

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire

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

جامعة الدكتور مولاي الطاهر، سعيدة
Université Moulay Tahar, Saida



كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie

N° d'ordre

قسم الفلاحة وعلوم التغذية

Département de l'Agronomie et Sciences de la Nutrition

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Thème

Etude comparative entre les blés dur (*Triticum turgidum*) et tendre (*Triticum aestivum*). Profil germinatif et applications industrielles.

Présenté par :

- Mr AOUAR Sofiane
- Mr KHODJA Habib Otmane

Soutenu le : 19 juin 2024

Devant le juré composé de :

Président

Dr : HASSANI Maya

Examineur

Dr : BENABDESLEM-HACHEM Yasmine

Co-Rapporteur

Dr :

Rapporteur

Dr : BERROUKCHE Abdelkrim

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant qui nous a donné la foi, qui nous a guidés durant toute notre vie et qui nous a donné la volonté de continuer nos études.

Au début, nous remercions notre encadrant Mr. BERROUKCHE ABDELKRIM qui a accepté la direction de ce travail, nous le remercions d'avoir mis à notre disposition son temps, sa compétence et son indulgence.

Tous particulièrement, nous adressons notre remerciement à ME HASSANI.M présidente de jury, l'examinatrice : ME HACHEM.Y d'avoir accepté de juger et inspiré le sujet.

Monsieur TERRAS.M et BOUDOU.F qui nous a facilité et nous a aidés et nous a à notre disposition tous les moyens nécessaires pour accomplir ce projet.

Un remerciement pour tous les enseignants de l'Université de Moulay Tahar qui ont participé à notre formation pendant tout le cycle universitaire.

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents : pour leur amour, leur soutien, leur patience et leurs sacrifices tout au long de ma vie et de mon parcours. Que ce travail soit, pour vous, un témoignage de ma vive reconnaissance et ma profonde affection. Que Dieu le tout puissant vous donne santé, bonheur et vous protège de tout mal.

Mes amis : à tous mes amis, qui ont toujours été là pour moi dans la joie et dans la peine.

Ma famille entière, sans exception.

Mes professeurs : ceux qui doivent voir dans ce modeste travail la fierté d'un savoir bien acquis.

*Mes camarades et amis dans la spécialité. « BTV » "2023♦2024"
À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, je vous remercie infiniment.*

SOFIANE

Dédicace

*C'est avec un énorme plaisir et une immense joie que je dédie
mon travail:*

*À mes très chers et précieux parents, ma mère Kheira et mon père
Brahim pour leur patience, leur amour et leur soutien. Pour m'avoir
motivé et poussé à aller de l'avant dans mes études.*

*À ma sœur Lina et mes frères Mohamed et Djelloul, pour qui je
souhaite une vie pleine de réussite avec un avenir
radieux.*

*À la mémoire de ma grand-mère paternel, que Dieu leur accorde la paix
éternelle et les accueille dans son vaste paradis.*

À mes grands-parents maternels que Dieu les protège de tout mal.

*À toute ma famille et tous mes proches, même si je ne les cite pas
chacun par leur nom.*

Je tiens à dédier ce mémoire à mes très chers amis

Abdelkader, Abdelkrim, Mehdi, Mokhtar,

Chahreddine, Nadir, Abdelmalek, Sofiane, Mohamed, Laid.

et à tous mes collègues de la promo BTGV 2023 et 2024.

HABIB OTMANE

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction1

Partie 01 : Etude bibliographique

Chapitre 01 : Généralités sur le blé dur

1. Blé dur	3
1.1 Définition	3
1.2 Historique et répartition géographique.....	4
1.3 Origine géographique	4
1.4 Origine génétique	6
1.5 Etat de la culture du blé en Algérie	7
2. Classification botanique et description	8
2.1 Classification	8
2.2 description morphologique	9
3. cycle de développement	10
3.1 la période végétative	11
3.2 période reproductrice	12
3.3 période de maturation	12
4. Les exigences de la culture du blé dur	15
4.1 la température	15

Table des matières

4.2 Eau	15
4.3 Lumière	15
4.4 Sol	15
4.5 Fertilisation	16
5. Utilisation du blé dur (Les applications industrielles)	16
5.1 Industrie de 1ère transformation (semoule)	16
5.1.1 La semoule	16
5.1.1.1 Classification de semoule	17
5.1.1.2 Procédés de transformation du blé dur en semoule	17
5.1.1.3 Produits de la Mouture	20
5.1.2 Amidonnerie-glutenerie	20
5.2 Industrie de 2ème transformation (produit et consomal)	21
5.2.1 Pain	21
5.2.2 Biscuit	21
5.2.3 Pâtes alimentaires	21
6. Intérêt biologique de blé dur (La santé)	22

Chapitre 02 : Généralités sur le blé tendre

1. Blé tendre	24
1.1 Définition.....	24
1.2 Historique et répartition géographique	25
1.3 Origine géographique	25
1.4 Origine génétique	26
2. Classification botanique et description	27
2.1 Classification	27
2.2 Description morphologique	28
3. Cycle de développement ..	29
3.1 Période végétative	30
3.1.1 Phase germination-levée	30
3.1.2 Stade de tallage	30
3.2 Période reproductrice	31

Table des matières

3.2.1	Phase montaison-gonflement	31
3.2.2	Phase épiaison-floraison	31
3.3	Période de la maturation du grain	31
4.	Les exigences de la culture de blé tendre	32
4.1	Exigences climatiques	32
4.1.1	Température	32
4.1.2	Eau	32
4.1.3	Lumière	33
4.2	Exigences agrologiques	33
4.2.1	Type du sol	33
4.2.2	Besoins en éléments fertilisants	33
5.	Utilisation du blé tendre (Les applications industrielles)	33
5.1	Industrie de 1ère transformation (Farine)	34
5.1.1	Farine	34
5.1.1.1	Procédés de transformation du blé tendre en farine	35
5.2	Industrie de 2ème transformation (produit et consomal)	37
6.	Intérêt biologique de blé tendre (La santé)	37

Partie 02 : Etude expérimentale

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

1.	Profil germinatif	39
1.1	Germination	39
1.2	Objectifs de cette étude	39
1.3	Matériel végétal	39
1.4	Mise en place de l'essai	41
1.5	Paramètres étudiés	43
1.5.1	Taux de germination finale (G%)	43
1.5.2	Germination moyenne journalière (MDG, %)	43
1.5.3	Nombre de graines qui ont cessé de germer	43
1.5.4	Hauteur maximale de la plante	43
2.	Applications industrielles de transformations de blé dur et tendre.....	44
2.1	Présentation de l'unit.....	44

Table des matières

2.2 Objectif de cette étude.....	47
----------------------------------	----

Chapitre 04 : Résultats et discussion

I. Résultat

1. Profil germinatif	48
1.1 Les paramètres étudiés.....	54
1.1.1 Taux de germination finale (G%).....	54
1.1.2 Germination moyenne journalière (MDG, %)	55
1.1.3 Le nombre de graines en arrêt de germination.....	55
1.1.4 La hauteur maximale de la plante.....	56
1.2 Les phases de la germination.....	56
2. Applications industrielles de blé dur et tendre.....	57
2.1 Résultat.....	57
2.2 Première transformation du blé dur et tendre.....	57
2.2.1 Pré-nettoyage.....	57
2.2.2 Nettoyage.....	60
2.2.3 Mouture.....	65
2.2.3.1 Etapes du processus de mouture.....	67
2.2.3.2 Produits de la mouture.....	70
2.2.3.3 Étapes supplémentaires après l'extraction de la farine et de la semoule.....	70
2.3 Deuxième transformation de blé dur et tendre (Applications industrielles).....	72

II. Discussion

1. germination.....	73
2. Transformation.....	75

Conclusion générale.....	76
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Résumé

Cette étude vise à comparer le blé dur (*triticum turgidum*) et le blé tendre (*triticum aestivum*) en termes de profil germinatif et d'applications industrielles en identifiant les similitudes et les différences entre eux. Les résultats de l'expérience de germination menée au laboratoire de l'Université de Saïda Dr. Moulay Tahar ont montré que le blé tendre possède des taux de germination plus élevés et une meilleure croissance par rapport au blé dur, reflétant une capacité supérieure du blé tendre à germer et à croître, et la possibilité de réaliser une productivité plus élevée dans des conditions similaires. L'étude a également souligné la nécessité de poursuivre les recherches pour comprendre les facteurs influençant l'arrêt de la germination de certaines graines, afin d'améliorer ces facteurs et d'augmenter les taux de germination et le succès des cultures. Du côté des transformations industrielles effectuées dans le complexe industriel et commercial de Saïda, il a été constaté que chaque type de blé nécessite des processus et des outils différents lors du broyage et du tamisage en raison de leurs structures distinctes. La semoule extraite du blé dur est largement utilisée dans la fabrication de pâtes, de pâtisseries et de couscous, tandis que la farine de blé tendre est utilisée dans une variété de produits de boulangerie tels que le pain blanc et complet, les pâtisseries, les viennoiseries, les biscuits et les gâteaux. L'étude met en évidence l'importance d'une compréhension approfondie du blé dur et du blé tendre pour améliorer les processus agricoles et industriels, et ses résultats contribuent à améliorer l'efficacité de la production et la qualité des produits dans le secteur de l'industrie alimentaire, en soulignant la nécessité de poursuivre les recherches pour développer de nouvelles techniques augmentant la productivité des cultures et la qualité des produits finaux.

Mots clés : blé dur (*triticum turgidum*), blé tendre (*triticum aestivum*), profil germinatif, applications industrielles.

Abstract

This study aims to compare durum wheat (*triticum tirgidum*) and soft wheat (*triticum aestivum*) in terms of germination profile and industrial applications by identifying their similarities and differences. The results of the germination experiment conducted in the laboratory of the University of Saïda Dr. Moulay Tahar showed that soft wheat has higher germination rates and better growth performance compared to durum wheat, reflecting a superior ability of soft wheat to germinate and grow, and the potential to achieve higher productivity under similar conditions. The study also highlighted the need for further research to understand the factors affecting the cessation of germination in some seeds, with the goal of improving these factors and increasing germination rates and crop success. On the industrial transformations side, carried out in the industrial and commercial complex of Saïda, it was found that each type of wheat requires different processes and tools during milling and sieving due to their differing structures. Semolina extracted from durum wheat is widely used in the production of pasta, pastries, and couscous, while soft wheat flour is used in a variety of bakery products such as white and whole bread, pastries, viennoiseries, biscuits, and cakes.

The study emphasizes the importance of a deep understanding of durum and soft wheat to improve agricultural and industrial processes, and its results contribute to enhancing production efficiency and product quality in the food industry sector. It underscores the need for continued research to develop new techniques that increase crop productivity and the quality of final products.

Key words : durum wheat (*triticum tirgidum*), soft wheat (*triticum aestivum*), germination profile, industrial applications.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة بين القمح الصلب والقمح اللين في ملف الإنبات والتطبيقات الصناعية عن طريق استخراج أوجه التشابه والاختلاف بينهما. أظهرت نتائج تجربة الإنبات التي أجريت في مخبر جامعة سعيدة الدكتور مولاي الطاهر أن القمح اللين يمتلك معدلات إنبات أعلى وأداء نمو أفضل مقارنة بالقمح الصلب، مما يعكس قدرة فائقة للقمح اللين على الإنبات والنمو وإمكانية تحقيق إنتاجية أعلى في ظروف مشابهة. كما أشارت الدراسة إلى ضرورة المزيد من البحث لفهم العوامل المؤثرة على توقف الإنبات لبعض البذور، بهدف تحسين هذه العوامل وزيادة معدلات الإنبات ونجاح المحاصيل. في جانب التحويلات الصناعية التي أجريت في المركب الصناعي والتجاري سعيدة، تبين أن كل نوع من القمح يتطلب عمليات وآلات مختلفة أثناء الطحن والغرلة بسبب اختلاف بنيتهما. فالسميد المستخرج من القمح الصلب يُستخدم بشكل واسع في صناعة المعكرونة والحلويات والكسكس، في حين يُستخدم دقيق القمح اللين في مجموعة متنوعة من منتجات المخازن مثل الخبز الأبيض والكامل، والحلويات، والمعجنات، والبسكويت، والكعك. تبرز الدراسة أهمية الفهم العميق للقمح الصلب والقمح اللين لتحسين العمليات الزراعية والصناعية، وتسهم نتائجها في تحسين كفاءة الإنتاج وجودة المنتجات في قطاع الصناعات الغذائية، مؤكدةً على الحاجة لمواصلة الأبحاث لتطوير تقنيات جديدة تزيد من إنتاجية المحاصيل وجودة المنتجات النهائية.

الكلمات المفتاحية: التطبيقات الصناعية، ملف الإنبات، القمح اللين، القمح الصلب.

Liste des figures

Liste des figures

1. Figure 01 : Épi de blé dur Intercéréales	3
2. Figure 02 : Origine de et diffusion <i>Triticum turgidum</i>	6
3. Figure 03 : Origines génétiques des différentes espèces de blé	7
4. Figure 04 : Superficie, rendement et production de blé en Algérie	8
5. Figure 05 : Morphologie du blé	10
6. Figure 06 : Les différents stades de développement du blé	14
7. Figure 07 : blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.)	24
8. Figure 08 : Carte de la diffusion de la culture du blé (Dates par rapport à aujourd'hui).26	
9. Figure 09 : Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé (<i>Triticum</i> and <i>Aegilops</i>)	27
10. Figure 10 : Morphologie du blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.)	29
11. Figure 11 : Cycle de développement du blé tendre	32
12. Figure 12 : Farine de blé tendre	35
13. Figure 13 : Les grains du blé dur (<i>triticum turgidum</i>).....	40
14. Figure 14 : Les grains du blé tendre (<i>triticum aestivum</i>).....	40
15. Figure 15 : Dispositif utilisé pour la germination (blé dur).....	41
16. Figure 16 : Dispositif utilisé pour la germination (blé tendre).....	42
17. Figure 17 : L'étuve utilisé pour la germination.....	42
18. Figure 18 : Localisation de complexe industriel et commercial Saïda.....	45
19. Figure 19 : Entrée du complexe industriel et commercial.....	46
20. Figure 20 : Silos de stockage de blé.....	46
21. Figure 21 : Les grains de blé dur après 24 heures.....	48
22. Figure 22 : Les graines de blé tendre après 24 heures.....	49
23. Figure 23 : Début de germination de blé dur (après 2 jours).....	49
24. Figure 24 : Début de germination de blé tendre (après 2 jours).....	50
25. Figure 25 : La germination après 3 jours (blé dur).....	50
26. Figure 26 : La germination après 3 jours (blé tendre).....	51
27. Figure 27 : La germination de blé dur après 7 jours.....	51
28. Figure 28 : La germination de blé tendre après 7 jours.....	52
29. Figure 29 : La germination de blé dur après 15 jours.....	52

Liste des figures

30. Figure 30 : La germination de blé tendre après 15 jours.....	53
31. Figure 31 : le nombre de grains germés (Blé dur et tendre).....	54
32. Figure 32 : pourcentage de taux de germination de blé dur et tendre.....	55
33. Figure 33 : Systèmes de déchargement souterrains.....	59
34. Figure 34 : Doseur de blé.....	60
35. Figure 35 : Vis horizontal pour le transport de blé.....	60
36. Figure 36 : Elevateur verticale pour le transport de blé.....	61
37. Figure 37 : Balance de blé.....	61
38. Figure 38 : Séparateur de blé.....	62
39. Figure 39 : Epierreur de blé.....	63
40. Figure 40 : Trieur de blé.....	63
41. Figure 41 : Brosse de blé.....	64
42. Figure 42 : Mouilleur de blé.....	66
43. Figure 43 : Les appareils cylindres.....	67
44. Figure 44 : Appareil cylindre (broyeur).....	68
45. Figure 45 : Appareil cylindre (convertisseur).....	69
46. Figure 46 : : Les micro céquelene.....	70
47. Figure 47 : La vallok.....	70
48. Figure 48 : Les plansichters de blé.....	71
49. Figure 49 : Les sasseurs de blé dur.....	72

Liste des tableaux

1. **Tableau 01** : Classification taxonomique du blé dur9
2. **Tableau 02** : Classification du blé tendre28
3. **Tableau 03** : Le nombre de graines de blé dur et de blé tendre qui ont germé en fonction des jours53

Liste des abréviations

Liste des abréviations

J.C : jésus christ.

mm : millimètre.

m : mètre.

% : pourcentage.

cm : centimètre.

°C : température.

pH : potentiel hydrogène.

kg/ha : kilogrammes par hectare.

µm : micromètre.

K₂O : oxyde de potassium.

P₂O₂ : pentoyde de phosphore.

Ca₀ : oxyde de calcium.

G% : Taux de germination.

NGG : le nombre des graines germées.

NTG : le nombre total des graines incubées.

MDG % : Germination moyenne journalière.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical line on the left and horizontal lines at the top and bottom. The corners are rounded and feature scroll-like flourishes.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction

Le blé, membre de la famille des Poacées, est une plante herbacée cruciale dans l'agriculture mondiale, principalement utilisée pour la production de farine. Cultivé à grande échelle, il représente l'une des cultures les plus importantes en termes de superficie cultivée et joue un rôle vital dans l'alimentation humaine. En tant que l'une des principales sources d'énergie alimentaire, le blé est largement consommé à travers le monde sous ses deux formes, dur et tendre, et est un ingrédient essentiel dans de nombreux produits alimentaires. La germination des graines de blé dépend de conditions environnementales optimales telles que l'humidité et la température.

Le blé dur (*triticum durum*) est une variété de blé caractérisée par ses grains durs et sa teneur élevée en protéines, ce qui le rend adapté à la production de produits de boulangerie et de pâtisserie de haute qualité. L'histoire de la culture du blé dur remonte aux temps anciens au Moyen-Orient, et sa culture s'est répandue pour inclure différentes régions du monde avec le développement des techniques agricoles. Le blé dur est le résultat de l'évolution génétique et de la sélection naturelle qui lui ont conféré ses caractéristiques uniques. La culture du blé dur constitue une partie importante de l'agriculture en Algérie, où l'environnement favorable favorise sa croissance et son développement. Le blé dur est classé dans la famille des Poacées et le genre *Triticum*. Le blé dur se distingue par sa plante robuste et résistante, ainsi que par son épi de grande taille portant des grains durs. Le cycle de vie du blé dur comprend les étapes de la plantation, de la croissance, de la floraison et de la maturité. Le blé dur nécessite des conditions spécifiques telles que des sols fertiles, de l'eau et de la lumière du soleil pour une croissance optimale. Le blé dur est soumis à des processus de transformation industrielle, notamment la mouture pour produire de la farine utilisée dans divers produits alimentaires. Le blé dur est une source riche en éléments nutritifs essentiels, ce qui contribue à soutenir la santé humaine et à maintenir la forme physique et la santé générale.

Le blé tendre (*triticum aestivum*) est une variété de blé caractérisée par ses grains tendres et une faible teneur en protéines, ce qui la rend plus adaptée à la production de produits tels que les gâteaux et les pâtisseries. L'histoire de la culture du blé tendre remonte aux

Introduction générale

temps anciens, où il constituait une partie importante de l'alimentation dans diverses civilisations. Le blé tendre est le résultat de l'évolution génétique qui l'a amené à se distinguer comme une variété distincte de blé. Le blé tendre est cultivé dans de nombreuses régions du monde et est particulièrement populaire dans les régions au climat tempéré. Le blé tendre est classé dans la famille des Poacées et le genre *Triticum*. Le blé tendre se caractérise par sa plante mince, ses petits épis et ses grains tendres. Le cycle de vie du blé tendre comprend les étapes de la croissance, de la floraison et de la maturité. La culture du blé tendre nécessite des conditions spécifiques en termes de sol, d'eau et de lumière solaire pour assurer une croissance et une production optimales. Le blé tendre est transformé en une variété de produits tels que des pâtisseries et des desserts en raison de sa faible teneur en protéines et de la tendreté de ses grains. Le blé tendre est une bonne source d'énergie et de glucides, et est utilisé dans la préparation de nombreux plats délicieux et nutritifs.

Notre objectif dans cette étude est de comparer le blé dur et le blé tendre, et d'analyser leurs similitudes et leurs différences pendant la phase de germination sous l'influence de facteurs spécifiques tels que la température et l'humidité. Nous visons également à comprendre les méthodes utilisées dans le processus de transformation du blé dur et du blé tendre, ainsi que les machines impliquées dans ce processus.

Le mémoire est divisé en deux sections principales :

1. La partie théorique :

- Le premier chapitre aborde les généralités sur le blé dur.
- Le deuxième chapitre aborde les généralités sur le blé tendre avec les mêmes titres que ceux du premier chapitre.

2. La partie pratique, La première partie se concentre sur le processus de germination des graines de blé dur et de blé tendre, en analysant les différences dans leur comportement de germination sous l'influence de différents facteurs, La deuxième partie se concentre sur le processus de transformation du blé dur et du blé tendre, en mettant l'accent sur les méthodes et les machines utilisées dans ce processus.

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that curves at the top and bottom. The text is centered within this border.

PARTIE 01 :

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

A decorative border resembling a scroll, with a large loop on the left side and a smaller loop on the top right. The border is a simple black line.

CHAPITRE 01 :
GENERALITES
SUR LE BLE DUR

1. Blé dur**1.1. Définition**

Le blé dur, scientifiquement connu sous le nom de *Triticum turgidum* ssp. Durum, appartient à la classe des Monocotylédones de la famille des Graminées, à la tribu des Triticées et au genre Triticum. En ce qui concerne sa production commerciale et son utilisation alimentaire, il est la deuxième espèce la plus importante du genre Triticum après le blé tendre. La famille à laquelle il appartient compte plus de 600 genres et plus de 5000 espèces, selon **(Feillet, 2000)**.



Figure 01 : Épi de blé dur (Intercéréales.com).

1.2. Historique et répartition géographique

Depuis les débuts de l'agriculture, le blé a constitué un pilier de l'alimentation humaine (**Ruel, 2006**). Les premières traces d'une graminée sauvage, ancêtre du blé, remontent à plus de 500 000 ans (**Mesrane, 2018**). La découverte du blé semble remonter à environ 15 000 avant J.C. dans la région du croissant fertile, qui comprend la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Irak, l'Iran et la Turquie (**Lev-Yadun et al., 2000**). Suggèrent botaniques, génétiques et archéologiques suggèrent que le berceau de la culture du blé se trouve dans une zone plus restreinte du croissant fertile (**Lev-Yadun et al., 2000**).

selon **Hervé, 1979**, Le blé a été l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au Proche-Orient il y a environ 10 000 à 15 000 ans avant J.C. D'après **Feldman, 2001**, la culture du blé s'est propagée vers le nord-ouest à partir des plaines côtières du bassin méditerranéen, atteignant les Balkans (Russie) avant de suivre la vallée du Danube jusqu'en Allemagne, puis s'établissant également dans la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 avant J.C. Des découvertes archéologiques indiquent que le blé a atteint l'ouest de l'Europe vers 5000 avant J.C. Parallèlement, il a été introduit en Asie et en Afrique. Son introduction en Amérique, et plus récemment en Australie, est relativement récente.

Jusqu'à récemment, on pensait que la domestication du blé avait eu lieu dans le Croissant fertile, englobant la vallée du Jourdain et des régions adjacentes de Palestine, de Jordanie, d'Iraq et parfois de la bordure ouest de l'Iran. Cependant, des études ont récemment suggéré, en se basant sur divers éléments botaniques, génétiques et archéologiques, que le berceau de la céréaliculture se trouve dans une zone plus restreinte du Croissant fertile, localisée autour de l'amont du Tigre et de l'Euphrate, dans les territoires actuels de la Syrie et de la Turquie (**Lev-Yadun et al., 2000**). Il est postulé que le blé dur provient de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman, 2001**).

1.3. Origine géographique

Selon **Hamed, 1979**, le berceau d'origine du blé se situe dans la région du Tigre et de l'Euphrate (l'actuel Irak), et par la suite, l'espèce s'est répandue en Égypte, en Chine, en Europe et en Amérique. En 1934, cette théorie a introduit pour la première fois la notion

d'origine géographique dans la classification, en distinguant clairement deux sous-espèces

- 1) Européum Vav., présente dans les Balkans et en Russie.
- 2) Mediterraneum Vav., trouvée dans le bassin méditerranéen.

Grignac, 1978, mentionne que le Moyen-Orient, où coexistent les deux espèces parentales, abrite de nombreuses formes de blé dur et est considéré comme le centre géographique d'origine du blé. L'espèce *Triticum durum* Desf. S'est différenciée dans trois centres secondaires distincts : le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de la Russie et le Proche-Orient. Physiologiques secondaire a donné naissance à des groupes de variétés botaniques présentant des caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques spécifiques (**Monneveux, 1991**).

La découverte du blé remonte à il y a 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du Croissant fertile, un vaste territoire comprenant la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de Jordanie, d'Iraq et la bordure ouest de l'Iran (**Ouanzar , 2012**).

Selon divers éléments botaniques, génétiques et archéologiques, il est soutenu que le berceau de notre agriculture céréalière se trouve dans une zone restreinte connue sous le nom de "Croissant fertile", située autour de l'amont du Tigre et de l'Euphrate, dans les régions actuelles de la Syrie et de la Turquie. Il est largement admis que le blé dur est originaire des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Irak et de l'Iran (**Mouellef, 2010**). De plus **Bonjean et Picard, 1990** affirment que l'Empire romain a joué un rôle majeur dans la propagation des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et occidentale. (**Figure 01**).

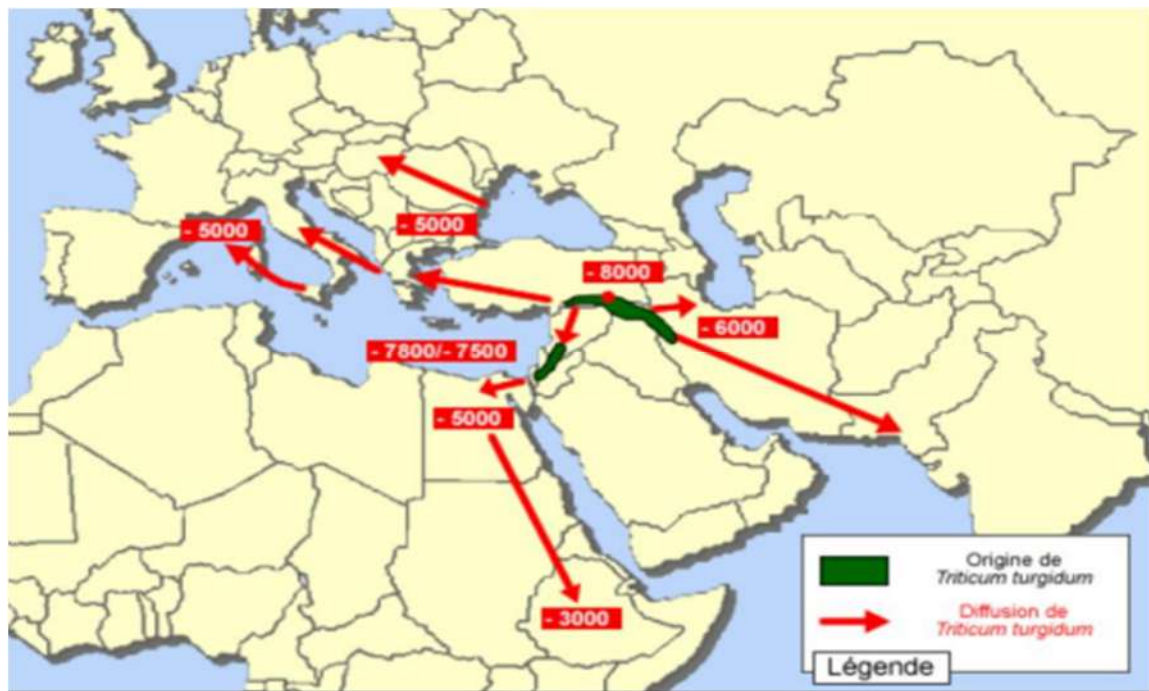


Figure. 02 : Origine de et diffusion *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001).

1.4 Origine génétique

Les études cytologiques et moléculaires suggèrent que les sous-espèces de *Triticum turgidum* ont émergé pour donner suite à une hybridation naturelle entre *Triticum monococcum* L. subsp. Boeoticum (Boiss) (synonyme : *Triticum urartu* : AA, 14 chromosomes) et une espèce de blé diploïde contenant le génome (B), dont l'identité reste inconnue selon (Feldman, 1976). D'après Kimber et Sears, 1987, une ou plusieurs des cinq espèces diploïdes de la section Sitopsis du genre *Triticum* pourraient avoir contribué au génome (B) des blés polyploïdes. selon Talbert et al., 1995, L'analyse moléculaire indique que le génome de *Triticum speltoides* présente une similitude plus prononcée avec le génome (B) du blé dur et du blé tendre. De plus l'analyse de l'ADN des chloroplastes suggère que *Triticum speltoides* est probablement l'espèce donneuse maternelle du blé dur, comme l'ont rapporté Wang et al., 1997. Le résultat de cette hybridation naturelle a donné naissance à l'amidonner sauvage (*Triticum turgidum* ssp. dicoccoides), qui a été ultérieurement domestiqué sous la forme du blé amidonnier (*Triticum turgidum* ssp. dicoccum). Ce dernier s'est répandu depuis le Proche-Orient

jusqu'aux grandes régions productrices de la Méditerranée et du Moyen-Orient, incluant l'Égypte et l'Éthiopie, comme l'indique **Feillet, en 2000**.

Le blé dur (*Triticum durum*) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 4x = 28$) avec sept paires de chromosomes homologues, dérivant de deux génomes différents : A et B. Le génome A provient du blé sauvage *Triticum urartu* Tum, également connu sous le nom de "einkorn" (*Triticum monococcum*) avec une constitution génomique diploïde AA (**fig3**). En revanche, le génome B provient de l'espèce sauvage, *Aegilops speltoides* Tausch, également diploïde (**Schuhwerk et al., 2011**).

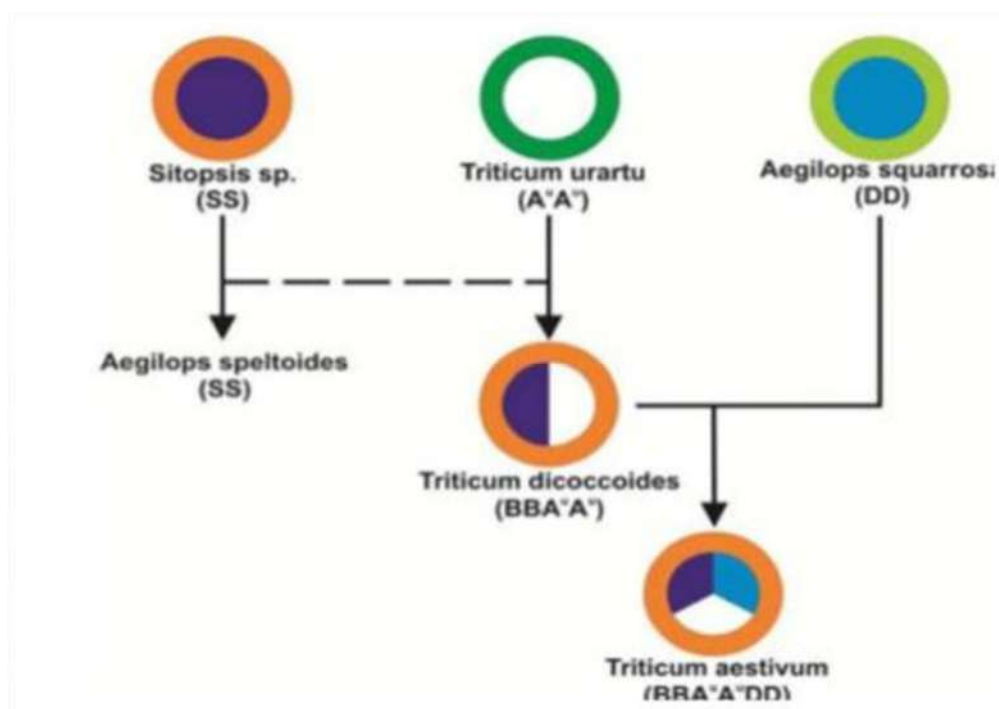


Figure 03 : Origines génétiques des différentes espèces de blé (**Schuhwerk et al., 2011**).

1.5 Etat de la culture du blé en Algérie

De manière schématique, la région de culture céréalière en Algérie est divisée en trois sous-zones en fonction de la pluviométrie annuelle totale et de l'altitude (**Hamadache, 2013**).

- La zone littorale où l'altitude est inférieure à 300 mètres et où la pluviométrie moyenne annuelle est égale ou supérieure à 600 mm.
- La zone sub-littorale où l'altitude varie entre 300 et 700 mètres et où la pluviométrie moyenne annuelle se situe entre 450 et 600 mm.
- La zone des Hauts-Plateaux où l'altitude dépasse les 700 mètres et où la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à 450 mm. Cette zone est caractérisée par la prédominance de la céréaliculture extensive.

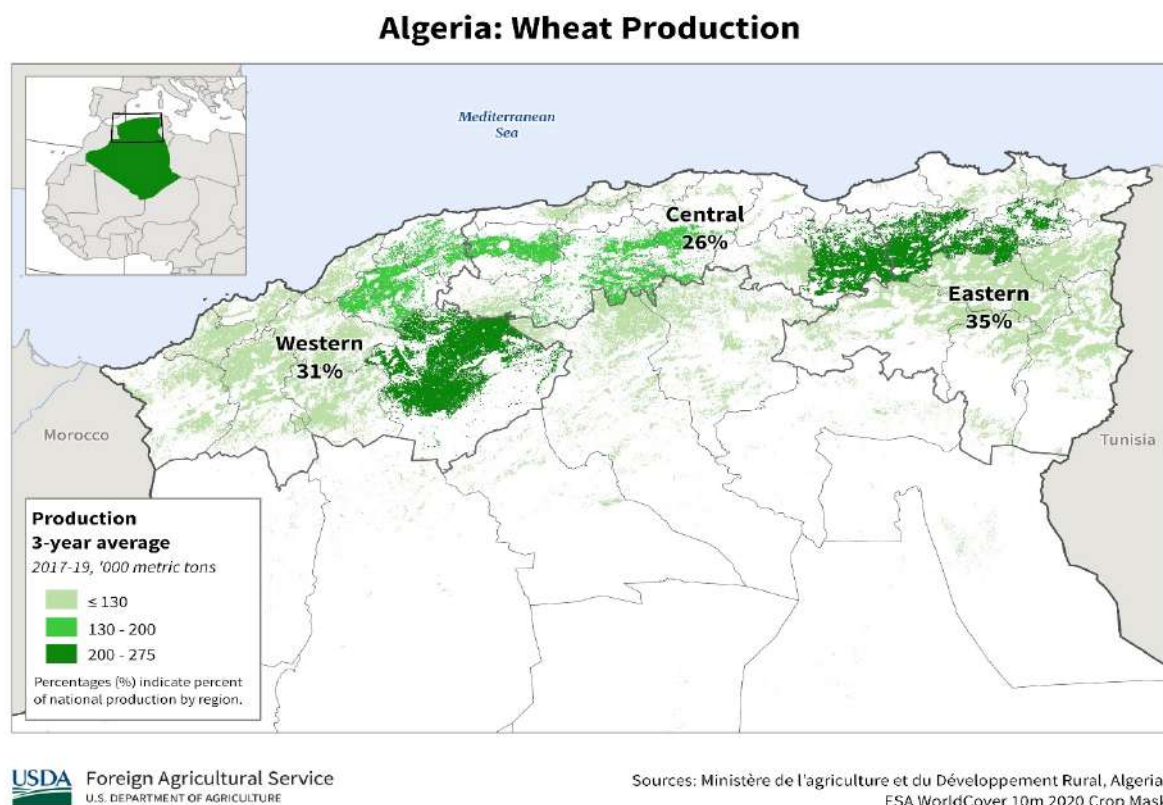


Figure 04 : Superficie, rendement et production de blé en Algérie(ipad.fas.usda.gov)

2 Classification botanique et description

2.1 classification

Le blé, une plante annuelle classée dans les Monocotylédones, l'ordre des Poales, et la famille des Graminées (Poacées), tribu des Triticées, genre *Triticum* (**tableau01**)

(Feillet, 2000 ; Bogard, 2011), fait partie d'une famille comprenant plus de 600 genres et 5000 espèces (Feillet, 2000).

Tableau01 : classification taxonomique du blé dur (Feillet, 2000).

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Tribu	Triticeae
Genre	Triticum
Espèce	Triticum durum Desf

2.2 description morphologique

Le blé est une plante annuelle herbacée qui donne naissance au grain, étant une graminée de taille moyenne pouvant mesurer jusqu'à 1,5 m selon les types de variétés (Bozzini, 1988). Son appareil végétatif se compose de parties aériennes et racinaires, (Gate et Giban, 2003) (figure 05).

Le système aérien se compose de diverses structures biologiques, notamment les talles, les feuilles et les gaines, comme illustré dans la figure 5 (Clarke et al., 2002). Une talle est formée par une tige feuillée ou un chaume portant une inflorescence à son extrémité (Clarke et al., 2002). Les feuilles sont simples, allongées, alternées, avec des nervures parallèles disposées en rangs alternés ou distiques le long de la tige. À la jonction de la gaine de la feuille se trouve une ligule mince et transparente, avec deux petites oreillettes latérales (Gate et Giban, 2003) (fig.5).

L'inflorescence du blé se présente sous forme d'un épi composé d'unités de base appelées épillets. Chaque épillet est une petite grappe renfermant d'une à cinq fleurs, chacune enveloppée par deux glumelles, une inférieure et une extérieure (fig.5).

Le grain de blé est un fruit sec dont les dimensions moyennes sont d'environ 6 à 8 mm de longueur et environ 3 mm de largeur et d'épaisseur (fig.5). Lorsqu'on le coupe, le grain révèle trois parties distinctes (Feuillet, 2000):

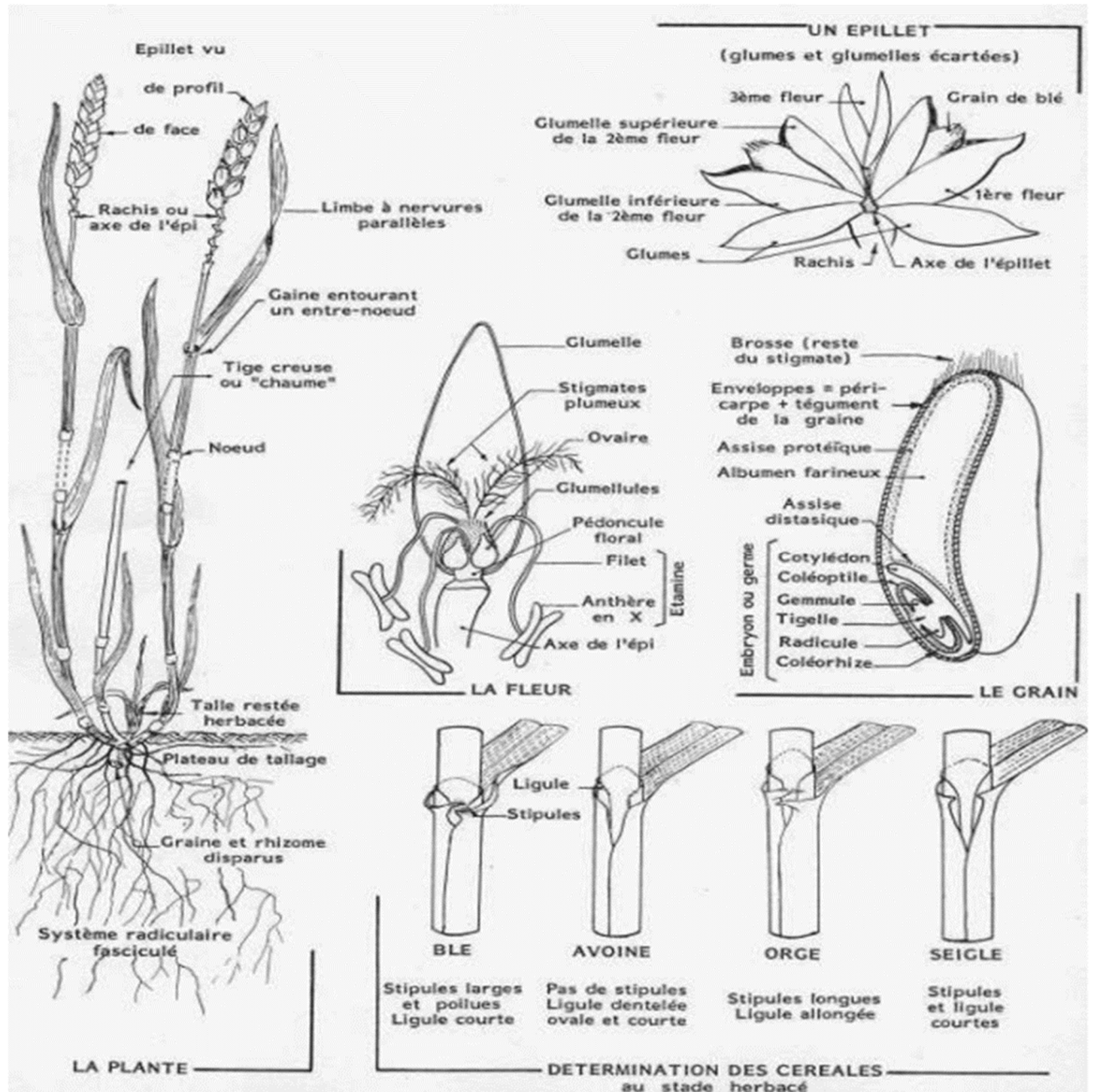


Figure 05 : Morphologie du blé (Soltner, 1998).

3. cycle de développement

En règle générale, toutes les céréales suivent un cycle de développement similaire, caractérisé par une série de changements phénologiques tout au long de la culture (**Bouffenaar et al., 2006**).

Le développement du blé est marqué par trois phases distinctes : la période végétative, la période de reproduction et la formation du grain, ainsi que la maturation (**figure 6**).

3.1 la période végétative

Elle englobe la période allant de la germination au tallage, débutant par la transition du grain d'un état de dormance à un état actif lors de la germination, marquée par l'émergence de la radicule et des racines primaires, ainsi que par l'élongation de la coléoptile (**Bouffenaar et al., 2006**). Cette phase se divise en trois étapes, chacune se prolongeant jusqu'au stade final du tallage, caractérisé par une croissance entièrement végétative (**figure 6**).

❖ Phase semis-levée

La germination du grain de blé débute dès qu'il absorbe 25 % de son poids en eau (**Grandcourt et Prats, 1970**). Elle se caractérise par l'émergence des racines primaires et la croissance de la coléoptile, qui s'ouvre pour permettre à la première feuille de se déployer vers la surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule tire sa subsistance des réserves de la graine (**Boulal et al., 2007**).

❖ Phase début tallage-stade plein tallage

Une fois que la première feuille a émergé de la coléoptile, cette dernière cesse de croître et se dessèche. La première feuille fonctionnelle s'allonge, suivie de la deuxième, de la troisième et de la quatrième, toutes se développant en positions alternées (**Boulal et al., 2007**).

Le tallage est un processus de croissance spécifique aux graminées, débutant au stade de la troisième feuille lorsque l'on observe un épaississement à environ 2 cm de la surface du sol, qui deviendra le futur plateau de tallage (**Grandcourt et Prats, 1970**).

❖ Phase de montaison

Durant cette étape, simultanément à la croissance des feuilles sur le brin principal, des talles émergent de manière synchronisée. Chaque talle primaire (celle issue des premières feuilles) engendre une talle secondaire, laquelle peut à son tour donner naissance à une talle tertiaire, selon **(Boulal et al., 2007)**.

Ce processus représente en réalité une ramification de la tige principale. De plus, de nouvelles racines se développent à la base du plateau de tallage (zone de sortie des talles), désignées comme racines secondaires, tandis que les racines primaires deviennent inactives **(Bozzini, 1988)**.

La phase se termine lorsque l'inflorescence jeune (apex) atteint environ 1 cm au-dessus du plateau de tallage, selon **(Boulal et al., 2007)**.

3.2 période reproductrice

La formation et l'apparition de l'épi signalent le début de cette phase, caractérisée par la différenciation de l'ébauche d'épillet au sommet **(figure 6)**. Cette étape marque la transition de la période végétative vers la fonction de reproduction **(Bouffenaar et al., 2006)**.

❖ Phase ébauches d'épillets (phase A-B)

Le commencement de cette phase est caractérisé par la différenciation de l'ébauche d'épillet au sommet, correspondant au stade A. Le stade B est identifié par l'émergence de deux renflements latéraux sur l'épillet, représentant les prémices des glumes **(Boulal et al., 2007)**.

❖ Phase montaison-floraison (anthèse)

L'épiaison se caractérise par la sortie de l'épi de la gaine de la feuille, suivie quelques jours plus tard de la fécondation et de l'anthèse. Les épis dégagés fleurissent généralement entre 4 et 8 jours après l'épiaison **(Bahlouli et al., 2005)**. La précocité de l'épiaison et de la floraison est un trait très recherché dans les environnements où les contraintes hydriques et thermiques sont fréquentes pendant la période de remplissage des grains **(Boulal et al., 2007)**.

3.3 période de maturation

Mazouz, 2006, a indiqué que cette étape se déroule en trois phases successives (figure06):

- **La première étape** : est définie comme une phase où les cellules du jeune grain, encore vert, se multiplient, et se conclut par le stade laiteux, où le grain s'écrase facilement pour laisser apparaître un liquide blanchâtre.
- **La seconde étape** : est concerné l'accumulation des assimilats, où le poids frais des graines continue à augmenter tandis que celui des tiges et des feuilles diminue, et se termine par le stade pâteux où le grain s'écrase pour former une pâte.
- **La dernière étape** : est caractérisée par une phase de dessiccation, pendant laquelle le grain devient dur et prend une couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique (Boufenar et Zaghoufane, 2006).

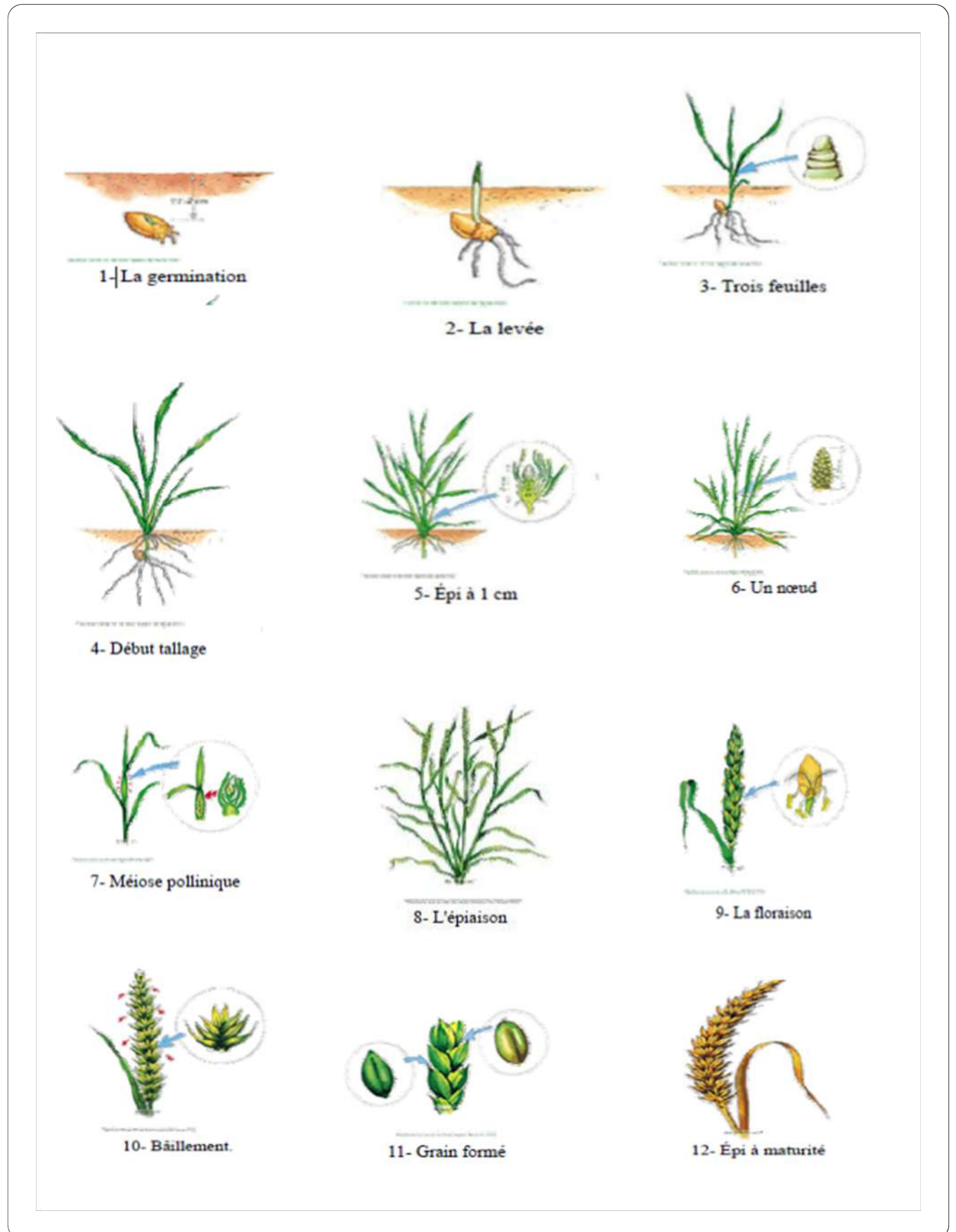


Figure 06: Les différents stades de développement du blé (Ait Slimane et Ait Kaki,2008).

4. Les exigences de la culture du blé dur

4.1 la température

Selon **Soltner, 1988**, le blé a une température de base de zéro très basse, à 0°C, et nécessite une chaleur élevée pour compléter son cycle végétatif. Il requiert un cumul total de température de 2300°C, réparti comme suit :

- 1) Semi-germination 150° c
- 2) Germination- tallage 500 °c
- 3) Tallage- floraison 850° c
- 4) Floraison-maturation 800° c

4.2 Eau

L'eau joue un rôle crucial dans la croissance des plantes. En plus d'être constitutive des cellules et d'être impliquée dans la synthèse des glucides sous l'influence de la chlorophylle, elle transporte également les éléments minéraux solubles présents dans la sève brute (**Soltner, 1990**).

4.3 Lumière

La lumière est un facteur crucial qui influe directement sur le processus de photosynthèse et le développement du blé. Un tallage optimal est assuré lorsque le blé est exposé à des conditions lumineuses optimales (**Bebba, 2011**).

4.4 Sol

Le blé dur nécessite un sol bien drainé et en bonne santé, tout en évitant un stress hydrique excessif, surtout pendant la période où les réserves dans le grain s'accumulent (**Abdellaoui et al., 2006**). Un sol bien structuré est donc crucial pour assurer une récolte saine et robuste (**Harrad et al., 2006**). Le pH optimal se situe entre 6 et 8, et la culture présente une tolérance modérée à la salinité du sol (**Doorenbos et al., 1987**). Les pratiques de travail du sol doivent être adaptées en fonction du précédent cultural, de la texture du sol et de la pente (**Alaoui, 2005**).

4.5 Fertilisation

L'azote est essentiel à la croissance et au développement des céréales à paille, étant un élément constitutif des composés organiques tels que les protéines, les vitamines et la chlorophylle. Une perturbation de l'apport en azote entraîne des plants chétifs, un tallage insuffisant, une diminution des rendements et une réduction de la teneur en protéines du grain (**Ait abdallah et al., 2014**). Pour obtenir de bons rendements, il est recommandé d'appliquer jusqu'à 150 kg/ha d'azote, 35 à 45 kg/ha de phosphore et 25 à 50 kg/ha de potassium (**Doorenbos et al., 1987**). **Alaoui, 2005** recommande de répartir l'apport en azote en 2 ou 3 applications.

5. Utilisation du blé dur (Les applications industrielles)

Le blé dur, l'une des céréales les plus importantes, est cultivé dans des régions semi-arides du monde telles que l'Afrique du Nord, l'Europe Méridionale, les plaines de l'Amérique du Nord et le Moyen-Orient (**ELIAS, 1995**). Sa texture dure permet d'obtenir des semoules lors du processus de mouture, lesquelles sont principalement utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires et du couscous (**JEANTET, 2007**).

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. Les pâtes sont en effet l'un des produits alimentaires de base pour une grande partie de monde, de même pour le couscous en Afrique du Nord. (**ELIAS, 1995**).

5.1 Industrie de 1^{ère} transformation (semoule)

5.1.1 La semoule

Selon **Codex Alimentarius, 1995**, la semoule est définie comme le produit résultant de la mouture des grains de blé dur (*Triticum durum*), où le son et le germe sont principalement éliminés, laissant le reste broyé à un degré de finesse approprié. La semoule complète de blé dur est obtenue par un processus de broyage similaire, mais avec la préservation du son et d'une partie du germe.

D'après **FORTIN, 1996**, le terme "semoule" fait référence au produit obtenu par la mouture des grains de blé, et plus spécifiquement à la farine granuleuse issue du blé dur

utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires. La semoule est également transformée en couscous, un terme qui désigne à la fois la graine et le plat national de trois pays d'Afrique du Nord : l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.

5.1.1.1 Classification de semoule

Il y a plusieurs catégories de semoules de blé dur, classifiées selon leur taille. En Algérie, on trouve plusieurs types de semoules, notamment :

❖ Semoules grosses (SG)

Les particules de cette semoule ont une dimension comprise entre 900 μm et 1100 μm , adaptée à un usage domestique.

❖ Semoules grosses moyennes (SGM)

Les particules de cette taille de semoule, variant de 550 μm à 900 μm , sont utilisées pour préparer la galette et le couscous.

❖ Semoules sassées super extra (SSSE)

Les dimensions de ces particules vont de 190 μm à 550 μm , ce qui les rend appropriées pour la fabrication de pâtes alimentaires.

❖ Semoules sassées super fines (SSSF)

Les particules ont une taille variant de 140 μm à 190 μm , et elles sont extraites des couches extérieures du grain (**Madani, 2009**).

5.1.1.2. Procédés de transformation du blé dur en semoule

Les étapes du procédé de fabrication de semoule de blé dur :

1) pré-nettoyage

Le blé pesé est dirigé vers le séparateur aspirateur, qui vise à éliminer les impuretés de différentes tailles du blé.

Le séparateur aspirateur se compose de trois tamis légèrement inclinés et est équipé d'un mouvement de va-et-vient avec une aspiration puissante pour éliminer les poussières.

- ✓ 1^{ère} tamis : Les grandes perforations permettent au blé de passer plus rapidement tout en retenant les impuretés les plus grosses.
- ✓ 2^{ème} tamis : Les perforations plus étroites permettent toujours au blé de passer à travers tout en retenant les déchets légèrement plus volumineux que ceux qui traversent le premier tamis.
- ✓ 3^{ème} tamis : Les perforations de taille inférieure au blé retenu permettent aux petites impuretés de passer et facilitent l'aspiration de la poussière présente dans le blé **(Feillet, 2000)**.

2) Nettoyage

D'après **(Feillet, 2000)**, cette opération est essentielle car elle vise à éliminer totalement les corps étrangers tels que les cailloux et les pierres, ce qui pourrait altérer l'aspect du produit final (la semoule). Ainsi, il est nécessaire de prendre des précautions particulières et d'adopter une grande rigueur lors du calibrage de la semoule.

a) Triage

Le blé est soumis à des trieurs à surfaces inclinées afin de séparer les grains ronds des pierres. Il est ensuite déplacé sur une surface vibrante inclinée pour éliminer les impuretés ayant le même diamètre que le blé mais une longueur différente. **(Boudreau et Menard, 1992 ; Feillet, 2000)**

b) Brossage

Après le triage, le blé est soumis à une opération de brossage visant à éliminer la poussière présente dans le sillon, effectuée à l'aide d'une brosse à blé. Cette machine fonctionne en faisant rouler le grain entre une paroi métallique, souvent en tôle perforée, et une brosse fixée sur un arbre tournant. La poussière est détachée du grain et aspirée à travers la tôle grâce à un système d'aspiration qui renvoie l'air dans un cyclone ou un filtre **(Boudreau et Menard, 1992)**.

c) Lavage

Le nettoyage du blé est souvent complété par le lavage, considéré comme la première étape de la préparation à la mouture. Cette opération implique généralement l'ajout d'une légère quantité d'eau pour laver le blé. Pendant le processus de lavage, les pierres et le

sable lourd tombent au fond et sont évacués, tandis que les grains de blé creux flottent et sont également évacués, **(Feillet, 2000)**.

d) Mouillage

Le mouillage consiste à humidifier le grain. Initialement, le grain de blé a une teneur en eau d'environ 11 ou 12%. Il est ensuite humidifié jusqu'à atteindre une humidité de 16,5 à 17%. Cette opération est réalisée en ajoutant simplement une certaine quantité d'eau au blé, **(Feillet, 2000)**.

3) Mouture

La structure anatomique du grain de blé est caractérisée par le repliement de toutes ses couches histologiques à l'intérieur du grain pour former le sillon. Cela conduit à l'élaboration d'un procédé original de première transformation du blé appelé procédé de mouture, qui implique les mêmes opérations unitaires après le nettoyage et la préparation des grains, quel que soit le type de blé considéré, **(Godon et William, 1998)**.

A. Broyage

Le broyage est une étape cruciale de la mouture du blé dur, tout comme pour le blé tendre. Son rôle est de séparer l'amande des enveloppes, tout en minimisant la production de sous-produits, **(Godon et William, 1998)**.

B. Blutage ou tamisage

Ce processus implique la classification des produits de mouture tels que le gros broyat, la grosse semoule, la semoule moyenne, la semoule fine, etc. Il est réalisé à l'aide d'une série de tamis contenus dans des compartiments, chaque tamis effectuant individuellement et directement une opération spécifique dans chaque cylindre. Chaque plansichter est désigné par un libellé tel que PB1, PB2, PB, etc., **(Feillet, 2000)**.

C. Sassage

Le sassage, effectué après le blutage, consiste à classifier les semoules en les faisant passer à travers des tamis appelés sasseurs. Cette étape vise à séparer les différentes semoules en fonction de leur granulométrie, **(Doumandji et al., 2003)**.

D. Convertissage

Au sein des minoteries, cette étape consiste à réduire en farine toutes les semoules propres et purifiées. Elle est effectuée à l'aide d'appareils cylindres appelés « convertisseurs », équipés de paires de rouleaux lisses. Chaque convertisseur est identifié individuellement par un numéro tel que C1, C2, C3, etc., (**Feillet, 2000**).

E. Désagrégage

Les semoules vêtues sont traitées par des appareils à cylindre munis de cannelures profondes appelés « dés agrégateurs ». Ces machines sont utilisées pour éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande des semoules vêtues. Les semoules sont classées en fonction de leur densité et de leur granulométrie, et celles rejetées au niveau du sas-seur sont appelées semoules vêtues (amande + enveloppes) :

-Lorsque l'amande prédomine, nous faisons référence aux émoules vêtues.

-Si les enveloppes prédominent, nous désignons cela comme des refus (**Feillet, 2000**).

5.1.1.3 Produits de la Mouture

Après les opérations de mouture du blé, différents produits de mouture seront obtenus, classés selon leur taille comme suit :

- La semoule : Les particules de semoule ont une taille supérieure à 150 μ m.
- La farine de blé dur : Caractérisé par une granulométrie de 180 μ m.
- Le son : la taille variable de 0.5 à 1 μ m (**Feillet, 2000**).

5.1.2 Amidonnerie-glutenerie

L'industrie des produits amylacés, tels que l'amidon de blé, de maïs et de pomme de terre, ainsi que les produits dérivés comme les caramels colorants et aromatiques, génère un chiffre d'affaires annuel de 10 milliards de francs. Ce chiffre est réparti entre le marché intérieur (40 %), l'Union européenne (45 %) et les pays tiers (15 %). En 1997, le solde net des exportations s'élevait à 3,4 milliards de francs (**Pierre, 2000**).

En 1997, la production mondiale de gluten de blé s'élevait à environ 500 millions de tonnes, avec la France, les États-Unis, l'Australie, les Pays-Bas et l'Allemagne comme principaux pays producteurs. La boulangerie est le principal utilisateur de cette production (**Pierre, 2000**).

Depuis quelques années, de nouvelles utilisations industrielles ont émergé, notamment la fabrication de bioplastiques à partir de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés incluent les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques offrent l'avantage d'être biodégradables et donc renouvelables par rapport à leurs homologues d'origine fossile (**Debiton, 2010**).

5.2 Industrie de 2^{ème} transformation (produit et consomal)

5.2.1 Pain

Au cours des cent dernières années, la consommation de pain en France a considérablement diminué. En 1850, elle était de 700 grammes par personne et par jour, puis elle est passée à 325 grammes en 1950. Au début du troisième millénaire, elle se situe autour de 160 à 170 grammes, plaçant ainsi la France dans une position moyenne par rapport aux autres pays européens. Les agriculteurs sont les plus grands consommateurs avec une moyenne de 70 kg par an, tandis que les cadres supérieurs et les professions libérales sont les moins gros consommateurs avec seulement 33 kg par an. En 1994, le marché européen du pain représentait un chiffre d'affaires de 230 milliards de francs, avec un volume de produits de panification estimé à 22,5 millions de tonnes (**Pierre, 2000**).

5.2.2 Biscuit

Malgré la reconnaissance de l'importance capitale de la farine dans la fabrication de la pâte, où elle demeure l'ingrédient principal, les biscuitiers rencontrent toujours des difficultés à définir précisément les caractéristiques des farines nécessaires. Ils estiment qu'aucun critère d'évaluation de la farine n'est véritablement décisif pour garantir une qualité biscuitière optimale. Par conséquent, les spécifications des farines destinées à la biscuiterie ne sont pas toujours clairement définies et varient considérablement d'un produit à l'autre ainsi que d'un fabricant à l'autre (**Zikara, 2002**).

Cependant, il serait incorrect de conclure que la biscuiterie utilise n'importe quelle farine pour chaque produit (**Zikara, 2002**).

5.2.3 Pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires, ou pâtes tout court, sont un terme général désignant de nombreux produits fabriqués à partir de pâte non fermentée.

De plus, elles peuvent être conservées facilement et pendant une longue période. Les pâtes alimentaires sont composées de semoule de blé dur ou de farine de blé tendre, auxquelles on ajoute de l'eau, puis on soumet cette pâte à des transformations mécaniques telles que le mélange, le pétrissage, l'extrusion et le séchage (**Boulfdjghal et al., 2007**).

Les principales variétés produites sont :

- Les pâtes pleines, préparées par extrusion (vermicelles, spaghettis, nouilles, tagliatelles),
- Les pâtes creuses extrudées (coudes, coquilles, coquillettes, etc.),
- Les pâtes roulées ou découpées (langue d'oiseau, lettres et caractères, etc.),

Ces variétés sont classées en trois familles qui sont :

- Les pâtes longues 20 % de la production environ,
- Les pâtes courtes 45 % de la production environ ,
- Les pâtes potages 35 % de la production environ (**Zikara, 2002**).

5.2.4 Couscous

Le couscous est fait à partir de semoule de blé dur mélangée avec de l'eau potable, puis soumise à des traitements physiques comme la cuisson et le séchage selon (**Codex Alimentarius, 1995**).

Depuis les années 60, le couscous a quitté progressivement son lieu traditionnel de préparation, la maison, pour être soit façonné à la main par des artisans vendant leurs produits, soit produit de manière industrielle et distribué via les grossistes, les supermarchés et les épiceries, (**Zikara, 2002**).

6. Intérêt biologique de blé dur (La santé)

Le blé dur (*Triticum durum*) est un type de blé connu pour sa teneur élevée en protéines et en gluten.

C'est une bonne source de glucides, de protéines et de petites quantités de vitamines et de minéraux comme le fer, le zinc et les vitamines B. Il est également riche en antioxydants et en acides aminés essentiels, ce qui en fait un aliment précieux pour les végétariens et les végétaliens.

Le blé dur est couramment utilisé dans la production de pâtes et de couscous, ainsi que dans des plats traditionnels tels que la semoule et le pain. Il est également utilisé dans certains céréales petit-déjeuner et snacks. La forte teneur en gluten du blé dur confère aux pâtes et aux autres produits qui en sont faits une texture et une couleur jaune distinctes en raison de la présence de caroténoïdes dans l'endosperme du blé. Et une riche en gluten. Ainsi, il est inadapté aux personnes sensibles au gluten ou atteintes de la maladie cœliaque. Il peut être apprécié dans le cadre d'une alimentation équilibrée, associé à des légumes, des sources de protéines maigres et des graisses saines.

Est une excellente source de vitamine B1 (thiamine), de vitamine B3 (niacine) et de vitamine B6 (pyroxidine).

Il contient également une bonne quantité de vitamine B5 (acide pantothénique) et de vitamine B9 (folate), ainsi que de la vitamine B2 (riboflavine) et de la vitamine E (**Catherine Toledo, 2023**).



CHAPITRE 02 :

GENERALITES

SUR LE BLE

TENDRE



1. Blé tendre

1.1 Définition

Le blé tendre, également connu sous le nom scientifique *Triticum aestivum*, est une plante monocotylédone appartenant à la famille des Graminées. Elle fait partie de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En ce qui concerne sa production commerciale et son utilisation dans l'alimentation humaine, cette espèce est la plus importante parmi les variétés du genre *Triticum*, avec un nombre considérable de variétés. Elle est caractérisée par un nombre chromosomique de 42 ($2n = 4X = 42$ chromosomes), ce qui en fait un blé hexaploïde (Codou-David, 2018).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est largement cultivé à l'échelle mondiale en tant qu'une des cultures alimentaires les plus importantes (Khamssi et Najaphy, 2012). Comparé à d'autres céréales, il constitue une source significative de calories et de protéines dans l'alimentation quotidienne humaine, et il joue un rôle majeur dans le commerce mondial. Sa capacité et sa supériorité dans la fabrication du pain sont bien établies et documentées (Tayyar, 2010).



Figure 07 : blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Sari et al., 2015).

1.2 Historique et répartition géographique

Le terme "céréale" trouve son origine dans "ceres", le nom de la déesse préromaine associée à la récolte et à l'agriculture. Les céréales, qui sont des grains ou des graines comestibles appartenant à la famille des herbes, les Graminées (**McKevith, 2004**).

La domestication se produit à travers une série de décisions, qu'elles soient conscientes ou non, qui favorisent les mutations spontanées visant à améliorer la culture, la récolte, ainsi que les qualités de consommation et de conservation du produit récolté (**Varoquaux et Pelletier, 2002**).

L'épopée du blé accompagne celle de l'humanité et de l'agriculture; sa culture précède même l'histoire et définit l'agriculture néolithique, qui a émergé il y a environ 9000 ans. Le moment décisif a été l'apparition de plantes dont les épis et les grains restaient attachés, facilitant ainsi leur récolte et leur culture; fortuitement, ces graines étaient comestibles, riches en énergie, faciles à conserver et à transporter, ce qui a été bénéfique pour l'humanité (**Feillet, 2000**).

Les produits du blé tendre, tels que les pâtes, les nouilles et surtout le pain, sont très attrayants en raison de leur saveur agréable, de leur longue durée de conservation et de leurs caractéristiques uniques, ce qui les distingue des autres céréales (**Nelson, 1985**).

1.3 Origine géographique

Le blé est originaire de la vallée de la Somalie ainsi que des plaines mésopotamiennes bordant les fleuves Tigre et Euphrate, dans la région connue sous le nom du Croissant Fertile (**Smith et Wayne, 1995**).

La plupart des études archéologiques confirment que les origines du blé remontent aux régions du Croissant Fertile (**Harlan, 1976 ; Badr et al., 2000 ; Bonjean, 2001**).

La domestication du blé a été réalisée grâce à l'ensemencement de graines issues de graminées sauvages, suivies de cycles de culture et de récolte répétés. La sélection des formes mutantes présentant des épis rigides qui restent intacts lors de la récolte, un nombre accru de grains, et une propension des épillets à rester attachés à la tige jusqu'à la récolte a marqué le début de l'agriculture moderne (**Dubcovsky et al., 1997**).

Le blé a atteint l'Europe occidentale il y a environ 5000 ans avant J-C, et dans le même temps, il s'est propagé vers l'Asie et l'Afrique. Cependant, son introduction en Amérique, en particulier celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.), est relativement récente. Les Espagnols l'ont introduit au Mexique en 1529, tandis que les Anglais ont introduit le blé en Australie à partir des réservoirs génétiques européens en 1788 (Doussinault et al., 2001). (figure 08)

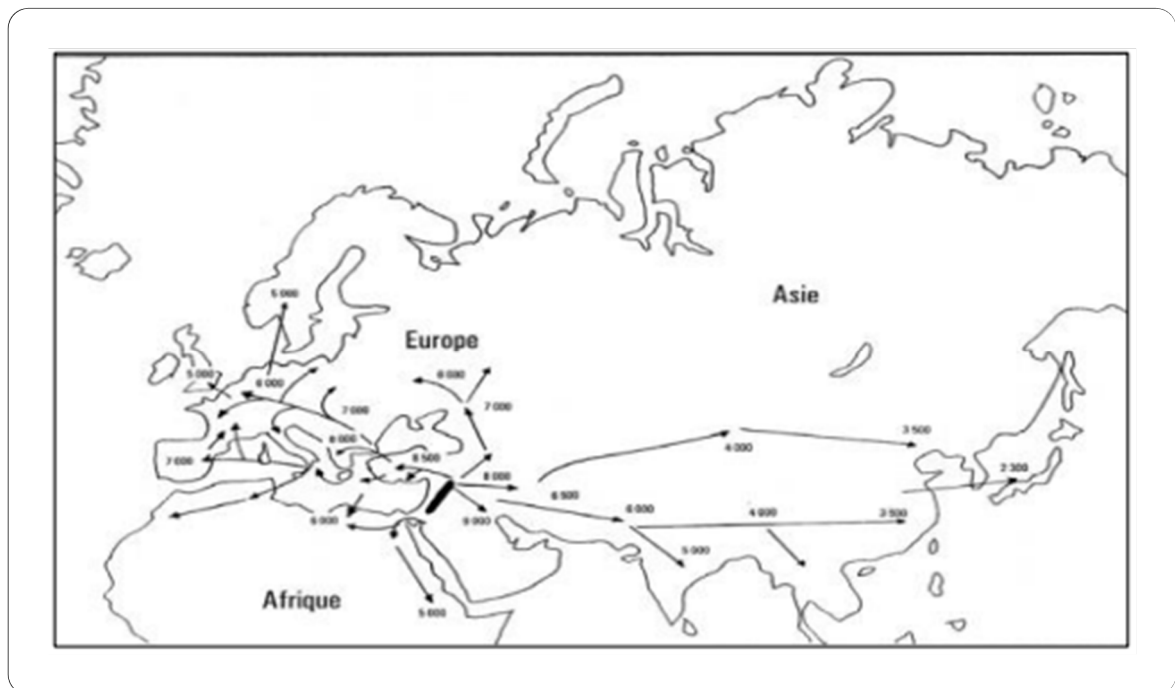


Figure 08 : Carte de la diffusion de la culture de blé (dates par rapport aujourd'hui). (Bonjean, 2001).

1.4 Origine génétique

Le blé, une monocotylédone, appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. Il est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscant, appelé caryopse, composé d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000).

Le genre *Triticum* fait partie de la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées, et il est inclus dans le groupe plus large des angiospermes monocotylédones (Bolot et al., 2009).

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995). Les botanistes classent le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ($2n=42$) (Bonjean, 2001). Il est très probable que le blé hexaploïde *Triticum aestivum* avec un génome (BBAADD) n'ait émergé qu'après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (Chantret et al., 2005) (Figure 09).

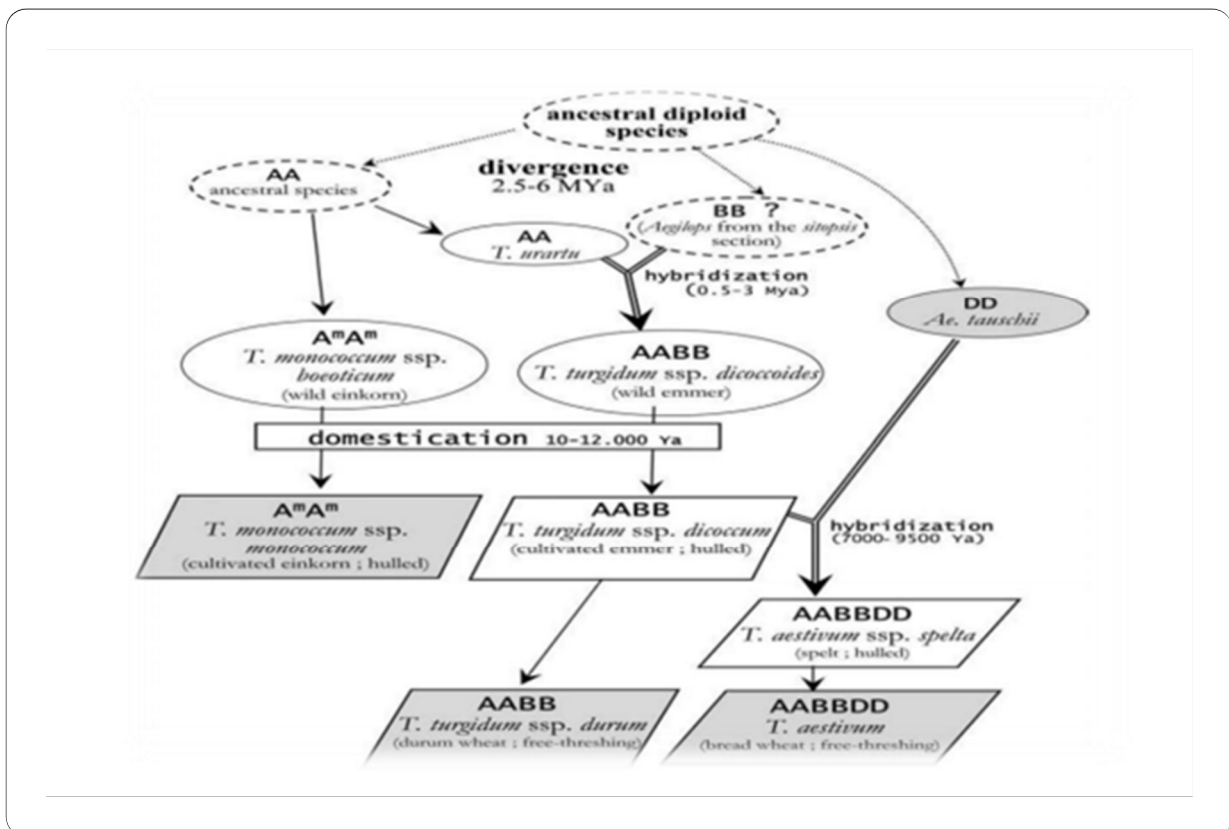


Figure 09 : Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé (*Triticum* and *Aegilops*) (Chantret et al., 2005).

2. Classification botanique et description

2.1 Classification

D'après **Doumandji et al. 2003**, le blé tendre peut être classé comme suite (**tableau 02**) :

Tableau 02 : Classification du blé tendre (**Doumandji et al., 2003**)

Règne	Plantae (Règne végétale).
Division	Magnoliophyta (Angiospermes).
Classe	Liliopsida (Monocotylédons).
S / classe	Commelinidae.
Ordre	Poale.
Famille	Poaceae (ex Graminées).
S /famille	<i>Triticeae.</i>
Tribu	<i>Triticeae (Triticées).</i>
S / tribu	<i>Triticinae.</i>
Genre	<i>Triticum.</i>
Espèce	<i>Triticum aestivum L.ou Triticum vulgare.</i>

2.2 Description morphologique

Le blé tendre est une plante annuelle appartenant à la classe botanique des Monocotylédones et à la famille des Poaceae. Il est autogame et possède un appareil végétatif herbacé comprenant un système racinaire fasciculé bien développé, une tige creuse appelée chaume dont les entre-nœuds s'allongent uniquement lors de la montaison, et des feuilles engainantes à nervures parallèles émanant de chaque nœud (**Ahmadi et al., 2002**).

L'inflorescence est constituée de 15 à 25 épillets, chacun contenant 3 à 4 fleurs hermaphrodites. Cette particularité fait du blé une plante autogame, où la fécondation se produit à l'intérieur des glumelles avant que les étamines ne soient visibles à l'extérieur, garantissant ainsi une parfaite conservation de la pureté variétale d'une génération à l'autre (**Soltner, 2012**).

Chaque fleur est soutenue par un court pédicelle et est enveloppée entre deux bractées appelées glumelles. La fleur hermaphrodite est composée de trois étamines, chacune se terminant par une anthère en forme de X, ainsi que d'un pistil comprenant un seul ovaire et deux styles, chacun se terminant par un stigmate plumeux (Ahmadi et al., 2002).

Le fruit sec du blé tendre est à la fois une graine et un fruit ; il s'agit d'un caryopse nu et indéhiscent dont les parois sont fusionnées à celles de la graine. La majeure partie du grain est constituée de l'albumen ou de l'amande, représentant 83 à 85% de son poids. L'albumen est principalement composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. Dans le cas du blé tendre, l'albumen est farineux et sa coupe facile révèle une texture blanche et mate (Soltner, 2012).

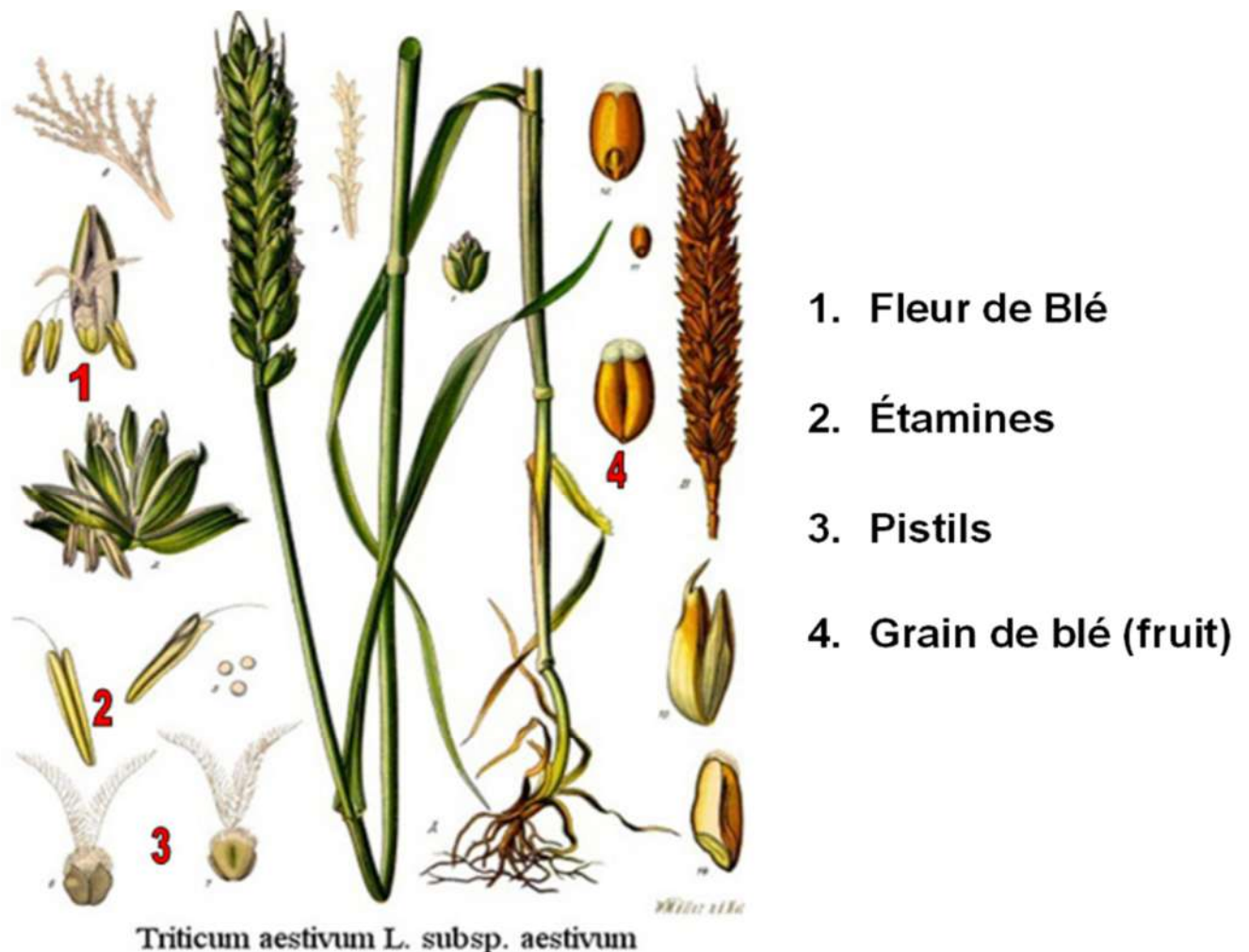


Figure 10 : Morphologie du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Gorgues, 2016).

3. Cycle de développement

Le développement agricole englobe toutes les transformations phénologiques observées tout au long du cycle de croissance des cultures (**Boulal et al., 2007**). Le cycle de croissance du blé se compose de différentes phases végétatives, au cours desquelles la plante évolue d'un stade végétatif à un autre et développe de nouveaux organes, (**Ouanzar, 2012**).

En règle générale, toutes les céréales suivent un cycle de développement similaire, et le déclenchement des stades de développement dépend principalement des températures et des photopériodes accumulées par la culture depuis sa germination, (**Benchikh, 2015**). En outre, on peut distinguer trois périodes clés :

- ❖ Période végétative : qui s'étale de la germination à la montaison (**Hennouni, 2012**).
- ❖ Période reproductrice : qui s'étale du tallage à la fécondation (**Bebba, 2011**).
- ❖ Période de maturation : qui s'étale de la fécondation à la maturation du grain (**Bachir Bey et al, 2015 ; Fritas, 2012**).

3.1 Période végétative

3.1.1 Phase germination-levée

La période de levée, ou phase semis-levée, représente la période entre la date de semis et la date de levée, et comprend trois étapes successives : la germination, marquée par le passage de la graine de l'état de dormance à l'état de croissance active, l'élongation du coléoptile, et enfin l'émergence de la première feuille (**Gate, 1995**).

3.1.2 Stade de tallage

Le tallage débute lorsque la plante développe trois à quatre feuilles. Ce stade débute par l'émergence d'une nouvelle tige sur le maître-brin, à l'aisselle de la feuille la plus mature. D'autres tiges, appelées talles primaires, émergent des bourgeons situés à l'aisselle des feuilles de la tige principale. À leur tour, d'autres talles, appelées talles secondaires, apparaissent de la même manière sur les bourgeons des feuilles des talles primaires. Ce processus peut se répéter avec l'émergence de talles tertiaires, selon la description de (**Gate, 1995**).

Des études ont montré le tallage est considéré comme un trait variétal, toutefois son développement est également influencé par plusieurs facteurs tels que la quantité d'engrais azoté utilisée, la date de semis et la température, qui détermine la période propice au tallage (Clément-Grandcourt et Prats, 1971 ; Clark *et al.*, (2002)

3.2 Période reproductrice

3.2.1 Phase montaison-gonflement

À ce stade, les plantes se redressent et les parties florales commencent à se différencier. Le maître brin ainsi que les talles herbacées s'allongent suite à l'élongation des entrenœuds, formant ainsi une tige couronnée en épi. Les tiges les plus jeunes vont régresser en raison de la compétition avec les talles-épi, et elles entament leur processus de sénescence avant de mourir (Clément-Grandcourt et Prats, 1971 ; Gate, 1995).

3.2.2 Phase épiaison-floraison

Cette étape se caractérise par la méiose pollinique et la rupture de la gaine, permettant à l'épi de se déployer hors de la feuille étendard. Les épis, une fois sortis de leur gaine, fleurissent généralement entre 4 et 8 jours après l'épiaison, et le nombre de grains par épi est alors déterminé (Bozzini, 1988). C'est à ce moment que se termine la formation des organes floraux (anthèse) et que se produit la fécondation. Cette phase est considérée comme atteinte lorsque 50% des épis sont partiellement sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995). Elle marque le pic de croissance de la plante, qui a alors produit environ trois quarts de sa matière sèche totale, et cette croissance dépend étroitement de la nutrition minérale, de la photosynthèse et de la transpiration, influençant ainsi le nombre final de grains par épi (Masle-Meynard, 1980).

3.3 Période de la maturation du grain

Cette période se divise en trois stades successifs : le stade du grain laiteux, où les enveloppes des grains à venir se forment, suivi du stade du grain pâteux, marqué par le remplissage des cellules par la translocation des assimilats provenant de la photosynthèse, et enfin le stade de maturité physiologique, où il n'y a plus de transfert de matière sèche vers le grain et où le poids sec final du grain est atteint (Gate, 1995).

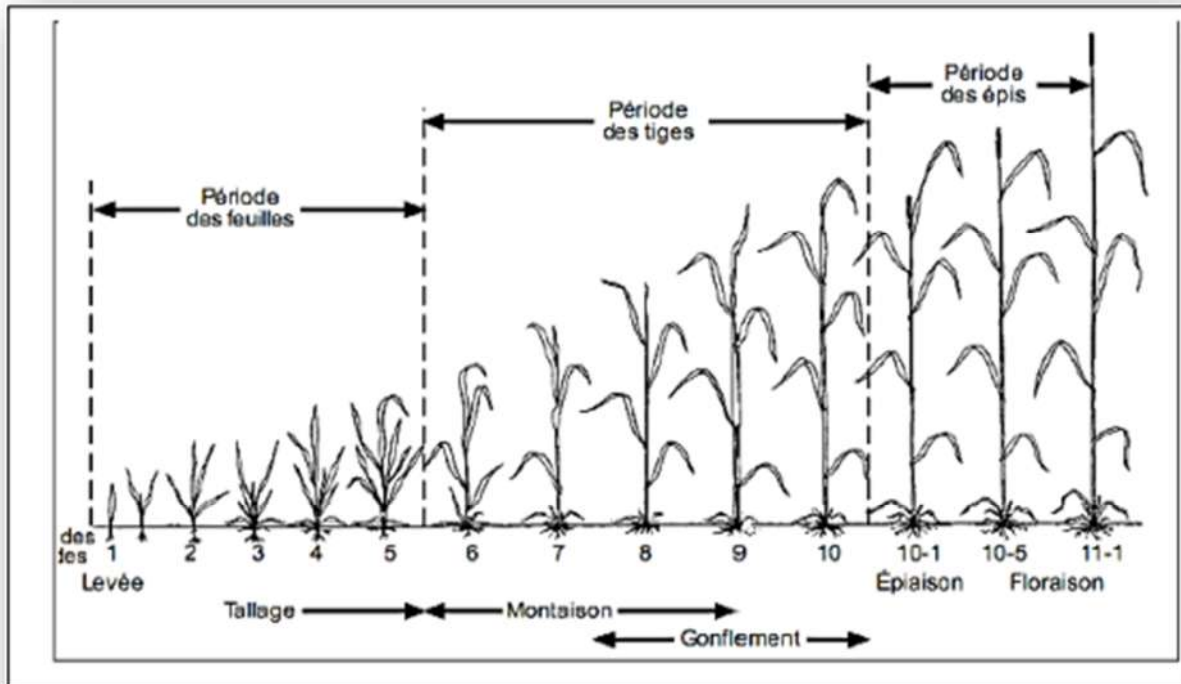


Figure 11 : Cycle de développement du blé tendre (Zadoks et *al.*, 1974).

4. Les exigences de la culture de blé tendre

4.1 Exigences climatiques

4.1.1 Température

Une température de 5°C est requise pour la germination, tandis que la température quotidienne moyenne optimale pour la croissance au stade de tallage varie entre 18 et 20°C. Il est particulièrement sensible aux températures élevées, surtout pendant la phase de maturité (Akdif et Goudjil, 2001).

4.1.2 Eau

Dès le début de la germination, l'approvisionnement en eau peut devenir un élément crucial limitant la croissance du blé. Pour amorcer ce processus, la graine de blé doit absorber une quantité spécifique d'eau. Bien qu'elle puisse absorber jusqu'à 40 à 60 % de son poids, la germination démarre à partir de 25 % d'absorption. Ensuite, à partir de la phase de reproduction, l'eau peut toujours représenter un facteur limitant.

D'un point de vue agricole, on peut donc identifier deux périodes critiques majeures durant la croissance du blé :

- L'une se situant dans les 20 jours qui précèdent l'épiaison.
- L'autre se situant au moment de la maturation, tout particulièrement pendant le palier hydrique (**Moule, 1971**).

4.1.3 Lumière

Un élément climatique essentiel qui influence directement la photosynthèse et le développement du blé, un tallage optimal est assuré lorsque le blé est exposé aux conditions d'éclairage optimales (**Soltner, 1988**).

4.2 Exigences agrologiques

4.2.1 Type du sol

Les sols idéaux pour la culture du blé sont les limons argilo-calcaires et argilo-siliceux en raison de leur structure généralement favorable, de leur profondeur, de leur capacité d'absorption élevée, et de leur pH proche de la neutralité. Cependant, les sols très riches en humus, tels que les tchernozems ukrainiens, caractérisés par leur couleur noire, leur bonne aération et leur capacité à nitrifier de manière régulière, sont considérés comme les meilleurs sols à blé au monde (**Moule, 1971**).

4.2.2 Besoins en éléments fertilisants

Malgré les variations des données selon les sources, en raison de l'impact des conditions environnementales, notamment l'approvisionnement en eau, sur la composition des grains et des pailles, on peut estimer les besoins en quantité d'azote par quintal de récolte fraîche totale (grain + paille) à :

- 2,1 à 2,7 kg d'azote
- 2,2 à 4,8 kg de K₂O
- 1,0 à 1,6 kg de P₂O₂
- 0,5 à 1,0 kg de CaO (**Moule, 1971**).

5. Utilisation du blé tendre (Les applications industrielles)

Le blé tendre, également connu sous le nom de froment (*Triticum aestivum L.*), est utilisé pour produire de la farine qui est ensuite utilisée dans la fabrication de pains (panification) ainsi que dans la production de produits de biscuiterie (pâtisserie, viennoiserie).

Le blé tendre peut également être utilisé à des fins non alimentaires, comme la production de bioéthanol.

Au niveau mondial, la France domine largement la production de blé tendre, représentant 95% de la production mondiale (Erhart, 2016).

5.1 Industrie de 1^{ère} transformation (Farine)

5.1.1 Farine

La farine de blé est obtenue à partir des grains de blé ordinaires *Triticum aestivum L.* ou blé ramifié, *Triticum compactum Host.*, ou d'un mélange des deux, par des procédés de mouture ou de broyage dans lesquels une partie du son et du germe est enlevée, laissant le reste réduit en une fine poudre (Codex Alimentarius, 2007).

Le terme "farine" désigne spécifiquement la farine de blé tendre. C'est le produit obtenu en broyant et en nettoyant l'amande du grain de froment.

La farine est obtenue par la mouture des grains de céréales adaptés à la panification, qui ont été préalablement nettoyés, sans autre modification que la suppression partielle ou totale des grains et de leur enveloppe (Djelti, 2014).



Figure 12 : Farine de blé tendre (academiedugout.fr).

5.1.1.1 Procédés de transformation du blé tendre en farine

1. Nettoyage

Avant d'être envoyés au premier broyeur, il est essentiel de nettoyer les grains de blé en éliminant toutes leurs impuretés telles que les graines étrangères, les graines d'autres céréales, les pailles, les pierres, les pièces métalliques et les déchets d'animaux. De plus, il est recommandé de retirer les grains de blé mal venus susceptibles de compromettre la qualité des farines. Ces étapes doivent être réalisées avec précaution afin de prévenir toute blessure ou casse des grains (Feuillet, 2000).

2. Préparation du blé (conditionnement)

Une fois nettoyé, le blé doit être préparé de manière à simplifier la séparation du son et de l'amande, ainsi que son broyage ultérieur (Feuillet, 2000).

D'après Doumandji et al., 2003, la préparation du blé se compose des étapes suivantes:

- a) Mouillage ou humidification du grain :** Pour préparer le blé, il est nécessaire de l'amener à une humidité de 16 % voire même 17 %, ce qui est réalisé en ajoutant de l'eau au blé.

- b) **Conditionnement ou temps de repos** : Permettre à l'eau de s'infiltrer dans les grains et de se répartir uniformément dans la farine. Ce processus de repos peut se dérouler dans des "boisseaux de repos" ou des conditionneurs-sécheurs spéciaux, où le blé reste pendant 18 à 36 heures. À la sortie du conditionneur, le blé doit reposer pendant environ 4 à 8 heures.
- c) **Brossage** : Juste après le conditionnement, la brosse en fonctionnement synchronisé avec le moulin assure un nettoyage optimal des grains juste avant le broyage.
- d) **Pesage** : Le blé est pesé à l'aide d'une bascule automatique pour obtenir son poids exact avant d'être transformé en farine.

3. Mouture

Le processus de mouture, qui est essentiel dans la transformation des grains de blé en farine et semoule, implique deux étapes principales : la fragmentation des grains pour séparer l'amande des enveloppes et réduire l'amande en farine, ainsi que la séparation des constituants pour trier les sons et les enveloppes en fonction de leur taille et de leurs propriétés aérodynamiques. Chaque étape de broyage est suivie d'un tamisage pour classifier les produits avant de les diriger vers l'équipement suivant (**Feuillet, 2000**).

3.1 Principales opérations effectuées dans un moulin

- a) **Broyage** : La séparation graduelle de l'albumen et des parties périphériques (enveloppes et couche à aleurone) des grains est réalisée en les écrasant et en les cisailant entre des cylindres cannelés, (**Boutroux, 1897 ; Ladraa, 2012**).
- b) **Claquage et Convertissage** : Cette étape consiste à réduire la taille des grosses semoules en les écrasant entre des cylindres lisses, **Feuillet (2000)**. Ensuite, la farine de broyage est dirigée sur des rouleaux lisses pour un écrasement progressif qui la sépare du germe. La farine résultante, appelée farine de convertissage, est très fine et blanche, (**Roudaut et Lefrancq 2005**).
- c) **Blutage** : Ce processus permet de trier les produits selon leur taille. Lorsque les éléments passent à travers le tamis, on parle d'extraction, tandis que ce qui reste sur le tamis est appelé refus, **Doumandji et al. (2003)**. La séparation des produits de mouture, tels que les semoules, les farines et les sons, est effectuée en fonction de leur taille (granulométrie), (**Ladraa, 2012**).

d) Sassage : C'est une étape intermédiaire entre le broyage et le claquage, visant à purifier et à classer les produits destinés au claquage. Cette opération permet la purification des semoules par tamisage densimétrique (séparation selon leur densité) et volumétrique (séparation selon leur taille), (**Boudroux, 1897 ; Feuillet, 2000**).

5.2. Industrie de 2^{ème} transformation (produit et consomal)

La plupart des utilisations du blé tendre sont destinées à l'alimentation humaine et animale. Dans le domaine de l'alimentation humaine, le blé dur est utilisé pour la biscuiterie, la production de semoule et de pâtes, tandis que le blé tendre est principalement transformé en farine dans les moulins pour la fabrication de pain, de viennoiseries et de pâtisseries. En plus de ces utilisations traditionnelles, de nouvelles applications industrielles du blé émergent, telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon, ainsi que l'utilisation de l'amidon comme épaississant alimentaire et dans l'industrie pharmaceutique grâce à la chimie.

Depuis plusieurs années, l'amidon dérivé du blé tendre est employé comme matière première dans la production de biocarburants (**Debiton, 2010**).

6. Intérêt biologique de blé tendre (La santé)

Le blé est une source riche en fibres qui favorise le transit intestinal et contient des phytostérols, utiles pour réduire le cholestérol. Il agit également comme un puissant antioxydant naturel, combattant le vieillissement et les dommages causés par les radicaux libres. Ses nutriments sont bénéfiques pour la santé osseuse, l'anémie et le rachitisme.

Utilisé en cataplasme, le blé favorise la cicatrisation des plaies et peut être utilisé pour traiter les furoncles, les panaris et les anthrax.

Les troubles mentionnés incluent la gastro-entérite, la constipation, le rachitisme, la déminéralisation, l'anémie, le rhume, la toux et les problèmes de prostate.

Des recherches cliniques ont prouvé que l'ingestion quotidienne de son de blé est une mesure préventive efficace contre certains cancers, en particulier le cancer du côlon. De

plus, la consommation de grains entiers améliore la sensibilité à l'insuline chez les personnes diabétiques(**Cardenas, 2017**)

A decorative border resembling a scroll, with a large loop on the left side and a smaller loop on the top right. The border is a simple black line.

PARTIE 02 :

ETUDE

EXPERIMENTALE

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a central horizontal line. The top and bottom edges have a slight curve, and the left and right edges have a small loop-like detail at the top and bottom respectively.

CHAPITRE 03 :

MATERIEL ET

METHODES

Dans cette étude, nous avons mené une comparaison appliquée entre le blé dur et le blé tendre, en nous concentrant sur trois aspects principaux : la germination, les transformations industrielles .on a analysé la performance des deux types aux stades de la germination et de la croissance, et nous avons étudié les différences dans le processus des transformations industrielles pour chacun.

1. Profil germinatif

1.1 Germination

La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération (Aya et al., 2011).

La germination est définie comme la somme des évènements qui conduisent la graine sèche à germer. C'est le passage de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables, elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Hopkins ,2003 ; Boumia , 2011).

1.2 Objectifs de cette étude

Le but de cette étude est la comparaison entre deux espèces du blé, le blé dur (*Triticum turgidum*) et tendre (*Triticum aestivum*) au niveau du profil germinatif sous l'effet de la température et l'humidité.

Ce travail est réalisé au niveau de laboratoire de l'université Dr Moulay Taher Saida.

1.3 Matériel végétal

Cette étude a été menée sur deux variétés de blé ,100 grains de blé dur (*Triticum turgidum*) et 100 grains de blé tendre (*Triticum aestivum*).



Figure 13 : Les graines du blé dur (*triticum turgidum*) (Aouar et Khodja, 2024).



Figure 14 : Les graines du blé tendre (*triticum aestivum*).

- ❖ Les graines du blé dur et tendre sont identifiées par Pr terras M.

1.4 Mise en place de l'essai

En plus des graines de blé, nous avons besoin de l'étuve, une vingtaine de boîtes de pétri et de coton.

Au début, on a désinfecté l'étuve avec de l'eau de Javel à l'intérieur pendant 5 minutes. Ensuite, on a préparé vingt boîtes de Petri, dans chacune nous avons mis une quantité de coton. On a réservé 10 boîtes pour le blé dur, dans chaque boîte a été placé 10 graines de ce type. Et il a été réservé 10 boîtes pour le blé tendre, en mettant 10 graines de ce type dans chaque boîte. Ensuite, on a imbibé les graines avec de l'eau de robinet, puis ont été placés les boîtes dans l'étuve à une température de 25 °C.



Figure 15 : Dispositif utilisé pour la germination (blé dur).



Figure 16 : Dispositif utilisé pour la germination (blé tendre).



Figure 17 : L'étuve utilisé pour la germination.

1.5 Paramètres étudiés

1.5.1 Taux de germination finale (G%)

Le taux de germination finale est exprimé en pourcentage par le rapport entre le nombre de graines germées sur le nombre total de graines incubées (Côme, 1970).

$$G(\%) = 100(NGG/NTG)$$

- ❖ **G (%)** représente le pourcentage de germination.
- ❖ **NGG** représente le nombre des graines germées.
- ❖ **NTG** représente le nombre total des graines incubées.

1.5.2 Germination moyenne journalière (MDG, %)

Selon Osborne et Mercer (1993), la germination moyenne journalière (MDG) constitue le pourcentage de germination final sur le nombre de jours à la germination finale d'après la formule suivante:

$$MDG (\%) = \text{Pourcentage de germination finale} / \text{nombre de jours à la germination finale}$$

1.5.3 Nombre de graines qui ont cessé de germer

C'est le nombre de graines qui ont germé initialement puis ont cessé de germer prématurément.

1.5.4 Hauteur maximale de la plante

C'est la hauteur maximale atteinte par une graine après la germination finale pour chaque type de blé.

2. Applications industrielles de transformations de blé dur et tendre

2.1 Présentation de l'unité

Le groupe agro-industries AGRODIV Spa est né de la restructuration du secteur public marchand en février 2015, son objet social porte sur l'agro-industries dans toute sa diversité, et sa stratégie se place dans une logique d'intégration de filière.

Activités du groupe

- 1 ère et 2 ème transformations céréalière et dérivés,
- La production de jus, boisson et conserves issus de la transformation et conditionnement de fruits et légumes.
- La phœniciculture et la transformation de dattes.
- Le conditionnement de café, sucre, légumes secs et riz.
- L'entreposage, conditionnement et commercialisation de produits alimentaires divers.

Le complexe industriel et commercial Saïda est une installation industrielle et commerciale située à Saïda (Zone Industrielle N°01 Saïda) (**figures 18 et 19**), relevant des branches industrielles de la wilaya d'El-Aghouat. Il comprend des installations de production et de distribution de produits alimentaires tels que la farine, la semoule et d'autres produits dérivés du blé. Récemment, toutes les installations de l'ensemble ont été entièrement rénovées pour répondre aux normes internationales de qualité et de sécurité, en collaboration avec une entreprise turque spécialisée dans les équipements de minoterie.

Le complexe industriel et commercial est soutenu par une équipe d'ingénieurs et de travailleurs experts, ainsi que par des équipements modernes conformes aux normes internationales. De plus, le complexe comprend un laboratoire pour contrôler la qualité des produits.

- Parmi les produits de l'entreprise : la semoule de différentes variétés et tailles, la farine de différentes variétés et tailles, le son de blé et le germe de blé.

À présent, il produit :

- De la farine de qualité supérieure et de la farine à pâtisserie emballées dans des formats : 1 kg, 5 kg, 10 kg, 25 kg et 50 kg.
- De la semoule de qualité supérieure, de la farine fine et grossière emballées dans des formats de 1 kg, 10 kg et 25 kg.



Figure 18 : Localisation de complexe industriel et commercial Saïda (Google map, 2024)



Figure 19 : Entrée du complexe industriel et commercial.

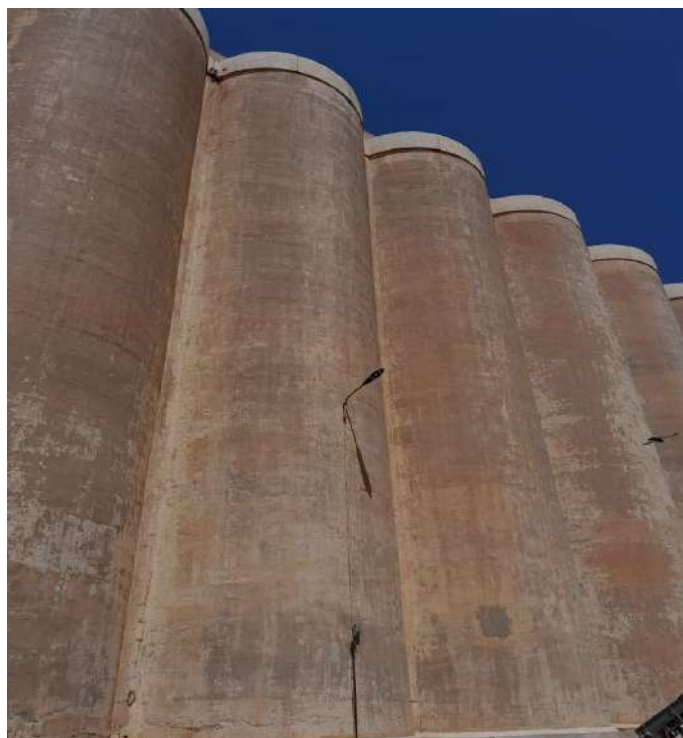


Figure 20 : Silos de stockage de blé.

2.2 Objectif de cette étude

Une étude pratique sur la transformation du blé dur et du blé tendre en semoule et en farine, ainsi que l'exploration des machines utilisées dans ce processus, sont d'une importance capitale dans le secteur agroalimentaire. Ce type d'étude vise à comprendre et à explorer les étapes nécessaires pour transformer le blé en produits alimentaires de valeur tels que la semoule et la farine, et à comparer le processus entre les types de blé dur et tendre.

La conversion efficace du blé en semoule et en farine dépend de plusieurs facteurs, dont la qualité du blé et les performances des machines utilisées dans le processus de broyage et de tamisage. En étudiant ce processus, il est possible de déterminer les meilleures méthodes pour obtenir un produit final de haute qualité et sain.

Brièvement, cette étude vise à comprendre le processus de transformation du blé en semoule et en farine, ainsi que les machines utilisées, ainsi que d'autres produits dérivés.

A decorative border consisting of a thin black line that forms a rectangular frame with rounded corners. The top-left and bottom-left corners feature a scroll-like flourish that extends outwards. The top-right corner has a small, simple scroll-like flourish.

CHAPITRE 04 :
RESULTATS
ET DISCUSSION

Résultat

1. Profil germinatif

Après 15 jours sous l'influence d'une température 25 °C, on a pu observer les différentes étapes de la germination des graines dans des boîtes de Pétri en utilisant des photos. Les premières photos montrent l'apparition des racines primaires des graines, suivie de l'émergence de la petite tige en même temps que la croissance des racines. Au fil des jours, la longueur des racines et des tiges a augmenté progressivement. De plus, de petites feuilles ont commencé à apparaître et à se développer. Le quinzième jour, une croissance complète des plantes à l'intérieur des boîtes de Pétri a été observée, avec des feuilles matures et des tiges robustes, démontrant ainsi le succès complet du processus de germination dans ces conditions expérimentales. Ces photos illustrent clairement le développement et la croissance des plantes pendant la période de germination, et reflètent les résultats remarquables de cette expérience.



Figure 21 : Les graines de blé dur après 24 heures.



Figure 22 : Les graines de blé tendre après 24 heures.



Figure 23 : Début de germination de blé dur après 2 jours.



Figure 24 : Début de germination de blé tendre après 2 jours.



Figure 25 : La germination de blé dur après 3 jours.



Figure 26 : La germination de blé tendre après 3 jours.

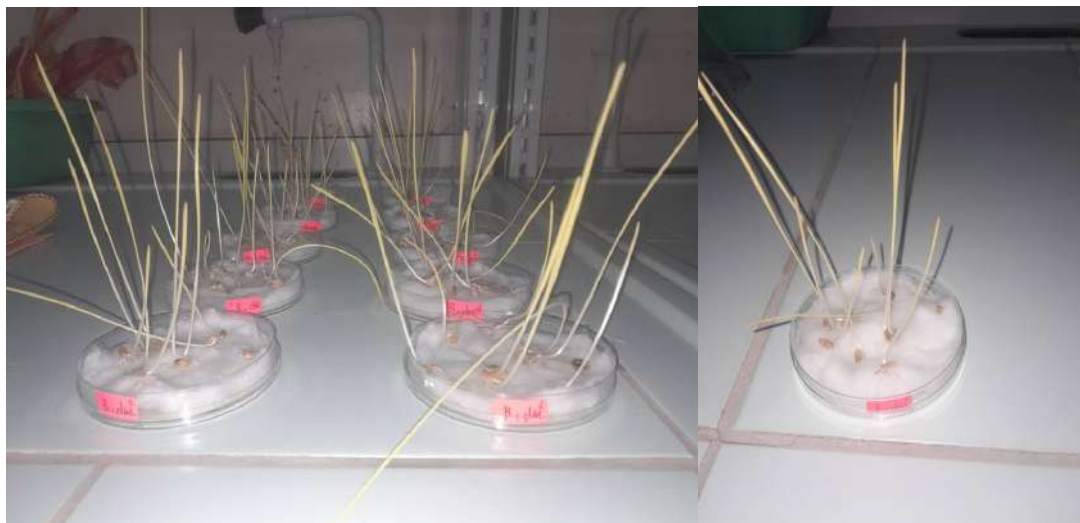


Figure 27 : La germination de blé dur après 7 jours.

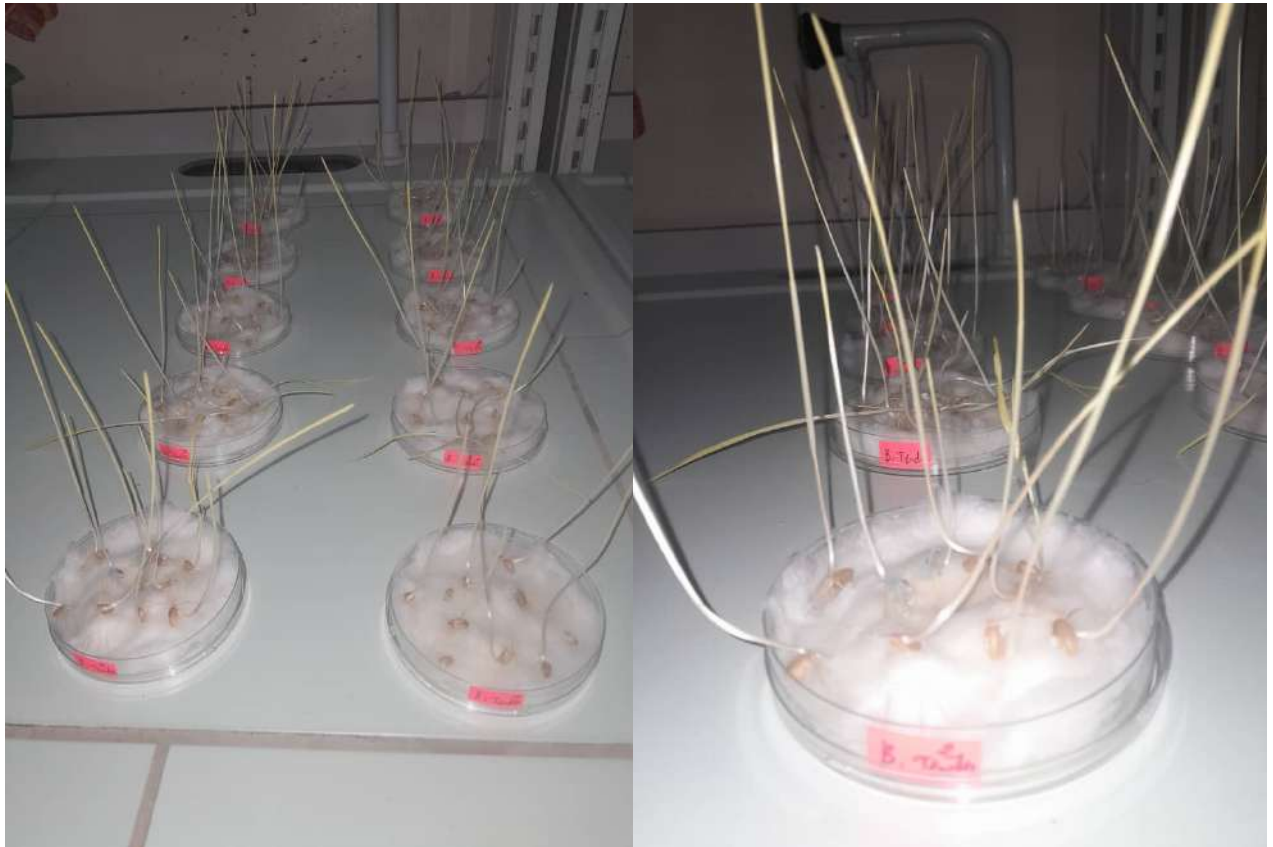


Figure 28 : La germination de blé tendre après 7 jours.

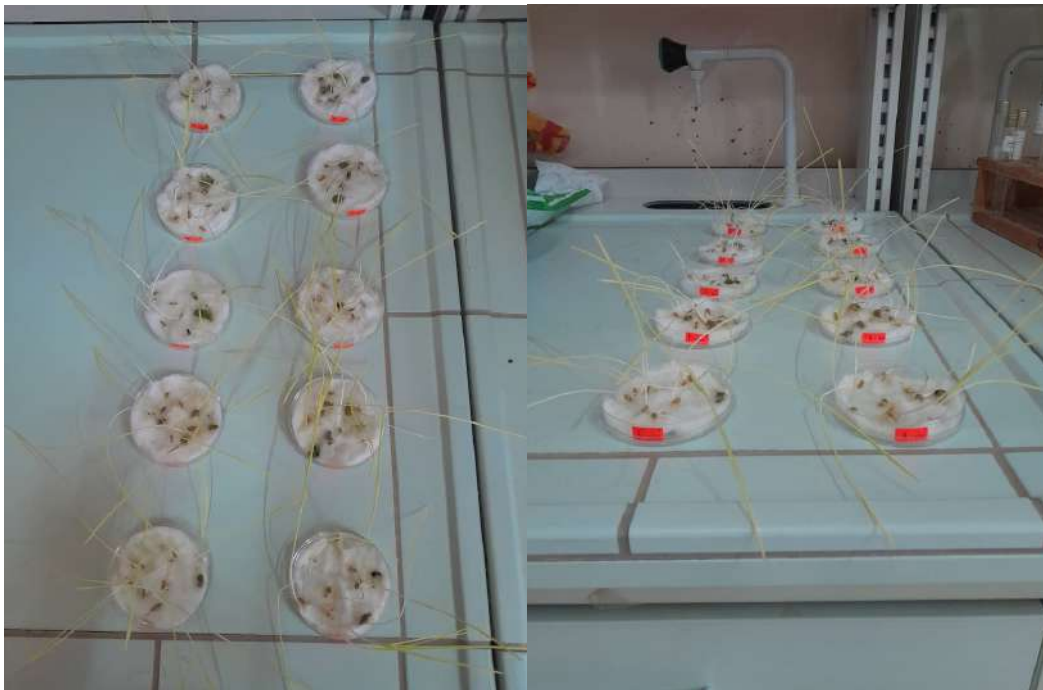


Figure 29 : La germination de blé dur après 15 jours.

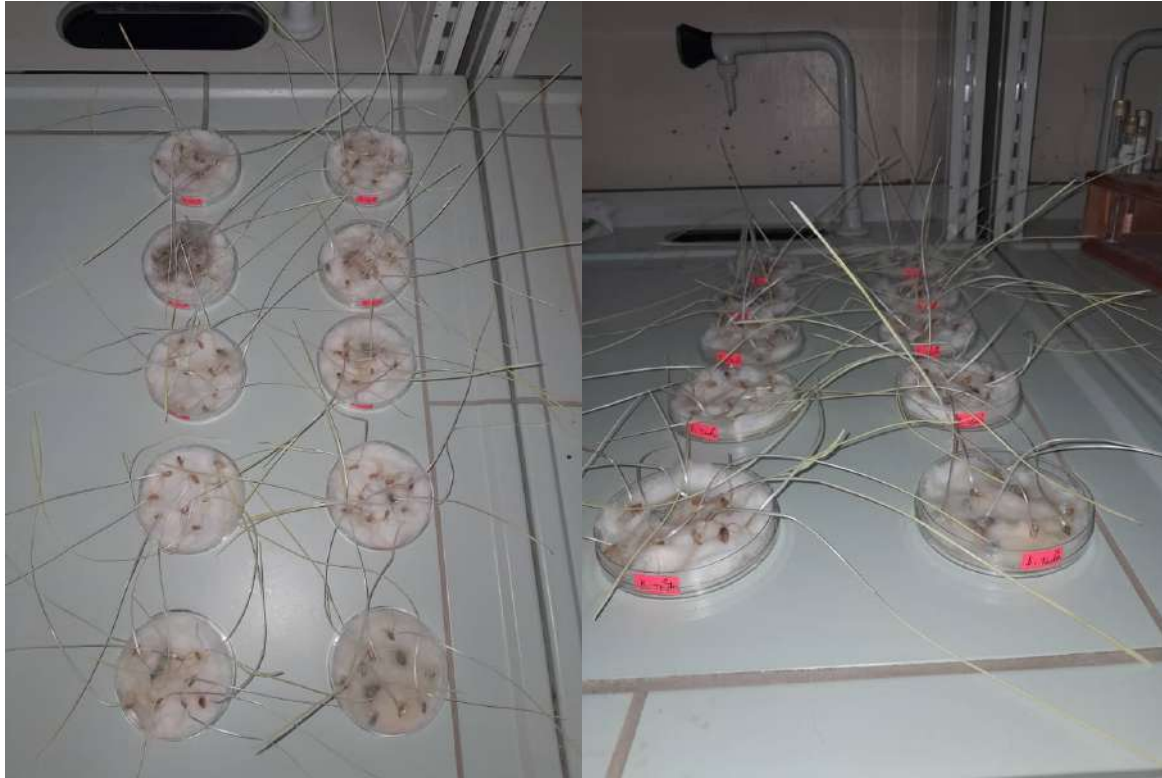


Figure 30 : La germination de blé tendre après 15 jours.

Le nombre de graines qui ont germé pendant la période spécifiée (15 jours) a été mesuré, il a été constaté qu'un nombre de 87 graines de blé dur ayant germé, et que 92 graines de blé tendre ont aussi germé (**tableau 03**). Ces résultats montrent une différence claire entre le blé tendre et le blé dur dans leur capacité de germination, avec le blé tendre affiche généralement de meilleures performances dans les conditions de germination données.

Tableau 03 : Le nombre de graines de blé dur et de blé tendre germant en fonction des temps.

Temps (jours)	1j	2j	3j	4j	5j	6j	7j	8j	9j	10j	11j	12j	13j	14j	15j	Totale
Blé dur	0	81	4	/	/	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
Blé tendre	0	78	3	/	/	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92

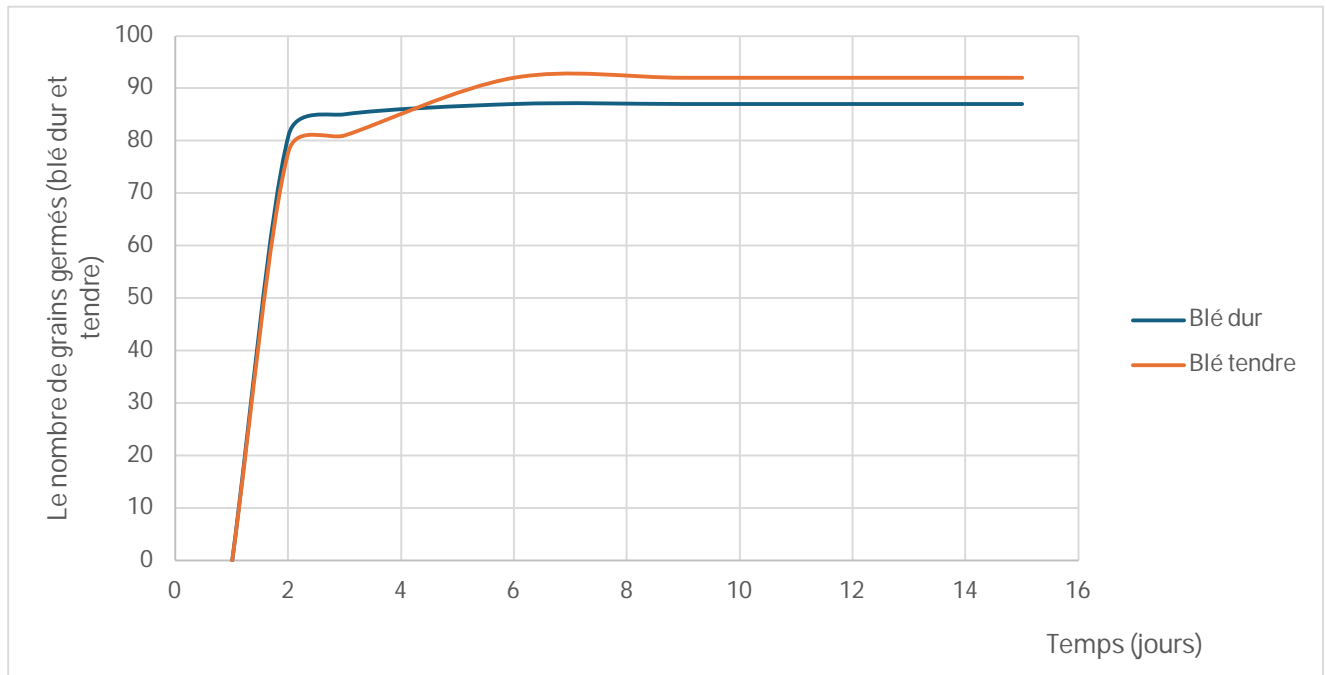


Figure 31 : le nombre de grains germés (Blé dur et tendre).

1.1 Les paramètres étudiés

1.1.1 Taux de germination finale (G%)

On a mesuré le taux de germination du blé dur et du blé tendre sur 15 jours. Pour le blé dur, le taux de germination était de 81% le deuxième jour, puis a augmenté à 85% le troisième jour, et a atteint 87% le sixième jour. En comparaison, le taux de germination des graines de blé tendre était de 78% le deuxième jour, puis a augmenté à 81% le troisième jour, avant de connaître une augmentation significative à 92% le sixième jour. Cette différence dans les taux de germination entre le blé dur et le blé tendre au cours de la période étudiée indique une efficacité supérieure de la germination des graines de blé tendre dans les conditions spécifiques fournies.

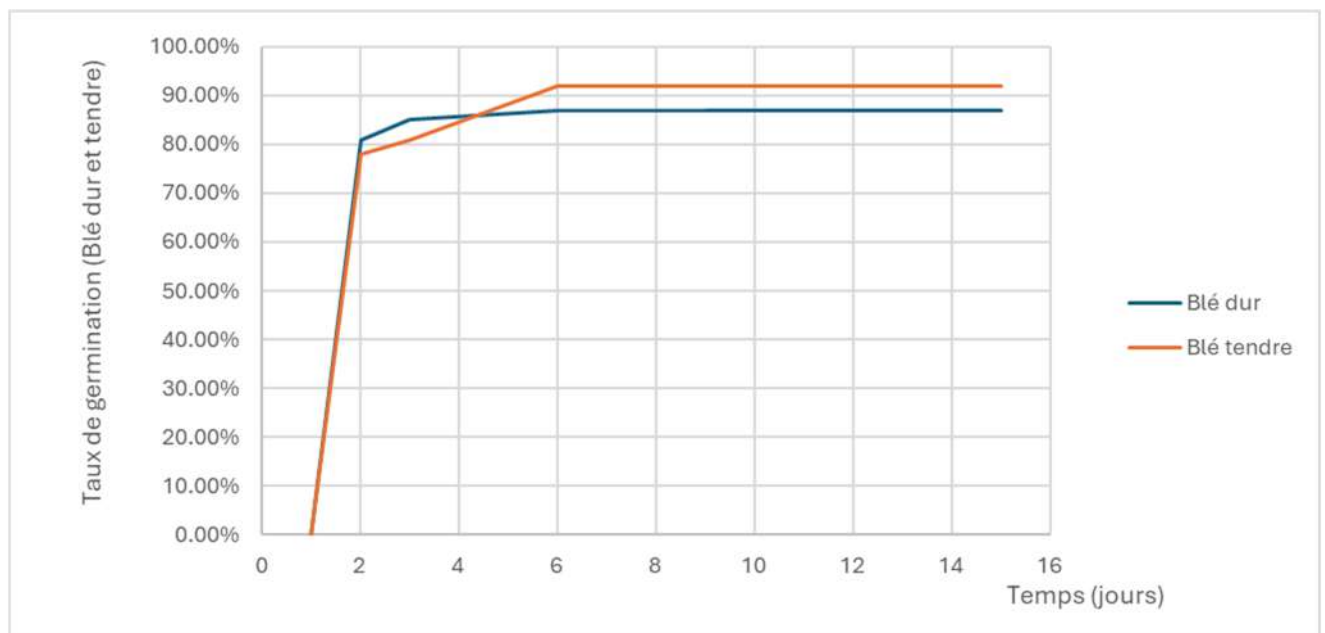


Figure 32 : pourcentage de taux de germination de blé dur et tendre.

1.1.2. Germination moyenne journalière (MDG, %)

On a étudié la germination moyenne journalière du blé dur et du blé tendre sur une période de 6 jours. Dans le cas du blé dur, le taux moyen de germination quotidien était de 14,5 %, tandis que le blé tendre a montré une performance supérieure avec un taux de germination quotidien moyen de 15,33 % pendant la même période. Ces résultats illustrent la différence dans la capacité du blé tendre à surpasser le blé dur dans le processus de germination, indiquant une capacité accrue de croissance et de développement dans des conditions d'étude spécifiques. Il est également noté que les deux types ont cessé de germer le sixième jour.

1.1.3. Le nombre de graines en arrêt de germination

On a remarqué que plusieurs graines ont commencé à germer mais ont arrêté après un certain temps. Dans le cas du blé dur, 3 graines ont commencé à germer mais ont arrêté avant de terminer, tandis que 4 graines de blé tendre ont également commencé à germer mais se sont arrêtées avant de terminer. Ces résultats indiquent la présence de facteurs ou de conditions qui pourraient avoir entravé le processus de germination de ces graines,

soulignant l'importance d'étudier ces facteurs pour améliorer le taux de germination et le succès de la culture dans le futur.

1.1.4 La hauteur maximale de la plante

La hauteur maximale atteinte par une plante issue des graines de blé dur et de blé tendre a été mesurée pendant une période de germination de 15 jours. Les résultats de l'étude ont montré que la plante la plus haute issue des graines de blé dur avait atteint 22.5 centimètres, tandis que la plante la plus haute issue des graines de blé tendre avait atteint 26 centimètres pendant la même période. Cette différence de hauteur entre le blé dur et le blé tendre reflète les capacités de croissance et de développement variables dans des conditions de germination spécifiques, ce qui pourrait avoir un impact direct sur la productivité des cultures et la vigueur des plantes dans le futur.

2. Les phases de la germination

Pendant la période de germination pendant 15 jours dans des boîtes de Pétri, on a divisé le processus en plusieurs étapes :

- A. Apparition des racines principales :** Du premier au troisième jour, les graines de blé commencent à montrer leurs racines principales à travers la graine.
- B. Croissance des racines et des tiges:** Du troisième au cinquième jour, la croissance des racines et des tiges s'accélère, ce qui entraîne une augmentation de la longueur de la plante.
- C. Formation des vraies feuilles:** Du cinquième au dixième jour, les vraies feuilles apparaissent et commencent à se former.
- D. Arrêt de la germination:** Le quinzième jour, les graines peuvent atteindre le point d'arrêt de la germination, où la croissance cesse après que les graines aient atteint leur modèle initial de croissance.

2. Applications industrielles de blé dur et tendre

2.1 Résultat

Après trois jours de stage dans le complexe industriel et commercial, on a appris les étapes et les mécanismes de transformation du blé dur et du blé tendre en plusieurs dérivés. Ils partagent trois étapes essentielles : la phase de pré-nettoyage, où les grosses impuretés et les saletés initiales sont éliminées, suivie de la phase de nettoyage, qui consiste à éliminer les impuretés fines à l'aide d'équipements spécialisés, et enfin la phase de mouture, où le blé est transformé en farine et autres produits. La mouture du blé dur diffère de celle du blé tendre par l'utilisation d'une machine supplémentaire appelée "sasseurs", spécifique au blé dur, dont le rôle est d'extraire les meilleures qualités de blé dur et de garantir la qualité du produit final.

2.2 Première transformation du blé dur et tendre

2.2.1 Pré-nettoyage

Le processus de nettoyage du blé commence par le déchargement du blé sale des camions dans les systèmes de déchargement souterrains (**figure 33**), où il passe à travers un tamis à gros trous pour enlever les gros objets tels que les pierres, les bâtons et les gros matériaux végétaux. Ensuite, le blé est stocké dans des silos dédiés. Depuis les silos, le blé passe dans des doseurs qui calculent la quantité de blé présente dans le silo (**figure 34**). Après le dosage, le blé est transporté horizontalement par une vis sans fin (**figure 35**), puis il est élevé par un élévateur vertical (**figure 36**) pour atteindre la balance afin de peser précisément (**figure 37**). C'est ici que commence la phase de nettoyage, où le blé passe à travers trois machines pour un nettoyage complet.



Figure 33 : Systèmes de déchargement souterrains.



Figure 34 : Doseur de blé.



Figure 35 : Vis horizontal pour le transport de blé.



Figure 36 : Elevateur verticale pour le transport de blé.



Figure 37 : Balance de blé.

2.2.2 Nettoyage

Cette opération est cruciale car elle a pour objectif d'éliminer complètement les corps étrangers tels que les cailloux et les pierres, qui pourraient altérer l'apparence du produit final. Le blé est d'abord soumis à des trieurs à surfaces inclinées pour séparer les grains ronds des pierres. Ensuite, il est déplacé sur une surface vibrante inclinée afin d'éliminer les impuretés ayant le même diamètre que le blé mais une longueur différente.

Cette opération est effectuée par des machines aux rôles différents :

❖ Séparateur

Le rôle de cette machine est de séparer les grosses impuretés telles que les cailloux, les bâtons, les feuilles, les herbes étrangères et toutes autres impuretés visibles à l'œil nu.(figure 38)



Figure 38 : Séparateur de blé.

❖ Epiereur

Cette machine a pour rôle de purifier les grains des petites impuretés comme les petits cailloux et le sable, en plus d'un courant d'air puissant qui sépare les impuretés légères des grains, telles que la poussière et les enveloppes des graines. (**figure 39**)



Figure 39 : Epiereur de blé.

❖ **Trieur**

Le rôle de cette machine est d'éliminer les graines cassées et les graines d'autres plantes mélangées avec les grains de blé, ou toute autre graine différente du blé. **(figure 40)**



Figure 40 : Trieur de blé.

❖ **Brosse**

La phase de "brossage" est une étape dans le processus de nettoyage du blé au cours de laquelle une brosse est utilisée pour nettoyer les grains des impuretés et des corps étrangers de manière automatique **(figure 41)**. Cette opération vise à éliminer la poussière, les débris et les grosses impuretés qui peuvent s'accumuler à la surface des grains, ainsi qu'à enlever l'enveloppe externe de la graine.

Le processus de retrait de l'enveloppe externe de la graine aide à rendre le blé plus apte à absorber l'eau pendant l'étape de mouillage. L'enveloppe externe, également appelée la balle, empêche une partie de l'eau de pénétrer efficacement dans le grain. Par

conséquent, en enlevant l'enveloppe externe, la capacité d'absorption de l'eau par le blé est améliorée, facilitant ainsi le processus de mouillage et augmentant l'efficacité de la transformation ultérieure.



Figure 41 : Brosse de blé.

❖ Mouillage

Le processus de "mouillage" est une opération de trempage des grains dans l'eau avant le broyage (**figure 42**). Cette étape vise à assouplir les grains et à les rendre plus faciles à moudre et à transformer en farine. Le "mouillage" est réalisé en immergeant les grains dans l'eau pendant une durée déterminée, cette durée et la quantité d'eau utilisée (exprimée en litres par heure) étant ajustées en fonction des exigences spécifiques de l'usine, du type de grains utilisés et du taux d'humidité du blé. Pendant le processus de mouillage, les grains ont la capacité d'absorber l'eau, ce qui permet de les ramollir. Le ramollissement aide à ouvrir les structures internes des grains et à les adoucir, facilitant

ainsi le broyage et augmentant l'efficacité de l'opération. Le processus de "mouillage" est une étape importante dans la transformation des grains en farine ou en semoule, améliorant la qualité du produit final et augmentant l'efficacité de la production.



Figure 42 : Mouilleur de blé.

❖ Première repos

Le blé est transporté après le processus de mouillage vers les silos de stockage via un convoyeur à vis, et cette étape est connue sous le nom de "1ère repos". Au cours de cette phase, le blé est laissé dans les silos pendant une durée pouvant aller jusqu'à 14 heures. Cette période de repos permet au blé d'absorber l'eau de manière optimale et contribue à améliorer la qualité du blé avant le broyage.

❖ Deuxième repos

Après les 14 heures de la phase "1ère repos", le blé est transféré vers les doseurs où la quantité requise est mesurée avec précision. Ensuite, le blé est transporté via un "vis", qui agit comme un convoyeur à vis pour un transport horizontal des grains. Le blé est ensuite levé par un "élevateur", un dispositif élévateur, pour passer à nouveau par les étapes de "brossage" et de "mouillage" afin de le nettoyer et de le mouiller. Enfin, le blé est stocké dans d'autres silos pendant environ 14 heures supplémentaires, dans le cadre du "2ème repos". Ces étapes garantissent que le blé est parfaitement préparé pour la transformation finale en farine ou en semoule,

Ensuite, le blé est transporté vers la brosse pour un nouveau nettoyage, puis il est transféré à la balance. Après cela, il est prêt pour le processus de mouture.

2.2.3 Mouture

Le processus de mouture du blé passe par plusieurs étapes et utilise différentes machines pour obtenir des degrés variés de finesse dans la farine finale. Ce processus commence par l'utilisation des appareils cylindres (**figure 43**).



Figure 43 : Les appareils cylindres.

Il existe deux types des appareils cylindres :

- **Premier type (broyeur)** : il moule le blé à des degrés de finesse inférieurs et comprend cinq étapes portant les dénominations (B1, B2, B3, B4, B5). Ces étapes diffèrent par le degré d'humidification (**figure 44**).



Figure 44 : Appareil cylindre (broyeur).

- **Deuxième type (Convertisseur)** : il en existe dix types, C1 à C10, qui moulent le blé à des degrés de finesse plus élevés, c'est-à-dire en humidifiant le blé à des niveaux plus élevés.(**figure 45**).



Figure 45 : Appareil cylindre (convertisseur).

2.2.3.1 Etapes du processus de mouture

a) Première étape

Le blé commence à être moulu dans les machines du type B. Après le broyage dans B1, le blé moulu est transporté par des tuyaux fonctionnant avec un système d'aspiration d'air vers une machine appelée (Les micro céquelene) (**figure 46**). Cette machine sépare la farine de l'air.



Figure 46 : Les micro céquelene.

b) Deuxième étape

La farine séparée est transférée vers une machine appelée (La vallok) (**figure 47**) équipée d'un tamis qui sépare les particules fines (la farine fine) des particules grosses. Les particules grosses sont ré-moulues dans l'un des moulins B2, B3 ou autres.



Figure 47 : La vallok.

c) Troisième étape

La farine passe à travers des machines de tamisage appelées (Les plansichters) (**figure 48**) qui contiennent un ensemble de tamis avec des tailles de trous différentes. Ces machines séparent la farine en différents grades selon la taille des particules :

La farine finale (superieur et panifiable) est conservée.

La farine incomplète est renvoyée aux moulins B ou C selon la taille des particules.



Figure 48 : Les plansichters de blé.

Après cette étape, nous avons constaté une différence entre le blé dur et le blé tendre :

Blé tendre : Après la sortie des "Les plansichters", la farine excellente, ordinaire et le son sont extraits directement.

Blé dur : Après la sortie des "Les plansichters", la farine passe à travers des machines de criblage supplémentaires appelées "Les sasseurs" (**figure 49**), qui contiennent une série de tamis. Ces machines criblent la semoule finale pour extraire différents types de semoule (fine et moyenne).



Figure 49 : Les sasseurs de blé dur.

2.2.3.2 Produits de la mouture

Les produits dérivés du blé dur après le broyage comprennent la semoule (fine et moyenne), la farine de blé dur et le son. D'autre part, les produits dérivés du blé tendre après le broyage comprennent la farine (superieur et panifiable) et le son.

La production de farine et de semoule à partir de blé dur et tendre passe par des étapes minutieuses pour garantir la qualité finale du produit. Après l'extraction des différentes variétés de farine et de semoule, le processus se poursuit pour s'assurer que les produits finaux sont exempts d'impuretés, et leur poids est contrôlé et emballé de manière appropriée. Voici les détails du processus.

2.2.3.3 Étapes supplémentaires après l'extraction de la farine et de la semoule

A. Transport des produits par pipelines

Les différentes variétés de farine (superieur et panifiable) et de semoule (fine et moyenne) sont transportées à travers des pipelines vers des tamis supplémentaires. Ces tamis sont utilisés pour s'assurer qu'il n'y a pas d'autres substances avec le produit final, garantissant ainsi la pureté et la qualité du produit.

B. Poids et stockage :

Après la dernière étape de tamisage, les produits sont transférés vers une balance pour être pesés avec précision.

Les produits sont ensuite stockés dans des silos spéciaux jusqu'à ce qu'ils soient prêts pour les étapes suivantes.

C. Tamisage final et emballage :

Avant l'emballage, les produits sont extraits des silos pour être tamisés à nouveau, afin de garantir le plus haut niveau de pureté et de qualité.

La farine et la semoule sont ensuite emballées dans des sacs de différentes tailles selon le type :

Farine (blé tendre) : 1 kg, 10 kg, 25 kg, 50 kg.

Semoule (blé dur) : 1 kg, 10 kg, 25 kg.

En général, dans le processus de transformation du blé, le blé dur et le blé tendre partagent l'étape de nettoyage. Cependant, à l'étape du broyage, ils diffèrent au niveau des machines utilisées, car chacun nécessite un type particulier de moulin. Cette différence est due à la structure distincte de chaque type de blé.

En ce qui concerne les tamis (les plansichters), chaque type de blé a ses propres tamis qui diffèrent par la taille des mailles, en raison de l'extraction du produit final différent pour chacun.

En ce qui concerne les tamis (sasseurs), ces tamis sont utilisés pour tamiser la farine de blé dur car ils sont nécessaires pour extraire les différentes variétés de semoule (fine et moyenne). En revanche, dans le cas du blé tendre, ces tamis ne sont pas nécessaires et ne sont pas utilisés.

2.3 Deuxième transformation de blé dur et tendre (Applications industrielles)

La semoule contient une proportion élevée d'amidons, ce qui en fait un ingrédient polyvalent pour préparer une variété de produits comme Fabrication des pâtes et macaronis et pâtisseries, Fabrication du couscous et Boulangerie , Production de céréales alimentaires, Cela permet de diversifier les options et de répondre à différents goûts.

La farine de blé tendre est utilisée dans la fabrication d'une large gamme de produits, y compris le pain blanc et le pain complet, les pâtisseries et les pâtes, les biscuits, les gâteaux, et d'autres produits de boulangerie tels que les croissants et les beignets.

II. Discussion

1. germination

➤ Sur le taux de germination

Les résultats indiquent que le blé tendre a montré une performance supérieure dans le processus de germination par rapport au blé dur sur la période de l'étude de 15 jours. Alors que le taux de germination du blé tendre a commencé légèrement inférieur à celui du blé dur, il l'a rapidement dépassé, atteignant un taux de 92 % comparé à 87 % pour le blé dur le sixième jour. Cette supériorité de germination du blé tendre témoigne de sa capacité accrue à s'adapter et à prospérer dans les conditions spécifiques de l'étude, ce qui peut orienter le choix des variétés appropriées pour les agriculteurs et les aider à améliorer leur productivité agricole.

➤ Sur la germination moyenne journalière

Moyenne Les résultats de l'étude sur la moyenne de germination journalière du blé dur et du blé tendre sur une période de six jours révèlent une différence significative dans les performances de chaque type de blé. Le blé tendre a montré une moyenne de germination journalière de 15,33 % par rapport à 14,5 % pour le blé dur pendant la même période. Ces résultats mettent en évidence la capacité accrue du blé tendre à croître et à se développer davantage pendant la période d'étude. Cette différence dans la moyenne de germination quotidienne peut être due à plusieurs facteurs, y compris la génétique, l'environnement et l'état des graines utilisées. Ces résultats soulignent également l'importance de choisir la variété appropriée pour maximiser les avantages de la germination, mettant en évidence l'importance de s'adapter aux conditions environnementales et d'améliorer la qualité des cultures. Il est également mentionné que la germination s'est arrêtée le sixième jour pour les deux types, ce qui indique le succès complet du processus de germination pendant la période étudiée. Cette observation peut être utile pour déterminer le timing approprié pour la culture des cultures et pour la planification de la production agricole en général.

➤ Sur le nombre de graines qui ont cessé de germer

Les résultats sur le nombre de graines ayant cessé de germer mettent en évidence des différences entre le blé dur et le blé tendre. Trois graines de blé dur ont commencé à germer mais se sont arrêtées avant d'atteindre la maturité, tandis que quatre graines de blé tendre ont également commencé à germer mais ont également cessé leur croissance. Cette disparité de performance entre les deux types de blé reflète potentiellement l'impact du patrimoine génétique et de l'interaction avec les conditions environnementales.

Comprendre la raison derrière l'arrêt de la germination des graines peut contribuer à améliorer les techniques de culture du blé, en mettant l'accent sur l'amélioration de la capacité des graines à s'adapter à des conditions changeantes. Ces efforts peuvent conduire à une augmentation du succès de la germination et à une amélioration de la productivité des cultures en général.

➤ Sur la hauteur maximale de la plante

Les résultats de l'étude reflètent les différences dans la capacité des plantes à s'adapter et à croître dans des conditions environnementales spécifiques. Cette variation peut être liée à la diversité génétique entre les variétés de blé dur et de blé tendre, chaque type pouvant avoir des caractéristiques génétiques qui influent sur les taux de croissance et de développement. De plus, il peut y avoir des différences dans la réponse des plantes aux conditions environnementales telles que la température, l'humidité et la disponibilité des ressources en eau, ce qui entraîne des variations dans les taux de croissance et la hauteur finale.

Ces résultats soulignent l'importance de comprendre la diversité génétique des plantes et son impact sur leur performance dans des conditions variables. En choisissant les variétés appropriées qui montrent une bonne capacité de croissance et d'adaptation aux conditions environnementales, la productivité des cultures peut être améliorée et l'efficacité agricole renforcée. De plus, cette exploration met en lumière le besoin urgent de recherches continues dans le domaine de l'amélioration génétique et agricole pour améliorer la performance des cultures et de l'agriculture en général.

2. Transformation

Après trois jours de formation dans le complexe industriel et commercial, on a appris que le blé dur et le blé tendre partagent l'étape de nettoyage, mais diffèrent dans le processus de broyage en raison de leurs structures physiques distinctes. Il est supposé que cette différence découle de la composition des grains.

Pour les tamis (plansichters), il est présumé que la variation de la taille des ouvertures reflète les besoins de chaque type de blé pour extraire un produit final spécifique. De même, l'utilisation des tamis (sasseurs) dans le blé dur est attribuée à ses exigences particulières pour séparer certains types de semoule, comme la semoule fine et moyenne, alors qu'ils ne sont pas utilisés dans le cas du blé tendre.

Ces différences dans l'utilisation des tamis reflètent les besoins différents de chaque type de blé, ce qui impacte la qualité et la texture des produits finaux. Compte tenu de ces différences dans les tamis et leur impact sur les produits finaux, il est essentiel de comprendre les caractéristiques physiques et chimiques de chaque type de blé pour déterminer les processus optimaux et les machines utilisées dans leur transformation. Cela aide à atteindre des niveaux de performance et de qualité élevés dans les opérations de transformation, garantissant ainsi la satisfaction des exigences du marché et la rentabilité attendue.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and horizontal lines at the top and bottom. The corners are rounded with scroll-like flourishes.

CONCLUSION

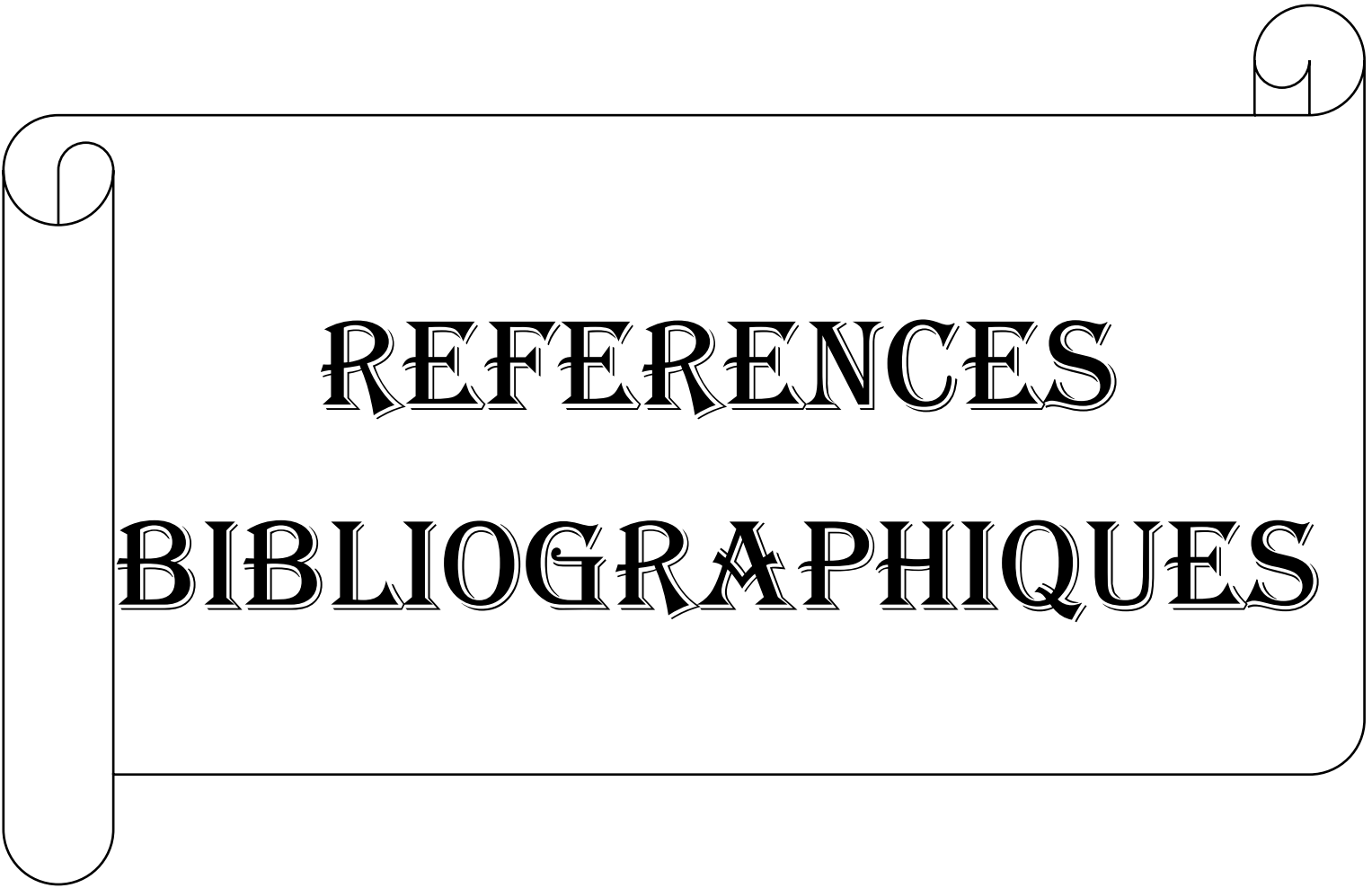
GENERALE

Conclusion

Basé sur la recherche effectuée sur l'étude comparative entre le blé dur et le blé tendre en termes de germination, de transformations et d'applications industrielles, des conclusions importantes peuvent être tirées dans chaque aspect de l'étude.

En ce qui concerne l'expérience de germination, les résultats ont montré que le blé tendre présente des taux de germination plus élevés et une meilleure performance de croissance par rapport au blé dur dans les conditions expérimentales spécifiées. Ces résultats reflètent une capacité supérieure du blé tendre à germer et à croître, suggérant la possibilité d'atteindre une productivité plus élevée de ce type de blé dans des conditions similaires à celles étudiées. De plus, l'étude a révélé que certains facteurs peuvent influencer l'arrêt de la germination de certaines graines, nécessitant davantage de recherche pour comprendre et améliorer ces facteurs afin d'augmenter les taux de germination et le succès de la culture. En ce qui concerne la transformation du blé et les applications industrielles, il a été démontré que le blé dur et le blé tendre nécessitent des processus et des outils différents lors du broyage et du tamisage en raison des différences dans la structure de chaque type. Ces différences incluent le type de moulins utilisés et les tailles de tamis requises pour chaque type de blé. La semoule obtenue à partir du blé dur est largement utilisée dans la fabrication de pâtes, de confiseries et de couscous, grâce à sa teneur élevée en amidon qui en fait un ingrédient polyvalent. D'autre part, la farine de blé tendre est utilisée dans une large gamme de produits de boulangerie tels que le pain blanc et complet, les confiseries, les pâtisseries, les biscuits et les gâteaux, offrant ainsi une grande variété de produits alimentaires qui peuvent être fabriqués.

En général, cette étude met en évidence l'importance d'une compréhension approfondie du blé dur et du blé tendre pour améliorer les processus agricoles et industriels. Les résultats de cette étude contribuent à améliorer l'efficacité de la production et la qualité des produits dans le secteur de l'industrie alimentaire. Les résultats montrent également la nécessité de recherches continues dans ce domaine pour développer de nouvelles techniques améliorées qui augmentent la productivité des cultures et la qualité des produits finaux.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and a horizontal strip at the top. The scroll is drawn with a single line, creating a sense of depth and movement. The top right corner features a small, stylized scroll element.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographique

- ❖ **Abdellaoui, Z., Fettih, S., et Zaghouane, O. (2006).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur. In Arrue Ugarte J.L. (ed.), Cantero-Martínez C. (ed.). Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; N° 69. CEHEAM : 7 p.
- ❖ **Ahmadi, N., Chantereau, J., Hekimian Lethève, C., Marchand, J. L., and Ouendeba, B. (2002).** Agriculture spéciale. Les plantes comestibles: les céréales In : Mémento de l'agronome. Montpellier: CIRAD, p. 777-829.
- ❖ **Ait Abdallah., Djennadi, F., Hamadou, D., Bessai, D., Gaagaa, Y. (2014).** Effet de la fertilisation azotée de la culture de blé sur l'évolution du rendement et de ses composantes et sur l'amélioration de la teneur du sol en phosphore assimilable dans la région de Khroub. Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Numéro 62 : 6 et 7.
- ❖ **Ait Slimane., Ait Kaki, S. (2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Mémoire de magistère. Université Badji Mokhtar Annaba.
- ❖ **Akdif, A., et Goudjil K. (2001).** Détermination des besoins en eau de quatre Variétés du blé dur de type tardif. Thèse. Ing en agronomie INRA El Harrach. pp36-4
- ❖ **Alaoui, S.B. (2005).** Référentiel pour la conduite technique de la culture du blé dur (*Triticum durum*) : 15p
- ❖ **Aya, A, et al. (2011).** Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire.
- ❖ **BachirBey, I., Soumatia, N. (2015).** Contribution à l'étude de l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production du blé dur sur des sols lourds en zone semi-aride ; Mémoire de Master ; Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 67p.
- ❖ **Badr, A., Muller, K., Schafer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H.H., Pozzi, C., Rohdi, W., and Salamini, F. (2000).** On the origin and domestication history of barley (*Hodeum vulgare*). *Mol. Biol.Evol.* 17(4):499-510.

Références bibliographique

- ❖ **Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. (2005).** Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid condition. *Pakistan journal of Agronomy*, 4: 360-365.
- ❖ **Bebba, S. (2011).** Essai de comportement de deux variété de blé dur (*Triticum durum* L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah –Ouargla. 71p.
- ❖ **Bebba, S. (2011).** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla. 5p.
- ❖ **Benchikh, C. (2015).** Valorisation de la qualité de 3 variétés locales de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Cultivées en région semi-aride. Mémoire magistere. Université EL Hadj Lakhdar- Batna. 149 p.
- ❖ **Bogard, M. (2011).** Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines-rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Doctoral dissertation).
- ❖ **Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi, U., Stein, N., Messing, J., Feuillet, C. and Salse, J. (2009).** The “inner circle” of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology*, 12(2):119–125.
- ❖ **Bonjean, A et Picard, E. (1990).** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 p.
- ❖ **Bonjean, A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21: 29-37p.
- ❖ **Bonjean, A. (2001).** Histoire de la culture des cereals et en particulier de celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Eds. Le Perche S., Guy P et Fraval A. Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, 29-37pp.
- ❖ **Boudreau, A., Menard, G. (1992).** Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. Sainte-Fay. Canada, Pp.439.

Références bibliographique

- ❖ **Boufenar-zaghoufane, F., et zaghofane, O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en algérie(blé dur ,blé tendre, orge et avoine) 1ère édition .alger : ECRIE.154p
- ❖ **Boulal, H., Zaghouane, O., EL Mourid, M., Rezgui, S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie ;Tunisie , Maroc), 176p.
- ❖ **Boulal, H., Zahgouane, O., El Mourid, M., Rezgui, S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA. 176P.
- ❖ **Boulefdjghal, H., Djouad, D., et Labeled, F. (2007).**Evaluation des caractères technologiques de quatre variétés de blé dur (Triticum durum Desf.), Mémoire de l'Ingénieur, Option: Génie-biologie, Deprt.Biologie.Univ 08MAI 1945, Guelma: pp 1- 42- 43.
- ❖ **Boumia, O. (2011).** Interaction floridone et salinité sur la germination des graines du Gombo (Abelmoschus esculentus L.). Mémoire de magistère. Université d'Oran.
- ❖ **Boutroux, L. (1897).** Le Pain et la panification. Chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie.Paris : Iris,196-198.
- ❖ **Bozzini, A. (1988).** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabriani G. et C. Lintas (Ed.). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.
- ❖ **Bozzini, A. (1988).**Origin, distribution and production of durum wheat in the world.in durum: chemistry and technology. aacc (minnesota). Eds. G. Fabriani et C. Lintas.Etats-Unis: 1-16 p.
- ❖ **Chantret, G., Robert, N., Branlard, G., Linossier, L., Martre, P., and Triboï, E. (2005).** Genetic analysis of dry matter and nitrogen accumulation and protein composition in wheat kernels TAG Theoretical and Applied Genetics, 111(3) :540–550.
- ❖ **Clark, J.M., Norvell, W.A., Clark, F.R. et 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.
- ❖ **Clément-Grandcourt, M., et Prats, J. (1971).** Les céréales. Ed. Baillière et fils, Paris.351 p.

Références bibliographique

- ❖ **Codex Alimentarius. (2007).** Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales. Rome. 128 p.
- ❖ **Codex alimentarius., 202-1995 :** Norme codex pour le couscous. P: 1-3.
- ❖ **Codou-David, G, (2018).** Blés anciens et modernes : une histoire de plus de 10 000 ans, Revue scientifique Bourgogne-Franche-Comté Nature, vol.
- ❖ **Côme, D. (1970).** Les obstacles à la germination. In Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon. Ed, Paris, pp : 162.
- ❖ **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 isogéniques waxy (Doctoral dissertation).
- ❖ **DEBITON, C. (2010).** Identification des critere du grain de blé (*Triticumaestivum* L.) favorable à la production de bioethanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignéesesisogéniquewaxy (Doctoral dissertation ,Université blaise pascal- Clermont-ferrand II.
- ❖ **Djelti, H. (2014).** Etude de la qualité du blé tendre utilise en meunière algérienne. Mémoire de magistère présenté à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen : 25-27p.
- ❖ **Doorenbos, J.,Kassam, A.H., Bentverisen, C.L.M., Branscheid, V., Plusjé, J.M.G.A., Smith, M., Uittengogaard, G.O., et Van Der Val, H.K. (1987).** Exigence de blé dur. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage (33). Rome : p 202.
- ❖ **Doumandji, A., Doumandji, S., et Doumandji, B. (2003).** Technologie de transformation des blés et problèmes au stock office des publications universitaires . Alger.66p.
- ❖ **Doumandji, A., Doumandji, S., Doumandji M, B. (2003).** Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock « cours de technologie des céréales ». Alger : office des publications universitaires,126.
- ❖ **Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B., Salaheddine D., (2003).** Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires : 1-22.

Références bibliographique

- ❖ **Doussinault, G., Pavoine, M. T., Jaudean B., et Jahier J., (2001).** Evolution de la variabilité génétique chez le blé. Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21. Station d'amélioration des plantes : 91-103.
- ❖ **Dubcovsky, J., Echaide, M., Giancola, S., Rousset, M., Luo, M. C., Joppa, L. R., and Dvorak, J. (1997).** Seed-storage-protein loci in RFLP maps of diploid, tetraploid, and hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 95 : 1169-1180.
- ❖ **ELIAS, E. M., (1995).** Durum wheat products. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires méditerranéens* 22:23-31.
- ❖ **Erhart, D. (2016).** Le blé et le pain de la ferme de la souleuvre, éd. Fédération Artisans du Monde & Canopé, France.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé (composition et utilisation). Paris: INR, p. 18-137.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** Le Grain de blé: composition et utilisation, Editions Quae, P.124-128.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé: Composition et utilisation. INRA: Pp 45-281.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé: composition et utilisation. Editions Quae.
- ❖ **Feillet, P. (2000).** le grain de blé, composition et utilisation. Inra (l'institut nationale de la recherche agricole) alger.
- ❖ **Feldman. M. (1976).** Taxonomic Classification and Names of Wild, Primitive, Cultivated, and Modern Cultivated Wheats. Dans : Simmonds, N.W. (éd)., *Evolution of Crop Plants*. Longman, Londre: 120-128 p.
- ❖ **Feldman, M. (2001).** Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.
- ❖ **Feuillet, P. (2000).** Le grain de blé, composition et utilisation. Ed INRA. Paris : 88-199.
- ❖ **FORTIN. (1996).** Etude comparative des paramètres physicochimiques, technologiques, rhéologiques et microbiologiques des différentes marques de semoule mises sur le marché de la commune de Tébessa. Mémoire de Master , Université de LARBI TEBESSI TEBESSA.

Références bibliographique

- ❖ **Fritas, S. (2012).** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna. Mémoire de Magistère, université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, 115p.
- ❖ **Gate, P., et Giban, M. (2003).** Stades du blé. Ed. Paris, ITCF, 68p.
- ❖ **Gate, P. (1995).** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
- ❖ **Godon, B., et William, C. (1998).** Les industries de 1ère transformation des céréales. Paris : technique et documentation. Lavoisier. 786p.
- ❖ **Grandcourt, M. C. et Prats J. (1970).** Les céréales. 2ème édition, Revue et Augmentée. Editeurs Baillière et Fils, p. 22
- ❖ **Grignac, P. (1978).** Amélioration variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Annale de l'INA (El – Harrach) ,83 -110.
- ❖ **Hamadache, A. (2013).** Eléments de Phytotechnie Générale-Grandes Cultures– Tome 1 Le blé : 256 p.
- ❖ **Hamed, M. (1979).** Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syria. □ Monneveux, P. 1991. Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, In : Chalbi Demarly Y. éd. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. ENSA-INRA, 165- 186.
- ❖ **Harlan. J. R. (1976).** Barley. In: Evolution of crop plants; NW. Simmonds, ed. Longman Inc., New York, 93-98pp.
- ❖ **Harrad F., Saidi, L., et Chaabna, S. (2006).** Etude comparative de deux techniques de travail du sol sur les indices qualitatifs et quantitatifs du sol, incidence sur le développement racinaire et rendement du blé. ITGC. : 49 p.
- ❖ **Hennouni, N. (2012)** Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum* Desf) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330). Mémoire de Doctorat, université Badji Mokhtar Annaba. 142p.
- ❖ **Hervé, Y., (1979).** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.

Références bibliographique

- ❖ **Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale traduction de la 2ème Edition américaine par Serge R. Révision scientifique de Charle M. Edition Deboek. Université Bruxelles. 66-81, 237-309, 362-514p.
- ❖ **JEANTET, R., CROGUNNEC T., SCHUCK ,P., et BRULEG. (2007).** science des aliments. Volume 2. Ed. TEC et DOC. Lavoisier. Paris. 453pages.
- ❖ **Khamssi, N. N., and Najaphy, A. (2012).** Agro-morphological and phenological attributes under irrigated and rain-fed conditions in bread wheat genotypes. African Journal of Agricultural Research, 7(1): 51-57.
- ❖ **Kimber, G., & Sears, E. R. (1987).** Evolution in the Genus Triticum and the Origin of Cultivated Wheat. Dans : Heyne E.G. (éd), Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy, Madison (WI): 31 p.
- ❖ **Ladraa, N. (2012).** Aptitude à la pacification de quelques variété de blé dur Algérien. Ecole Nationale Supérieur d'agronomie El-Harrache. Alger, p39-43.
- ❖ **Lev-Yadun, S., Gopher, A., & Abbo, S. (2000).** The cradle of agriculture. Science, 288(5471), 1602-1603.
- ❖ **Madani, M. 2009.** qualité technologique de quelque céréale (blé tendre, blé dur, orge et triticales c/s du laboratoire de technologie de l'itgc, p 20.
- ❖ **Masle-Meynard, J. (1980).** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- ❖ **Mazouz, L. (2006).** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride .Mémoire de Magistère. Déprt.Agronomie. Université Hadj Lakhdar, Batna ,70p
- ❖ **Mckevith, b. (2004).** Nutritional aspects of cereals. Nutrition bulletin, 29: 111-142.
- ❖ **Mesrane, D. (2018).** L'évolution de la production de blé dur (*Triticum durum*) dans la Daïra de Bouira et El Hachimia (Doctoral dissertation, Université de Bouira).
- ❖ **Monneveux, P. (1991).** Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, In : Chalbi Demarly Y. éd. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. ENSA-INRA,165- 186.

Références bibliographique

- ❖ **Mouellef, A. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Thèse de Magistère. Université Mentouri Constantine.
- ❖ **Moule, C. (1971).** Céréales Tom 2. La Maison Rustique –Paris. 95p
- ❖ **Nelson, j. H. (1985).** Wheat: its processing and utilization. American journal of clinical nutrition, 41: 1070–1076.
- ❖ **Osborne, J. M., Fox, J. E. D., & Mercer, S. (1993).** Germination response under elevated salinities of six semi-arid bluebush species (Western Australia). In Towards the rational use of high salinity tolerant plants (pp. 323-338). Springer, Dordrecht.
- ❖ **Ouanzar, S. (2012).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère, Université Ferhat Abbas Setif, 70p.
- ❖ **Ouanzar, S. (2012).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de magistère. Université .Farhat Abbes Sétif.
- ❖ **Pierre, F. (2000).** Le grain de blé (Compositions et utilisation) Imprimé en France. Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 Paris n° 280168V. Dépôt légal: Mars 2000. P: 30-33, 288-291, 293-295.
- ❖ **Roudaut, H., Lefrancq, E. (2005).** Alimentation théorique. France :Doin, p153-154.
- ❖ **Ruel, T. (2006).** Document sur la culture du blé, édition Educagri.
- ❖ **Schuhwerk, D., Nakhforoosh, A., Kutshka, S., Bodner, G., Rausgruber, H. (2011).** Field-screening of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for drought tolerance. In Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. 2010, p. 147-154. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria.
- ❖ **Smith, C., and Wayne, A. (1995).** Crop Production. John Wiley and Sons; 60-62.
- ❖ **Soltner, D. (1988).** Les grandes productions végétales céréales plantent sarclées. 16eme édition, collection sciences et techniques agricole. P : 466-229.
- ❖ **Soltner, D. (1990).** Les grandes productions végétales. 17ème édition. Science et technique agricoles. France, 21-25.

Références bibliographique

- ❖ **Soltner, D. (2012).** Phytotechnie spéciale : les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et techniques agricoles, 21ème Edition. Angers.472 p. (Collection Sciences et techniques agricoles).
- ❖ **Soltner. (1988).** Les bases de la production végétale. Troisième édition p566.
- ❖ **Talbert, L. E., Blake, N. K., Storlie, E. W. & Lavin, M. (1995).** Variability in wheat based on lowcopyDNA sequence comparisons. Genome. 38 : 951 - 957 p.
- ❖ **Tayyar, S. (2010).** Variation in grain yield and quality of Romanian bread wheat varieties compared to local varieties in northwestern Turkey. Romanian Biotechnological Letters, 15(2), 5189-5196.
- ❖ **Varoquaux, f. Et pelletier, g. (2002).** Evolution des techniques, outils et méthodes en-46- amélioration des plantes. "le sélectionneur français" 2002 (53) ; 55-67.
- ❖ **Wang, G. Z., Miyashita N. T., & Tsunewaki, K. (1997).** Plasmon analyses of Triticum (wheat) and Aegilops: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA. PNAS. 94: 14570 - 14577 p.
- ❖ **Zadoks, J., Chang , T., Konzak, C. (1974).** A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research, 14(6):415–421.
- ❖ **Zikara, N. (2002).** Le commerce des pâtes alimentaires dans la Wilaya d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'Etat: Institut National Agronomique Alger. P: 120.

Web-site

- ❖ **United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (n.d.).** Algeria: Wheat area, yield, and production. Retrieved from <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=AG&crop=Wheat>.
- ❖ **Cardenas, J. (2017).** Blé (Triticum sativum, Triticum aestivum, Triticum turgidum, Triticum monococcum): Propriétés, bienfaits de cette plante en phytothérapie. Doctissimo. Retrieved from <https://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plante-medicinale/ble.htm>.
- ❖ **Toledo, C. (2023).** Durum wheat vs. whole wheat flour: Difference, benefits, more. Holy Peas. Retrieved from <https://holypeas.com/durum-wheat-vs-whole-wheat-flour/>.

Références bibliographique

- ❖ **Intercéréales. (n.d.). Le blé dur. (2024).** https://www.intercereales.com/le-ble-dur?fbclid=IwAR2dGHvjyiaVvkBrey78_IxdkTp76indKMyBsTJV3JApoUlaOJow4LSdt7Q
- ❖ **Académie du Goût. (n.d.). Farine de blé tendre.** https://www.academiedugout.fr/ingredients/farine-de-ble-tendre_930
- ❖ **Gorgues, J. (2016).** Le blé. Collège Louisa Paulin de Muret. <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>
- ❖ **Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., & Sudarmonowati, E. (2015).** Wheat (*Triticum aestivum* L.) mutants through in vitro selection tolerant on lowland tropic. INNSPUB Journal Publisher. <https://innspubnet.wordpress.com/2015/06/13/wheat-triticum-aestivum-l-mutants-through-in-vitro-selection-tolerant-on-lowland-tropic/>