



لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



التعليم  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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

قسنطينة 1  
كلية الطباعة الحياء

Département : Biologie et Ecologie Végétale

: البيولوجيا و علم البية النباتية

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie et physiologie végétale

Spécialité : *Biodiversité et physiologie végétale*

**Intitulé :**

---

***Le grain du blé : qualité technologique***

---

Présenté et soutenu par : *GHITI Nour Elhouda Ines*

Le : 09 /09/2020

**Jury d'évaluation :**

**Présidente du jury :** Dr. KARA Karima Maitre de conférences A. UFM Constantine1

**Encadreur :** Dr. MOUELLEF Adra Maitre de conférences B. UFM Constantine1

**Examinatrice :** Dr. OUAIDJIA Nawel Maitre de conférences B. UFM Constantine1

*Année universitaire  
2019 - 2020*

## **Le grain du blé : qualité technologique**

### **Résumé**

Le blé est la céréale la plus cultivée dans le monde depuis sa domestication, c'est un produit de large consommation au niveau mondial et constitue en particulier la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens sous toutes ses formes (pain, pâtes alimentaires, couscous, galettes de pain...). Le présent travail a pour objectif de faire une synthèse bibliographique sur la qualité technologique du blé. Les agriculteurs et les transformateurs de blé font face à divers enjeux complémentaires, ils souhaitent augmenter les niveaux de la production tout en satisfaisant prioritairement les attentes de consommateurs pour une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle et sanitaire. Une diversité d'usage du blé dépend la teneur en protéines de réserves qu'il contient. L'amélioration de la qualité technologique du blé permet de répondre à la demande du marché de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs.

**Mots clés** : blé, protéines de réserve, qualité technologique, amélioration

## **The wheat grain: technological quality**

### **Abstract :**

Wheat is the most widely cultivated cereal in the world since its domestication, it is a product of wide consumption worldwide and in particular constitutes the main basis of the diet for Algerian consumers in all its forms (bread, pasta, couscous, bread pancakes ...). The objective of this work is to make a bibliographical synthesis on the technological quality of wheat. Farmers and wheat processors face various complementary challenges, they want to increase production levels while primarily meeting consumer expectations for food of better nutritional and health quality. The variety of uses of wheat depends on the content of reserve proteins it contains. Improving the technological quality of wheat helps meet market demand from the food industry and consumers.

**Keywords:** wheat, reserve proteins, technological quality, improv

القمح هو أكثر الحبوب زراعة في العالم منذ تدجينه ، وهو نتاج استهلاك واسع على المستوى العالمي ويشكل بشكل خاص الأساس الرئيسي للنظام الغذائي للمستهلكين الجزائريين بجميع أشكاله (الخبز ، المعكرونة ، الكسكس ، فطائر الخبز ...). الهدف من هذا العمل هو تقديم بحث ببليوغرافي عن الجودة التكنولوجية للقمح. يواجه المزارعون ومعالجوا القمح تحديات تكميلية مختلفة ، فهم يريدون زيادة مستويات الإنتاج مع تلبية توقعات المستهلكين في المقام الأول الغذاء ذي الجودة الغذائية والصحية الأفضل. يعتمد تنوع استخدامات القمح على محتوى البروتينات المخزنة التي يحتوي عليها. يساعد تحسين الجودة التكنولوجية للقمح على تلبية طلب السوق من صناعة الأغذية والمستهلكين.

**الكلمات المفتاحية:** قمح ، احتياطي بروتينات ، جودة تكنولوجية ، تحسين

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère mère  
Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point  
te remercier comme il se doit. Ton affection me  
couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à  
mes côtés a toujours été ma source de force pour  
affronter les différents obstacles.

Mon très cher père  
Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et  
m'encourager.  
Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Ma chère sœur Rayen  
Qui n'a pas cessé de me conseiller, m'encourager et  
me soutenir tout au long de mes études. Que dieu la  
protège pour moi.

Mon petit frère Naoufel  
Qui sait toujours comment procurer la joie et le  
bonheur pour toute la famille.

Sans oublier Mes amies Meriem et Abir pour son  
soutien moral, elles ont été ma source de motivation.

## **Remerciement**

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de mémoire Dr Mouellef Adra. Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur le Pr Baka pour ces conseils et son encouragement.

Je désire aussi remercier les membres de jury Dr Kara et Dr Ouaidjia d'avoir accepté évaluer mon travail.

Je remercie mes très chers parents qui ont été là pour moi. je remercie ma sœur et mon frère pour leurs soutien inconditionnel.

A tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

## Liste des abréviations

**A** : angle

**C°** : Celsius

**ENSSEA** : école nationale supérieure de statistique et d'économie appliquée

**FAO** : Food and agriculture organisation of the United nation

**HMW-GS** : High molecular weight glutenin submit

**HPLC** : High performance liquid chromatography

**IFE** : institut français de l'éducation

**INRA** : institut national de la recherche agronomique

**INRAE** : institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**ITCF** : institut technique des céréales et des fourrages

**J-C** : jésus crie

**Kg/H** : kilogramme sur hectare

**K.DA** : kilo dalton

**L** : Linné

**LASAP** : laboratoire de statistique appliqué

**LMW-GS** : low molecular weight glutenin submit

**T** : triticum

**t/ha** : tonnes par hectare

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : blé dur .....	4
<b>Figure2</b> : le blé tendre .....	4
<b>Figure 3</b> : Généalogie du blé depuis les ancêtres sauvages diploïdes jusqu'aux blés modernes hexaploïdes.....	7
<b>Figure 4</b> : Caryotypes de l'engrain cultivé (1), du blé dur (2) et du blé tendre (3) .....	8
<b>Figure5</b> : Lieux d'origine et diffusion de <i>Triticum monococum</i> à travers le monde.....	10
<b>Figure 6</b> : production du blé en Algérie.....	13
<b>Figure 7</b> : production de céréales en Algérie.....	13
<b>Figure 8</b> : utilisation du blé tendre dans l'agroalimentaire.....	15
<b>Figure 9</b> : Grains de blé.....	16
<b>Figure 10</b> : Schéma de grain du blé.....	17
<b>Figure 11</b> : Classification des protéines de la farine du grain de blé : rapprochement entre les classifications d'Osborne et Shewry .....	22
<b>Figure12</b> : Représentation schématique de l'organisation des gliadines.....	24
<b>Figure 13</b> : schéma représentant les différentes conformations des gliadines.....	25
<b>Figure 14</b> : Représentation schématique de l'organisation des gluténines.....	26
<b>Figure 15</b> :Schéma organisationnel des gluténines du blé .....	27

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Classification du genre <i>Triticum</i> .....	5
<b>Tableau 2</b> : marche mondiale du blé 2016- 2020.....	11
<b>Tableau 3</b> : Fraction protéiques du blé.....	19
<b>Tableau 4</b> : le taux de protéine dans les céréales.....	23

# **SOMMAIRE**

# Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

## CHAPITRE1 : *Généralités sur le blé*

1- Biologie du blé.....	3
1-1- Biologie du blé dur.....	3
1-2- Biologie du blé tendre.....	4
3- Classification botanique du blé.....	5
4- Génétique du blé.....	5
5- Historique et origine géographique du blé.....	9
6- Production du blé .....	10
6-1- Production du blé dans le monde.....	10
6-2- Production du blé en Algérie.....	12
7- Utilisation du blé.....	14
7-1- Utilisation du blé dur.....	14
7-2- L'utilisation du blé tendre.....	15

## CHAPITRE 2 : *Le grain du blé*

1-Présentation du grain de blé .....	16
2- Composition histologique du grain de blé.....	16
3- Morphologie et structure du grain de blé.....	16
4- Composition chimique du grain de blé .....	18
4 -1 - Éléments principaux.....	18
a. Glucides.....	18
b. Gluten (protides ou protéines).....	18
c. Amidon (glucides).....	18
d. Protides et Protéines.....	18
e. Lipides.....	19
4 -2 - Éléments secondaire.....	19
a. Pigments et les vitamines.....	19
b. Enzymes.....	19

## CHAPITRE 3 : *Protéines et qualité technologique du blé*

1- Les protéines du blé.....	29
1-1-Les protéines solubles.....	21
1-1-1- Les albumines.....	21
1-1-2- Les globulines.....	21
1-2- Les protéines insolubles.....	22
1-3- Caractérisation des protéines de réserves.....	23
1-3-1- Les gliadines.....	23

1-3-2- Les gluténines.....	25
2- Qualité technologique du blé.....	27
2-1-Notion de qualité.....	27
2-2- Les critères de qualité.....	28
2-3- Evaluation et de qualité technologique du blé.....	28
2-3-1- L'indice de sédimentation Zélény.....	28
2-3-2-Poids de mille grains (PGM).....	29
2-3-3-- L'alvéographe Chopin.....	29
Conclusion .....	31
Liste des références bibliographique.....	32

## Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005), selon FAO, (2018), leur production arrive jusqu'à 736.1Mt.

Le blé constitue un élément essentiel dans la structure de consommation des céréales dans le monde. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Environ 85 pourcent de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification (Boujnah *et al.*, 2004). Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur (pain et galette) est un composant fondamental du régime quotidien.

La production mondiale du blé, en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale. Les surfaces cultivées à travers les continents se mesurent en millions d'hectares et les récoltes se chiffrent en millions de tonnes. Il est loin au premier rang dans les échanges agroalimentaires internationaux. L'Algérie est un grand importateur des produits du blé en grain et en semoule.

Bien que le rendement en grains reste la cible principale des programmes d'amélioration variétale des blés, la teneur en protéines est également une cible d'intérêt. Durant ces dernières années, la question de la qualité prend de plus en plus d'importance au niveau des recherches, tout particulièrement dans les programmes d'amélioration génétique. En effet, une teneur élevée en protéines de réserve est recherchée en panification, dont principalement le groupe des prolamines qui englobent les gliadines et les gluténines (Zahid, 2010). Dans le gluten, les gliadines sont responsables de la viscosité du réseau alors que les gluténines agissent davantage sur son élasticité (Shewry, 1997). Bien que la relation entre l'aptitude à la panification et la teneur en protéines dépende du génotype considéré du fait de l'existence d'une variabilité génétique pour la synthèse des protéines du grain sur le plan qualitatif.

Parmi les différents facteurs responsables de la qualité, l'influence prépondérante des protéines, et particulièrement celles qui constituent le gluten. Précisément, au niveau de cette fraction, il est possible de distinguer une notion quantitative (teneur en gluten), davantage

liée aux facteurs agro climatiques, et une notion qualitative dépendante du patrimoine génétique.

En dépit des taux de protéines qui influent sur la qualité culinaire, d'autres traits de la qualité à savoir les caractéristiques physiques du grain de blé tel le Mitadinage, le poids spécifique et le poids de mille grains influent sur le rendement et sur la qualité semoulière.

Par conséquent un « bon » blé est celui qui satisfera le consommateur final, le fabricant des pâtes ou de couscous et ainsi de suite, en remontant toute la filière jusqu'au créateur de variétés. C'est dans ce sens, que l'amélioration des variétés se doit donc d'avoir un souci permanent d'accroître les rendements et la valeur nutritionnelle et technologique des blés cultivés.

Notre mémoire présente une recherche bibliographique sur le blé, et qualité technologique.

***Chapitre 1 :***  
***Généralités sur le blé***

### 1- Biologie du blé

#### 1-1- Biologie du blé dur

Le blé dur est une graminée annuelle. Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (Clarke *et al.*, 2002). Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne grènent pas nécessairement (Bozzini, 1988).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (Bozzini, 1988). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux.

À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés. Les semences peuvent lever à aussi peu que 2 °C, même si la température optimale est de 15 °C (Bozzini, 1988). La plus grande partie du blé dur produit dans le monde est constituée de blé de printemps ; toutefois, il existe des variétés de blé dur d'hiver (qui ont besoin de vernalisation pour amorcer la transition de la phase végétative à la phase reproductrice); ces variétés ont été évaluées en vue de la production dans le Sud des États-

Unis (Domnez *et al.*, 2000).



**Figure 1** : blé dur (Anonyme, 2020)

### 1-2- Biologie du blé tendre

Selon Lersten (1987), le blé tendre (*T. aestivum*) est une graminée annuelle ou annuelle hivernale, de hauteur moyenne. Les feuilles ont un limbe plane, et l'inflorescence est un épi terminal, à fleurs parfaites. L'état végétatif de la plante se caractérise par la présence d'un plateau de tallage, dont les bourgeons axillaires se transforment en tiges feuillées. Les tiges, appelées chaumes, possèdent cinq à sept nœuds ainsi que trois ou quatre feuilles véritables. La feuille la plus haute, ou dernière feuille, sous-tend l'inflorescence. Chaque chaume produit un épi composé, dont les ramifications sont les épillets. Les épillets sont portés par le rachis, ou axe principal de l'épi, et séparés par de courts entre-nœuds. Chaque épillet est un axe reproducteur condensé, sous-tendu par deux bractées stériles appelées glumes. Les glumes enveloppent les deux à cinq fleurs, portées chacune par un court pédicelle appelé rachéole. La fleur possède trois étamines se terminant chacune par une grande anthère ; le pistil comprend un seul ovaire, un seul ovule et deux styles se terminant chacun par un stigmate plumeux et ramifié.

La température minimale de germination des graines du blé tendre se situe entre 3 et 4°C. La floraison débute lorsque la température dépasse 14°C.



**Figure2** : le blé tendre ( Source : INRAE, 2019)

### 3- Classification botanique du blé

« Blé » est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le mot « blé » désigne également le « grain » (caryopse) produit par ces plantes.

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une monocotylédone de la famille des Poacées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Le blé s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Bozzini, 1998).

Tableau 01 : Classification du genre *Triticum*

#### Classification de Cronquist (1981)

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Sous-classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Triticum</i> L.1753

### 4- Génétique du blé

Comme chez de nombreuses graminées, la polyploïdie est commune chez le blé. Cependant, tous les blés ne sont pas polyploïdes, il existe par exemple deux blés diploïdes, *Triticum urartu* et *Triticum boeoticum*. Ce dernier est l'ancêtre sauvage de l'engrain domestiqué, *Triticum monococcum*. Les cellules des blés diploïdes contiennent deux jeux de sept chromosomes, l'un venant de la mère et l'autre du père ( $2n=2x=14$ , où  $2n$  est le nombre de chromosomes de chaque cellule somatique et  $x$  est le nombre de chromosomes de base).

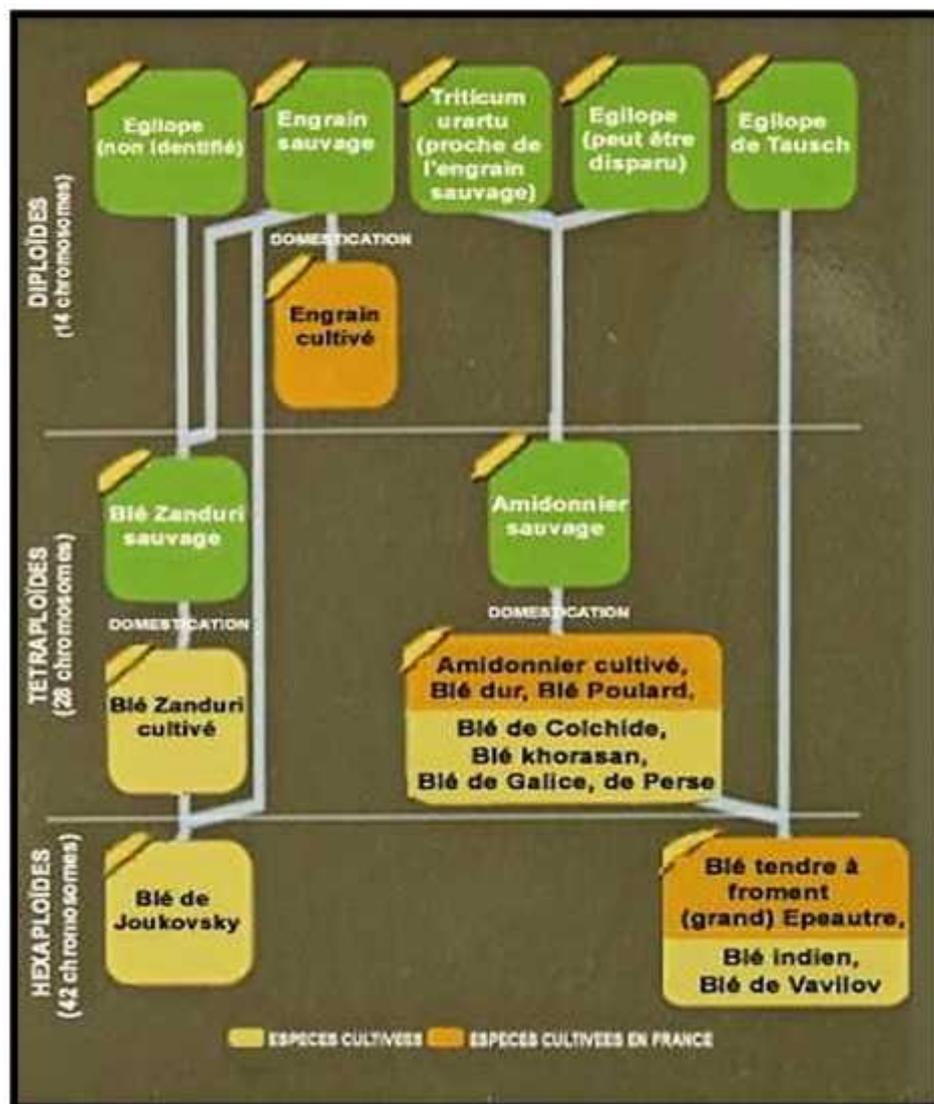
## Chapitre 1

Dans les années 1950, la conscience croissante de la similarité génétique (y inclus certains génomes partagés) des *Aegilops* conduisit certains botanistes à fusionner *Aegilops* et *Triticum* en un genre unique, *Triticum*. Cette approche est parfois encore suivie (par des généticiens principalement), mais n'a pas été largement adoptée par les taxonomistes. Les *Aegilops* sont morphologiquement très distincts des *Triticum*, avec des glumes arrondies plutôt que carénées.

Il n'existe pas de blés hexaploïdes sauvages, mais on peut parfois rencontrer des formes subspontanées de blé commun. Les blés hexaploïdes ont évolué sous l'effet de la domestication. Des analyses génétiques ont montré que les blés hexaploïdes originaux étaient le résultat de croisements entre des blés domestiqués tétraploïdes, tels que *Triticum dicoccon* ou *Triticum durum*, et une égilope sauvage, *Aegilops tauschii*.

L'origine génétique du blé dur remonte au croisement réalisé entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage *Aegilops speltoides*. Le blé dur est appelé *Triticum durum* à cause de la dureté de son grain. Il possède, à l'inverse des espèces ancestrales originaires de Syrie et de Palestine  $2n=4x=28$  Chromosomes. Le genre *Triticum* est divisé en cinq espèces (Mackey, 1968).

Le genre *Aegilops* est important dans l'évolution du blé pour son rôle dans deux événements d'hybridation importants. L'amidonnier sauvage (*Triticum dicoccoides* et *Triticum araraticum*) est le résultat de l'hybridation d'un blé sauvage, *Triticum urartu*, et d'une égilope encore non identifiée, probablement similaire à *Aegilops speltoides*. Les blés hexaploïdes (par exemple *Triticum aestivum* et *Triticum spelta*) sont le résultat d'une hybridation entre des blés tétraploïdes domestiqués, probablement *Triticum dicoccon* ou *Triticum durum*, et d'une autre égilope, *Aegilops tauschii* (connue aussi comme *Aegilops squarrosa*).



**Figure 3 :** Généalogie du blé depuis les ancêtres sauvages diploïdes jusqu'aux blés modernes hexaploïdes.

Le genre *Triticum* comprend les espèces sauvages et domestiques généralement considérées comme du blé.

Le *T. aestivum* est hexaploïde (AABBDD), possédant en tout 42 chromosomes ( $2n = 42$ , soit six fois sept chromosomes). Le nombre haploïde de base est sept, puisque le nombre chromosomique des autres espèces de blé est également un multiple de ce nombre. Les cultivars de blé modernes sont soit tétraploïdes (blé dur, AABB), soit hexaploïdes (blé commun et blé club, AABBDD).

Les blés polyplôïdes sont tétraploïdes comme le blé dur (quatre jeux de chromosomes,  $4n = 28$ ), ou haploïdes comme le blé tendre (six jeux de chromosomes,  $6n = 42$ ). Les blés sauvages tétraploïdes sont l'amidonnier sauvage, *Triticum dicoccoides*.

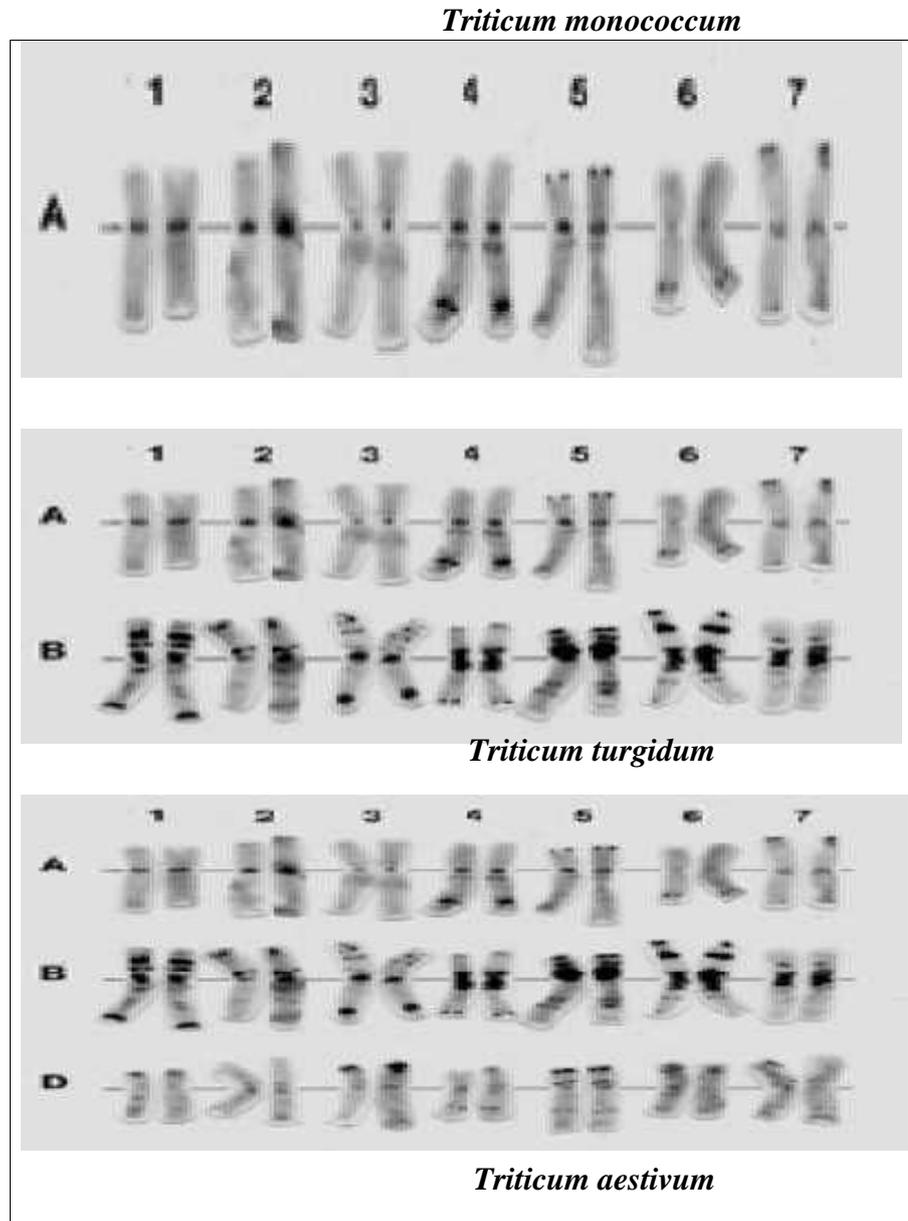
*T. aestivum* (L) Thell 2n=42, génomes AABBDD.

*T. turgidum* (L) Thell 2n=28, génomes AABB.

*T.monococcum* (L) MK 2n=14, génomes AA.

*T.timopheevi* (Zuhk) MK 2n=28, génomes AABB.

*T.zhukovskyi* (Men et Er) 2n=42, génomes AAAABB.



**Figure 4** : Caryotypes de l'engrain cultivé (1), du blé dur (2) et du blé tendre (3)

### 5- Historique et origine géographique du blé

Au Moyen Âge, les fermiers des campagnes à blé européennes utilisaient la charrue à roue et le cheval. Les pays à seigle en restaient à l'araire et aux bovins. Le semoir mécanique et la moissonneuse-batteuse ont été mis au point dans les régions à blé d'Europe et d'Amérique du Nord. Le blé est également le premier à bénéficier de l'usage des amendements (comme dans l'Est de la France) et des engrais chimiques. La sélection des semences permet de meilleurs rendements. Pendant plusieurs millénaires, le blé n'est cultivé qu'en faibles quantités et avec de très bas rendements. Au Moyen Âge et jusque vers 1700, il fallait en moyenne plus de trois heures de travail pour obtenir un kilogramme de blé ; alors, les céréales constituaient la nourriture de base, presque unique. Le blé étant trop cher, c'était le méteil qui servait d'aliment aux Français les plus pauvres (90 % de la population) car il fallait en moyenne deux heures de travail seulement pour un kilogramme de méteil. Dès que les conditions climatiques étaient mauvaises, c'était la famine ; les dernières famines en France datent de la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, jusqu'en 1709. Alors le prix du blé atteignait le salaire de six à huit heures de travail le kilogramme. On voit le prix du blé diminuer progressivement au cours des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les progrès de la technologie permettent d'augmenter formidablement la production céréalière. Le blé est introduit au Nouveau Monde par Juan Garrido, compagnon mexicain d'Hernan Cortes, qui en ayant trouvé trois graines dans un sac de riz les plante en 1523 dans sa propriété de Coyoacán à proximité de Mexico. (Frédéric PRAT)

Dans un premier temps, le blé semble avoir été consommé cru puis grillé ou cuit sous forme de bouillie puis de galettes sèches (pains peu ou pas levés) élaborées à partir des grains simplement broyés entre deux pierres (voir carpologie). Le blé s'impose par la suite comme l'aliment essentiel de la civilisation occidentale sous forme d'aliments variés : pain, semoule, pâtes, biscuits...

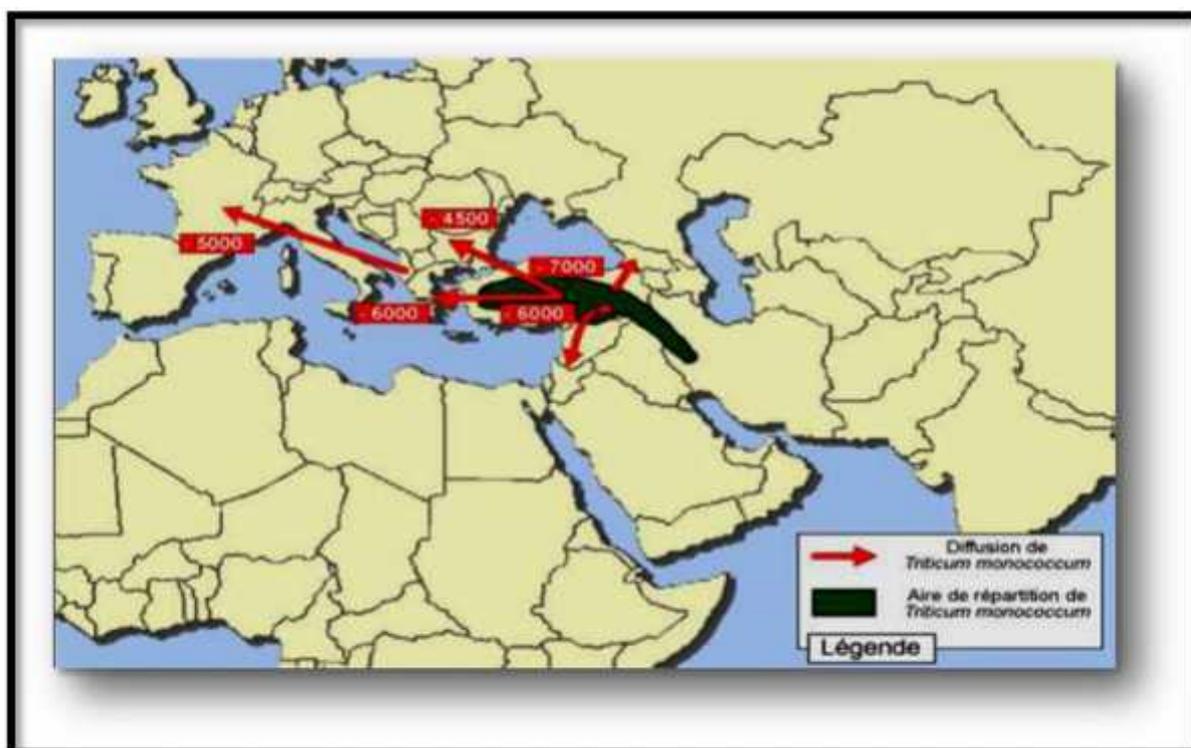
La culture du blé est beaucoup moins difficile que celle du riz : elle ne demande ni aménagement spécifique du champ ni un lourd travail d'entretien. Entre la période des labours-semis et celle de la moisson, les travaux sont plutôt réduits. Après la récolte, le blé, à la différence du riz, ne demande pas d'opération particulière comme le décorticage. Les régions agricoles reposant fortement sur la culture du blé comptent moins de travailleurs que les régions du maïs et du riz.

Les premières cultures furent à l'origine de bouleversements majeurs pour les sociétés

## Chapitre 1

humaines avec la néolithisation. En effet, l'homme sachant produire sa propre nourriture, sa survie devenait moins dépendante de son environnement. L'agriculture marque aussi le début du commerce et de la sédentarisation. (Asseng et al., 2015)

Le blé est, dans la civilisation occidentale et au Moyen-Orient, un composant central de l'alimentation humaine. Il a été domestiqué au Proche-Orient à partir d'une graminée sauvage il y a environ 10000 ans. Sa consommation remonte à la plus haute Antiquité. Les premières cultures apparaissent au VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., en Mésopotamie et dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate (aujourd'hui l'Irak), dans la région du "croissant fertile" (actuels Liban, Syrie, Sud de la Turquie) où subsistent à ce jour des blés sauvages. Le blé est une plante annuelle herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées.



**Figure 5** : Lieux d'origine et diffusion de *Triticum monococcum* à travers le monde. (Vilmorin 1880 in Bozzini 1988).

## 6- Production du blé

### 6-1- Production du blé dans le monde

Avec quelque 130 millions de tonnes par an, la Chine est de loin le premier producteur de blé au monde, suivie de l'Inde (90 millions de tonnes), des États-Unis et de la Fédération de Russie, avec plus de 60 millions de tonnes chacun.

Le blé domine le commerce international des céréales. Chaque année, 650 à 685 millions de tonnes de blé sont produites, 654 à 660 millions de tonnes sont consommées et 160 à 190

millions de tonnes sont entreposées en réserves.

Les rendements de blé varient considérablement d'un continent à l'autre. Le climat tempéré de l'Europe septentrionale et centrale favorise la réalisation de rendements élevés, alors que les continents caractérisés par des climats et températures extrêmes, comme la sécheresse et le froid, sont moins productifs. Le rendement moyen varie de 0,31 t/ha au Venezuela à 9,86 t/ha en Irlande. Depuis mars 2010, la Nouvelle-Zélande détient le record mondial actuel de 15,64 t/ha. Le plafonnement atteint par le rendement de nombreux pays est source de préoccupations, en particulier dans le contexte des défis posés par la sécurité alimentaire mondiale et la nécessité de nourrir une population qui ne cesse de croître. (FAO, 2019).

Tableau 2 : marche mondiale du blé 2016- 2020 ( FAO ).

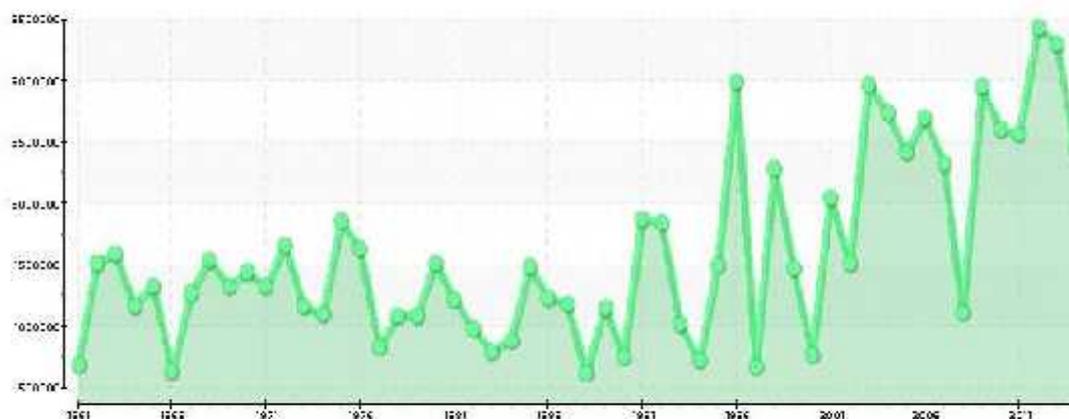
Marché mondial du blé						
	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20 estimation	2020/21 prévision	
					précédente (04 juin 2020)	dernière (02 juil. 2020)
(..... millions de tonnes.....)						
<b>Production<sup>1/</sup></b>	763.5	761.6	732.4	761.5	758.3	<b>761.5</b>
<b>Disponibilités<sup>2/</sup></b>	1 006.5	1 027.5	1 020.1	1 033.6	1 034.5	<b>1 036.5</b>
<b>Utilisation</b>	736.8	738.4	750.8	757.0	754.3	<b>754.1</b>
<b>Commerce<sup>3/</sup></b>	176.9	177.4	168.3	177.1	177.5	<b>178.7</b>
<b>Stocks de clôture<sup>4/</sup></b>	265.9	287.7	272.1	275.0	280.3	<b>283.8</b>
(..... pour cent.....)						
<b>Rapport stocks mondiaux- utilisation</b>	36.0	38.3	35.9	36.5	36.3	<b>36.8</b>
<b>Rapport stocks des principaux exportateurs- utilisation totale<sup>5/</sup></b>	19.8	21.0	18.2	15.7	15.7	<b>16.7</b>

### **6-2- Production du blé en Algérie :**

La filière céréales et dérivés constitue une des bases importantes de l'agro- alimentaire en Algérie. Importance qui résulte, notamment, de la place prépondérante qu'occupent les céréales et leurs dérivés dans l'alimentation humaine, notamment la semoule (couscous et pâtes) et la farine (pain), comme dans l'alimentation animale (sons et farines basses). La production des céréales en Algérie présente une caractéristique fondamentale depuis l'indépendance à travers l'extrême variabilité du volume des récoltes. Cette particularité témoigne d'une maîtrise insuffisante de cette culture et de l'indice des aléas climatiques. Cette production est conduite en extensif et elle est à caractère essentiellement pluvial. La demande en blé en Algérie est couverte, en partie par la production nationale qui oscille, selon les campagnes (fonction essentiellement, de la pluviométrie), entre 0,9 et 4,9 millions de tonnes. Le reste est satisfait par les importations (Anonyme, 2016).

La production de blé en Algérie est caractérisée par des fluctuations très instables. Elle ne présente aucune tendance particulière, mais à partir de la campagne 1994/95, elle subit une tendance linéaire plus ou moins croissante. Cette tendance subite pourrait être due à l'une des deux raisons essentielles ; à savoir une nette amélioration de la pluviométrie ainsi que l'adoption de nouvelles réformes économiques durant la période (1989-1995), dont les répercussions se font sentir à partir de 1994.

Algérie - Blé - Production (Tonnes)



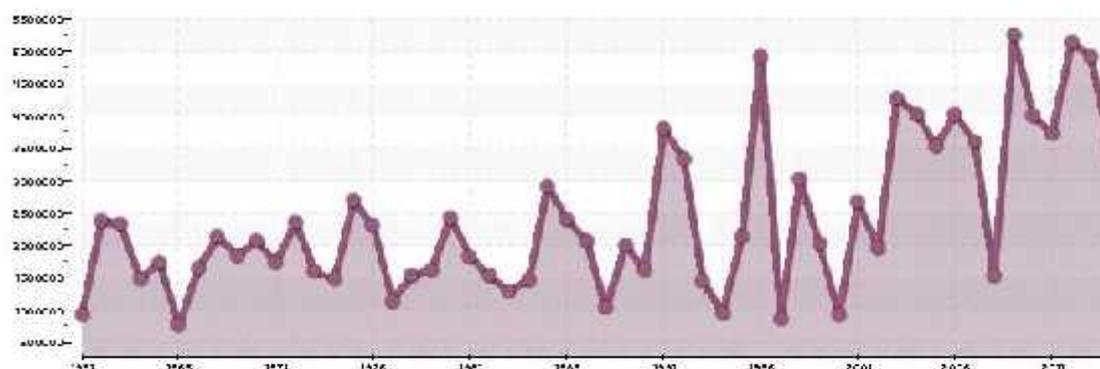
Source : FAO  
Années : 2016  
Création : Actualitix.com - Tous droits réservés



Actualitix.com

Figure 6 : production du blé en Algérie.

Algérie - Production de céréales (tonnes)



Source : FAO  
Années : 2015  
Création : Actualitix.com - Tous droits réservés



Actualitix.com

Figure 7 : production de céréales en Algérie.

### 7- Utilisation du blé

#### 7-1- Utilisation du blé dur

Le grain de blé est doté de caractéristiques qui permettent l'obtention d'une matière première « la semoule », destinée elle-même à la transformation en d'autres produits finis. Grâce à la taille de son grain, sa vigueur et sa couleur d'ambre, le blé dur se prête à une gamme de produits alimentaires uniques et divers dont les pâtes et le couscous sont les plus connus. La force de son gluten, en fait le blé privilégié des transformateurs pour la préparation des pâtes, l'un des produits alimentaires de base pour une grande partie du monde, de même pour le couscous en Afrique du Nord. Le bulgur et le frik, sont des produits essentiels au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. On utilise aussi le blé dur dans la production de farine, surtout en Europe et au Moyen-Orient. Le blé dur s'adapte aussi aux céréales en flocons (celles du petit-déjeuner) et aux desserts (Elias E M. 1995).

En région méditerranéenne, le blé dur n'est pas utilisé de la même façon. Dans les pays européens, il est presque complètement destiné à la production de pâtes, alors qu'en Europe méridionale et en Afrique du Nord, ce dernier est utilisé équitablement pour la fabrication du pain, des pâtes, du couscous, du bulgur ainsi qu'à d'autres usages variés (Bozzini A. 1988).

En Algérie, les utilisations de blé dur sont multiples. Globalement, les produits consommés peuvent être classés en quatre catégories : Galettes, pâtes et couscous, gâteaux et confiseries plus d'autres produits (Namoune H et Kazih R . 2000), tel que le Frik" très apprécié, qui est utilisé dans les soupes [Benbelkacem A *et al*, 1995]. Quant aux résidus de la mouture des grains (son), ils sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale puisqu'ils permettent d'ajouter des fibres aux aliments. Les résidus de récolte du blé dur (pailles et chaumes) sont la base de l'alimentation des petits et grands ruminants. Par ailleurs, les produits du blé (gluten et amidon) sont également utilisés dans la fabrication de produits non alimentaires, tels que des produits de beauté, des films et sacs de plastique, des savons, des produits en papier et de la colle.

## 7-2- L'utilisation du blé tendre :

L'amidon (glucides complexes) qui compose 55% de la graine est aussi transformé en glucose pour être utilisé comme additif dans de nombreux produits alimentaires. Il est également utilisé dans la fabrication de papier, de cosmétique, de textile, d'agrocarburants... Le germe du blé est aussi valorisé en pharmacie notamment pour sa haute teneur en vitamine E.

Le blé tendre fourrager entre aussi dans la composition d'aliments pour les volailles, porc, ovins et bovins.

Pour l'alimentation humaine, le blé tendre, aussi appelé froment est moulu en farine et principalement utilisé pour la fabrication du pain et des biscuits. La farine de blé tendre est dite panifiable, c'est à dire qu'elle contient du gluten.



**Figure 8** : utilisation du blé tendre dans l'agroalimentaire. Source

La qualité technologique d'un blé dépend de sa dureté et de sa composition en protéines et en amidon. Les professionnels séparent en général deux grands types de blé selon leur degré de vitrosité. Le blé dur se différencie du blé tendre par son grain à albumen vitreux avec une amande dure et sa plus forte teneur en protéines.

***Chapitre 2 :***  
***Le grain du blé***

## Le Grain de Blé

### 1-Présentation du grain de blé :

De forme ovale, le grain de blé a une couleur variant du roux au blanc. Sur le plan botanique, le grain de blé n'est pas une graine, mais un fruit particulier, un caryopse. En fonction de l'aspect du grain, vitreux ou translucide, et du degré de dureté à la mouture, on distingue plusieurs types de blés dont l'utilisation commerciale est différente : deux types en Europe : blé dur et blé tendre, et trois en Amérique du Nord : blé dur, blé tendre vitreux (blé de boulangerie) et blé tendre (blé de biscuiterie-pâtisserie). ( Boudreau et Menard, 1992 ).



**Figure 9 :** Grains de blé .

### 1- Composition histologique du grain de blé

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

- une face dorsale plus ou moins bombée.
- une face ventrale, comportant un sillon profond.
- à sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse.
- à sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.
- la couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat. (Leslie Jacquemin, 2012).

### 2-Morphologie et structure du grain de blé

Un grain de blé est formé de trois régions :

- **Albumen** : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80- 85% du grain).
- **Enveloppes de la graine et du fruit** : formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).

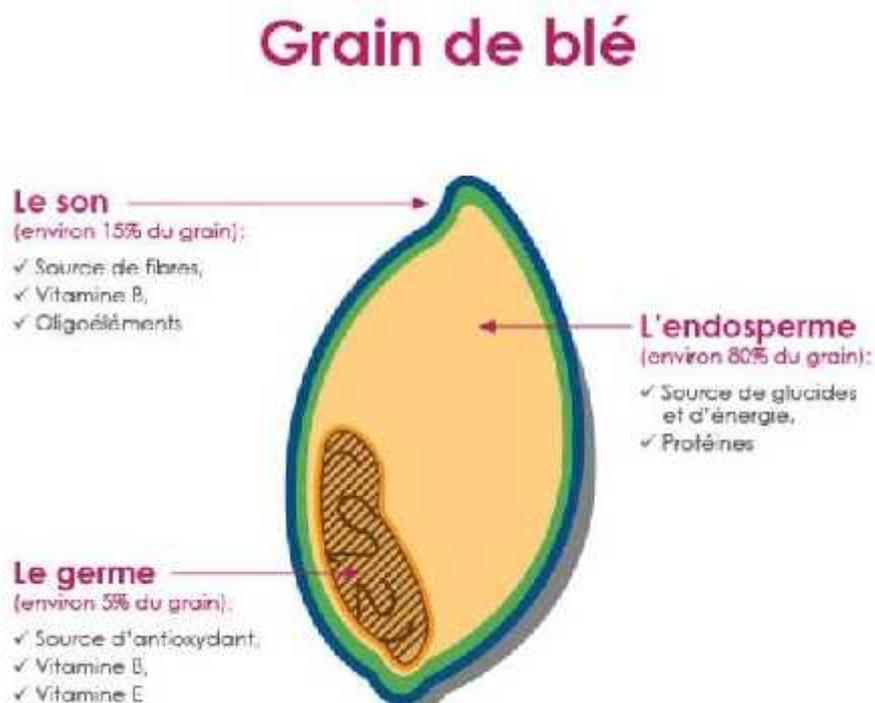
## Chapitre 2

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

Comparativement à d'autres céréales, du maïs et du riz en particulier, le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté du germe ; les faisceaux nourriciers de la graine au cours de son développement sont localisés au fond de ce sillon. Sa présence détermine la manière dont s'opère la séparation de l'albumen et des enveloppes pour extraire les farines ; il rend en effet impossible, comme en rizerie, l'élimination progressive des téguments par abrasion des parties périphériques.

L'extraction des farines nécessite de fragmenter les grains, puis d'isoler progressivement l'albumen à partir des zones les plus internes du grain, du centre vers la périphérie ; pour cette raison, les premières farines sont les plus purifiées.

La longueur du grain (plus grande dimension) est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm, son épaisseur entre 2,5 et 3,5 mm, sa section longitudinale entre 10 et 16 mm<sup>2</sup>, sa section transversale entre 4 et 7,5 mm<sup>2</sup>, son poids entre 20 et 50 mg et sa densité entre 1,3 et 1,4. (Feillet, 2000).



**Figure 10** : Schéma de grain du blé (Feillet, 2000).

# Chapitre 2

## 3- Composition chimique du grain de blé

### 4- 4 -1 - Éléments principaux

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

#### a. Glucides

Les glucides ou sucres se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence, facilement digestible. C'est le constituant majeur des céréales: 60 à 65 % du poids pour le blé et 70 à 73 % pour le maïs. La cellulose qui entre dans la composition du péricarpe est un glucide complexe, difficilement digestible par les monogastriques. (Feillet, 2000).

#### b. Gluten (protides ou protéines)

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

#### c. Amidon (glucides)

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs, représente 60 à 72 % à l'état naturel, dans l'amande, il se présente sous forme d'une poudre composée de granulés de tailles différentes. C'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau. (Feillet, 2000).

#### d. Protides et Protéines

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales et des

## Chapitre 2

protéagineux varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 43 % pour le soja, 12 % pour le blé, 11 % pour l'orge et seulement 10 % pour le maïs. Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation animale (substance nécessaire à la croissance). (Feillet, 2000).

**Tableau3** : Fraction protéiques du blé. (Feillet, 2000 )

<b>Fraction protéique</b>	<b>solvants</b>	<b>Composition en %</b>
<b>Albumines</b>	Eau	9
<b>Globulines</b>	Nacl 0,5M	8
<b>Gliadines</b>	Ethanol à 70%	43
<b>Glutamiques</b>	insoluble	40

### e. Lipides

Ce sont les matières grasses. Dans les céréales elles sont fortement concentrées dans le germe. Le blé en contient 1 à 2 % et le maïs 5 %. Dans les oléoprotéagineux elles sont également présentes dans l'endosperme et en quantité plus importante: 22 % pour le soja, 45 % pour le colza et 50 % pour le tournesol. (Feillet, 2000).

### 4 -2 - Éléments secondaire

#### a. Pigments et les vitamines

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

#### b. Enzymes

Ce sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important: ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés). (Feillet, 2000).

## Chapitre 2

### **Amylases**

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

### **Lipases**

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

### **Protéases**

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

### **Lipoxydases**

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

### **c. Eau**

L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande. Du point de vue chimique et physique, son action solvant favorise les

réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil. Le rôle de l'eau et les problèmes qu'elle engendre pour la conservation sont étudiés plus loin. (Feillet, 2000).

***Chapitre 3 :***  
***Protéines et qualité***  
***technologique de blé***

# Chapitre 3

## 1- Les protéines du blé

Le grain de blé renferme de nombreuses protéines qui représentent entre 7 et 18% du poids de la graine. Ces protéines ont été classifiées par Osborne en 1907 en 4 groupes : albumine, globulines, prolamines et gluténines en fonction de leurs solubilités. (Bigwood, 1972).

### 1-1 Les protéines solubles

Les albumines et les globulines font partie des protéines fonctionnelles, ce sont des molécules globulaires dont comprise entre 10 et 100 KDa. Elles peuvent représenter jusqu'à 20 des protéines totales de la graine. Les valeurs moyennes sont de l'ordre de 9 pour les albumines et de 6 pour les globulines. Elles sont caractérisées par une teneur faible en acide glutamique 20 et en proline 7 mais riche en léusine et histidine 7. Le taux d'albumine et de globuline est très largement supérieur à celui des prolamines et de gluténines dans le grain non mature. (Branden C., Tooze J, 1991.)

#### 1-1-1- Les albumines

Les albumines sont solubles dans l'eau. Elles sont présentes chez les monocotylédones comme chez les dicotylédones, elles se composent de deux chaînes polypeptidiques, obtenues par clivage à partir d'une seule protéine après biosynthèse et reliées par deux ponts disulfure. Deux autres ponts disulfures sont présents sur la chaîne. Leur structure secondaire comprend 50 d'hélices alpha et très peu de feuillets beta. (Heslot H, 2012).

#### 1-1-2- Les globulines

Elles sont solubles dans les solutions salines. ces protéines globulaires, présentes majoritairement chez les dicotylédones, comprennent deux groupes : les 7S du type vicilines, et les 11S du type légumineuses. Les globulines 11S et 12S sont des hexamères de sous unités composées de deux chaînes polypeptidiques reliées par un pont disulfure. Les deux chaînes font respectivement 40 KDa et 20 KDa. Elles proviennent d'un précurseur protéique qui est clivé après formation du pont disulfure. La chaîne  $\alpha$  (acide) s'oriente vers la périphérie de l'hexamère. La chaîne  $\beta$  (basique) s'oriente vers le cœur du complexe. Ces molécules ne sont habituellement pas glycosylées, à l'exception de la 12S du lupin. Les globulines 7S se composent de trimères de 150 à 190 KDa qui, en raison de l'absence de cystéines, ne forment pas de pont disulfure. Elles subissent des étapes de protéolyse et de glycosylation.

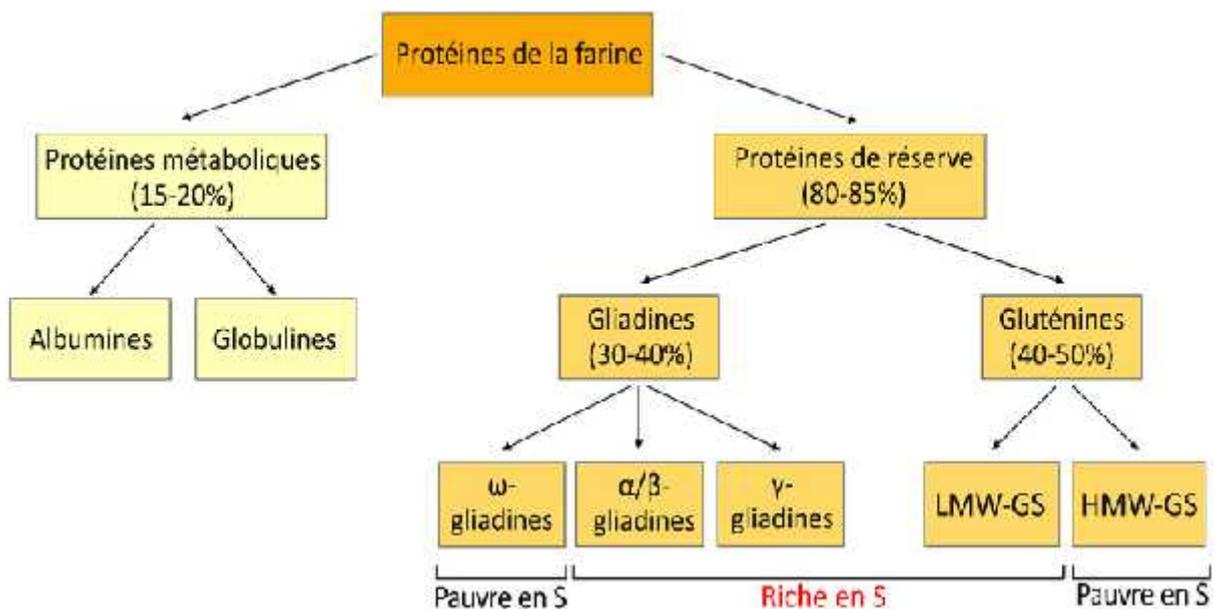
# Chapitre 3

## Les prolamines

Les prolamines sont solubles dans les solutions étendues d'éthanol (65-75%). Ces protéines ne possèdent pas de propriétés biologiques connues, elles servent de réserve d'azote, de carbone et de soufre pour la plantule au moment de la germination. Ce sont des molécules monomériques qui présentent un polymorphisme génétique important et, il y aura autant de gliadines que de variétés de céréales.

## 1-2- Les protéines insolubles

Les prolamines et les gluténines sont bio synthétisées tardivement dans la graine. Ces dernières apparaissent sous la forme de corps protéiques (protein bodies), de faible densité (surtout des gliadines), en début de maturation et de forte densité quand le grain est à la maturité (présence de gliadine et de gluténine de haute masse moléculaire). La taille des corpuscules protéiques varie de 0,8  $\mu\text{m}$  à 2  $\mu\text{m}$ . ces corpuscules disparaissent 30 jours après l'anthèse laissant comme preuve de leurs existence leur membrane lipoprotéique et la mise en place d'un réseau protéique englobant les amyloplastes. Dans le grain mature la teneur en prolamines et gluténines est très largement supérieure à l'ensemble des protéines solubles. Les prolamines et les gluténines sont plus connues sous l'appellation de gluten. (Bigwood 1972).



**Figure 11** : Classification des protéines de la farine du grain de blé : rapprochement entre les classifications d'Osborne et Shewry (Feillet 2000).

# Chapitre 3

**Tableau 4** : le taux de protéine dans les céréales.

Céréales	Prolamines	Taux%
Avoine	Avenine	16
Blé	Gliadine	69
Mais	Zéïnes	55
Millet	Panicine	40
Orge	Hordéïne	46 52
Riz	Orzenine	5
Seigle	Secaline	30 50
Sorgho	Kafirine	52

Ces protéines sont caractérisées par une forte teneur en acide glutamique (37 à 56%) et en proline (15 à 30%) mais une faible teneur en acides aminés basiques (0,1 à 0,7%). La présence de la proline engendrera des modifications de conformation et des rejets des hélices  $\alpha$  et des feuillets  $\beta$  et la présence de nombreux acides aminés apolaires entraînera des difficultés de mise en conformation. Trois groupes de prolamines ont été caractérisés. Les prolamines riches en soufre de hauts poids moléculaires (entre 30 kDa et 55 kDa) et de faibles poids moléculaire ainsi que des gliadines pauvres en soufre (pas de cystéine) de haut poids moléculaire (entre 40 kDa et 80 kDa). (Whitehead D.M. and Kinsella J, 1987.)

## 2- Caractérisation des protéines de réserves

### 2-1- Les gliadines

Les prolamines renferment 90% des acides aspartique et glutamique sous forme amidée. Si on compare, à masse moléculaire équivalente, il y aurait pour la sérumalbumine bovine 93 fonctions  $\text{NH}_3^+$  et 92 fonctions  $\text{COO}^-$  alors que pour les prolamines on compterait 6 à 11 fonctions  $\text{NH}_3^+$  et 8 à 9 fonctions  $\text{COO}^-$ .

Les prolamines sont toutes construites selon le même schéma : une séquence N-terminale variable de 5 à 15 résidus d'acides aminés, des parties répétitives constituées de dodécapeptides (R) et non répétitives (NR) séparées ou non par des zones de polyglutamines (Q) et une partie C-terminal.

Les séquences répétitives variables peuvent renfermer jusqu'à 100 résidus d'acides aminés et sont constituées par de nombreux résidus de glutamine, de proline et d'acides aminés hydrophobes.

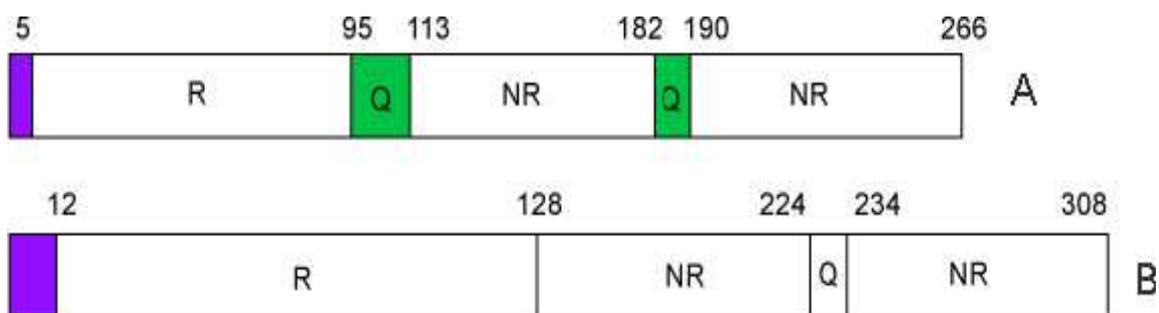
Le domaine C-terminal (homologue pour les différentes gliadines) est constitué de

## Chapitre 3

séquences non répétitives renfermant la quasi-totalité des acides aminés soufrés (6 à 8 résidus de cystéine) et permettent la création de 3 à 4 ponts disulfure intra caténaux. Au point de vue de la structure secondaire, le domaine N-terminal présente une majorité de coudes bêta et le domaine C-terminal présente plutôt des conformations en hélice alpha et feuillet bêta.

Les gliadines  $\alpha$  et  $\gamma$  peuvent s'associer par des liaisons non covalentes. Elles ont un comportement agrégatif fort prononcé et forment des associations avec les gliadines de haut poids moléculaire par l'intermédiaire de ponts disulfure intercaténaux. Il existe aussi une classe de gliadine constituée par l'assemblage des différentes gliadines par des ponts disulfure dont la masse moléculaire peut varier entre 100 kDa et 500 kDa.

Les deux premiers éléments de la figure ci-dessous représentent respectivement de manière schématique la structure des gliadines  $\alpha$  et  $\gamma$ .



**Figure 12 :** Représentation schématique de l'organisation des gliadines

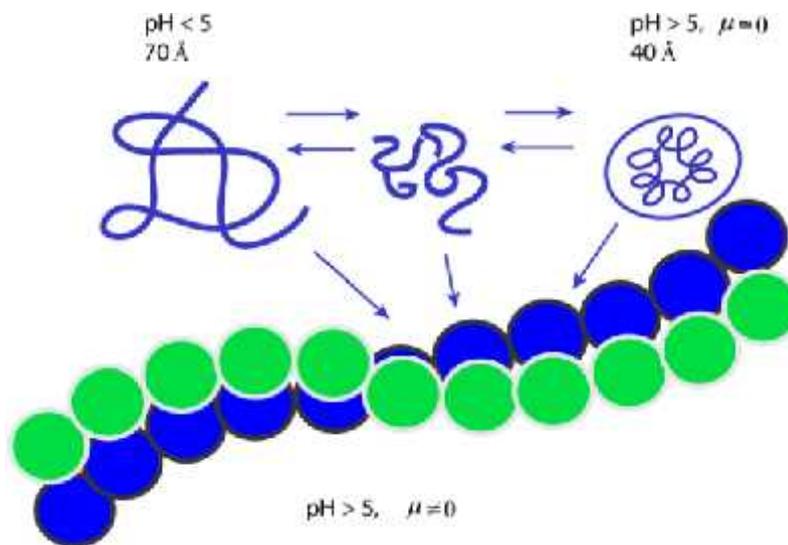
N : domaine à séquence répétitive, NR : domaine à séquence non répétitive, Q : domaine à polyglutamine. A- gliadine alpha, B- gliadine gamma

### *Remarque*

La conformation des gliadines monomériques peut varier en fonction des conditions du milieu. Elles peuvent passer de l'état de pelote statistique pour des pH inférieurs à 5 (diamètre de la molécule 70 Å) à celui de protéine globulaire compacte (diamètre de 40 Å) lorsque le pH du milieu est supérieur à 5 et que la force ionique est très faible (voisine de zéro). Ces structures globulaires s'agrègent pour donner des structures fibrillaires (diamètre de l'hélice 60 Å) quand le pH est supérieur à 5 et la force ionique différente de zéro. Ces modifications de conformation s'accompagnent de modification de l'hydrophobie de surface.

Les gliadines pauvres en soufre (gliadine  $\alpha$ ) sont riches par contre en glutamine, proline et phénylalanine mais l'hydrophobie de surface est inférieure aux gliadines  $\beta$ ,  $\gamma$ , et  $\delta$ . Le domaine

répétitif pourrait dans de nombreux cas recouvrir la totalité de la séquence.



**Figure 13** : schéma représentant les différentes conformations des gliadines Les prolamines sont responsables des propriétés d'extensibilité des pâtes.

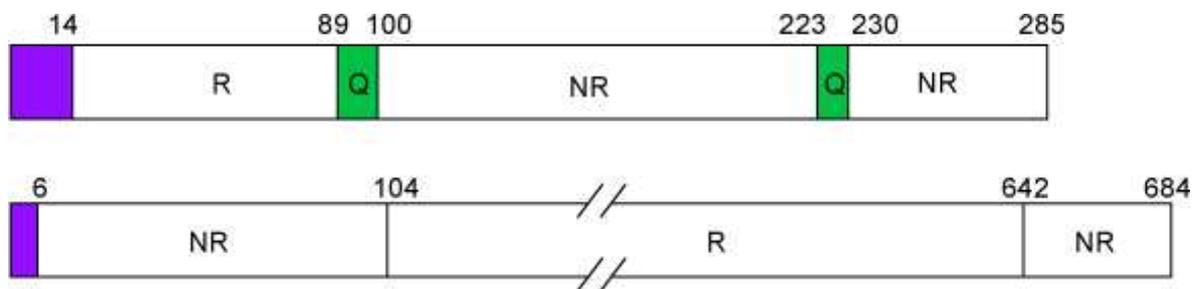
## 2-2- Les gluténines

Les gluténines sont insolubles dans l'eau mais solubles dans des solutions acides ou basiques ou en présence d'agents chaotropiques. Elles possèdent une forme allongée (5000 Å x 17,5 Å) et une composition qui diffère de celle des prolamines. Ces molécules polymériques sont caractérisées par des masses moléculaires importantes 500 kDa à 10000 kDa. On distingue deux classes de gluténines. La première qui représente 20% des protéines du gluten donnent après réduction des sous-unités de structure analogue aux gliadines de haut poids moléculaire : ce sont les LMW-GS où 6 résidus cystéine se trouvent au niveau du domaine C-terminal et donnent autant de ponts disulfure intracaténaire et 2 résidus de cystéine supplémentaires qui ne peuvent donner pour des raisons d'encombrement stérique que des ponts intercaténaire. La deuxième classe représente les HMW-GS (10% des protéines du gluten) et peuvent être rassemblées en deux classes les et HMW-GS.(Cheftel., Cuq et Lorient, 1985 ).

On peut caractériser 3 domaines pour ces molécules : un domaine N-terminal non répétitif de 80 à 100 résidus, un domaine central répétitif de 400 à 700 résidus et un domaine C-terminal d'une quarantaine de résidus. Les domaines N et C-terminal renferment de nombreux

## Chapitre 3

acides aminés chargés et la quasi-totalité des acides aminés soufrés. Le domaine répétitif est constitué par la répétition d'un hexapeptide (QQPGQG) dans laquelle viendra s'insérer un hexapeptide (YYPTSP) et un tripeptide (QQP ou QPG). Les différences entre et HMW-GS résident au niveau des parties N-terminal et partie répétitive ainsi qu'au niveau du nombre de résidus de cystéine (4 dans la HMWGS dont 3 en N-terminal et un en C-terminal ; et dans la HMW GS 4 résidus en N-terminal et 1 résidu dans la partie répétitive et le domaine C-terminal). Au point de vue de la structure secondaire on met en évidence que le domaine répétitif est constitué par de nombreux coudes bêta inverses entraînant la formation d'une spirale qui confère les propriétés élastiques du gluten. Les domaines N et C-terminal sont sous forme globulaire et renferment des hélices alpha. (Cheftel., Cuq et Lorient, 1985 ).



**Figure 14:** Représentation schématique de l'organisation des gluténines.

N : domaine à séquence répétitive, NR : domaine à séquence non répétitive, Q : domaine à polyglutamine. A- Gluténine de faible poids moléculaire, B- Gluténine de haut poids moléculaire.

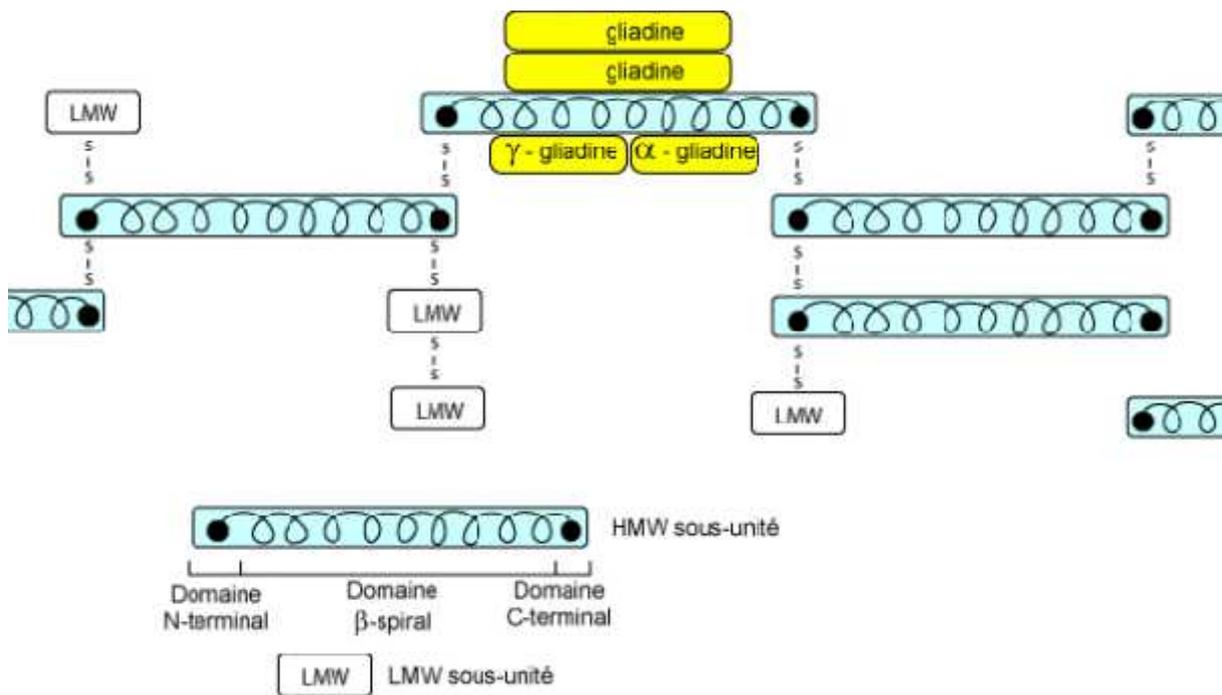
Le dernier modèle proposé, celui de Bushuk prend en considération les deux modèles précédents. Les HMW-GS sont associées par des ponts disulfure et les LMW-GS sont associées aux HMW-GS par interactions hydrophobes. Sur cet ensemble vient s'associer les gliadines par des liaisons faible énergie.

Le premier modèle proposé est celui de Ewart qui fait intervenir des sous-unités de masse moléculaire voisine de 45 kDa renfermant au minimum 4 cystéines qui donneront des ponts disulfure intra et intercaténaire. Il est possible avec ce modèle d'expliquer l'élasticité du gluten par la cassure des ponts disulfure entraînant un allongement de la molécule et la reformation des ponts qui permet un retour à la forme initiale.

Plusieurs modèles structuraux ont été imaginés pour expliquer les propriétés fonctionnelles des gluténines.

# Chapitre 3

Un autre modèle proposé par Kasarda fait intervenir à la fois des interactions hydrophobes comme dans les gliadines et covalentes. La rupture des ponts disulfure entraîne, dans ce modèle un effondrement de la conformation et ne permet plus de revenir dans la conformation initiale.



**Figure 15** :Schéma organisationnel des gluténines du blé (Anonyme,2020).  
Les gluténines sont responsables de l'élasticité des pâtes boulang

## 2- Qualité technologique de blé

### 2-1-Notion de qualité

La qualité technologique est considérée comme étant une expression consacrée par l'usage qui fait référence à l'aptitude d'une variété ou d'un lot de grain de blé à donner dans de bonnes conditions d'utilisations un pain acceptable, (Rousset et Autran, 1979). La notion de qualité de blé est assez imprécise et recouvre plusieurs aspects (agronomiques, technologies, nutritionnelles et sanitaires, ...ex.), (Gautier, 1983).

La valeur technologique de blé recouvre deux aspects à savoir : la valeur

## Chapitre 3

meunière qui est l'aptitude d'un blé à donner un rendement élevé en farine, dotée d'une composition répondant aux exigences de transformation et de la ménagère et la valeur boulangère qui est l'aptitude d'une farine à donner un bon et beau pain, (Calvel, 1973): In Baghous. (1998). Cette valeur est estimée par un essai de panification dont on tire les mesures ou les notations sur le rendement en pâte, la tolérance et la qualité du pain, (Mauze et al, 1972). Cependant les deux aspects de la valeur boulangère sont, La force boulangère ou l'aptitude d'une farine à absorber beaucoup d'eau sans se dégrader et à tolérer un pétrissage intensif. (Bourdet, 1977), et la valeur fermentative qui dépend de la richesse en sucres fermentescibles et de l'équilibre enzymatique de la farine.

Différents facteurs agissent sur l'expression de la valeur en panification d'un lot de grain de blé, il s'agit du génotype, du milieu de culture (année, lieu, fertilisation,...) et à l'interaction génotype X milieu ; les facteurs génétiques et environnementaux ont une influence combinée sur la valeur boulangère, (Bushuk, 1984): In Aggoun, (1990). Ces facteurs peuvent exercer leurs influence par des variations protéiques en quantité et en qualité lesquelles expliquent pour une grande part les variations de la qualité boulangère.

### **2-2- Les critères de qualité**

La qualité d'un blé et d'une farine est principalement définie par le type de blé, la dureté, la teneur en protéines, l'indice de sédimentation (Zélény), le temps de chute (Hagberg), l'alvéographe, l'absorption d'eau et l'index de gluten. Même si les meuniers doivent veiller à bien d'autres paramètres qualitatifs, en pratique, parmi les critères de qualité technologiques, seule la teneur en protéines rapidement mesurable est prise en compte commercialement.

La teneur en protéines est une mesure clé car elle est étroitement corrélée à des propriétés technologiques telles que la force boulangère, l'indice de Zélény. Elle peut aussi être liée à des caractéristiques de produits finis telles que la texture et l'aspect. Les niveaux requis vont dépendre de l'utilisation souhaitée. Les farines boulangères ont généralement des teneurs en protéines de 11 à 11,5%, les farines de force au-dessus de 12% alors que les farines biscuitières sont à 10% ou moins.

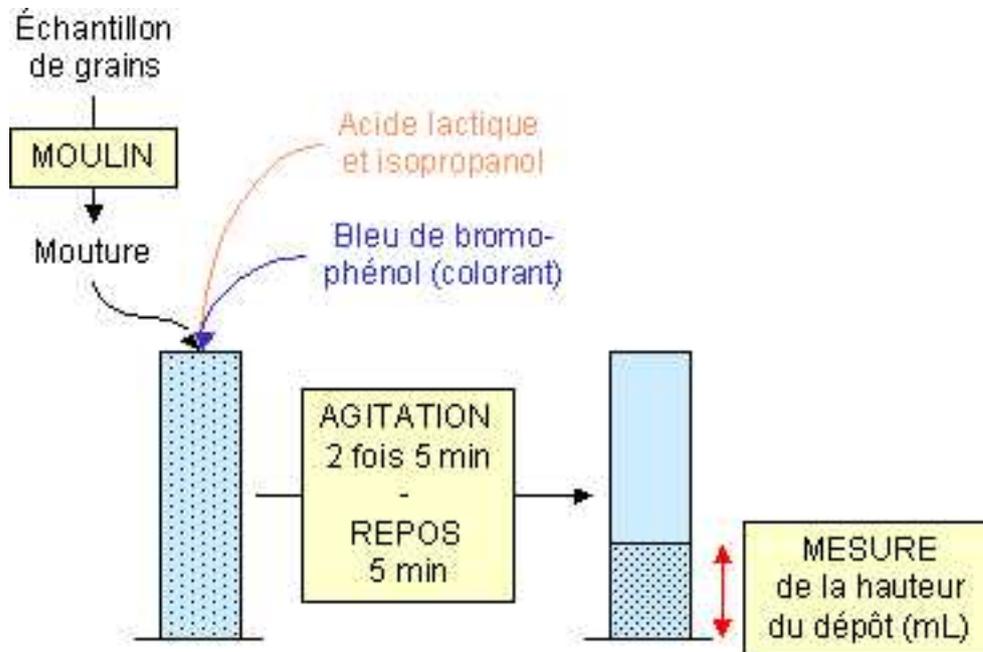
### **2-3- Evaluation et de qualité technologique du blé**

#### **2-3-1 -L'indice de sédimentation Zélény**

Au niveau réglementaire, c'est un des critères retenus dans la définition des conditions minimales à l'intervention. De plus, il permet un classement rapide des

blés suivant leur qualité.

Le zélény repose sur l'aptitude des protéines de la farine à gonfler en milieu acide. On mesure la hauteur du dépôt obtenu après agitation et sédimentation d'une préparation de farine en suspension dans un réactif. Son résultat est exprimé en ml.



**Figure 16:** Schéma explicatif du test de Zélény (Anonyme, 2001).

### 2-3-2- Poids de mille grains (PGM)

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes que la plante a pu rencontrer pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies). Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis.

### 2-3-4- L'alvéographe Chopin

Met en évidence certaines caractéristiques susceptibles de nous renseigner sur les propriétés rhéologiques. Il déforme la pâte sous forme de bulle et enregistre le travail de déformation sous de diagramme d'où sont titrés les paramètres suivants : **-la tencité « P »** : elle est en rapport avec la capacité d'hydrations de la farine et correspond à l'extensibilité de la pâte jusqu'à la rupture.

## Chapitre 3

- **Le gonflement « G »** : sa valeur est la racine carré d'un volume d'air nécessaire pour développer la bulle jusqu'à éclatement.
- **L'élasticité « L »** : correspond à l'extensibilité (mm). Elle est corrélée au gonflement.
- **La force boulangère «W»** : c'est le travail affecté pour la déformation d'une bulle de pâte. Un blé type boulangère doit avoir un W alvéographe entre 130 et 180 et un gonflement G.

La création de variétés de blé à la fois attractives pour l'agriculture et satisfaisant les besoins des utilisateurs constitue pour le monde un objectif particulièrement prioritaire. De l'amélioration génétique de la qualité technologique dépendent, en effet, la réduction de nos importations et le maintien ou l'accroissement de nos exportations. Il est certain que la réalisation de cet objectif n'est pas aisée car :

- la notion de qualité technologique est très complexe ; sa prédiction dans les milliers de génotypes en cours de sélection est difficile et demande d'importants moyens,
  - la sélection d'une variété demande plusieurs années et le sélectionneur ne peut agir qu'en vue d'objectifs pérennes ; sa tâche est donc particulièrement difficile lorsque la technologie et les produits finis changent trop rapidement,
- l'introduction de génotypes nouveaux induit parfois un comportement nouveau des variétés et une remise en cause des critères de qualité utilisés précédemment.

On peut cependant penser que l'utilisation des techniques biochimiques performantes, comme l'électrophorèse, va contribuer désormais à ces progrès génétiques rapides et conséquents. Il faut toutefois rester conscient des possibilités et des limites de toute nouvelle méthode. Ainsi, si l'électrophorèse constitue un bon moyen pour identifier des marqueurs génétiques, il n'est pas certain qu'elle permette à elle seule d'expliquer les bases physico-chimiques de la qualité. Celle-ci semblant reposer davantage sur une aptitude des protéines à former des liaisons, il est probable qu'une technique

- telle que la HPLC
- qui puisse préserver les agrégats et les complexes apparus au cours des transformations technologiques, se révèle plus efficace pour la mise en évidence de marqueurs fonctionnels de la qualité. L'identification de ces marqueurs sera d'ailleurs indispensable lorsqu'il s'agira, un jour, de mettre à profit les découvertes de la biologie moléculaire et du génie génétique pour transférer, chez les blés, les gènes intervenant directement sur la qualité technologique. Mais ceci est une autre histoire. (Rolland, Chabert, 2001) .

# *Conclusion*

## Conclusion

Le blé constitue l'une des cultures clés de l'agriculture mondiale. Qu'il soit tendre ou dur, le blé occupe une partie importante dans la ration alimentaire pour une large population mondiale, notamment algérienne, ce qui justifie sa place au sommet de la pyramide des transactions commerciales des graminées dans le marché mondial.

Le blé est la seule céréale donnant une farine panifiable grâce à la nature unique de ses protéines de réserve qui permettent la formation de réseau de gluten. Le blé présente une source alimentaire très riche en protéines.

L'appréciation de la valeur et l'utilisation de blé repose sur plusieurs caractéristiques comme la valeur semoulière estimée par le poids de mille graines et des tests pour apprécier la qualité technologique.

La qualité technologique d'un blé fait référence à l'utilisation à laquelle il est destiné (production de farine, de semoule etc....) et ceux en fonction des variétés et des conditions de cultures. Les spécialistes préfèrent parler de valeur technologique et la définissent par des critères précis et mesurables.

Pour évaluer la qualité technologique du blé les sélectionneurs utilisent des différents tests technologiques tels que, l'alvéographe de Chopin, testes de sédimentation Zélény et SDS et le test de Pelschenke.

Les protéines de réserve (gliadines et gluténines) sont considérées comme les constituants majeurs pour la définition de la qualité technologique du blé. Les différentes formes alléliques de ces protéines sont observables et donnent de précieuses indications sur la qualité.

L'étude et l'identification des marqueurs protéiques seront d'ailleurs indispensables dans l'amélioration de la qualité technologique et nutritionnelle du blé.

## Liste des références bibliographiques

- ) **Abecassis J.** (2015). La filière blé dur. INRA-UMR IATE. Blé tender vs blé dur
- ) **Aggoun, K.** (1990). A study of the relationship between the proteic composition and the characteristics of the quality of the wheat.
- ) **Anonyme** . 2001. Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, guide pratique - Éd ITCF
- ) **Anonyme,** (2009).Utilisation des céréales sur le marché intérieur : le secteur de la transformation. ARVALIS ,la proteine du ble tendre. (2004, Decembre).
- ) **Anonyme,** 2016. Le ble pays producteurs. (2016). Retrieved from Actualix: <https://fr.actualitix.com/pays/dza/algerie-ble-production.php> (2016, Janvier 10)
- ) **Anonyme,**(2020). Retrieved from Technomiton: <http://technomiton.aainb.com/constituants-pain-et-pate/le-ble/>
- ) **Anonyme;**(2015), novembre 15). Retrieved from CNRS: <https://archives.cnrs.fr/presse/article/2351>
- ) **Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., ... & Reynolds, M. P.** (2015). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature climate change*, 5(2), 143-147.
- ) **Benbelkacem, A., Sadli, F., & Brinis, L.** (1995). Research on durum wheat quality in Algeria. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires méditerranéens (CIHEAM)*.
- ) **Bergez J.,** Les filières céréalières. Quæ. (pp. 101 -135)
- ) **Bigwood, E. J.** (1972). Amino acid patterns of animal and vegetable proteins—common features and diversities. In "Protein and Amino Acid Functions" (E. J. Bigwood, ed.), pp. 215-258. Pergamon, Oxford.
- ) **Bordes, J., Branlard, G., Oury, F. X., Charmet, G., & Balfourier, F.** (2008). Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of cereal science*, 48(3), 569-579.
- ) **Boudreau, G. et Menard, G.** (1 992). Le Blé : Eléments Fondamentaux et Transformation. Les presses de l'Université de LAVAL, Canada, 439 pp.

- J **Boujnah, M., Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari, A.** (2004). Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. *AL AWAMIA* 111. Vol. 1 N. 3. Été 2004.
- J **Bozzini A.** 1988. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16 p.
- J **Branden, C., and Tooze, J.** 1991. *Introduction to Protein Structure*. Garland Publishing, Inc., New York
- J **Branlard, G.J.** (1986). L'amélioration génétique de la qualité technologique du blé tendre. *culture technique*, (pp. 132-144).
- J **Bushuk, W., & Zillman, R. R.** (1978). Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. *Canadian journal of plant science*, 58(2), 505-515.
- J **Calvel R,** 1973. L'évolution de la qualité du pain. *Bull. Anc. Elèves. E. F. M.* 254pp. 59-71
- J **Cassin C.** (2017). Le blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée.
- J **Central M.** (1980). Filière Blé et Céréales 1. Présentation : Blé et Céréales. végétale, b. d. (2006, juillet 6). la biologie de ble dur. criteres d'evaluation du risque environnemental associe aux vegetaux a caracteres nouveaux, p. 2.
- J **Chau.S .** (2019). Moucheture du blé dur : identification des facteurs et gestion du risque.
- J **Cheftel, J.C., Cuq, J.L. and Lorient, D.**1985. Amino acids,peptides and proteins. In: *Food Chemistry*, O.R. Fennema (Ed.). 2nd ed. p. 273. Marcel Dekker Inc., New York, NY.
- J **Clark J.M., Norvell W.A., Clark F.R. & Buckley T.W.** 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*. 82 : 27-33 p.
- J **David C.** (2013). Innovations agronomiques. Améliorer la qualité technologique, nutritionnelle et sanitaire du blé biologique Principaux leviers agronomiques et

technologiques, pp. 1-13.

- J **David, C.J.** (2013). Améliorer la qualité technologique, nutritionnelle et sanitaire du biologiques. Principaux leviers agronomiques et technologiques.
- J **Debiton C.** (2011). 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 isogéniques. Retrieved from HAL Id.
- J **DILA.** (2012). Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur.
- J **Donnez, J., Spada, F., Squifflet, J., & Nisolle, M.** (2000). Bladder endometriosis must be considered as bladder adenomyosis. *Fertility and sterility*, 74(6), 1175-1181.
- J **Elias, E. M.** (1995). Durum wheat products. *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, Serie A: Séminaires Méditerranéennes*, 40, 23-31.
- J **FAO,** (2019). Cultures et Pénuries alimentaires . Retrieved from fao.org: <http://www.fao.org/3/y7044f/pays/alg.htm> (2019, juin 18).
- J **Feillet P.** 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- J **Gaignard, R. P. -B.** (1980). les proteines dans le monde : Bilan et nouveaux enjeux. *Annales de Geographie*, 373-393.
- J **Gautier M F,** 1983. Etude de la coosition de la fraction « gel protéines » des blés tendres. Variation génétique et relation avec la qualité boulangère. Thèse d'état, Université des sciences et techniques de LANGUEDOC, 170
- J **Heslot, N., Yang, H. P., Sorrells, M. E., & Jannink, J. L.** (2012). Genomic selection in plant breeding: a comparison of models. *Crop science*, 52(1), 146-160.
- J [https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluten#Extraction\\_du\\_gluten](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluten#Extraction_du_gluten)(2020, avril 9).
- J [https://www.trafoon.org/sites/trafoon.org/files/download/877/montpellier\\_joel\\_abe\\_cassis\\_201511.pdf](https://www.trafoon.org/sites/trafoon.org/files/download/877/montpellier_joel_abe_cassis_201511.pdf)
- J **INRAE.** (2019). IGEPP.. Retrieved from INRAE. (2019, juin 13)
- J **Jacquemin, L., Zeitoun, R., Sablayrolles, C., Pontalier, P. Y., & Rigal, L.** (2012). Evaluation of the technical and environmental performances of extraction and purification processes of arabinoxylans from wheat straw and bran. *Process*

*Biochemistry*, 47(3), 373-380.

- J **Kinsella, J.E., Whitehead, D.M. Film**, 1987. foaming, and emulsifying properties of food proteins: effects of modification. In: ACS. Symp. Ser. (edition), Proteins at Interface. American Chemical Society, pp. 629–646
- J **Konig, C.** (2017). le ble. Retrieved from Futura Planete: <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/geographie-beauce-grenier-ble-france-805/page/3/> (2017, 10 11).
- J **Lersten, N. R.** (1987). Morphology and anatomy of the wheat plant. *Wheat and wheat improvement*, 13, 33-75.
- J **MacKey, J. A. M. E. S.** (1968). Relationships in the Triticinae. In *Proc. Third Int. Wheat Genetics Symp., Canberra, Australia. Austral. Acad. Sci* (pp. 39-45).
- J **Mauze C., Richard M., Scotti G.** (1972). Contrôle de la qualité des blés. Guide pratique des l'institut technique des céréales et des fourrage. Paris. 176p
- J **Plenel E.** (2012). le grain de sable. Le genre humain.
- J **Rousset, J. M.** (1977). le pain. paris: CNRC.
- J **Rousset, M., & AUTRAN, J.** (1979). la Qualité des blés. *le Pain*, 15-42.
- J **Schuttelaar.** (2015). grain de ble. Retrieved from pain et sante. Retrieved from via Gallica.
- J **SHEWRY P.R., TATTHAM A.S., LAZZERI P.,**( 1997). Biotechnology of wheat gluten. *J. Sci. Food Agric.*, vol. 73, p.p. 397-406.
- J **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED.** (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.

**Année universitaire :**  
2019/2020

**Présenté par :** *GHITI Nour elhouda Ines*

**Titre :** Le grain du blé : qualité technologique

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biodiversité et physiologie végétale

**Résumé :**

Le blé est la céréale la plus cultivée dans le monde depuis sa domestication, c'est un produit de large consommation au niveau mondial et constitue en particulier la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens sous toutes ses formes (pain, pâtes alimentaires, couscous, galettes de pain...). Le présent travail a pour objectif de faire une synthèse bibliographique sur la qualité technologique du blé. Les agriculteurs et les transformateurs de blé font face à divers enjeux complémentaires, ils souhaitent augmenter les niveaux de la production tout en satisfaisant prioritairement les attentes de consommateurs pour une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle et sanitaire. Une diversité d'usage du blé dépend la teneur en protéines de réserves qu'il contient. L'amélioration de la qualité technologique du blé permet de répondre à la demande du marché de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs.

**Mots clés :** blé, protéines de réserve, qualité technologique, amélioration.

**Département** de biologie et écologie végétale

**Jury d'évaluation :**

**Président :** Dr. KARA Karima Maitre de conférences A. UFM Constantine1.  
**Encadrant :** Dr. MOUELLEF A. Maitre de conférences B. UFM Constantine1  
**Examinatrice :** Dr. OUAIJIA Nawel Maitre de conférences B. UFM Constantine1

**Date de soutenance :** 09 /09/2020