage. Alors il n’existe pas une différence significative entre variétés, ni entre l’interaction variété *durée (tableau 10).

Tableau 10: Comparaison des moyennes de paramètre de la teneur en eau des grains des deux variétés du blé dur stockés durant trois durée 1an, 4ans et 8ans

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Durée	2	3.850	1.925	8.134	0.006
Variétés	1	0.739	0.739	3.120	0.103
Durée*Variétés	2	0.688	0.344	1.454	0.272

* $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$: Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; $P > 0.05$ NS: non significative. ddl : degré de liberté, SCE : somme des carrés des écarts, CM : carré moyenne, Fobs : observé, P : Probabilité

Le test Tukey, analyse les différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %. Il classe les durées du stockage en trois groupes, dont la moyenne le plus élevé (8.73%, groupe A) est enregistrée chez le témoin (1an), le deuxième groupe intermédiaire AB, enregistre la teneur en eau de 8.09% (durée 4 ans). Le troisième groupe B représente la moyenne

la plus faible de la teneur en eau (7.65%), elle est enregistrée chez la durée 8ans du stockage (Tableau 11).

Tableau 11 Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur du stockage des deux variétés de blé dur de la teneur en eau des grains

Modalités	Moyenne	Regroupements
1 an	8.773	A
4 ans	8.087	A B
8 ans	7.649	B

Pour de nombreuses espèces notamment les céréales la conservation à long terme se fait par stockage de grains à faible teneur en eau à 5°C et 20% comme taux d'humidité relative (conditions idéales de stockage à long terme) (Rebert, 1972).

La teneur en eau est la mesure du contenu d'humidité du grain. Le grain ayant une teneur en eau acceptable se situe dans la plage de grain sec. Au fur et à mesure que la teneur en eau augmente, le grain se situe dans les plages de grain gourd, humide, mouillé ou trempé. Il est important de déterminer la teneur en eau des grains canadiens pour la qualité, la salubrité et le stockage du grain (Commission canadienne des gains, 2022).

1-5- Poids de mille grains

Nous avons enregistré dans l'histogramme obtenu (figure 19) , une nette augmentation concernant le poids des grains de la variété de blé dur Hedba3 , contrairement à la variété Waha , les variations du poids des grains est de façon non significative car on remarque que les semences datant d'il y a 4 ans ont enregistré le plus haut poids de grains (g) par rapport au deux années de stockage 8ans et le témoin 1 an.

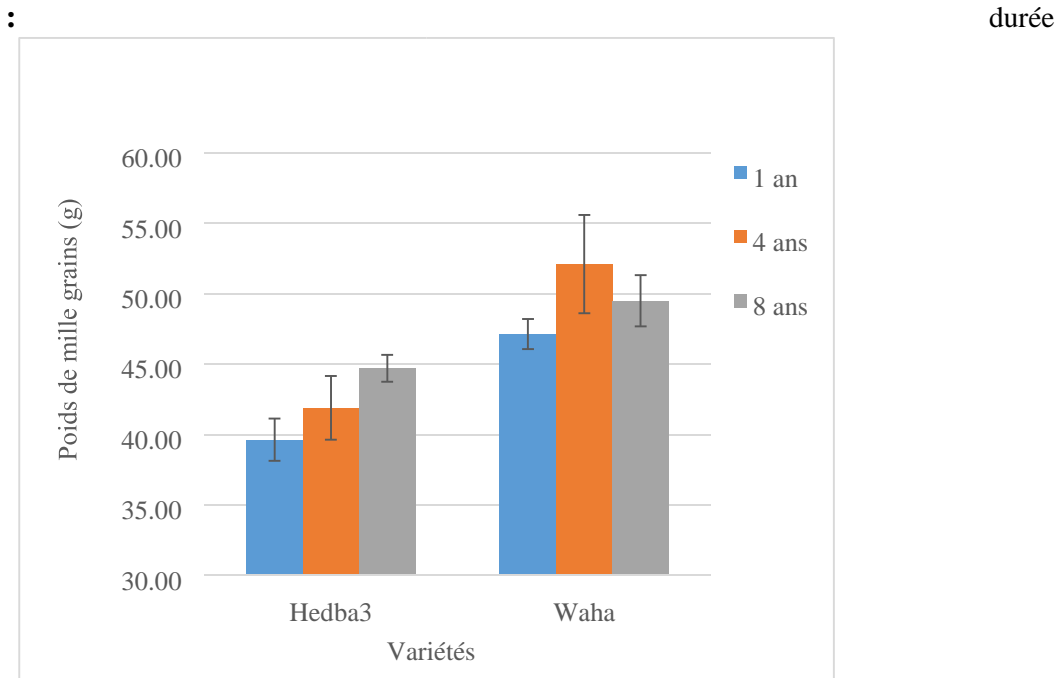


Figure 19 : Variations du poids de mille grains des grains des deux variétés de blé dur stockées durant 1 an, 4 ans et 8 ans

L'analyse de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significatif entre les variétés ($P < 0.0001$). Une différence significative entre les durées du stockage des semences du blé dur ($P > 0.01$). De plus, un effet non significatif pour l'interaction entre durée et variété ($P > 0.05$) (tableau 12).

Tableau 12 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur durée du stockage des deux variétés de blé dur du poids de milles grains

Source	ddl	Somme des	Carré moyen F de Fisher	Pr > F carrés	
Durée	2	53.808	26.904	6.479	0.012
Variétés	1	253.125	253.125	60.953	< 0,0001
Durée*Variétés	2	21.870	10.935	2.633	0.113

* $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$: Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; $P > 0.05$ NS: non significative. ddl : degré de liberté, SCE : somme des carrées des écarts, CM : carré moyenne, Fobs : observé, P : Probabilité

Le test Tukey analyse les différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %. Il classe les années du stockage en deux groupes, dont les moyennes les plus élevées (47.1g et 47g, groupe A) sont enregistrées aux niveaux des durées de stockage 8ans et 4 ans

successivement, le deuxième groupe B représente la moyenne la plus faible de poids du mille grain (43.38 g), elle est enregistrée chez la durée 1 an (tableau 13).

Tableau 13 Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur du stockage des deux variétés de blé dur du poids de mille grains

<i>Modalités</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Regroupements</i>
	47.100	A
4 ans	47.000	A
1 an	43.383	B

8 ans

Le test Tukey analyse les différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %, classe le facteur variétés en deux groupes homogènes. Le premier groupe A présente la moyenne générale du poids de mille grains la plus élevée 49.58g enregistré chez la variété Waha, Par contre le deuxième groupe B présente la moyenne du poids de mille grains de blé dur la plus faible 42.08g marqué chez la variété Hedba (Tableau 14).

Tableau 14 : Classement et regroupement des groupes non significativement différent, facteur variété des trois durées du stockage de blé dur du poids de mille grains

<i>Modalités</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Regroupements</i>
Waha	49.578	A
Hedba3	42.078	B

Le poids de la graine est souvent considérée comme un indicateur de leur qualité et de leur richesse en nutriments, y compris en protéines, vitamines et autres substances. Le poids des grains est fortement lié à l'effet de l'environnement au moment de la formation et du remplissage de la graine. C'est une des composantes du rendement agronomique et rendement semoulier.

2- Analyse des gluténines

Cette étude a porté sur deux variétés de blé dur Hedba3 et Waha qu'on a mis en mouvement dans un gel Polyacrylamide qui forme un tamis moléculaire adaptable afin de séparer leur protéine de réserve en fonction de la taille des chaînes polypeptidiques de ces dernières.

Le profil électrophorétique obtenu est porté sur les gluténines (figure 20). Le nombre total des bandes polypeptidiques est de 18 bandes répertoriées (avec des PM différents), leur poids

: durée
moléculaire varie de 15.88 à 115.14 KDa. L'intensité de la bande est liée directement à la
concentration de la protéine (Arumingtyas et *al*, 2013).

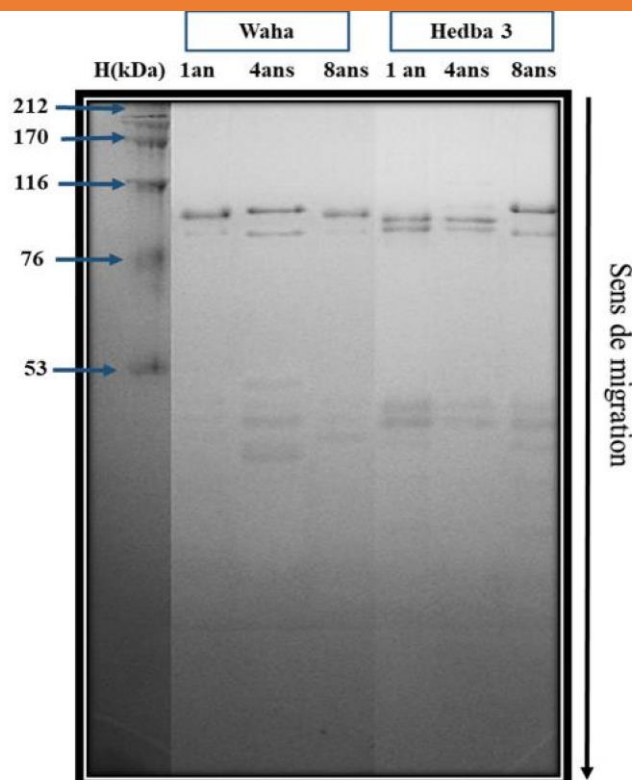


Figure 20: Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines de réserve « gluténines » des graines de deux variétés de blé dur conservée durant 8 ans, 4 ans et 1 an.

□ **Sous unités de haut poids moléculaire (SG-HMW) et les sous unités de faible poids moléculaire (SG-LMW) :**

Le tableau 15 représentant le diagramme présence/absence des bandes dans les graines de deux variétés de blé dur Hedb3 et Waha conservée durant 8 ans, 4 ans et 1 an pour ce qui concerne les “gluténines“, et en sachant que ces derniers sont divisé en deux sous unités ; de haut poids moléculaire (SG-HMW) et de faible poids moléculaire (SG-LMW) ; nous avons pu noter une grande variabilité concernant les sous unités de faible poids moléculaire (SG-HMW) variant entre 30 et 70 kDa théoriquement et entre 36,27 kDa et 62,99 kDa , dans le cas présent.

En ce qui concerne les sous unités de haut poids moléculaire (SG-HMW), on observe 3-4 bandes à intensité différentes pour la première variété étudiée Hedb3, contrairement à la deuxième variété Waha sous laquelle on peut voir la présence de 2-3 bandes à forte intensité

avec une bande à faible intensité dans chaque puit, avec une variance de poids dans un intervalle de 85,65 kDa allant jusqu'à 115,14 kDa.

On a constaté la présence de bandes dans le gel ci-dessous à raison de 15,88 / 19,03 / 20,649 / 36,27 / 42,47 kDa et une absence de bandes dans les puits du poids 87,74 / 98,40.

Les résultats témoignés par la technique d'électrophorèse SDS-PAGE nous ont permis de déduire qu'entre deux différentes variétés de blé dur il existe et il subsiste un polymorphisme et une biodiversité entre lots de graines au sein de l'expression de leur génotype.

Tableau 15: Diagramme présence / absence des bandes dans les graines de deux variétés de blé dur conservée durant 8 ans, 4 ans et 1 an

Poids moléculaire (KDa)	Waha			Hedba3		
	1 an	4 ans	8 ans	1 an	4 ans	8 ans
15.88	1	1	1	1	1	1
19.03	1	1	1	1	1	0
20.649	1	1	1	1	1	1
21.96	0	0	0	0	0	1
22.77	0	0	0	1	1	1
23.27	1	1	1	0	0	0
26.58	0	1	0	0	0	0
28.15	1	1	1	1	0	1
36.27	1	1	1	1	1	1
42.47	1	1	1	1	1	1
49.24	0	1	0	0	0	1
53.88	0	0	0	0	0	1
62.99	1	1	1	0	0	1
85.65	1	0	1	0	0	0

87.74	0	1	1	1	1	1
95.22	0	0	0	1	1	0
98.40	1	1	1	0	1	1
115.14	0	0	0	0	1	0

Avec : 1 : présence de bandes ; 0 : absence de bandes.

L'augmentation de l'intensité des bandes est le résultat de l'augmentation des protéines (Jasso *et al.*, 2002). Dans certains génotypes quelques nouvelles bandes apparaissent et d'autre disparaissent (Farshadfar *et al.*, 2008).

L'accumulation de ces protéines de réserve est donc étroitement liée à la constitution génomique du génotype, et l'importance quantitative de ces fractions ainsi que leur fluctuation semblent liées au milieu de culture. Les teneurs moyennes en protéines fluctuent d'un lieu à l'autre. De plus ces teneurs ne suivent pas les variations des teneurs en protéines du grain. Le milieu influe sur ces fractions (à l'exception des gliadines en % PT) (Khlifi *et al.*, 2004).

Le groupe A correspond aux SG-HPM, qui constituent la fraction mineure des protéines de gluten (environ 10%), varie de 65 à 90 kDa (Lagrain *et al.*, 2013).

Les SG-FPM ont été considérées comme des gliadines de haut poids moléculaire liées par des ponts disulfures pour les distinguer des gliadines monomériques. Les travaux novateurs de Nielsen *et al.* (1968) et Payne et Corfield, (1979) ont permis de distinguer cette fraction et la classer séparément comme des SG-FPM. Cette fraction représente 60 à 80% des gluténines totales et peuvent être classées selon différents critères.

En conclusion la durée du stockage a dégradé plus ou moins les protéines de réserve des 6 lots des deux variétés étudiées.

CONCLUSION

Conclusion

Le blé est une denrée alimentaire stratégique vu qu'elle est consommée par une très grande partie de la population mondiale. La culture du blé est largement répandue dans le monde pour subvenir aux besoins alimentaires de la population mondiale. Le stockage de ses récoltes et leur gestion sont un enjeu majeur pour les pays producteurs mais aussi pour les pays importateurs. Les processus de stockage sont de plus en plus rigoureux pour optimiser les valeurs nutritives de ces réserves, leur viabilité et leur longévité car des quantités importantes doivent être disponibles sur le marché mondial du blé.

Ce mémoire a pour objectif de déterminer les conséquences de la durée du stockage sur les grains de blé dur. Pour répondre à cette problématique, nous avons sélectionné 6 lots provenant de deux variétés de blé dur (Hedba3 et Waha) et nous les avons évalués selon 5 paramètres physiologiques (couleur, poids, faculté germinative, teneur en eau, test topographique au tetrazolium des graines) et sur un paramètre moléculaire (SDS-PAGE).

Les résultats obtenus nous ont permis de conclure que la durée de stockage a un effet négatif sur la qualité des grains de blé dur des deux variétés étudiées.

Notre travail devrait être complété par des études plus poussées afin d'identifier les conditions optimales de stockage pour améliorer la qualité des grains de blé dur et mieux gérer la conservation des grains.

Le stockage des graines et des semences, est une pratique essentielle dans le domaine de l'agriculture et de la préservation des ressources génétiques végétales. Il vise à maintenir la viabilité et la qualité des semences afin de garantir leur utilisation future.

En résumé, la compréhension et l'optimisation des paramètres physiologiques de la germination sont cruciales pour assurer une implantation réussie des plantes et maximiser la productivité des cultures de blé et d'autres espèces végétales. En tenant compte des conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de lumière, les agriculteurs et les chercheurs peuvent prendre des décisions éclairées et mettre en œuvre des stratégies efficaces pour promouvoir une germination optimale et obtenir des résultats agricoles souhaitables.

Références bibliographiques

- **Ait-Kaki S** 2008 Contribution à l'étude des mécanismes morpho physiologiques de tolérance au stress hydrique sur 5 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf). Mémoire de Magistère Université d'Annaba 130p
- **Ait-Kaki Sabrina**,2007 Etude comparative des potentialités technologiques des blés durs algériens anciens et récents Relation de la qualité de ces blés par différentes stratégies d'études Critères technologiques infrarouge Biochimiques électrophorèse bidimensionnelle et moléculaire PCR Thèse de Doctorat d'état en sciences Université Badji Mokhtar Annaba 137
- **Alzouma I** ,1990 Situation de la post-récolte en Afrique sahélienne La post-récolte en Afrique Actes du séminaire international-Abidjan Cote d'Ivoire 22-28 276p
- **Ana L Navarro-Contreras, Carlos F Chaires-González, Ema C Rosas-Burgos, Jesús Borboa-Flores, Francisco J Wong-Corral, Mario O Cortez-Rocha, Francisco J Cinco-Moroyoqui** International journal of food properties 17 (2), 421-432, 2014
- **Anne Schneider, Christian Huyghe , Thierry Maleplate, Françoise Labalette , Corine Pevrennet, Benoît Carrevée** Edition Quae 2015. .
- **Anne SURGET, Cécile BARRON** Industries des céréales, 3-7, 2005
- **Anonyme**, 2022. Céréales en Algérie : la FAO prévoit un recul de 38% de la récolte et une hausse des importations (<https://algeriainvest.com/AlgeriaIC/public/ar/premium-news/cereales-en-algerie-la-fao-prevoit-un-recul-de-38-de-la-recolte-et-une-h>)
- **Aoues K.** 2010. Amélioration des techniques de stockage du blé pour la préservation contre les attaques de *Sitophilus oryzae* (linnaeus, 1763) (Coleoptera, Curculionidae). Mémoire de Magister en Agronomie, Université de Blida, Algérie.128 p.
- **Arthur S Tatham, Peter R Shewry** Journal of Cereal Science 3 (2), 103-113, 1985
- **Balfourier, F., Bouchet, S., Robert, S., De Oliveira, R., Rimbart, H., Kitt, J., ... & Paux, E.** 2019. Worldwide phylogeography and history of wheat genetic diversity. Science advances, 5(5), eaav0536.
- **Belaid.Djamel.**(2014). Les céréales en Algérie Produire des céréales pour 45 millions d'habitants Tome 1.
- **Bencharif et Chaulet**, 1991 problématiques et organisation du projet d'étude ENIAL séminaire sur la mise en marché des céréales et les stratégies des entreprises de la filière Blida 1-30p
- **Bewley, J. D., & Black, M.** (2012). Seeds : Physiology of Development, Germination, and Dormancy (3e éd.). Springer.
- **Bietz, J. A., & Huebner, F. R.** (1980). Structure of glutenin Achievements at the northernregional research center Ann Technol Agric 29(2), 249–277
- **Borlaug, N.E.** (1998)Feeding a world of 10 billion people : the miracle ahead.Plant Tiss.Cult.Biotech.3 :119-127.

- **Boudreau.A et Ménard.G** (1992) Le blé :éléments fondamentaux et transformation.Edition Presses Université Laval Paris 25-62p.
- **Boulehier MD C 2000** la germination Cours de physiologie végétale Développement Université de Constantine 3-67
- **BOURDET (A.)**. 1964. - Qualité protéique et force des blés. Ann. Techn. Agricole, vol. 13, 1, 45-66.
- **Bourouh L & Maadabi A**. 2020. Sélection pour la performance et la stabilité du rendement de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) en zone semi-aride d'altitude. Thèse de Doctoral.
- **Brett F. Carver, Khalil Khan et Peter R. Shewry**, Wheat: Science and Trade" "Wheat: Chemistry and Technology" et "Bread Wheat: Improvement and Production" édité par Jaime L. Prohens et Francisco Ortega.
- Bulletin des variétés de céréales autogames Centre national de contrôle et de certification des semences et plants Edition 2015 El Harrach Alger
- **Calderini DF , Abeledo LG Slafer GA** ,2000 Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter Agronomy Journal 92, 895-901p
- **Campbell, C. A., & Davidson, H. R.** (1979). Effect of Temperature, Nitrogen Fertilization and Moisture Stress on Yield, Yield Components, Protein Content and Moisture use Efficiency of Manitou Spring Wheat. Canadian Journal of Plant Science, 4(59), 963–974.
- **CAUDERON (A.)**. 1953. - Le problème de la variété. Journées nationales « Semences », 18-19 mai 1953, 13-19. Coïc (Y.). 1953. - Bulletin Engrais, févr.-avr. 1953.
- **Celement,JM** 1981 Larousse agricole Edition :S.P.A.D.E.M et A.D.A.G.P paris vol 177 N° 1032 171-174p
- **Chaker.A ,2003** Etude de l'effet des stress thermiques (chaleurs et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf) Thèse de Magister. Université d'Annaba , 98p
- **Chul-Kyoon Mok** Food Science and Biotechnology 6 (1), 1-4, 1997
- Commission canadienne des gains. 2022. Teneur en eau des grains canadiens..<https://www.grainscanada.gc.ca/fr/qualite-grains/classement-des-grains/facteurs-de-classement/teneur-en-eau/>
- **Copeland,L.O** 1976.Rules For testing Seeds ;association of official seed analysis ; Michigan state university ;Michigan ;USA 126p
- **D'Ovidio, R., & Masci, S.** (2004). The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten Journal of Cereal Science, 39(3), 321–339.
- **De lucia M et Assennato,D** 1998 1992 l'après récolte des grains organisation et techniques bulletin des services agricoles de la FAO 93
- **Debiton C** 2010 identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par

l'analyse protéomique de lignées iso géniques waxy Thèse de doctorat UNIVERSITE D'Auvergne –France 274p

- **DESAYMARD (P .)** . 1966. - Intérêt économique du désherbage précoce des céréales. C. R. Acad. Agric., 1037-1042.
- **Diamond.J** ,1997,The first farmers,Science,278 :1243-1248
- **Donald D Kasarda, Jean-Claude Autran, Ellen J-L Lew, Charles C Nimmo, Peter R Shewry** Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology 747 (1-2), 138-150, 1983
- **Doumandji A,Doumandji S et Doumandji Mitiche B**, 2003 Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stock ,Algérie office des publication universitaires , 2003, 67 p.
- **D-W Tu, WP Berk, SE Brown, NE Byer, SW Duncan, A Eskandarian, E Fischer, DM Gill, B Golja, BC Kane, SP Svensson, S Weinreb** Proceedings of 1994 IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium, 29-32, 1994
- **Ellis, R. H., Hong, T. D., & Roberts, E. H.** (1992). Manuel de technologie des semences pour les banques de gènes : Volume II : Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations. Institut international des ressources phylogénétiques.
- **Evers T et Millar S** ,2002 Cereal grain structure and development : some implications for quality journal of cereal science 36, 261-284p
- **F Békés, CW Wrigley** Cereal Foods World 58 (6), 325-328, 2013
- **FAIVE-DUPAIGRE (R.), ROGNON (J.) et DE GOURNAY (X.)**. 1964. - La lutte contre le vulpin des champs dans les cultures de blé d'hiver. Ann. Epiphyties, 15, 4, 341-372.
- **Fatima Zohra Becila, Abdallah Bouasla, Christelle Turchiuli, Giana Almeida, Gabrielle Moulin, Farida Bekhouche** Food Bioscience 53, 102505, 2023
- **Feillet,P** 2000 Le grain de blé , composition et utilisation . Edition INRA,Paris , 308 p
- **Feldman M., ER. Sears.** 1981. The wild gene resources of wheat. Sci. Am.244 : 98–109.
- **Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W.** (2016). Vigueur des semences et établissement des cultures : Extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany, 67(3), 567-591.
- **G Linden and D Lorient.** Biochimie agro-industrielle pp 368. Masson, Paris. 1994
- **Gate,Ph** 1995).Ecophysiologie de blé Premières résultants .ITCF Edition Tee ET Doc.Lavoisier , 429 p.
- **GESLIN (H.) et JONARD (P.)**. 1948. - Maturation du blé et climat. Ann. Nutrit. et Alimentation, 2, 3-6, 111-121. **GOUJON (M. C.), PAQUET (J.) et JONARD (P.)**. 1967. - La recherche agronomique et le blé. Rev. Fr. Agric., 18, 27-50.

- **GESLIN (H.)**. 1944. - Contribution à l'étude du climat du blé. Thèse. Fac-Sciences, Paris, 116 p.
- **Godon,B** 1991.Biotransformation des produits céréaliers. Ed Tec et Doc .Lavoisier Paris 688p.
- **H Liu, J Qi, K Hayakawa** Journal of food science 62 (4), 813-820, 1997
- **H. Chikhi** Une palynoflore méditerranéenne à subtropicale au Messinien pré-évaporitique en Algérie Année 1992 19-1 pp. 19-30
- **Herbert Wieser** Food microbiology 24 (2), 115-119, 2007
- **Herbert Wieser** Chemistry of gluten proteins Food Microbiology Volume 24, Issue 2, April 2007, Pages 115-119
- **Hoseney, R. C.** (1994). Principles of Cereal Science and Technology (2e éd.). Association américaine des chimistes des céréales.
- **Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R., Gornicki, P.**, 2002. Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the Triticum/Aegilops complex and the evolutionary history of polyploidy wheat. Proceedings of the national academy of science of the USA 99: 8133-8138.
- In vitro and in vivo antimicrobial activity of Algerian Hoggar *Salvadora persica* L. extracts against microbial strains from children's oral cavity
- **Institut Technique des Céréales et des Fourrages**, 1991, France
- **ISTA** ,1997 2009 international rules for seed testing international seed testing association Switzeland
- **ITGC** ,2008 la technologie semencière La production de semences des céréales à paille en Algérie 138p
- **JA Campbell** Cereal Research Communications, 107-113, 1980
- Janet Soskice Cambridge University Press, 2023
- **Jayas D.S White,N.D.G** 2003 Storage and drying of grain in Canada : low cost approaches Food Control 14,255-261p
- **Jianping Lu, Baogang Zhang, Chao He, Alistair GL Borthwick** Journal of hazardous materials 389, 121911, 2020
- **JONARD (P.) et KOLLER (J.)**. 1951. - Les facteurs de la productivité chez le blé. Ann. Amél. Plantes, 2, 256-276.
- **JONARD (P.)**. 1949. - L'alter nativité du blé. 68e Congrès Assoc. Française Avancement Sciences, 126-127.
- **K.W. Mok, P.R. Cullis** Volume 73, Issue 5, November 1997, Pages 2534-2545 Structural and fusogenic properties of cationic liposomes in the presence of plasmid DNA
- **Keck, B., Köhler, P., & Wieser, H.** (1995). Disulphide bonds in wheat gluten: cystine peptides derived from gluten proteins following peptic and thermolytic digestion. Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung, 200(6), 432–439.

- **Kellou R** 2009 Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Qualité-Méditerranée .Le cas des coopératives Sud Céréales , Groupe coopératif occitan et Audecoop Master of Science , Institut agronomique Méditerranéen de Montpellier
- **Khush, GS** 1999 Green revolution :preparing for the 21 st century.Genome 42 :646-655
- **Kiaya V.** 2014. Post-harvest losses and strategies to reduce them. Technical paper on Post-Harvest Losses/ ACF
- **KOLLER (J.)**. 1962. - Résistance au froid du blé d'hiver. Le Producteur agricole français, 63, 12 janv. 1962.
- **Kouini M.** 2022. Production de blé : L'Algérie dans le top 20 mondial. Journal Indépendant (<https://www.jeune-independant.net/production-de-ble-lalgerie-dans-le-top-20-mondial/>)
- **Kovacs et al.** (1997) Laemmli, U.K 1970 Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4.Nature 227 :99-680
- **Larraz Ferreira M** ,2011 Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur.Thèse de Doctorat Centre International D'études Supérieures en Sciences Agronomiques De Montpellier-France,283p
- **Laurence Dubreil, Jean-Pierre Compoin, Didier Marion** Journal of Agricultural and Food Chemistry 45 (1), 108-116, 1997
- **Linden, G. ; Lorient, D.** Agroindustrial biochemistry: upgrading the nutritive value of farm produce.Biochimie agro-industrielle: valorisation alimentaire de la production agricole. 1994 pp.392 p.
- **l'International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)** contiennent des informations pertinentes sur le blé.
- **MacRitchie**, 1992. Physicochemical Properties of Wheat Proteins in Relation to Functionality Advances in Food and Nutrition Research
- **Mark Nikolka, Iyad Nasrallah, Bradley Rose, Mahesh Kumar Ravva, Katharina Broch, Aditya Sadhanala, David Harkin, Jerome Charmet, Michael Hurhangee, Adam Brown, Steffen Illig, Patrick Too, Jan Jongman, Iain McCulloch, Jean-Luc Bredas, Henning Sirringhaus** Nature Materials 16 (3), 56-362, 2017

- **Mark Nikolka, Iyad Nasrallah, Bradley Rose, Mahesh Kumar Ravva, Katharina Broch, Aditya Sadhanala, David Harkin, Jerome Charmet, Michael Hurhangee, Adam Brown, Steffen Illig, Patrick Too, Jan Jongman, Iain McCulloch, Jean-Luc Bredas & Henning Sirringhaus** High operational and environmental stability of high-mobility conjugated polymer field-effect transistors through the use of molecular additives
- **MAYER (R.)**. 1953. - Éléments du choix d'une variété de céréales pour un milieu donné Journées Nationales « Semences » 1953, 20-29.
- **Mazliak P**, 1982 Physiologie Végétale –nutrition et métabolisme .Biochimie des cultures tropicales. MERNION 59-60 p
- **Mazliak P**, 1998 physiologie végétale tome 2 Croissance et développement Pp140-149
- **Mekki Salim** 1999 Contribution à la reconnaissance du concept de la vigueur et de la viabilité chez deux espèces de céréales en relation d'un paramètre morphologique : la grosseur des graines ,Mémoire D.E.S en biologie végétale ;Université de Constantine ,3-20p
- **Milosevic M Vujajakovic M et Karagic D** 2010 Vigour tests as indicators of seed viability Genetika Vol 42 N° 1 , 103-118p
- **MK Fiaboe, A Chabi-Olaye, S Gounou, H Smith, C Borgemeister, F Schulthess** Journal of Chemical Ecology 29, 921-929, 2003
- **Mme.Djeghim.Fairouz** (2022). Thèse de Doctorat en Sciences Spécialité :Sciences alimentaires . Institut de La Nutrition ,De L'Alimentation Et Des Technologies Agro-Alimentaires Constantine I.N.A.T.A.A.
- Molecular characterization of the anthocyanidin synthase gene in *Forsythia intermedia* reveals organ-specific expression during flower development ☆
- **Moore, VG Fendersen, AL Larsen, GW McKee, MV Meadows, LW Nittler, JJ Pauksens, WE Walls, LW Woodstock** Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 60, 26-30, 1970
- **Mouellef A**. 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère. Université Mentouri Constantine.
- **MOULE (C.)**. 1970. - Principes et objectifs de la sélection végétale. Tech. agricoles, t. 2, 2340-2342.
- **Moule, C.** (1971) . Phytotechnie Spéciale Tome 2 céréales. La maison rustique, Paris.
- **Mouloud, bouhouhou; mourad, bensari** ladigues, 1975 the effect of water stress on phosphatidylcholine composition in durum wheat leaves. International journal of ecosystems & ecology sciences . Oct-dec 2019, vol. 9 issue 4, p685-698. 8p.
- **Mr. Belaloui Seif-Eddine** (2009-2010)Contribution à l'étude de la viabilité et de la vigueur de germination des semences chez quelques variétés algériennes de céréales, Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention le diplôme d'ingénieur d'état en

Amélioration des plantes , Faculté des sciences de la nature et de la vie Université Frères
Mentouri Constantine

- **Muller C. & Laroppe E.** 1993. Conservation et germination des semences. Revue Forestière Française, Vol .XLV (3), 253-260 p.
- **Multon J.L.** 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés ; Céréales, Oléagineuse, Protéagineuse, Aliments pour animaux. Ed. Tech. et Document, Lavoisier / A.P.R.I.A., Paris. 576 p.
- **Ndiaye,D.S.B** 1999 Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux .Aide au Développement Gembloux et Atelier Autrichien de Développement,61p ;
- **Ntsam S,** 1989 Pourquoi stocker , Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF , Edition John Libbey Eurotext , Paris , 3-8 p
- **Nour A.** 2017. Etude de la variabilité et vigueur des semences de blé pendant le stockage. Thèse de doctorat. Université Badji Moukhtar Annaba
- **ONAA(Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).** (1995). Blé et farine de blé. Extrait de <http://www.fao.org/3/t0395e/T0395E00.htm>
- **PanelCarlo Rosati , Alain Cadic , Michel Duron , Mathieu Ingouff , Philippe Simoneau** Plant Science Volume 149, Issue 1, 12 November 1999, Pages 73-79
- **Pena. R.J, Pfeiffer. W.H** 2005. « Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement ». In: Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. Food product press. 663-686 p.
- **PEQUIGNOT (R.) et RECAMIER (A.).** 1965. - Utilité de rompre un assolement céréalière par d'autres cultures. C. R.
- **Peter R Shewry, Arthur S Tatham** Biochemical journal 267 (1), 1, 1990
- **Pincemaille,J** (2018).Interactions et Assemblages de Prolamines du Blé. Thèse pour obtenir le grade de Docteur, Université de Montpellier.
- **Poisson (j.) Et guilbgr (a.).** 1963. - Conditions de stockage et durée de conservation des graines. La Meunerie
- **Pomeranz, Y.** (2011). Wheat : Chemistry and Technology (4e édition). AACC International.
- **PRATS (J.).** 1966. - Situation, progression et perspectives de la production des céréales. Bull. Tech. Inform. 208, 275-301. **ROGNON (J.).** 1966. - Le désherbage des céréales. Bull. C.E.T.A. 128, 5-14.
- **Rachel L Webster, Paul J Francis, Bruce A Petersont, Michael J Drinkwater, Frank J Masci** Nature 375 (6531), 469-471, 1995
- **Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B.** (2019). Campbell Biology : Concepts & Connexions. Pearson.

- **Reed, C.**, 1992.- Development of storage techniques: A historical perspective. In Storage of Cereal Grains and Their Products. Edited by D. B. Sauer, St Paul: 143-
definition céréales
- **REMIL, Asma** Etude électrophorétique et physicochimique de quelques variétés de blé et des produits à base de blé consommées dans l'ouest Algérien. Recherche des protéines inductrices de la maladie cœliaque
- **Rossella Di Monaco, Silvana Cavella, Sabrina Di Marzo, Paolo Masi** Food Quality and Preference 15 (5), 429-437, 2004
- **Rubenthaler, G. L. et Miller, B. S.** (2009). Durum wheat : A unique cereal grain. Cereal Foods World, 54(3), 116-120.
- **Shewry, P. R.** (2009). Wheat. Journal of Experimental Botany, 60(6), 1537-1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
- **Shewry, P. R., & Hey, S.** (2015). La composition et les propriétés de la farine de blé. Dans Wheat Chemistry and Technology (4e édition, pp. 37-94). AACC International.
- **Shewry, P. R., et al.** (2010). Wheat. In: Kole C. (eds) Genetics, Genomics and Breeding of Cereals. Science Publishers.
- Si Bennasseur Alaoui, 2009 Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture du blé dur (*Triticum durum*) 15p
- **Singh N.K, Shepherd KW & Cornish GB** 1991 A simplified SDS-PAGE procedure for separation LMW subunits of glutenin J Cereal Sci 14 :203-208
- **St-Pierre, N, V, Bélanger et Brégarde A,** 2014. Ventilation et conservation des grains à la ferme Réseau Innovagrains et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) 58p
- **Surget, A, Barron C** 2005 Histologie du grain de blé. Industrie des céréales, 3-7p.
- Symposia of the Society for Experimental Biology 11, 21-44, 1957
- **TEMPLIER (P. D.)**. 1969. - Le marché des céréales. (Rev. Franc. Agric., aut. 1969, 55-61.
- **Tetrazolium Testing Committee**, 1970
- **Theoretical and Applied Genetics**", "Crop Science", "Journal of Experimental Botany" et "Plant Biotechnology Journal" publient régulièrement des articles de recherche sur le blé. Volume 36, 1992, Pages 1-87 Volume 144, Issue 1, 31 October 2012, Pages 57-66
- **Vavilo, N, Love, D,** 1992 Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge University Press. 155-232
- **WHYTE (R. C.)**. 1946. - Crop production and environment. Londres
- **William H Vensel, Charlene K Tanaka, Nick Cai, Joshua H Wong, Bob B Buchanan, William J Hurkman** Proteomics 5 (6), 1594-1611, 2005

- **Woychik, J. H., Boundy, J. A., & Dimler, R. J.** (1961). Starch gel electrophoresis of wheat gluten proteins with concentrated urea. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 94(3),477–482.
- **Wrigley, C., Békés F., Bushuk W.,** (2006). Gliadin and Glutenin: The Unique Balance of Wheat
- **Xinping Chen, Zhenling Cui, et al** *Nature* 514 (7523), 486-489, 201
- **Y Chabi Macco** - Mémoire d'Ingénieur Agronome, Université Nationale 1992
- **Y Popineau, M Cornec, J Lefebvre, B Marchylo** *Journal of Cereal Science* 19 (3), 231-241, 1994
- **Zadri.F** 2009 ,Obtention d'hybrides F issus du croisement Aegilops X Blé dur (Triticum durum Desf) : Amélioration à la tolérance à la sécheresse ,Mémoire en vue d'obtention du diplôme de magistère en Biotechnologies Végétales Option :Génomique et Techniques avancées des Végétaux , Faculté de biologie Département de biologie végétale et écologie Université Frères Mentouri Constantine
- **Zohary, D., et al.** (2012). Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. Oxford University Press.

Liens :

- Agriculture.gouv.fr“
- FAO <https://algeriainvest.com/AlgeriaIC/public/ar/premium-news/cereales-en-algerie-la-fao-prevoit-un-recul-de-38-de-la-recolte-et-une-h> La première plateforme digitale dédiée à l'investissement en Algérie.
- FAO <https://www.fao.org/home/fr>
- FAO. (2021). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/>
- file:///C:/Users/AEK/Downloads/Gnis_RRSCP_2018_sud_est_7_gluten_nutrition_sante.pdf
- file:///C:/Users/AEK/Downloads/Gnis_RRSCP_2018_sud_est_7_gluten_nutrition_sante.pdf
- <http://pst.chez-alice.fr/svtiufm/ble.htm>
- <http://svtmarcq.blogspot.com/2016/09/theme-1a-genetique-et-evolution.html>
- <https://leschroniquesduvegetal.wordpress.com/2023/03/10/reflexions-autour-du-ble-dur/>
- <https://louisa-paulin.ecollege.haute-garonne.fr/espaces-pedagogiques/sciences-et-technologie/le-vivant-sa-diversite-et-les-fonctions-qui-le-caracterise/le-ble-34297.htm>
- <https://qualista.fr/actualites/juillet-la-recolte-du-ble/>
- <https://www.algerie360.com/production-et-importation-de-ble-algerie-quelle-strategie-pour-2023/>
- https://www.google.com/search?q=anatomie+du+grain+de+bl%C3%A9&rlz=1C1CHZO_frDZ1018DZ1018&sxsrf=APwXEdDXluszrmDTUp-iNaSgakiSocxIA:1685048319095&source=lnm
- https://www.google.com/search?q=g%C3%A9nome+du+bl%C3%A9&rlz=1C1CHZO_frDZ1018DZ1018&sxsrf=APwXEdcSIA87qcCS7H5HdXCBBGuL7aA32zA:1685133213567&source=lnms&tbm=
- https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZO_frDZ1018DZ1018&sxsrf=APwXEdc oMqeG2dEtel-XBBEdArUtAJq-XQ:1686787001704&q=color+grab&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiaiLGg-8P_AhXXVfEDHQsgB0wQ0pQJegQIDBAB&biw=1366&bih=600&dpr=1#imgrc=eANziOQJFJD6EM
- https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZO_frDZ1018DZ1018&sxsrf=APwXEdf dh0aoqCTpUWjcO0pEuWM2bhlrUg:1686937005419&q=c%C3%A9r%C3%A9ales &tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjcd2Hqsj_AhWadqQEHV3sDysQ0pQJegQIChA B&biw=1366&bih=651&dpr=1#imgrc=BrrER_5e0IPtIM
- https://www.google.dz/search?q=grain+de+bl%C3%A9+anatomie&tbm=isch&hl=fr&chips=q :grain+de+bl%C3%A9+anatomie,online_chips:coupe+longitudinale:Doz2aNXgEXw%3D&sa =X&ve
- <https://www.jeune-independant.net/production-de-ble-lalgerie-dans-le-top-20-mondial/>
- https://www.researchgate.net/figure/Classification-des-proteines-de-la-farine-du-grain-de-ble-rapprochement-entre-les_fig9_317814710

ANNEXES

Annexe 01

Tableau 01 : La classification classique du blé selon Cronquist, (1981)

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum aestivum</i> (blé tendre) <i>Triticum durum</i> (blé dur)

Tableau 02: Composition du Kit LMW.

Protéine	Poids moléculaire (KDa)
Phosphorylase b	97
Albumine sérique bovine	66
Ovalbumine	45
Carbonique anhydrase	30
Inhibiteur de la trypsine	20.1
α-Lactalbumine	14.4

Annexe 02

Les solutions utilisées dans l'extraction des gluténines

Solution A

- Propanol-1	50	ml
- Eau distillée	Qsp100	ml

Solution B (conservation environ 2 semaines, à 4°C°)

- Propanol-1	10	ml
- Tris HCl 1M pH 8	1.6	ml
- Eau distillée	Qsp20	ml

Solution B1 (à préparer ex temporairement)

- Eau distillée	Qsp 20	ml
- Solution B	7	ml
- Dithiotreitol DDT	70	mg

Solution B2 (à préparer ex temporairement)

- Solution B	7	mL
- 4-vinyl-pyridine	98	µL

Solution C (conservation environ 2 semaines, à 4°C°)

- SDS	0.2	g
- Glycérol	4	ml
- Bleu de bromophénol	2	ml
- Tris HCl 1M pH 8	0.8	ml
- Eau distillée	Qsp10	MI

Annexe 03

Les solutions utilisées dans la préparation du gel

- **Tampon Tris-HCl pH : 8,8** (Conserver à 4°C)

- Tris	60.57	g
- Eau distillé	~ 400	ml
- Ajuster à pH 8,8 avec du HCl fumant	~ 8 à10	ml
- Eau distillée	Qsp500	ml

- **Tampon Tris-HCl pH : 6,8** (Conserver à 4°C.)

- Tris (hydroxyméthyl aminomethan)	30.285	g
- Eau distillée	~200	ml
- Ajuster à pH 6,8 avec du HCl fumant	~ 19,5	ml
- Eau distillée	Qsp 250	ml

- **Solution stock de SDS à 10%** Stocker à température ambiante

- Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)	1	g
- Eau distillée	Qsp 10	ml

- **Solution d'ammonium persulfate (APS) à 1%**(A préparer le jour même)

- APS (stocké au frigo)	0,2	g
- Eau distillée	Qsp 20	ml

Annexe 04

Préparation des gels

Le premier gel de séparation et de concentration pour **Gliadines** T : 10,3 % C : 1,3%

	Gel de séparation	Gel de concentration
Acry Biss 40%	12.5 ml	1 ml
Tampon Tris-HCL pH 8.8	12.5 ml	
Tampon Tris-HCL pH 6.8		2.5 ml
SDS 10%	500 µl	100 µl
APS 10%	250 µl	50 µl
TEMED	50 µl	10 µl
H2O distillé	24.2 ml	6.34 ml
Volume total	50 ml	10 ml

Le deuxième gel de séparation et de concentration pour **Gluténines** T: 12,52% C: 0,97%

	Gel de séparation	Gel de concentration
Acry Biss 40%	15 ml	1 ml
Tampon Tris-HCL pH 8.8	12.5 ml	
Tampon Tris-HCL pH 6.8		2.5 ml
SDS 10%	500 µl	100 µl
APS 10%	250 µl	50 µl
TEMED	50 µl	10 µl
H2O distillé	21.7 ml	6.34 ml
Volume total	50 ml	10 ml

Annexe 05

Préparation de tampon d'électrophorèse et solution de Coloration et décoloration

- **Tampon d'électrophorèse** (Stocker à température ambiante)

- Glycine	70.55 g
- Tris	15 g
- SDS	5 g
- Eau distillée	Qsp 5 L

Le tampon des cuves doit être renouvelé lorsque le voltage dépasse 500V en fin de migration (environ 20 utilisations), prévoir 4 litres par cuve. Prévoir 1 litre pour le bac supérieur à chaque électrophorèse.

- **Solution de coloration** (pour les gels monodimensionnels), à préparer le jour même

- TCA	30	g
- Solution mère de Bleu de Coomassie R250	12,5	ml
- Eau distillée	Qsp 250	ml

Bien mettre en agitation avant utilisation

- **Solution mère de Bleu de Coomassie R250**

- Bleu de Coomassie R250	10	g
- Ethanol 95°	Qsp 1	L

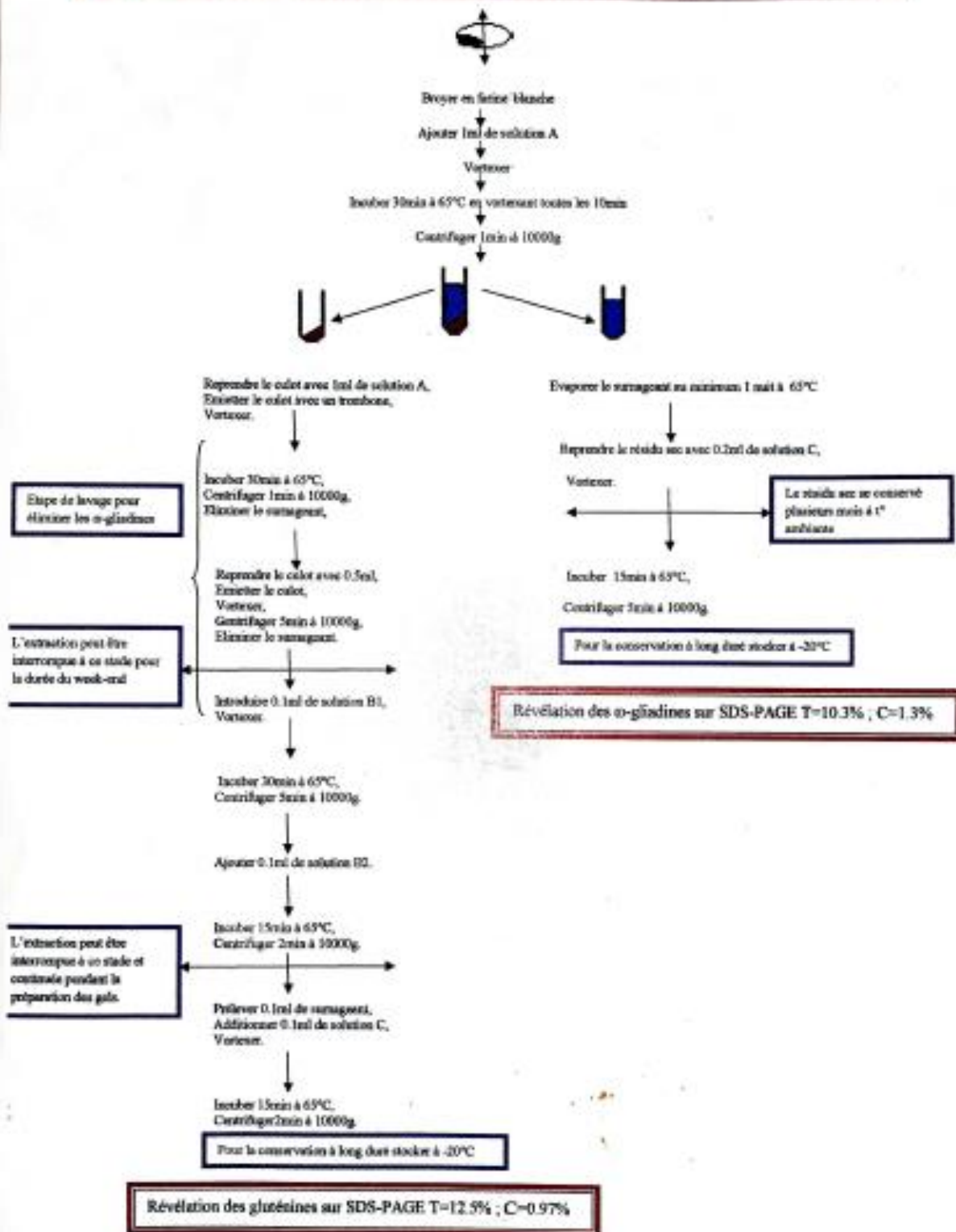
Laisser en agitation au moins 2 heures. Filtrer cette solution avec un filtre plissé n°3.

Attention :

Mettre en premier l'alcool dans le bêcher avec un barreau aimanté en agitation, puis mettre le bleu de Coomassie dans le bêcher en agitation (sinon le bleu prend en masse au fond du contenant).

Annexe 06

Protocole d'extraction des gluténines et des α -gliadines selon Singh *et al.*, 1991



**PREPARATION DE SOLUTION D'EXTRACTION
DES GLUTENINES ET DES SECALINES**

- POUR 90 ECHANTILLONS -

Solution	Produit	Quantité
Solution A	Propanol-1	75 ml
	Eau distillée	qsp 150 ml
Solution B	Propanol-1	10 ml
	Tris HCl M pH=8.0	1.6 ml
	Eau distillée	qsp 20ml
Solution B1	Solution B	7 ml
	DDT	70 mg
Solution B2	Solution B	7ml
	4 VP	98µl
Solution C (40% Glycérol)	SDS	20 mg
	Glycérol	4 ml
	Bleu de bromophénol	2 mg
	Tris HCl 1M pH=8.0	0.8 ml
	Eau distillée	qsp 10ml
Solution C* (24% Glycérol)	SDS	20 mg
	Glycérol	2.4 mg
	Bleu de bromophénol	2 mg
	Tris HCl 1M pH=8.0	0.8 ml
	Eau distillée	qsp 10 ml
Tampon tris HCl 1M pH=8.0	Tris (hydroxy méthyl) amino méthane	6.057 mg
	Ajustement du pH 8.0 par HCl fumant	3 ml
	Eau distillée	qsp 50ml

Modification : Les modifications apportées par Amior *et al.*, (2002) consistent à remplacer la solution C (40% glycérol) par la solution C* (24% glycérol).

Conservation : toutes les solutions sont à préparer le jour de l'extraction, sauf pour la solution C qui peut être conservée plusieurs semaines à une température ambiante.

Singh, N. K., K. W. Shepherd and G. B. Cornish (1991). A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J Cereal Sci* 14:203-208.

N. Amior, M. Dardevet, D. Khalifi, A. Bougaemmer and G. Branlard ; Allelic variation of HMW and LMW glutenin subunits, HMW secalin subunits and 7SK gamma-secalins of hexaploid triticale. *Euphytica* 123: 179-186, 2002.

Annexe 07



Laboratoire de
Génétique,
Biochimie et
Biotechnologies
Végétales

Mode Opérateur

Electrophorèse de protéines SDS-PAGE *Cuve APELEX*

page

1/5

OBJET :

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

PRINCIPE DE LA METHODE :

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

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

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

Le gel de concentration de 4% (pH 8,8) est versé au-dessus d'un gel de séparation de 10% à 15% (pH 8,8). Le gel de concentration (avec une grande taille de pore) sert à concentrer l'ensemble des protéines (les grands peuvent se rattraper avec les petits). Le gel de séparation (qui a une taille de pore plus petite) les protéines vont séparer selon leurs tailles moléculaires relatives.

HYGIENE ET SECURITE

Le port de blouse, gants est indispensable lors des manipulations.
Il est nécessaire de manipuler l'acrylamide sous l'hotte.

LISTE DES APPAREILS ET MATERIELS :

- Cuve BioRad

LISTE DES PRODUITS (CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES):

- Acrylamide-bis acrylamide 30%
- 1.5M Tris HCl pH 8.8
- 0.5M Tris HCl pH 8.8
- SDS 10%
- APS 10%
- TEMED
- Eau distillée
- Marqueur de poids moléculaire

MODE OPERATOIRE :

1. Préparation solutions

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

Acrylamide	30g
N,N'méthylènebisacrylamide	0.8g
Eau distillée	100ml

Code	Rédacteur	Vérificateur	Date de Création
	BOULDJEDJ Ryma	BELBEKRI Med Nadir	12/02/2014



Electrophorèse de protéines SDS-PAGE Cuve APELEX

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

b) 1.5M Tris HCl pH 8.8

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

Ajuster le pH à 8.8 avec du HCl Fumant ou avec HCL 8N

Compléter le volume avec l'eau distillée.

Filtrer la solution à travers un filtre de 0.45µm

Stocker la solution à 4°C.

c) 0.5M Tris HCl pH 6.8

	PM	100ml
Tris	121.1	6g
Eau distillée		60ml

Ajuster le pH à 6.8 avec du HCl Fumant ou avec HCL 6N

Compléter le volume avec l'eau distillée.

Filtrer la solution à travers un filtre de 0.45µm

Stocker la solution à 4°C.

d) 10%APS

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

Préparer extemporanément - Stocker à 4°C

e) 10%SDS

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

Utiliser le masque - Stocker à température ambiante

Code	Rédacteur	Vérificateur	Date de Création
	BOULDJEDJ Ryma	BELBEKRI Med Nadir	12/02/2014



Electrophorèse de protéines SDS-PAGE Cuve APELEX

f) Tampon d'électrophorèse 10x pH 8.3

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

Ne pas ajuster le pH (-8.3)

Tampon d'électrophorèse 1x : Diluer 100ml du tampon 10x avec 900ml d'H2O distillée.

g) Butanol saturé en eau

n-Butanol	50ml
H2O	5ml

Bien homogénéiser, utiliser la phase supérieure.

h) Solution de Coloration

	Concentration finale	1 L
Bleu de coomassie R250	0.025% (p/v)	250mg
Méthanol	40% (v/v)	400ml
Acide acétique	7% (v/v)	70ml
H2Odi		Qsp 1L

Dans un bécher, mettez : méthanol, H2Odi et bleu de Coomassie.

Homogénéiser bien jusqu'à la dissolution de bleu de Coomassie

Filter avec papier wattman N°01

Ajouter l'Acide acétique.

i) Solution de Décoloration

	Concentration finale	1 L
Méthanol	5% (w/v)	50ml
Acide acétique	7% (w/v)	70ml
H2Odi		Qsp 1L

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

Code	Rédacteur	Vérificateur	Date de Création
	BOULDJEDJ Ryma	BELBEKRI Med Nadir	12/02/2014



2. Protocole :

a) Préparation des plaques, coulage, montage

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

b) Préparation de la solution SDS PAGE :

- Préparer la solution de persulfate d'ammonium (APS) à 10% dans H₂O distillée et la garder à 4°C
- Dans un bûcher, préparer le mélange : acrylamide/ bis acrylamide, Tris et SDS et compléter avec de l'eau distillée.

		GEL DE SEPARATION			GEL DE CONCENTRATION
[C] finale		10%	12%	15%	4%
Acry Bis 40%		12.5ml	15ml	18.75ml	1ml
1.5M Tris HCl pH 8.8	0.375M	12.5ml	12.5ml	12.5ml	
0.5M Tris HCl pH 6.8	0.125M				2.5ml
10% SDS	0.1%	500µl	500µl	500µl	100µl
10% APS	0.05%	250µl	250µl	250µl	50µl
TEMED	0.1%	50µl	50µl	50µl	10µl
H ₂ O distillée		24.2ml	21.7ml	18ml	6.34ml
TOTAL		50ml	50ml	50ml	10ml

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

c) Coulage du gel

- Couler le gel de séparation sans emprisonner de bulles d'air jusqu'à 1.5cm du bord supérieur
- Couvrir le gel de séparation avec Butanol saturé en eau.
- Laisser polymériser pendant 30-35min

Code	Rédacteur	Vérificateur	Date de Création
	BOULDJEDJ Ryma	BELBEKRI Med Nadir	12/02/2014

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : BOUMAZA Rania
Chehrazed

Effet du stockage sur la qualité du grain de blé

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologies et génomique végétale

L'objectif de ce travail est de préciser l'effet de la durée du stockage sur la qualité des grains de blé dur. Pour cela, 6 lots de deux variétés de blé dur : Hedba3 et Waha ont été sélectionnés, pour chaque variété, un lot témoin stocké pendant 1 an, et deux lots stockés pendant 4 et 8 ans. Une étude physiologique a été effectuée sur les grains du blé dur : la couleur, le poids de mille grains, la faculté germinative, la teneur en eau, et le test topographique au tetrazolium des graines. Ensuite, une analyse moléculaire des protéines de réserves : « les gluténines » a été évaluée par SDS-PAGE. Pour les deux variétés, les résultats obtenus montre que, la faculté germinative a diminuée de même que la teneur en eau et la viabilité ; alors que la couleur n'est pas subie de changements significatifs. De plus, les diagrammes électrophorétiques, nous montre des unités présentes aussi bien chez les témoins (1 an) que chez les deux lots 4 et 8 ans, alors que d'autres sont présentes /ou absentes chez les deux lots 4 et 8 ans et les témoins 1an. Ces résultats permettent de conclure que la durée de stockage, a d'une manière générale affecté négativement la qualité des grains de blé dur des deux variétés étudiées. Des recherches ultérieures devraient permettre de préciser de quelle manière les conditions de stockage influencent la qualité des grains de blé dur afin de pouvoir limiter l'effet négatif de la durée du stockage sur les grains.

Mots-clefs :

Blé dur, stockage, viabilité, qualité, grain, protéines..

Laboratoires de recherche :

Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale, Chaabet elrsas. Université Frères
Mentouri, Constantine 1.

Président du jury : Mr. BENBELKACEM Abdelkader Professeur - INRAA, Constantine

Encadreur : Mlle .MOUELLEF Adra MCB., Université Frères Mentouri, Constantine1

**Examineur : Mme. KHENAOUI Amina MCB., Université Frères Mentouri,
Constantine1**