



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



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

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم : بيولوجيا النبات **Département : Biologie Végétale**

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et Génomique Végétale

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Etude de quelques paramètres de la qualité technologique et des
maladies prévalentes au sein des populations évolutives de blé dur
développées en Algérie.**

Présenté par : BENBOUZID Abir.

Le :23/06/2025

Jury d'évaluation :

Président: KELLOU Kamel (MAA - UFM Constantine).

Encadrant : BENBELKACEM Abdelkader (Dir. Recherche –
INRAA/URConstantine).

Examineur: HAMLAM Chouoruk (MCB-UFM Constantine).

**Année universitaire
2024 - 2025**

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force, le courage, la volonté ainsi que la patience pour dépasser toutes les difficultés.

*Mes premiers remerciements vont à mon encadreur **Mr .BENBELKACEM Abdelkader** (Dir. Recherche – INRAA/URConstantine). pour avoir accepté de m'encadrer et de m'avoir suivi tous au long de la réalisation de ce mémoire et pour ça patience , disponibilité et surtout ses précieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion .*

*J'exprime toute mes reconnaissances à **Mr Kellou Kamel** . (MAA - UFM Constantine). pour avoir bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire.*

*Je remercie vivement **MRS HAMLA** (MCB) d'avoir accepté de juger ce mémoire de master.*

Je tiens à remercier tous ceux qui d'une façon ou d'une autre m'ont aidé pendant mon travail de mémoire... Certains par leur conseil et leur connaissance scientifique... d'autres par leur soutien et leur présence dans les moments les plus pénibles.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chers, et sans lesquelles je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement

*À mes chères parents **yassine** et **nassima** .*

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect mon amour et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle

*À ma sœur **nour el houda** , mes frères **khalil** et **sohaib** et mes camarades de classe **m2** les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, que je porte pour vous*

*Et pour ma meilleur amie **briber nihed**.*

Table des matières

Abstract

Résumé

الملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	1
Chapitre I : Revue bibliographique	4
1. Généralité sur le blé :	4
2. origine du blé :	4
2.1. Origine génétique :	4
2.2. Origine géographique	4
3. Classification du blé dur (<i>Triticum durum</i> , Desf.) :	5
4. localisation de la production du blé dur	6
4.1. Dans le monde	6
4.2. En Algérie	7
5. Biologie et cycle de développement du blé dur :	7
5.1. Période végétative << Phase germination-levée >> :	8
5.2. Période reproductrice. << Montaison-floraison>> :	8
5.3. Période remplissage et maturité du grain « Floraison-maturité>> :	8
6. Importance du Blé dur	9
6.1. Dans le monde :	9
6.2. En Algérie :	10
Chapitre II :	11
Quelques paramètres de la qualité technologique et les maladies de blé.	11
1. La qualité technologique:	12
1.1. Composition chimique du grain de blé dur :	12
1.2. Les marqueurs physico-chimiques	13
1.3 Les marqueurs biochimiques	13
2. Les maladies du blé:	15
2.1. Les maladies fongiques :	16
3. Les maladies bactériennes :	27
3.1. Les glumes noires et la strie bactérienne :	27

4. Les maladies virales :	27
4.1. La mosaïque :	29
5. Les moyens de Lutte :	29
5.1. La lutte chimique :	29
5.2. La lutte physique :	30
5.3 La lutte culturelle :	30
5.4 La lutte biologique :	30
5.5 La lutte génétique :	31
Chapitre III : Matériel et méthodes	32
1.1. Localisation du site d'essais:	33
1.1.1. Conditions climatiques :	33
1.2. Matériel végétal utilisé:	34
1.3. Dispositif Expérimental :	35
1.4. Analyses statistiques :	35
1.5. Conduite cultural et entretien phytosanitaire de l'essai :	35
1.6. Paramètres mesurés :	36
1.6.1. Paramètres phénologiques:	36
1.6.2. Paramètres morphologiques :	36
2. Analyse de la qualité :	37
2.1. Matériel végétal:	37
3.1 Test du Gluten humide et Gluten sec :	37
4. Mitadinage :	39
5. la moucheture :	39
6. les maladies de blé :	39
Chapitre IV : résultats et discussion.	40
1. Résultats au champ :	41
1.1. Notation morphologiques :	41
1.2. Maladies prévalentes au niveau de la parcelle d'essais:	42
2. Résultats des analyses de qualité au laboratoire.	43
3. Analyse des taux de Mitadinage et de Moucheture:	44
V. conclusion et perspectives :	45
Références bibliographiques :	47

Abstract

This study aims to assess key technological quality parameters and prevalent diseases affecting evolutionary populations of durum wheat developed in Algeria. Against a backdrop of increasing dependence on cereal imports, this research is part of an effort to enhance local resources and improve both productivity and quality of national varieties.

The study is structured into four main chapters: a literature review on durum wheat (origin, classification, economic importance), analysis of technological quality traits and prevalent diseases, description of materials and methods (field trials in Baaraouia - El Khroub, laboratory analyses), and a discussion of the results obtained.

Technological evaluation focused on key parameters such as protein content, wet and dry gluten, vitreousness, humidity, kernel mottling and speckling. The results revealed notable variability among the tested genotypes. Additionally, several fungal (septoria, fusarium, rust), bacterial (black glume) and viral (mosaic, barley yellow dwarf virus) diseases were identified in the field.

The overall analysis highlights the importance of selecting varieties adapted to local agro-climatic conditions and the need for an integrated disease management strategy to enhance the quality and sustainability of durum wheat production in Algeria.

Keywords: Durum wheat, evolving population, quality parameters, prevalent diseases, varietal selection

Résumé

Le présent travail vise à évaluer certains paramètres de la qualité technologique ainsi que les maladies prévalentes affectant les populations évolutives de blé dur développées en Algérie. Dans un contexte marqué par une dépendance croissante aux importations céréalières, cette étude s'inscrit dans une dynamique de recherche visant à valoriser les ressources locales et améliorer la productivité et la qualité des variétés nationales.

Le travail s'est articulé autour de quatre grands chapitres : une revue bibliographique générale sur le blé dur (origine, classification, importance économique), une analyse des paramètres technologiques et des maladies les plus fréquentes, une présentation du matériel et des méthodes utilisées (site expérimental de Baaraouia - El Khroub, analyses de laboratoire), et enfin une discussion des résultats obtenus.

L'évaluation technologique a porté sur des paramètres clés tels que le taux de protéines, le gluten humide et sec, la vitrosité, l'humidité, le mitadinage et la moucheture. Les résultats ont montré une variabilité notable selon les géotypes testés. Par ailleurs, plusieurs maladies fongiques (septoriose, fusariose, rouilles), bactériennes (glumes noires) et virales (mosaïque, jaunisse nanisante) ont été identifiées au champ.

L'analyse globale souligne l'importance d'une sélection variétale adaptée aux conditions pédoclimatiques locales, et la nécessité d'une stratégie intégrée de lutte contre les maladies pour améliorer la qualité et la durabilité de la production de blé dur en Algérie.

Mots Clés : Blé dur, population évolutive, paramètres de qualité, maladies prévalentes, sélection variétale.

ملخص

الصلب المطورة في الجزائر. في ظل الاعتماد المتزايد على واردات الحبوب، تندرج هذه الدراسة في إطار جهود البحث العلمي الرامية إلى تأمين الموارد المحلية وتحسين إنتاجية وجودة الأصناف الوطنية.

تم تقسيم العمل إلى أربعة فصول رئيسية: مراجعة نظرية حول القمح الصلب (الأصل، التصنيف، الأهمية الاقتصادية)، دراسة الخصائص التكنولوجية والأمراض الأكثر انتشاراً، عرض للمواد والطرق المستخدمة (الموقع التجريبي بباراويا - الخروب، التحاليل المخبرية)، وأخيراً مناقشة النتائج المحصل عليها.

شملت الدراسة تقييم معايير رئيسية مثل نسبة البروتين، الغلوتين الرطب والجاف، الصلابة، الرطوبة، نسبة التحبب والتبقع. أظهرت النتائج تبايناً واضحاً بين الأنماط الوراثية المدروسة. كما تم تشخيص عدة أمراض فطرية (السبتوريوز، الفيوزاريوم، الصدأ)، بكتيرية (السود البكتيري)، وفيروسية (الموزاييك، تقزم الشعير الأصفر).

تشير التحاليل إلى أهمية اختيار أصناف ملائمة للظروف البيئية المحلية، والحاجة إلى اعتماد إستراتيجية متكاملة لمكافحة الأمراض من أجل تحسين جودة واستدامة إنتاج القمح الصلب في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: القمح القاسي، التطور السكاني، معايير الجودة، الأمراض السائدة، اختيار الأصناف

Liste des FIGURES :

Figure 1:carte du centre d'origine et la difussion de la culture de triticum turgidum (bonjean,2001).....	5
Figure 2:production du blé dans le monde en 2017/2018(en Mt) (USDA, 2018)	6
Figure 3: production mondiale de blé dur par pays en 2016 et projections en 2017 (Conseil International des Céréales, 2017).....	7
Figure 4:la production céréalière en 2017 au nord de l'Algérie (Anonyme, 2017).....	7
Figure 5:schéma de différents maladies durant tout le cycle végétative de blé.	16
Figure 6: Symptômes de Mycospharrella graminicola sur feuilles de blé (Wikipédia,2006).....	18
Figure 7:cycle de développement de la tache steptorienne.	18
Figure 8:symptome des Fusaria sur le collet et l'épi. A : Pourriture du collet, B : Fusariose de l'épi. (Agro Basf, https://www.agro.basf.fr)	21
Figure 9: Cycle de développement de la Fusariose.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10:symptome de Pyrenophora tritici-repentis (ARVALIS- institut du végétal, 2013).	22
Figure 11:cycle Cycle de développement de la Tache auréolée (Helminthosporiose du blé).	23
Figure 12: : Erysiphe graminis sur feuille de blé A : Symptomes de l'oïdium sur la plante (Photo personnelle), B : Oïdium sur une feuille de blé (Agro-base https://www.agro.basf.fr/)	23
Figure 13:cycle de développement de l'Oïdium (Agro-base https://www.agro.basf.fr/)	24
Figure 14: Les rouilles du blé. A : Symptômes de Puccinia recondita sp tritici sur la feuille de blé (Agrifind, https://www.agrifind.fr)	26
Figure 15:sy Symptômes Xanthomonas translucens sur le blé. A :Strie bactérienne, B : Glumes noires (https://gd.eppo.int/taxon/XANTTR/photos)	27
Figure 16:Plante atteinte de BYDV.....	29
Figure 17: Symptômes de la mosaïque du blé (ARVALIS- institut du végétal http://www.fiches.arvalis-infos.fr).....	29
Figure 18:Image satellite de la parcelle de l'essai à El Baraouia-El Khroub.....	33
Figure 19: préparations du test du gluten.....	38
Figure 20: appareil à IR (NIR).....	39
Figure 21: Notations de maladies selon Saari et Precott 1975.....	39

Liste des tableaux :

Tableau 1:classification de cronquiste,(1981)et APG 111 ,(2009) :	5
Tableau 2 : pluviométrie moyenne et températures enregistrées pendant l'année à Baaraouia 2024/2025 :	34
Tableau 3:Dispositif expérimental adopté Split plot (baaraouia) 2024/2025	35
Tableau 4 Hauteur des plantes au stade épiaison au site Baaraouia (2025)	41
Tableau 5 : différentes maladies appercues durant cette campagne à ElKhroub.	42
Tableau 6: Données recueillies sur le gluten humide et sec, le taux de protéines totales et l'humidité des graines récoltés en 2024/2025 à Elkhroub.	43
Tableau 7: Taux de mitadinage et de Moucheture au niveau des différents types de blés testés à Elkhroub en 2025.	44

Abréviations :

MixLr : mélange de variétés locales

Epdw : Evolutionary population durum wheat.

FAO: Organisation pour l'alimentation et l'agriculture.

INRAA: Institut nationale de la recherche organique d'Algerie.

TS: tan spot.

Mt: métric tonnes.

USDA: Unatid states départ of agriculture.

UE: Union européen.

ANOVA:Analyses de variance.

ACP: Analyses en composante principal.

HPM: Haut poids molecular.

FPM: Faible poids molecular.

Glu: Glutelin.

SDS: Test de sedimentation.

ARVALIS: Institut de végétale.

DAP: Diamonium Phosphate.

NaCl: Chlorure de sodium.

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole; ils sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al. (2005) in Mouellef, 2010), selon la FAO, (2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt. Parmi ces céréales, Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, (1999) in Mouellef, 2010).

Le blé dur est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat aride et semi-aride là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, de plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (Abeledo et al. (2008) .

Avant 1830, L'Algérie exportait son blé au Monde entier. Actuellement elle importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme a, 2006) et se place en position de l'un des grands importateurs de blé. L'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali (2007) in Oudjani ,2009). En effet une production très insuffisante de 3.6 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO, 2007). La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués surtout la semoule (industrie de première transformation), et les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation). La qualité doit répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux (1995) in Derbal ,2009). La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Les constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique. La définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro-climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, (2000)).

Ce travail vise à étudier quelques caractéristiques technologiques des grains de différents types de blé dur, de les comparer, les évaluer pour leurs caractéristiques technologiques ainsi que leur comportement vis à vis des différentes maladies cryptogamiques prévalentes en Algérie durant cette campagne agricole.

Notre mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

Chapitre I : représente une synthèse bibliographique sur le blé dur, on a parlé en général de cette céréale, leur production, localisation superficie, amélioration et rendement.

Chapitre II : on a parlé de quelques paramètres de la qualité technologique et des maladies prévalentes au sein des populations évolutives de blé dur développées en Algérie.

Chapitre III : qui englobe l'ensemble du matériel et méthodes utilisées pendant notre expérience au niveau de parcelle : Baaraouia et au niveau de laboratoire de Biochimie Génétique Et Protéomique.

Chapitre IIII : consacrée à l'ensemble des différents résultats obtenus et discussions des paramètres étudiés concernant la qualité (le taux de protéines et d'humidité, le gluten, le mitadinage, la moucheture) et au final les résultats des maladies trouvées au champ.

Chapitre I : Revue bibliographique

Chapitre I : Revue bibliographique

1. Généralité sur le blé :

Le blé est une espèce monocotylédone qui appartient au genre de *Triticum* de la famille des Graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscent, appelé caryopse constitué d'une graine et des téguments. (Feillet, 2000), les deux espèces qui dominent aujourd'hui la production sont : le blé tendre et le blé dur.

2. origine du blé :

2.1. Origine génétique :

L'origine du blé dur remonte à la fusion du génome de deux espèces ancestrales : *Triticum urartu* (génome A) et *Aegilops speltoides* (génome B). Cette fusion conduit à l'apparition de *Triticum turgidum dicoccoides* (génome AB), espèce qui se répand à la fois dans l'espace et le temps (1).

Génétiquement les espèces cultivées du genre *Triticum* sont classées en groupes: diploïdes avec 14 chromosomes, tétraploïdes avec 28 chromosomes et hexaploïdes avec 42 chromosomes. (in Belaid D. 1996).

2.2. Origine géographique

L'évaluation de l'origine géographique du blé dur est un défi important et émergent, en raison de la valeur ajoutée qu'une allégation d'origine pourrait apporter à la matière première elle-même, et par la suite aux produits finaux (Cavanna et al, 2020).

Depuis longtemps sur le centre d'origine des blés des recherches effectuées basées sur des arguments archéologiques et phylogénétiques, permettant d'admettre que les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* aurait trois centres d'origine distincts.

La saga du blé accompagne l'histoire de l'homme et l'agriculture (Feillet, 2000). La domestication du blé, liée à la naissance de l'agriculture, survient au proche orient, dans la région du **croissant fertile** « l'ouest de l'Iran, l'est de l'Irak, et le sud et l'est de la Turquie incluant la syrie, la palestine et la jordanie», il y a environ 10000 ans (Naville, 2005). le moyen orient est le centre géographique d'origine à partir duquel l'espèce *Triticum durum Desfs* est différenciée dans trois centres secondaires différents qui sont : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de la Russie et le proche orient (Cook et al., 1991).



Figure 1:carte du centre d'origine et la diffusion de la culture de *triticum turgidum* (bonjean,2001)

3. Classification du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) :

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone qui appartient à la famille Poaceae qui comprend plus de 10000 espèces différentes (Mac keg,2005). Ce dernier est un allo tétraploïde $2n=28=AABB$ (Huang et al,2002).

L'organisation des différentes espèces du blé dur, n'est pas triviale. En effet, il existe de nombreuses classifications différentes, très inconsistantes selon qu'elles se basent sur des critères botaniques ou génétiques (Charles, 2010). D'après la classification de Cronquist, (1981) et APGIII (2009), le blé dur est classé comme suit:

Tableau 1:classification de cronquiste,(1981)et APG 111 ,(2009) :

	Cronquist, (1981)	APG III, (2009)
Règne	Plantae	/
Sous Règne	Tracheobionta	/
Division	Magnoliophyta	/
Classe	Liliopsida	/
Sous Classe	Commelinidae	/
Ordre	Cyperales	Poales
Famille	Graminées	Poacées
Tribu	Triticeae	/
Genre	<i>Triticum</i>	/
Espèce	<i>Triticum turgidum</i>	/
Sous Espèce	<i>Triticum turgidum subsp.durum</i> (Desf.)	/

Synonyme	<i>Triticum durum</i>	/
----------	-----------------------	---

4. localisation de la production du blé dur

4.1. Dans le monde

Le blé est la principale céréale cultivée au monde, la superficie mondiale cultivées se mesurent en millions d'hectares et la récolte a atteint des millions de tonnes (figure02)

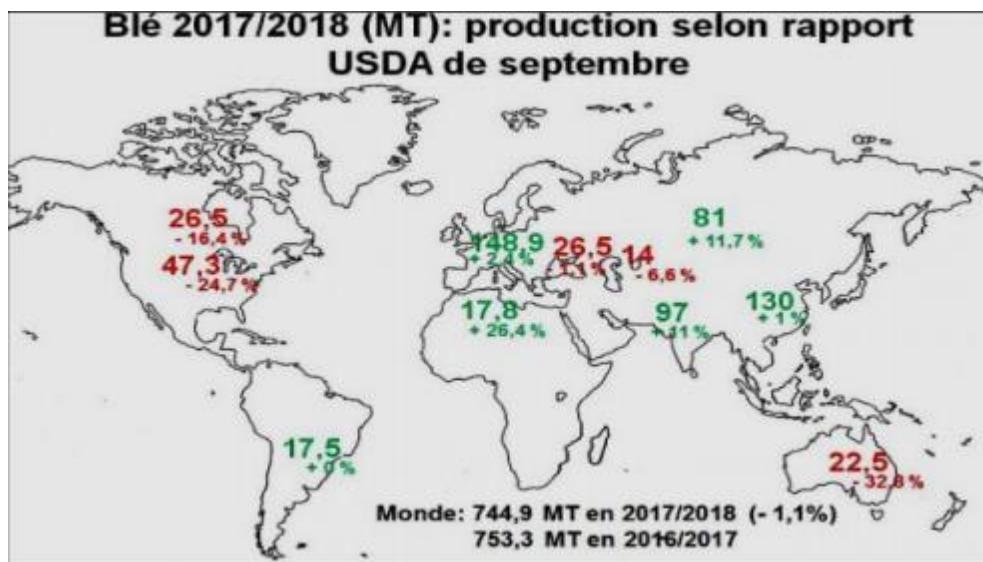


Figure 2:production du blé dans le monde en 2017/2018(en Mt) (USDA, 2018)

Le dernier classement des principaux pays producteur de blé dur indique que l'UE est toujours en premier, la Canada en deuxième, al. L'UE et le continent américain sont excédentaires en blé, ce qui leur confère un avantage économique et géopolitique indéniable. Au contraire de l'Asie et l'Afrique qui apparaissent déficitaires, ce qui renforce leur dépendance à l'égard des grands pays exportateurs. Le marché mondial du blé dur est reparti en différents groupes de pays qui ont diverses capacités de production et de consommation de blé (Ansart , 2017).

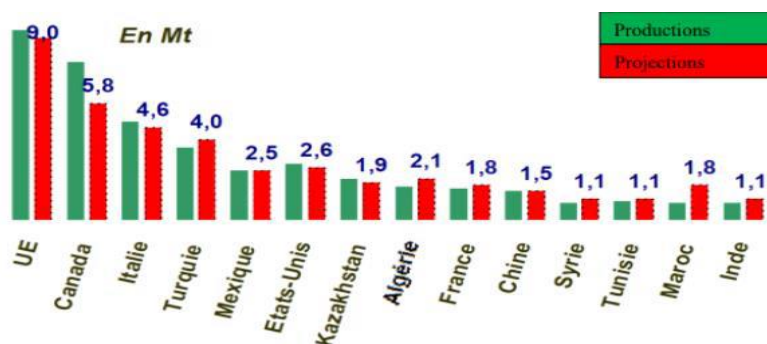


Figure 3: production mondiale de blé dur par pays en 2016 et projections en 2017 (Conseil International des Céréales, 2017).

La production mondiale de blé pour la campagne 2017/2018 a atteint 760 millions de tonnes selon la FAO (FAO, 2019) (Tableau 3). Pour satisfaire la demande de l'humanité, selon la FAO, il faut augmenter d'au moins 60 % la quantité des produits agricoles disponibles, entre 2005 et 2050 (Gallais, 2015).

4.2. En Algérie

Les céréales occupent 3,5 millions d'hectares en moyenne, une amélioration nette dans la production des céréales a été enregistré un record durant la saison 2016/2017 (6,4 millions de tonnes d'après l'office Algérien inter professionnel des céréales OAIC, 2017). Ainsi, pour l'Algérie, la production moyenne annuelle est estimée à 3,6 Mtonnes. Les productions maximales sont obtenues principalement lors des précipitations annuelles dépassant les moyennes au niveau des régions de l'Est, l'Ouest et le Centre du pays. (Nadjoua, 2018).(Figure 4).

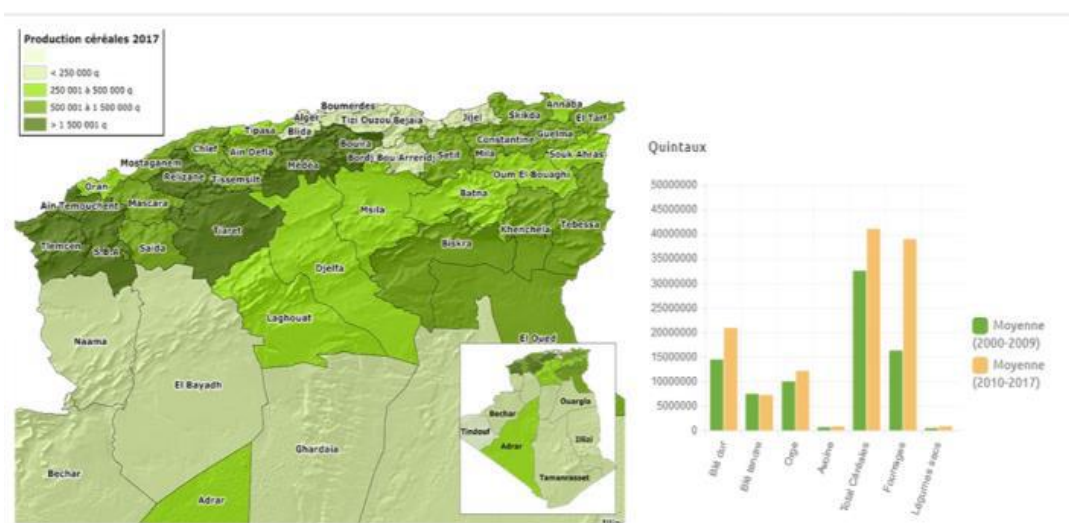


Figure 4:la production céréalière en 2017 au nord de l'Algérie (Anonyme, 2017).

5. Biologie et cycle de développement du blé dur :

De graine à graine, le cycle biologique du blé se divise en trois périodes successives, chacune comporte des phases et des stades. La réalisation des différents stades est sous le contrôle de la somme des températures journalières (degré-jour) subie par la plante. La somme des températures, base zéro pour le blé, Il ne faut prendre en considération que les valeurs

positives (Hamadache, 2013). Le cycle de développement d'un grain de blé comprend 3 périodes végétatives qui sont :

5.1. Période végétative << Phase germination-levée >> :

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par le coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille (Hamadache, 2013).

La levée est notée quand 50% des plantes sont sorties de terre. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (Karou et al., 1998).

Le tallage s'amorce à partir de la quatrième feuille. La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maître-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2ème et la 3ème talle apparaissent à l'aisselle de la 2ème et la 3ème feuille (Hamadache, 2013). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995). Cependant, Long Necker et al., (1993) suggèrent que le tallage ne s'arrête pas à n'importe quel stade de développement du blé, mais il est plutôt contrôlé par un certain nombre de facteurs génétiques et environnementaux. Le nombre de talles productives dépend du génotype, de l'environnement et est fortement influencée par la densité de peuplement (Acevedo et al., 2002).

5.2. Période reproductrice. << Montaison-floraison >> :

La montaison débute lorsque les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage (Belaid, 1987). Selon Baldy (1984) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface ; A l'épiaison, l'épi sort de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement après quelques jours (moins de 7 jours) après l'épiaison. Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain (Herbek et Lee, 2009).

5.3. Période remplissage et maturité du grain « Floraison-maturité >> :

La période floraison-maturité correspond à l'accumulation des hydrates de carbone et de l'azote dans le grain (Gallais et Bannerot, 1992). Cette période correspond à la formation de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids de 1000 grains (Robert et al., 1993). Le remplissage du grain, après la floraison, se fait de deux façons :

- Par la migration d'une partie des réserves de la tige.
- Par la photosynthèse des parties de la plante encore vertes (feuilles, épis, barbes) (Hamadache, 2013).

Le rendement en grains, sous système de culture pluviale et sous environnement contraignant, est la résultante de la durée, de la vitesse de remplissage et de la capacité de translocation des assimilats stockés dans la tige (Abbassenne et al., 1997). Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (échaudage du grain). Puis suit le dessèchement du grain, pour atteindre son poids sec final (Wardlow, 2002).

6. Importance du Blé dur

6.1. Dans le monde :

Le blé est l'un des aliments de base les plus importants dans le monde, jouant un rôle clé dans la sécurité alimentaire et l'économie mondiale. Voici quelques points clés sur l'importance du blé dans le monde, ainsi que quelques références pour approfondir le sujet.

6.1.1. Production alimentaire :

Le blé est la troisième culture la plus cultivée dans le monde, après le maïs et le riz, et la production de blé est estimée à environ 750 millions de tonnes par an (FAOSTAT 2022). Le blé est une source importante de nourriture pour les humains et est utilisé pour faire une grande variété de produits alimentaires tels que du pain, des pâtes, des biscuits, des céréales et bien d'autres.

6.1.2. Sécurité alimentaire :

Le blé est un aliment de base pour des millions de personnes dans le monde entier, en particulier dans les régions où les autres sources de nourriture sont limitées ou peu fiables. Le blé est également un élément clé des programmes d'aide alimentaire dans le monde entier.

6.1.3. Économie :

Le blé est une culture de grande valeur économique, représentant une part importante des exportations de nombreux pays. Le commerce mondial du blé est estimé à environ 200 millions de tonnes par an, d'une valeur de plus de 40 milliards de dollars (International Grains Council).

6.1.4. Emplois :

La production, la transformation et la vente de blé créent de nombreux emplois dans le monde entier, contribuant ainsi à l'économie locale et nationale.

6.2. En Algérie :

Le blé est une culture importante, tant sur le plan économique que sur le plan alimentaire. En effet, le blé est l'une des principales cultures céréalières en Algérie et est largement utilisé dans la production de produits alimentaires de base tels que le pain, les pâtes et la semoule. (Banque mondiale. 2021).

Selon un bilan réalisé par Ferhat et Chehat (2020), l'évolution de la céréaliculture algérienne entre 1962 et 2017 a été guidée par l'affirmation d'un objectif d'intensification et par un décalage entre cet objectif et les résultats obtenus dans la production, : en 2017, la production céréalière se maintint à 34 millions de quintaux. Compte donc tenu de ces précisions, force est de conclure que la politique d'intensification à base de mécanisation et d'utilisation de consommations intermédiaires a échoué et que l'espoir de réaliser l'autosuffisance en céréales notamment en blés s'éloignait d'année en année.

Le poids des importations des blés est ainsi resté important ce qui ne manquera pas de consolider la dépendance de l'Algérie à l'égard du marché mondial des grains. Cette contrainte est d'autant plus importante que ces importations se réalisent dans un contexte de crise financière qui les rendent plus difficiles et plus lourdes politiquement. L'élargissement du déséquilibre qui existe entre l'offre et la demande en céréales est comblé dans une large mesure par des importations devenues au fil des années excessivement onéreuses. Le décrochage de l'offre nationale en céréales et produits dérivés par rapport à la consommation a été et demeure une constante du marché algérien. Durant les années 2010, les importations ont donc continué à croître toujours au rythme de la croissance des besoins alimentaires de la population.

Chapitre II :

Quelques paramètres de la qualité technologique et les maladies de blé.

1. La qualité technologique:

Le défi actuel pour les sélectionneurs de blé dur ne se limite pas uniquement à l'augmentation du rendement en grains, mais vise également l'amélioration de la qualité des produits finaux, en tenant compte des caractéristiques physiques et chimiques adaptées aux différents usages culinaires (Abebe, 2019). L'industrie alimentaire favorise les cultivars de blé dur avec une teneur élevée en pigments jaunes, une forte vitrosité, un poids spécifique élevé et un gluten de qualité, particulièrement résistant (Brankovic et *al.*, 2014). Selon (Guzmán et Ibba, 2023), il est possible d'atteindre à la fois un rendement élevé et une qualité de grains supérieure en mettant en place les bonnes approches d'amélioration et de sélection, sans que ces deux aspects ne soient en contradiction.

1.1. Composition chimique du grain de blé dur :

Les éléments constitutifs du grain de blé ainsi que leurs caractéristiques physico-chimiques jouent un rôle crucial dans la détermination des propriétés de qualité du grain (Guzmán et Ibba, 2023). Il est composé essentiellement de :

- **L'albumen** : Il correspond au tissu de réserve et est constitué de l'albumen amylicé et de la couche à aleurone (80 % - 85 % du grain) (Feillet, 2000). La teneur en protéines et en enzymes de la couche d'aleurone est abondante et essentielle au processus de germination. L'endosperme est riche en amidon producteur d'énergie et se compose principalement des réserves alimentaires nécessaires à la croissance de la plantule. Avec les glucides, les albumines, les globulines et les deux principales protéines du complexe du gluten, les gluténines et les gliadines, représentent environ 13 % de la teneur en protéines de l'endosperme farineux (Šramková et *al.*, 2009).

- **Le germe** : Il est constitué d'une part, de l'axe embryonnaire qui donnera la tigelle, le mésocotyle et la radicule et d'autre part du scutellum qui donnera le cotylédon (Surget et Barron, 2005). Il est riche en protéines (25 %) et lipides (8-13%) et une teneur élevée en minéraux (4,5 %) (Šramková et *al.*, 2009). C'est une source importante de vitamine E car il ne contient que la moitié de la glutamine et de la proline de la farine, mais il contient deux fois plus d'alanine, d'arginine, d'asparagine, de glycine, de lysine et de thréonine que la farine (Şahin et Karakas, 2022).

- **Les enveloppes** : Elles sont constituées de quatre tissus : le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline (qui correspond à l'épiderme du nucelle) (Debiton, 2010). Les protéines et les hydrates de carbone représentent ensemble 16 % de la matière sèche du son. Bien que la teneur en minéraux

soit assez élevée (7,2 %), elle est principalement constituée de cellulose et de pentosanes, qui sont des protéines étroitement liées à des polymères composés de xylose et d'arabinose (Šramková et *al.*, 2009).

Des travaux similaires ont également examiné la variation phénotypique des génotypes à travers des caractéristiques des produits finaux, notamment la graine et la semoule. Une série d'analyses physico-chimiques a été effectuée pour décrire les aspects des grains (vitrosité, moucheture, teneur en protéines, teneur en cendre) et des semoules (coloration, force et teneur en gluten). Les résultats de cette évaluation ont aussi été analysés par ANOVA, ACP, AHC, matrice de corrélation et l'indice MGIDI pour comparer et classer les différents génotypes, afin d'identifier ceux ayant de bonnes caractéristiques physico-chimiques, déjà reconnus dans la littérature comme critères de sélection pour l'amélioration de la qualité des grains de blé dur.

1.2. Les marqueurs physico-chimiques

Pour répondre aux besoins des marchands de blé dur, des meuniers, des transformateurs et des consommateurs, il est essentiel de prendre en compte les caractéristiques physiques et chimiques de qualité des grains (Pandey et *al.*, 2022). Cette dernière est déterminée par chaque composant du grain, qui peut agir individuellement ou en combinaison avec d'autres composants pour influencer la qualité globale du grain (Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008).

La méthode optimale de production d'une semoule de haute qualité consiste à partir d'une matière première de haute qualité caractérisée par une bonne taille des grains, un poids spécifique élevé, un pourcentage élevé de grains vitreux durs, ainsi que toutes les qualités physiques et fonctionnelles nécessaires (Sissons, 2022).

➤ Vitrosité

La vitrosité de l'amande influence la granulation, la couleur et la teneur en protéines de la semoule : une amande moins vitreuse entraîne une granulation plus fine et une teneur en protéines plus faible (Dziki et Laskowski, 2005). Elle est considérée comme un élément qualitatif essentiel dans le secteur des pâtes, car elle influence la valeur commerciale en garantissant un rendement élevé en semoule ainsi qu'une granulation et une pureté optimales (Pinheirobr et *al.*, 2013).

1.3 Les marqueurs biochimiques

La qualité des pâtes est déterminée non seulement par la teneur en protéines, mais aussi par la qualité des gluténines de haut et de faible poids moléculaire (HPM et FPM) codées par

les loci Glu-1 et Glu-3, respectivement. Bien que les gluténines de faible poids moléculaire aient un effet dominant sur les HPM-SG dans le blé dur, l'état allélique HPM-SG a, en moyenne, un effet considérable sur la qualité du gluten (Kroupina et *al.*, 2023).

L'importance d'étudier en détail les sous-unités de gluténine, de haut et de faible poids moléculaire, est due au fait qu'elles sont les constituants de base des polymères de gluténine, dont la structure, la composition et la taille sont étroitement liées aux caractéristiques de la pâte de blé (Lafiandra et *al.*, 2012).

➤ **Coloration de la semoule**

Selon Schulthess et *al.* (2013), la couleur des pâtes est un attribut de qualité essentiel, résultant des propriétés intrinsèques de couleur de la semoule dérivée des grains de blé dur. Il est dû principalement à la présence de deux pigments naturels à savoir les caroténoïdes et les anthocyanes (Aoun et *al.*, 2021). L'accumulation de ces pigments dans le grain est un élément clé dans les programmes de sélection visant à améliorer la valeur nutritionnelle du blé dur et de ses produits finaux (Ficco et *al.*, 2014).

L'indice de jaune demeure l'un des paramètres privilégiés par les sélectionneurs pour anticiper la qualité du matériel génétique du blé dur, en raison de sa concentration élevée en pigments caroténoïdes (Hammami et *al.*, 2017).

Le brunissement des pâtes, mesuré par l'indice de brun, est accentué par la peroxydation des acides gras insaturés présents dans la semoule. Cependant, des recherches ont démontré que la couleur foncée est principalement influencée par le facteur génétique, en faisant un critère variétal essentiel (Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008).

➤ **Teneur en protéines**

La teneur en protéines des grains joue un rôle significatif dans la valeur nutritionnelle, les préférences de transformation, la qualité des produits finis tels que le pain et les pâtes, ainsi que dans la valeur commerciale du blé hexaploïde (*Triticum aestivum* L.) et du blé dur (*T. turgidum* L. var. *durum* Desf.) (Saini et *al.*, 2020).

La teneur en protéines du blé varie considérablement, allant de 6 % à environ 20 %, cette variation dépend du type de blé, des conditions du sol, du climat, des régions de production et de la nutrition azotée (Carson et Edwards, 2009). (Dimitrios, 2023), ont montré que le blé dur contenant plus de 11,5 % de protéines est approprié pour la fabrication de pâtes, tandis qu'une

teneur inférieure à ce seuil est généralement considérée comme de moindre qualité et est plutôt utilisée comme aliment pour le bétail.

➤ **Gluten**

Le gluten est la composante fonctionnelle de la protéine et détermine de nombreuses caractéristiques de résistance et de transformation de la farine de blé. Le gluten se compose de deux protéines spécifiques, la gluténine et la gliadine (Singh et *al.*, 2022). Les valeurs élevées de ce dernier correspondant à un gluten plus fort (Kaplan Evlice et *al.*, 2023).

Le gluten sec est utilisé pour améliorer la qualité des farines plus faibles destinées à la panification, ainsi que pour augmenter la teneur en protéines des céréales et autres produits nutritionnels. L'incorporation de ce dernier permet d'améliorer la force, le volume du pain, et la qualité de la mie dans la fabrication de pâtes à pain (Cornell, 2012). La qualité du gluten, qui existe en deux variétés - faible et fort - est essentielle pour un produit donné. Alors que le gluten fort est préférable pour créer d'énormes pains, le gluten faible est surtout nécessaire pour les gâteaux et les biscuits (Kaukab et *al.*, 2022).

➤ **Force du gluten**

La force du gluten est mesurée à travers un test désigné sous le nom de volume de sédimentation (SDS). Ce test offre des indications quant à la qualité des gluténines présentes dans les protéines de l'endosperme (Kumar et *al.*, 2013), et comme un outil de sélection dans la sélection des variétés de blé et dans les processus de meunerie (Singh et *al.*, 2022).

2. Les maladies du blé:

Les maladies du blé, comme celles d'autres céréales, peuvent avoir un impact majeur sur la production et la qualité des grains. Elles sont causées par divers agents pathogènes comme des champignons, des bactéries, des virus et même des nématodes. Parmi les maladies les plus courantes en Algérie, on trouve les rouilles, la septoriose, la fusariose, l'oïdium, le charbon, la tache auréolée, la jaunisse nanisante de l'orge, et quelques maladies bactériennes. Ces maladies peuvent réduire considérablement les rendements et entraîner des pertes importantes pour les agriculteurs.

Les maladies du blé peuvent être classées en plusieurs catégories en fonction de leur cause et de leurs symptômes :

2.1. Les maladies fongiques :

Le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies fongiques ou cryptogamiques à différents stades de croissances (Fig.5), lorsque les conditions climatiques sont favorables, ces maladies peuvent facilement se propager provoquant des symptômes qui leurs sont spécifiques (Ezzahiri, 2001)

On distingue des maladies touchant les feuilles, l'épi, le collet et les racines.

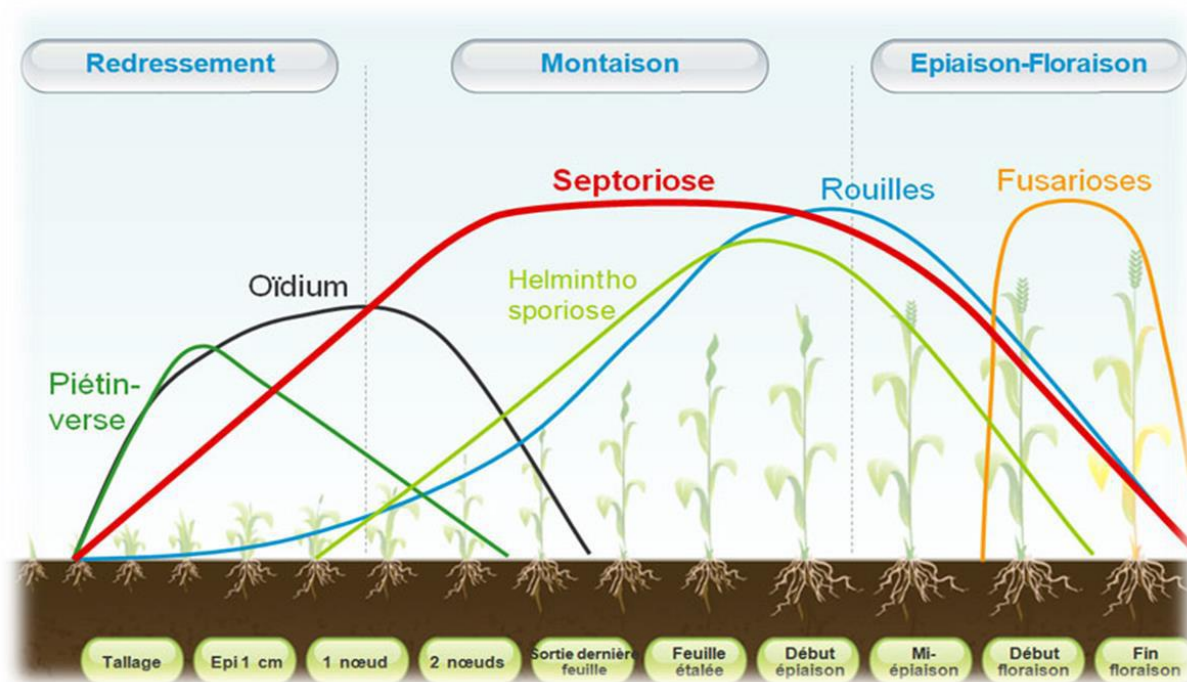


Figure 5:schéma de différents maladies durant tout le cycle végétative de blé.

(Anonyme, 2011).

2.1.1. La septoriose :

2.1.1.1 La tache septorienne :

➤ Description de la maladie :

La tache septorienne du blé causée par *Mycosphaerella graminicola* (=anamorphe *Septoria tritici*) récemment nommé *Zymoseptoria tritici* (Quaedvlieg et al., 2011) est largement répandue dans le monde (Eyal et al., 1987). Cette maladie était signalée dans la majorité des régions de production de blé en Algérie. La prévalence et la sévérité de la tache septorienne selon les différentes régions céréalières du nord algérien sont évaluées, avec un

accent particulier sur la diversité phénotypique et génotypique des isolats de *Z. tritici* de l'Est algérien.

Elle se présente sous forme de lésions chlorotiques dans les feuilles basales (Pedersen, 1989 ; Ponomarenko, 2011), les taches sont de couleur jaune en premier temps (chlorose), puis deviennent brune à raison de la mort des tissus (nécrose). Les nécroses sont très souvent allongées, délimitées par les nervures et parsemées de nombreux points noirs sous forme d'exsudats cirrhe appelés pycnides (Rapilly et al., 1971 ; Ponomarenko, 2011). (Fig.6).

2.1.1.2 Septoriose des glumes

➤ Description de la maladie :

La septoriose de l'épi ou des glumes est causée par le champignon *Septoria nodorum* (Mazouz, 1992; Scharen, 1999).

Cette maladie apparaît aussi bien sur les feuilles que sur les glumes, la gaine des feuilles et les nœuds. Des lésions ovales brunes auréolées d'un jaunissement périphérique sont observées sur les feuilles, ainsi que des point noirs correspondant à des pycnides mais moins apparents à ceux observés chez *Septoria tritici* et exsudant en conditions humides une cirrhe rose (Ezzahiri, 2010).

➤ Cycle de développement de la septoriose :

Mycosphaerella graminicola spécifique à la tache septorienne est un champignon hémibiotrophe, il passe par deux phases, la première phase biotrophe où l'infection se déroule sans endommagement des tissus hôtes, suivi par une phase nécrotrophe pendant laquelle les tissus infectés commencent à dépérir.

La représentation schématique du cycle de développement de l'agent de la septoriose du blé est présentée en figure 12. La primo-infection (inoculum primaire) par la septoriose est causée par la forme sexuée *Mycosphaerella graminicola* grâce à des spores aériennes appelées ascospores ou conservées sur les résidus de culture. Quant à l'effet « splash », il permet la propagation des pycnidiospores par éclaboussure de gouttelettes d'eau de pluie vers le haut de la plante et vers les plantes voisines sous forme asexuée *Septoria tritici*. Les conditions d'infection résultent de la présence d'une humidité élevée voir d'eau liquide pendant au moins 20h (Ponomarenko et al., 2011) avec une température optimale comprise entre 15°C et 20°C (GRDC, 2014).



Figure 6: Symptômes de *Mycosphaerella graminicola* sur feuilles de blé (Wikipédia,2006)

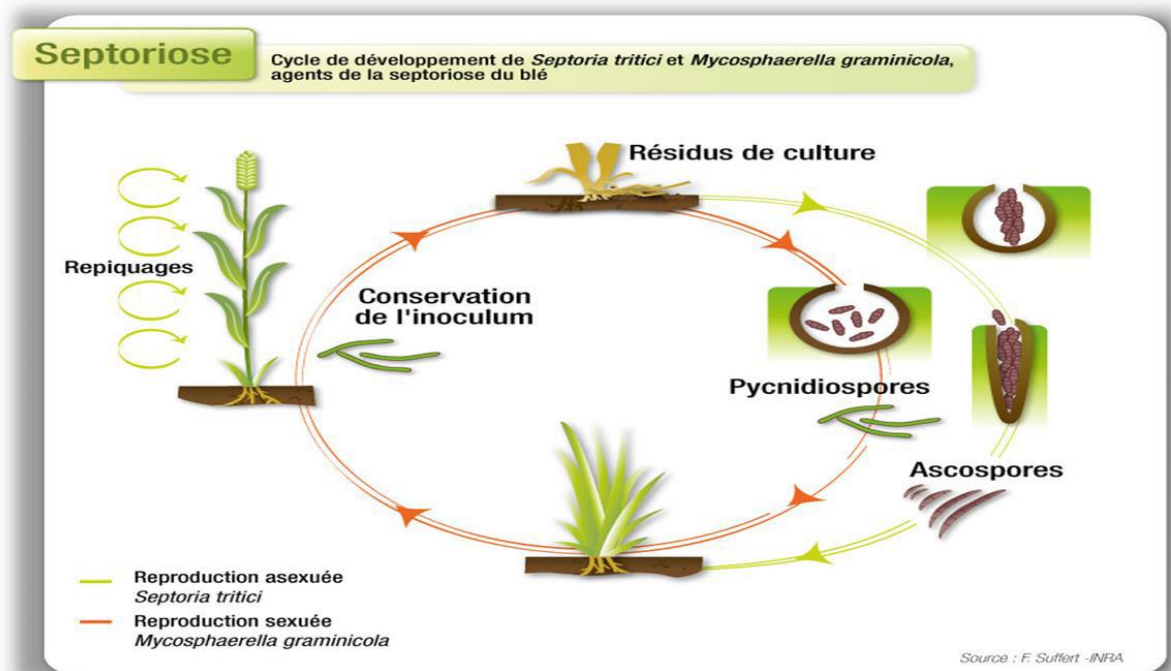


Figure 7: cycle de développement de la tache septorienne.

2.1.2 La Fusariose :

Le blé peut être attaqué par un complexe d'espèces de genre *Fusarium*, *Microdochium* qui peuvent causer des fontes de semis, des pourritures du collet et la fusariose de l'épi. Les fusarioses sont parmi les maladies les plus dangereuses du blé, elles provoquent une baisse du rendement par la diminution de la faculté germinative des semences, du nombre de grains par épi et du poids de mille grains (Gutzuiller et al., 2005). Les deux maladies les plus courantes provoquées par les *Fusaria* sont la fusariose de l'épi et les pourritures du collet (Zillinsky, 1983).

2.1.2.1 Pourritures du collet

➤ Description de la maladie :

La pourriture du collet est répandue dans la plupart des régions productrices de céréales dans le monde, elle a aussi été signalée en Afrique du nord (Kammoun et al., 2009 ; Laraba et al., 2017). La pourriture du collet est un problème chronique où les conditions sèches sont présentes et la monoculture est largement utilisée.(Beccari et al,2018).

Elle est causée par les espèces *F. pseudo graminearum*, *F. culmorum* et *F. graminearum* (Akinsanmi et al., 2004 ; Sherm et al., 2013 Beccari et al., 2018) , *Microdochium nivale* dans les régions tempérées ou encore *F. algeriens* Laraba & O'Donnell qui a été isolée d'une pourriture du collet des parties basales du blé dur (Laraba et al., 2017).

Elle se caractérise par une nécrose « brun miel » du collet et de la tige inférieure. Une décoloration brune sur les entre- nœuds, le collet et les feuilles de la couronne, et des lésions concentrées sur les parties inférieures de la tige pendant le stade adulte. Elle s'identifie également par des épis blancs partiellement remplis ou totalement stériles, intercalés tout au long du champ (Smiley, 2019) (Fig.13A).

L'humidité et l'absence de rotation sont des facteurs importants au développement de cette maladie (Laffont, 1985).

2.1.2.2 Fusariose de l'épi :

➤ Description de la maladie :

La fusariose de l'épi (*Fusarium Head Blight*) est l'une des maladies les plus importantes auxquelles sont confrontées les agriculteurs, signalée par plusieurs auteurs dans le monde (Kaur et al., 2018) mais aussi en Tunisie (Kammoun et al., 2009 ; Kammoun et al., 2019) et en Algérie (Touati-Hattab et al., 2016 ; Laraba et al., 2017). Elle touche toutes les céréales « à petites graines » en particulier l'orge, le blé (Kaur et al., 2018) et le triticale ; le blé dur est connu pour son extrême sensibilité à la fusariose de l'épi (Hail et al., 2019).

Elle est causée par des espèces appartenant à deux genres : le genre *Microdochium* avec deux espèces (*M. majus* et *M. nivale*) et le genre *Fusarium* qui comprend plusieurs espèces

(Glunn et al., 2005). *F.graminearum* est considérée comme l'espèce la plus répandue et la plus importante (Beccari et al., 2019).

Les symptômes de cette maladie diffèrent en fonction de la localisation du point de pénétration et du genre du parasite, par exemple si la contamination se fait au dos de la glume, on pourra observer un dessèchement clair avec un liseré brun, si c'est le rachillet qui est atteint, un grain entier ou un épillet sera échaudé, par ailleurs si la contamination est au niveau du col de l'épi l'échaudage atteindra tout l'épi (Caron, 1993) (Fig.13B).

En général, le *F.culmorum* provoque des échaudages massifs des épis, *F.graminearum* laisse des taches brunes au dos des glumes, quant à *M.nival* peut provoquer l'un ou l'autre. Les graines atteintes peuvent aussi présenter une coloration blanche ou rose (Caron, 1993 ; Clavel, 2006)

➤ Cycle de développement :

La fusariose de l'épi est soit accompagnée soit précédée par la pourriture du collet. Le plus grand risque d'infection se situe au moment de la période reproductrice, soit au moment de l'épiaison ou la floraison.

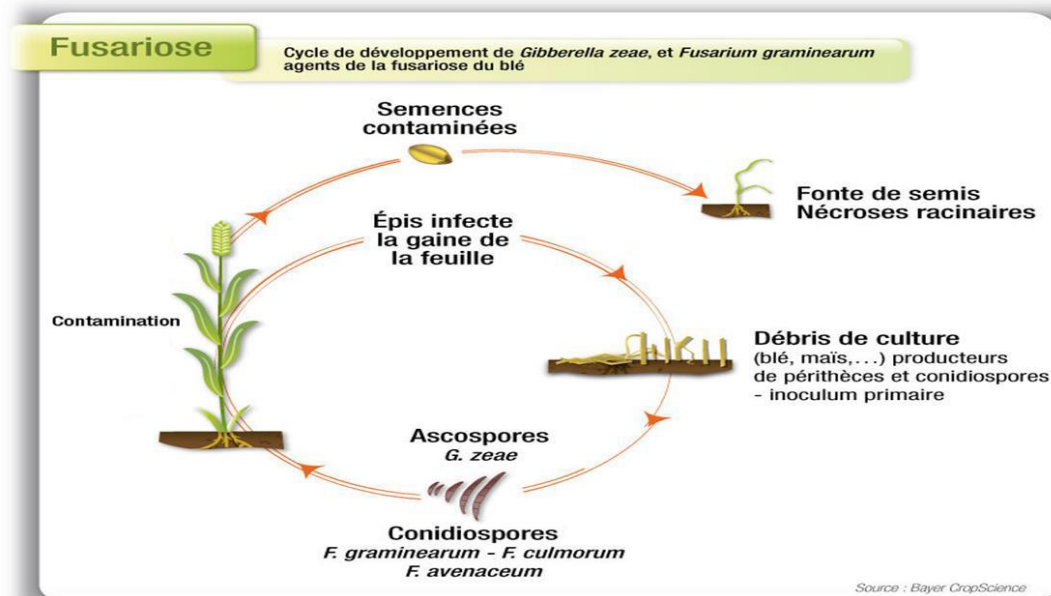


Figure 8:cycle de developpement de la fusariose.

Un niveau d'humidité élevé est indispensable au développement du champignon, les risques sont également associés aux résidus de culture et à la sensibilité du cultivar choisi (Yves et al., 2007)

Une alternance entre période de sécheresse et de pluies conduit à la production de conidies (se formant à la surface des résidus de végétaux) et d'ascospores (produits dans les périthèces) sur les feuilles et les gaines desséchées de la base. Ses spores sont ensuite dissimulées par les pluies et le vent vers les épis pour initier la maladie (Caron, 1993) (Fig.8).

Pendant la floraison et en condition d'humidité élevée, les spores présentes sur l'épi peuvent germer, le champignon pénètre alors dans la fleur en commençant par les anthères, se propageant ensuite sur les fleurs et les épillets voisins. L'infection dans cette période cause de graves endommagements tels que la stérilité florale, la réduction du nombre et la grosseur des graines (Yves et al., 2007), les semences infectées seront initiatrices de la maladie lors de la campagne suivante (Caron, 1993).



Figure 9:symptome des Fusaria sur le collet et l'épi. A : Pourriture du collet, B : Fusariose de l'épi. (Agro Basf, <https://www.agro.basf.fr>)

2.1.3 Tache auréolée (Tan Spot)

➤ Description de la maladie

La tache auréolée ou la tache hélmintosporienne est une maladie foliaire du blé, elle est causée par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs (Lamari et al., 1991, Sayoud et al., 1999 ; Lamari et al., 2005), désigné par le terme anglo-saxon « Tan spot » ou tâche bronzée. Les symptômes se présentent sous forme de lésions nécrotiques

ovales bordées d'une auréole chlorotique jaunâtre (Lamey et Hosford ,1982). Sur le blé résistant et partiellement résistant, la taille des lésions est réduite, la chlorose et la nécrose peuvent être absentes (Moreno et al.,2012). La propagation de cette maladie se fait par deux voies : sexuée (ascospores) asexuée (conidies) (Zillinsky, 1983 ; Champion, 1997)



Figure 10:symptome de *Pyrenophora tritici-repentis* (ARVALIS- institut du végétal, 2013).

➤ **Cycle de la maladie :**

Le pathogène se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus de blé infecté à la surface du sol. Les périthèces structures de reproduction sexuée et le mycélium constituent la principale source d'inoculum primaire. En présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. La contamination primaire se fait par des ascospores qui se traduit par l'apparition de points nécrotiques comme conséquences de la pénétration du tube germinatif de l'ascospore dans les tissus de la feuille (Le Quintrec, 1999). L'infection secondaire est assurée par les conidies qui sont disséminées par le vent. La germination des conidies et l'infection des tissus sont favorisées par une durée d'humectation du feuillage de 24 à 48h.(Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi,2009).

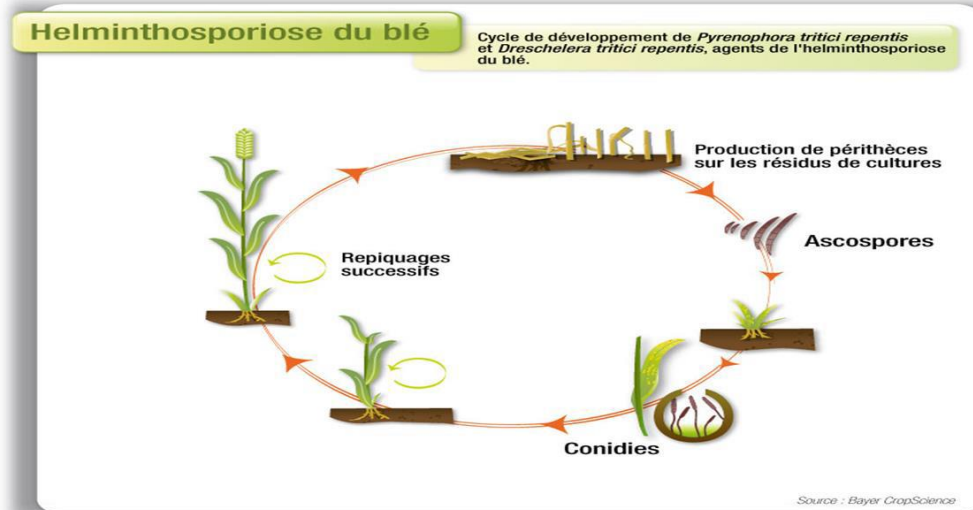


Figure 11: cycle Cycle de développement de la Tache auréolée (Helminthosporiose du blé).

2.1.4 L'Oïdium :

➤ Description de la maladie

L'oïdium blanc (*Erysiphe graminis*) est une maladie assez courante des céréales et des graminées (Zillinsky, 1983). Chez le blé il est provoqué par *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* (Messiaen, 1981). Les premiers symptômes apparaissent sous forme de feutre blanchâtre ou gris pâle sur les limbes et les feuilles basales, puis se développent sur les feuilles supérieures (Fig.10A) (Aouali et Douici-Khalfi, 2009). Après quelques temps, des ponctuations noires apparaissent (organes de conservation) (Fig.10B). La présence de la maladie peut conduire à l'échaudage des grains (Ectophyto, 2015).



Figure 12: : *Erysiphe graminis* A feuille de blé A : Symptômes de l'oïdi B sur la plante (Photo personnelle), B : Oïdium sur une feuille de blé (Agro-base <https://www.agro.basf.fr/>)

➤ Cycle de développement :

L'infection est assurée par deux spores : ascospores et les conidies. (Fig.11).

Le mycélium présent sur les repousses de céréales et les cultures à semis automnal, se développe et produit des conidies qui sont ensuite disséminées par le vent et provoquent une nouvelle contamination. Les conidies sont à l'origine des pustules cotonneuses présentes à la surface des feuilles.

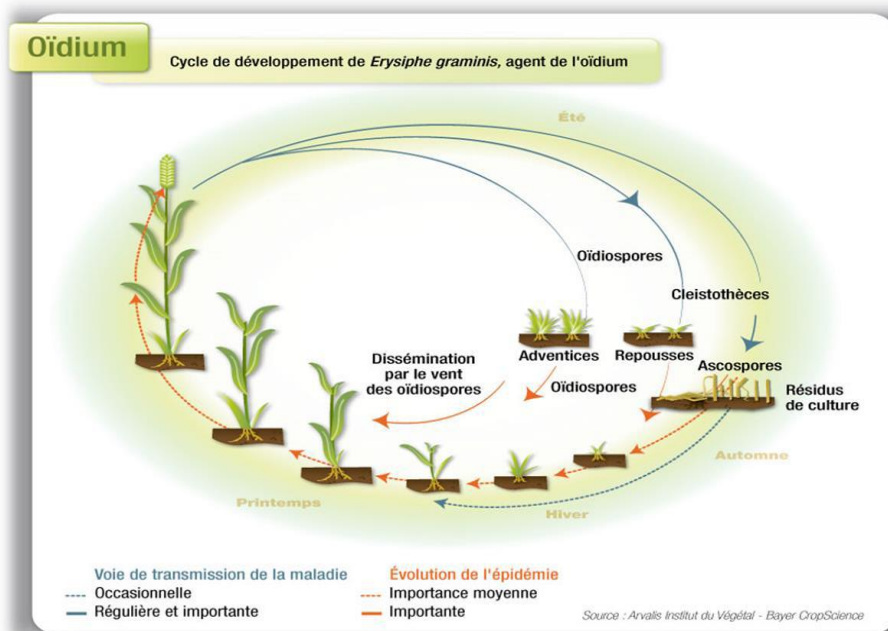


Figure 13:cycle de développement de l'Oïdium (Agro-base <https://www.agro.basf.fr/>)

Les cléistothèces produits en fin d'été, libèrent des ascospores produites par voie sexuée qui peuvent alors provoquer des infections automnales. On estime par ailleurs que les cléistothèces ont une importance secondaire pour le mycélium (Anonyme a, 2014)

2.1.5 Les rouilles :

Le blé par trois espèces de rouilles du genre *Puccinia*, selon Sayoud et al., (1996) les Rouilles sont essentiellement présentes au niveau de tous les étages bio climatiques d'Algérie (Sub littoral, plaines et hauts plateaux).

Leur identification est relativement facile, car l'agent pathogène produit des pustules formées essentiellement des spores facilement disséminées par le vent (Aouali et Douici-Khalfi, 2013). (Fig.19).

2.1.5.1 La rouille Brune :

C'est une maladie qui apparaît généralement pendant et après l'épiaison (avril-mai), elle est causée par *Puccinia recondita sp. Tritici* (Amrani, 2013). Elle se développe à des températures allant de 10° à 30°.

Elle a comme hôte alternatif *Anchusa azurea* anciennement *Anchusa italica* ou Buglosse d'Italie ou fausse bourrache (plante vivace) (Aouali et Douici-Khalfi, 2009). Elle se caractérise par des pustules de forme circulaires ou ovales de couleur brun appelées « urédospores » sur la surface des feuilles (Fig.19A) et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison, ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores) (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; Ezzahiri, 2001). Selon Mohamed Jlibene (2011), les dégâts causés par cette maladie varient selon le niveau de résistance des variétés, de 5 à 70 %.

2.1.5.2 La rouille jaune :

Cette maladie est provoquée par *Puccinia striiformis sp tritici* (Amrani, 2013). Son développement est lié à des conditions climatiques particulières (printemps frais, couvert, humide et venteux) et des températures entre 2° et 15°C.

La rouille jaune vient sous forme de pustules orange-ocre disposées en stries le long des nervures des feuilles (Fig.19B), ces pustules sous forme de poudre composées essentiellement d'urédospores, qui noircissent au développement des téleutospores en fin de cycle.(Aouali et Douici-Khalfi, 2013).

Elle est bien connue depuis très longtemps par nos agriculteurs, la dernière épidémie remonte à 2004/2005 affectant plus de 80% des champs cultivés en blé tendre (Benbelkacem, 2005), elle est présente chaque année à des degrés variés. Elle est prévalant dans les régions froides comme les hauts plateaux (Anonyme, 2007).

2.1.5.3 La rouille noire :

L'agent causal *Puccinia graminis* attaque l'épine vinette (*Berberis vulgaris*) comme hôte secondaire (Nasraoui, 2006) où le cycle sexué du pathogène se produit.

Elle se manifeste par des pustules plus longues que celle de la rouille brune de couleur brun foncé à marron, présentes principalement sur la tige, les feuilles et les épis (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; Ezzahiri, 2001) (Fig.19 C,D) Ces pustules contiennent une poudre d'urédospores, au fur et à mesure de la maturité de la plante cette poudre brune devient

noire (Nasraoui, 2006). La rouille noire est favorisée par des conditions humides et des températures élevées 15° à 35° (Ezzahiri, 2001).



Figure 14: Les rouilles du blé. : Symptômes de *Puccinia recondita* sp *tritici* sur la feuille de blé (Agrifind, <https://www.agrifind.fr>)

➤ **Autres maladies cryptogamiques :**

Il existe d'autres maladies cryptogamiques qui touchent le blé comme le charbon nu et la carie commune qui touchent les épis.

- **le charbon nu :**

L'agent pathogène de cette maladie est *Ustilago tritici*, il se développe aussi bien sur le blé tendre que le blé dur. Ses symptômes sont visibles entre la floraison et la maturité. Les épis infectés deviennent noirs et apparaissent plus tôt que les épis sains. Une masse noirâtre constituée de spores (chlamidospores) remplace le contenu des graines ainsi que leurs enveloppes (Ezzahiri, 2001) . Cette poudre est facilement emportée par le vent ne laissant que le rachis (Nasraoui, 2006).

- **La carie commune :**

La carie du blé, provoquée par des champignons basidiomycètes de la famille des Tillétiacées (Bruyere, 2011). *Tilletia caries* est l'agent causal de la carie commune, Les symptômes de l'infection deviennent visibles après la montaison. Les épis contaminés ont une couleur verte bleuâtre et murissent tôt dans la saison. Les glumes tendent à s'écarter pour faire apparaître des grains malades, de formes arrondies et de couleur grise brunâtre dégageant une forte odeur de poisson.. Les grains normaux sont remplacés par des masses sporifères (Ben Mbarek et Boubaker, 2017).

3. Les maladies bactériennes :

Les bactéries phytopathogènes sont de petits bâtonnets unicellulaires, elles n'ont pas de noyau distinct, ni de membrane nucléaire. Ces bactéries sont disséminées par le vent, les insectes, les éclaboussures d'eau de pluie et les moyens mécaniques (Prescott et al., 1987)

L'infection, pour se produire, requiert la présence d'eau. Les bactéries de pénétrer dans le tissu de la plante-hôte grâce à des blessures superficielles ou des stomates ouverts, Elles envahissent alors le système vasculaire ou les espaces intercellulaires et provoquent la nécrose par les toxines ou les enzymes qu'elles secrètent (Prescott et al., 1987).

3.1. Les glumes noires et la strie bactérienne :

Un seul microorganisme est à l'origine de la glume noire et la strie bactérienne, *Xanthomonas translucens*. C'est la bactériose la plus répandue dans toutes les régions du monde (Zillinsky, 1983).

Elle se manifeste essentiellement sur les glumes et les feuilles. Les feuilles infectées présentent des lésions humides, chlorotiques et nécrotiques au centre (Sands et Fourrest, 1989). Ces lésions libèrent au contact de l'eau un exsudat jaunâtre qui donne une fine couche de dépôt qui peut s'écaille en séchant.



Figure 15: Symptômes *Xanthomonas translucens* sur le blé. A : Strie bactérienne, B : Glumes noires (<https://gd.eppo.int/taxon/XANTTR/photos>) .

4. Les maladies virales :

Les viroses sont transmises par des insectes, des acariens, des nématodes, les champignons, le sol et les moyens mécaniques. Elle sont souvent difficiles à détecter car les hôtes infectés ne présentent pas toujours de symptômes visibles ou sont généralement identiques à de nombreuses anomalies physiologiques ou génétiques. Leur identification sera cependant facilitée dans la mesure où vecteurs et hôtes sont eux-mêmes identifiés (Prescott et al., 1987).

➤ **La jaunisse nanisante de l'orge (BYDV) :**

La jaunisse nanisante de l'orge (JNO), également appelée Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), est une maladie virale qui affecte principalement l'orge et d'autres céréales à paille, transmise par les pucerons. Cette maladie peut entraîner de graves pertes de rendement, avec des symptômes tels que des feuilles jaunies, un nanisme des plantes et un aspect moutonné de la culture.

Virose transmise par les pucerons, la jaunisse nanisante de l'orge (JNO) s'attaque principalement aux céréales à paille : blé, orge, avoine, triticale, seigle... Les orges d'hiver sont les plus sensibles. A ce jour, le seul moyen de contrôler la maladie est d'agir sur les populations de pucerons.

Au niveau de la plante, on assiste, à partir du début montaison, à un jaunissement et/ou à un rougissement de la pointe des jeunes feuilles. Le symptôme peut aller jusqu'au dépérissement de la plante en cas de forte attaque. Les pousses atteintes voient leur hauteur et leur croissance réduites, surtout pour l'orge (d'où l'appellation « nanisante »).



Figure 16: Plante atteinte de BYDV.

4.1. La mosaïque :

Les infections virales du blé dur et blé tendre sont transmises par le vecteur appelé *Polymyxa graminis* un micro-organisme du sol. Ces maladies sont provoquées par deux types de virus (ARVALIS, 2017)

- Le virus de la mosaïque des stries en fuseaux du blé (VSFB) qui infecte particulièrement le blé dur.
- le virus de la mosaïque des céréales (VMC) qui peut aussi infecter le triticale. Les symptômes typiques des mosaïques sont des tirets chlorotiques répartis irrégulièrement (en mosaïques)

A partir de mi-tallage, les plantes sont chétives ; la croissance et le tallage sont réduits, des plantes peuvent même disparaître. Les vieilles feuilles jaunissent puis se dessèchent (ARVALIS, 2017).

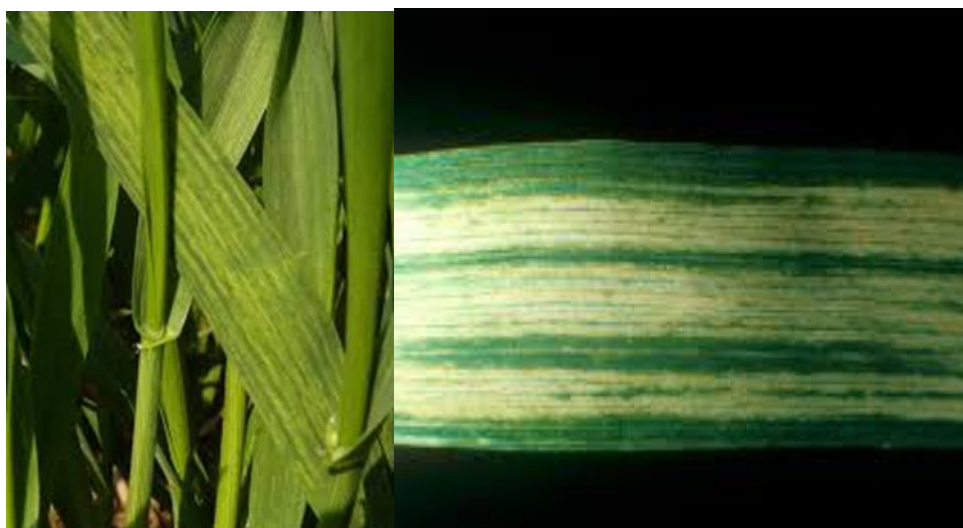


Figure 17: Symptômes de la mosaïque du blé (ARVALIS- institut du végétal <http://www.fiches.arvalis-infos.fr>)

5. Les moyens de Lutte :

5.1. La lutte chimique :

C'est une méthode de lutte contre les agents phytopathogènes par l'utilisation des traitements chimiques (fongicides), un traitement préventif pour éviter la maladie ou un traitement curatif pour stopper la prolifération de la maladie. Elle doit être raisonnée en tenant

compte de la période de traitement, du produit utilisé, de la dose à appliquer, du spectre d'action de la manière active et de la période de couverture (Mahdjoub et Magherbi, 2018). En agriculture, les fongicides sont utilisés pour détruire les champignons pathogènes qui s'attaquent aux cultures, aux semences et aux produits récoltés, et selon Clément (1981), sont des matières actives ou préparation susceptibles d'entraîner plus ou moins rapidement l'inhibition de la croissance ou de la mort des champignons et d'être utilisées pour lutter contre les maladies des cultures. Les fongicides utilisées dans la pratique agricole ont des nombreuses molécules appartenant à des familles chimiques variées (Bermond, 2002). Il est plus facile d'utiliser des fongicides en traitement des semences pour contrôler les maladies transmises par les semences et pour réduire l'impact des maladies foliaires (Boulif., 2012).

5.2.La lutte physique :

Selon Vincent et al, (2000), en protection des plantes la lutte physique regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique ou biochimique. La conservation des agents pathogènes dans l'environnement est essentielle pour lutter contre les maladies, les débris de plantes malades sont susceptibles de produire un inoculum capable d'attaquer les plantes cultivées saines placées dans un substrat sain. Il existe plusieurs méthodes préventives pouvant être utilisées pour limiter ces sources potentielles de contamination, comme la destruction des débris de végétaux infectés par le feu ou leur enfouissement dans le sol (Seguin, 1995).

5.3 La lutte culturale :

Cette lutte vise à limiter le développement des maladies dans le sol et consiste à l'utilisation des semences saines, l'utilisation de la fumure azoté de façon rationnelle, l'élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond (Dill Macky et al., 2000), la réalisation des rotations d'au moins deux ans en dehors des céréales (alterner avec des légumineuses) cela réduit la densité de l'inoculum (Gilbert et Tekauz., 2000).

5.4 La lutte biologique :

C'est une méthode qui consiste à utiliser les capacités biologique d'un organisme vivant en vue de limiter, arrêter ou bien inhiber le développement d'un autre organisme vivant sans avoir recours aux pesticides.

Plusieurs êtres vivant, bactéries (Bacillus, Pseudomonas, Chromobacterium) et champignons (Trichoderma sp, cladosporium, dendrophome obscurans, etc), ont fait l'objet

d'étude ou ont été utilisés dans des applications de lutte biologiques sont bénéfique à la santé des plantes et protègent efficacement contre certaines maladies des racines (Vincent et al., 2000).

5.5 La lutte génétique :

La méthode de lutte la plus économique et la plus pratique contre les maladies de blé est la résistance variétale (Ezzahiri, 2001). Elle est la solution idéale car elle dispense l'agriculteur des coûts qu'il aurait à engager dans la lutte tout en préservant l'environnement. En effet l'utilisation de cultivars résistants réduit la conservation du pathogène dans les chaumes (Krupinsky, 1999 in Harrat , 2009).

Chapitre III : Matériel et méthodes

1.1. Localisation du site d'essais:

Le site d'étude choisis pour cet essai du projet PRIMA dénommé Change Up se situe dans les hautes plaines intérieures de l'Est (Constantine) et plus précisément au niveau de la ferme pilote Baaraouia EL-Khroub (2024/2025) à une quinzaine de kilomètre au sud-est de Constantine. (Figure N° 7) ayant les coordonnées suivantes:

Altitude moyenne de 640 m.

□ Latitude Est: 6°6870

□ Longitude Nord: 36°2765

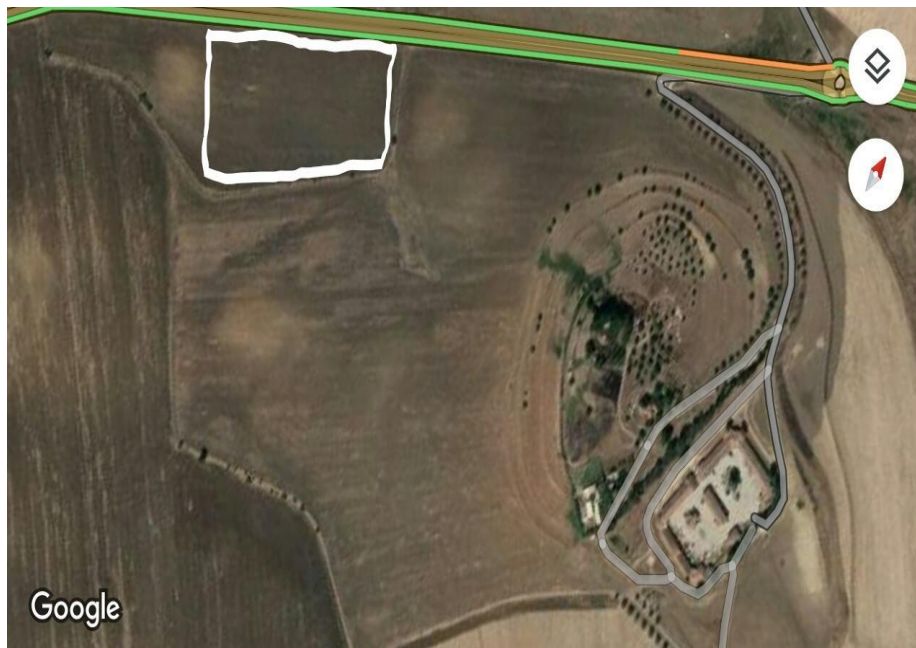


Figure 18: Image satellite de la parcelle de l'essai à El Baraouia-El Khroub.

Ce site est représentatif des hautes plaines intérieures constantinoises, à sol globalement Argilo-limoneux assez profond. il se caractérise par des terres vallonnées, assez fertiles avec quelques risques de gel tardif et de sécheresse en fin de cycle.

La parcelle d'étude (figure 07) représentée par un terrain plat, homogène, le sol est profond (plus de 2m de profondeur).

D'après les résultats de l'analyse physico-chimique d'un échantillon du sol, prélevé sur une profondeur de 40 cm ; il s'agit d'un sol lourd qui nécessite beaucoup de travaux culturales (labour profond, recroisage, hersage,...etc) avant le semis.

1.1.1. Conditions climatiques :

1.1.1.1. La pluviométrie :

La zone d'EL-Khroub est caractérisée par un climat continental semi-aride à hiver froid, et été chaud et sec ; les premières pluies apparaissent généralement au mois de septembre et la période pluvieuse s'étend jusqu'à la fin mai. L'année agricole 2024/2025 (498,7mm) a été du même niveau que la moyenne sur 20 ans (513.7mm), la répartition a été quelque peu irrégulière. Il est

à signaler que lors des mois de mars et avril où les besoins de la plante sont au maximum, la pluviométrie a été assez généreuse (116mm)(tableau 3). Le climat de l'année était globalement doux.

Tableau 2 : pluviométrie moyenne et températures enregistrées pendant l'année à Baaraouia 2024/2025 :

Mois	Précipitations (mm)	Pluies (mm) 20Ans	Température minima°C	Température maxima°C	Température moyenne°C
Septembre	17	41.2	15.7	29	22.4
Octobre	26.2	40	12	23.8	17.8
Novembre	98.2	55.6	6.17	22.9	14.9
Décembre	45	92.9	0.58	22.7	8.9
Janvier	78	79	1.52	23.3	9.3
Février	26.5	56	0.85	21.9	9.7
Mars	42.6	55	0.45	27.2	12.2
Avril	73.4	53.4	0	31.5	13.6
Mai	91.8	40.4	0	35.3	18.8
Cumul	498.7	513.2			

(Station : Ain El Bey, Constantine 2024/2025)

La période automnale a été relativement sèche (43,2mm) de septembre à octobre 2023 mais en novembre les premières pluies significatives sont tombées (98.2mm); du mois de décembre à fin février la pluie a été au rendez-vous de manière assez régulière permettant une bonne installation des cultures. Les précipitations de mars et avril (26mm au total) ont été faibles mais les cumuls observés lors de la période précédente n'ont pas fait apparaître de signe de stress hydrique.

1.1.1.2 Les températures :

La température est un facteur important pour la croissance, elle effectue la disponibilité de l'énergie et c'est grâce aux degrés-jours que la végétation manifeste son rythme biologique (Halimi,1980)

La température s'élève très vite dès le mois de février. Des températures assez hautes sont été enregistrées a partir de mois de mai. Il est à signaler que les hautes températures durant le printemps ont coïncidé avec l'épiaison et le remplissage des grains.

1.2. Matériel végétal utilisé:

Deux populations évolutives confectionnées en 2018/2019 (un mélange d'hybrides F4 issu de différents croisements de blé dur réalisés à la station INRAA d'Elkhroub (DWEP), une mixture (MixL) de cinq variétés locales (Bidi17, Hedba3, Oued Zenati368, Guemgoum Rkhem et

Mohamed Ben Bachir) ; une variété moderne (Waha) et une variété ancienne (Bidi17) ont fait l'objet du matériel génétique considéré dans l'étude.

Cette étude est menée sur deux types de rotations culturales, soit céréales sur céréales ou céréales sur légumineuse alimentaire (lentilles dans notre cas).

1.3. Dispositif Expérimental :

Essais en dispositif Split Plot avec deux répétitions. La parcelle principale est les rotations et les parcelles sub divisées sont les entrées ou génotypes. On aura par conséquent huit entrées. Quatre qui ont évoluées pour 2 ans sous rotation légumineuse et quatre autres sous rotation céréale. Les huit entrées semées sous différentes rotations dans chaque site donnant ainsi un total de 16 traitements par 2 répétitions soit 32 parcelles élémentaires.

Tableau 3:Dispositif expérimental adopté Split plot (baaraouia) 2024/2025

← REP I →				← REP II →			
DWEP_LEG	Waha_LEG	Bidi17_LEG	DWEP_W	DWEP_LEG	DWEP_W	MixL_LEG	Waha_LEG
32	31	30	29	28	27	26	25
Waha_W	MixL_LEG	MixL_W	Bidi17_W	Bidi17_LEG	Waha_W	Bidi17_W	MixL_W
17	18	19	20	21	22	23	24
DWEP_LEG	Waha_W	Bidi17_W	Bidi17_LEG	Waha_LEG	DWEP_LEG	Waha_W	MixL_LEG
16	15	14	13	12	11	10	9
Waha_LEG	DWEP_W	MixL_W	MixL_LEG	Bidi17_W	MixL_W	DWEP_W	Bidi17_LEG
1	2	3	4	5	6	7	8

Précédent Céréales en vert

Précédent

Légumineuse

En Orange

1.4. Analyses statistiques :

Une analyse de variance « ANOVA » a été faite manuellement.

1.5. Conduite cultural et entretien phytosanitaire de l'essai :

Le précédent cultural est comme déjà sus signalé soit une légumineuse (lentille) soit une céréale (blé dur). La conduite culturale adoptée est celle utilisée en grandes cultures. En effet, les travaux réalisés à Baaraouia consistent en un labour profond réalisé au cours du mois février 2024, suivi d'un cultivateur et de deux passages de cover-crop, aux mois d'Avril, Mai et Octobre 2024 pour la destruction des mottes et des adventices. L'épandage de 1 q/ha de DAP (diamonium phosphate) à 52% a été réalisé à l'aide d'un épandeur centrifuge et enfin un passage d'un cultivateur est effectué juste avant l'opération semis pour la préparation du lit de semence.

Le semis a été effectué le 27 du mois de Décembre 2024. Au semoir expérimental Oyord et la densité de semis est de 300 grains par m². Elle a été raisonnée en tenant compte de la faculté germinative et du poids de 1000 grains de chaque génotype.

L'apport de 1,5 q/ha d'engrais azoté sous forme d'urée à 46% a été réalisé à l'aide d'un épandeur lors du stade plein tallage.

1.6. Paramètres mesurés :

La collecte des données s'est faite par échantillonnage au sein des sous parcelles de l'essai où les paramètres étudiés sont :



Figure 19: parcelle de l'essai à el khroub, 2025

1.6.1. Paramètres phénologiques:

La date d'épiaison, pour estimer la durée de la phase végétative, comptée du semis au jour où 50% des épis sortent de leur gaine et la biomasse aérienne accumulée à ce stade.

1.6.2. Paramètres morphologiques :

* La hauteur de la plante (Cm) a été prise sur quatre échantillons du sol au sommet de la strate moyenne des épis barbes non incluses avant la récolte à l'aide d'une planche graduée.

* La biomasse végétale incluant les plantes des céréales et les mauvaises herbes mesurées par le nombre total de plantes et de mauvaises herbes présentes par mètre carré puis pesées en vert et en sec pour évaluer la matière verte et la matière sèche par mètre carré.

NB : Comme nous sommes tenus de présenter notre soutenance avant la campagne des moissons battage, nous ne pouvons recueillir les données relatives au poids de mille grains et au rendement grain avant la mi juillet. Pour cela, nous avons décidé avec notre encadrant d'utiliser les données de la campagne précédente pour compléter l'étude.

Ce qui fait que nous n'avons pas aussi pu préparer les données nécessaires pour faire une matrice des corrélations entre les différentes données ainsi qu'un dendrogramme pour hiérarchiser les groupes homogènes entre les traitements.

2. Analyse de la qualité :

Utilisation des paramètres de qualité pour la sélection variétale au niveau du laboratoire de biochimie Génétique et protéomique.

Dans notre étude on vise à analyser la variabilité de la collection en se focalisant sur les propriétés physico-chimiques, en évaluant divers paramètres liés à la qualité du grain de blé dur, afin d'identifier les génotypes offrant les meilleures caractéristiques correspondant aux critères d'amélioration de la qualité.

2.1. Matériel végétal:

C'est le matériel utilisé plus haut. Ce matériel végétal a été mis en place au niveau de la station expérimentale INRAA de EL KHROUB durant la campagne 2024/2025. Les graines ayant servi à la présente étude ont été récoltées la campagne précédente des sites du projet Change up à sétif et Elkhroub.

2.1.1. Méthodes :

2.1.1.1. Paramètres étudiés

Les paramètres étudiés pour la qualité technologique sont : Le Gluten humide, le Gluten sec, les Protéines totales, l'Humidité, le Mitadinage et la moucheture. Réalisé à l'aide d'un moulin à café qui a servi au broyage des graines.

3.1 Test du Gluten humide et Gluten sec :

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

La teneur en gluten a été déterminée selon le protocole de (Mauze et al, 1972), à partir de 10g de Farine où, on ajoute 5ml d'eau distillée salée à 10% de NaCl et à l'aide d'une spatule un pàton est formé, l'extraction de gluten s'effectue alors par lixiviation manuelle sous un mince filet d'eau. Le gluten humide résultant est essoré, pesé puis séché à l'étuve à 102°C et ensuite repesé. La teneur en gluten sec sera exprimée en pourcentage (%) de matière sèche.



Figure 20: préparations du test du gluten.

3.1.1. Capacité d'hydratation du Gluten :

La capacité d'hydratation (Ch%) représente le pourcentage d'eau contenue dans le gluten humide, il nous donne une indication sur la capacité du gluten à retenir l'eau.

Selon (Godon et Loisel, 1984), la détermination de la capacité d'hydratation se fait par la

relation : $GH = (gh/10g) \times 100$ • (GH: Gluten Humide)

3.2.1. Taux de Protéines totales (Prot) :

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



Figure 21: appareil à IR (NIR).

3.2.2. Taux d'Humidité (H) :

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

4.Mitadinage :

A l'aide d'un appareil appelé farinotome ou on met 100graines entre 2 lames puis on coupe de moitié les graines puis on fait la lecture.

5.la moucheture :

Lecture de points noir sur l'embryon de 100 grain de blé et 3 répétitions de chaque variété .

6. les maladies du blé :

Des passages réguliers ont eu lieu au niveau de la parcelle d'essais à partir du stade épiaison et ce jusqu'au stade maturation physiologique du blé. Les notations ont commencé à être faites dès les premiers symptômes des maladies. Les mesures d'incidence et de sévérité ont été faite tenant compte des différentes échelles connues (Eyal, Sarry & Prescott 1975)



Figure 22: Notations de maladies selon Saari et Precott 1975.

Chapitre IV : résultats et discussion.

1. Résultats au champ :

1.1. Notation morphologiques :

Les conditions globales de cette campagne ont permis un bon développement végétal montrant de bonnes performances pour les différents types de blé (populations ou variétés), l'analyse de variance fait ressortir des différences significatives entre les différents traitements, le Coefficient de variation étant assez faible (9,4%) montre des résultats fiables et corrects. La PPDS à 5% fait ressortir 4 groupes homogènes (Tableau N° 4).

Tableau 4 Hauteur des plantes au stade épiaison au site Baaraouia (2025)

N°	Génotypes	Hauteur 1	Haut 2	Haut3	Haut 4	Haut 5	Haut 6	Moyenne	Groupes homogènes
1	WAHA Leg	84	86	90	90	93	91	89	d
2	DWEP W	86	80	82	84	90	87	84,83	d
3	MIXLW	102	103	105	101	106	104	103,5	a
4	MIXL Leg	106	107	101	106	102	103	104,16	a
5	B17 W	107	109	103	104	103	106	105,33	a
6	MIXL W	102	106	101	105	103	107	104	a
7	DWEP W	92	90	89	91	90	93	90,83	c
8	B17 Leg	103	100	101	107	101	104	102,5	a
9	MIXL Leg	104	106	107	103	101	105	104,33	a
10	WAHA W	89	86	93	89	92	90	89,83	c
11	DWEP Leg	93	90	89	92	96	94	92,33	b
12	WAHA Leg	90	87	91	94	96	94	92	b
13	B17 Leg	105	103	101	110	107	104	105	a
14	B17 W	107	106	104	105	103	102	104,5	a
15	WAHA W	91	95	90	88	90	92	91	b
16	DWEP Leg	94	96	92	90	94	91	92,83	b
		PPDS 5% = 2,8							
		CV = 9,4%							

1.2. Maladies prévalentes au niveau de la parcelle d'essais:

En tenant compte de l'incidence et de la sévérité des différents pathogènes rencontrés cette campagne on peut remarquer que certaines maladies n'ont pu se développer vu que les conditions de leur développement n'étaient pas réunies. En effet les maladies les plus habituelles comme la septoriose ou tâches septorienne ou bien la rouille jaune n'ont pas fait leur apparition. Par contre une maladie pourtant éradiquée a réapparu, il s'agit de la rouille noire et ce probablement de l'arrivée d'une nouvelle race physiologique mais aussi de l'élévation de température durant le printemps.

Tableau 5 : différentes maladies aperçues durant cette campagne à ElKhroub.

	Génotypes	Maladies
1	WAHA Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
2	DWEP W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium, Fusariose
3	MIXLW	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium, Rouille Noire
4	MIXL Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
5	B17 W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
6	MIXL W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
7	DWEP W	Tache auréolée, Rouille brune, Fusariose
8	B17 Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
9	MIXL Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium, Rouille Noire
10	WAHA W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
11	DWEP Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium, Fusariose
12	WAHA Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
13	B17 Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium, Rouille Noire
14	B17 W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
15	WAHA W	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium
16	DWEP Leg	Tache auréolée, Rouille brune, Oidium

On voit donc que la tâche auréolée causée par *Helminthosporium tritici repentis* a été présente partout ainsi que la rouille brune causée par *Puccinia recondita*. L'oidium étant une maladie se développant lors des périodes humides de début de cycle végétatif était partout jusqu'au stade montaison.

2. Résultats des analyses de qualité au laboratoire.

Les données statistiques des différentes variétés pour les différents paramètres sont compris dans le tableau suivant.

Tableau 6: Données recueillies sur le gluten humide et sec, le taux de protéines totales et l'humidité des graines récoltés en 2024/2025 à Elkhroub.

Variétés	Gluten Humide			Gluten Sec			Protéines Totales			Humidité		
	REP I	REP II	Moy	REP I	REP II	Moy	REP I	REP II	Moy	REP I	REP II	Moy
Bidi17	2,83	2,56	2,69 a	0,95	0,9	0,925 a	15,9	15,3	15,6 a	11,2	11,4	11,3 NS
MixLr	2,57	2,38	2,47 a	0,92	0,86	0,74 b	16,4	17,1	16,75 a	11,2	11,4	11,3 NS
EPDW	2,3	1,53	1,91 b	0,82	0,56	0,69 c	13,8	13,1	13,45 b	11	11,5	11,25 NS
Waha	1,79	2,13	1,96 b	0,64	0,77	0,705 b	13,6	13,2	13,4 b	11,3	11	11,15 NS
		PPDS	5%: 0,45		PPDS	5%: 0,15		PPDS	5%: 1,15			
		cv=3,2 %			CV=2,9			CV=4,3				

Selon l'analyse de variance réalisée sur les différents paramètres (gluten, protéines totales et humidité), le tableau globale des résultats (N°6) montre des différences significatives entre les différents traitements à l'exception du taux d'humidité des graines où les différences ne sont pas significatives les coefficients de variation sont faibles dénotant une fiabilité des résultats.

En effet le taux de gluten humide a varié de 1,91 chez la population évolutive de nouveaux blé dur à 2,69 en moyenne chez la variété locale utilisée comme témoin (Bidi17). Pour le gluten sec, la tendance est la même avec un intervalle variant de 0,69 toujours chez la population évolutive (EPDW) à 0,925 chez la variété locale Bidi17.

Les protéines totales s'expriment comme prévu, où le mélange de variétés locales (MixLr) et la variété locale (Bidi17) montrent un taux élevé avec 16,75% et 15,6% respectivement, la

population évolutive EPDW et Waha donnent des taux plus faibles mais satisfaisant quand même (13,4 et 13,4%). L'humidité des graines a dans l'ensemble étaient identique chez les différents types de blé et les différences paraissent non significatives entre les génotypes

3. Analyse des taux de Mitadinage et de Moucheture:

Au vue du tableau qui suit, on observe de faibles taux de mitadinage et de moucheture ce qui montre une qualité assez bonne chez les différents types de blés étudiés. Il existe quand même des différences significatives à tous les niveaux.

Tableau 7: Taux de mitadinage et de Moucheture au niveau des différents types de blés testés à Elkhroub en 2025.

Paramètre	mitadinage				moucheture			
Variétés	Rep I	Rep II	RepIII	Moyenne	Rep I	Rep II	RepIII	Moyenne
Bidi17	21	16,5	16,5	18	14	12	11	12,33
MixLr	16,5	10	12	12,83	7,5	9	4	6,83
EPDW	5	7,5	6,5	6,33	2	3	4	3
Waha	5	3	4,5	4,16	3	2	0	1,66
		ppds à 5%: 4,5				ppds 5%=3,2		
		CV:3,6%				cv: 4,3%		

On peut aussi voir que les variétés locales montrent des taux relativement élevés par rapport à la variété moderne waha ou à la population évolutive de blé dur.

V. conclusion et perspectives :

V. Conclusion et perspectives :

La comparaison faite entre les variétés anciennes et nouvelles fait ressortir des conclusions assez claires pour les différents paramètres étudiés. En effet, pour les paramètres morphologiques ainsi que pour la réaction des variétés vis à vis des pathogènes prévalents durant cette campagne agricole on a observé des différences significatives chez tous les types de blé testé. Ceci indique que lorsque les conditions de développement du végétal sont bonnes, les conditions de développement des pathogènes et des mauvaises herbes seront automatiquement assez bonnes.

Les paramètres de qualité étudiés ont montré des différences significatives entre les différentes variétés ce qui implique un bon travail de sélection qui s'en suivra.

De ce travail on pourrait proposer comme perspective de continuer à faire des cycles de sélection dans les populations évolutives afin de les stabiliser et utiliser leurs propriétés à bon escient.

Références bibliographiques :

- **Abebe, A. A. (2019).** *Molecular Characterization and Genome-Wide Association Mapping for Root System Architecture and Quality Related Traits in Ethiopian Durum Wheat (Triticum turgidum ssp. Durum) with High Density SNP Markers.* PhD thesis. University of Addis Ababa, Ethiopia, 314p.
- **Abbassenne, A., et al. (1997).** Durée et vitesse du remplissage du grain, capacité de translocation des assimilats : relation avec le rendement en culture pluviale. *Agronomie*, 17, 507–517.
- **Abeledo, L. G., et al. (2008).** Radiation interception and radiation use efficiency in durum wheat under contrasting water regimes.
- **Abecassis, J., et al. (2007).** Durum wheat and pasta quality: recent advances. *Cereal Foods World*.
- **Ait-Slimane-Ait-Kaki, S. (2008).** *Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie.* Thèse de doctorat. Université de Bordj Badji Mokhtar, Annaba, 170p.
- **Akinasami, O. A., et al. (2004).** Identity and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from wheat fields in Queensland and northern New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research*.
- **Amrani, B. (2013).** Maladie : Méthode et échelle de notation des maladies et accidents divers. *Bulletin des grandes cultures. ITGC*.
- **Aoun, M., et al. (2021).** Genome-wide association studies reveal all-stage rust resistance loci in elite durum wheat genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 12, 640739.
- **Aouali, S., & Douici-Khalfi, A. (2009).** *Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte.* ITGC, EL Harrach, Alger.
- **Baldy, C. (1984).** La montaison : phase critique du développement du blé. *Phytopathologia Mediterranea*, 23(2), 114–122.
- **Beccari, G., et al. (2018).**
- **Belaid, D. (1987).** Définition de la montaison et début de la phase reproductrice chez *Triticum durum*. *Revue Algérienne de Phytotechnie*, 9, 19–27.
- **Benbelkacem, A., & Kellou, K. (2000).** Comportement agronomique et qualité du blé dur en Algérie. INRA Algérie.

- **Ben Mbarek, K., & Boubaker, M. (2017).** *Manuel des grandes cultures – Les céréales*. Editions Universitaires Européennes.
- **Bermond, A. (2002).** *Larousse agricole*. Larousse (Paris).
- **Boulif. (2012).** *Gestion intégrée des maladies du blé*. École Nationale d'Agriculture de Meknès.
- **Brankovic, G. R., et al. (2014).** Effects of climatic factors on grain vitreousness stability and heritability in durum wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(4), 429-440.
- **Bruyère, J. (2010).** *Recherche de solutions alternatives de protection des semences de blé contre la carie commune du blé (Tilletia sp)*. AFPP Conférence, Lille.
- **Calvel, A. J. (2006).** *Diagnostic des accidents du blé dur*. ARVALIS Institut du végétal, Paris.
- **Caron, D. (1993).** *Les fusarioses*. ITCF, Paris.
- **Cavanna, D., et al. (2020).** The challenge of traceability in durum wheat: An overview from a European perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 402–412.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.031>
- **Charles, M. (2010).** La domestication des plantes céréalières dans le Proche-Orient : le cas du blé. In : *Domestication et innovations techniques : regards croisés*, Éditions Errance.
<https://hal.science/hal-02150430>
- **Chellali, M. (2007).** (Citation indirecte) peut être remplacé par : Oudjani, A. (2009). *Céréaliculture en Algérie : contraintes et perspectives*. Revue Nature & Technologie, n°01.
- **Cornell, H. J. (2012).** The chemistry and biochemistry of wheat. In *Breadmaking* (p. 35-76). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090607500036>
- **Cronquist, A. (1981).** *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York.
- **Curtis, B. C., et al. (2002).** *Bread Wheat – Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Series No. 30. <https://www.fao.org/3/y4011e/y4011e00.htm>
- **Debiton, C. (2010).** *Identification des critères du grain de blé...* Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal. <https://theses.hal.science/tel-00625530/>
- **Dexter, J. E., & Marchylo, B. A. (2000).** Interactions of gluten strength and protein content on durum wheat pasta quality. *Cereal Chemistry*.
- **Dill-Macky, R., & Jones, R. K. (2000).** The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Disease*.
- **Dimitrios, A. (2023).** *Durum wheat: Uses, quality characteristics, and applied tests*, 22 p.

- **Dziki, D., & Laskowski, J. (2005).** Wheat kernel physical properties and milling process. *Acta Agrophysica*, 6(1), 59–71.
- **Edwards, M. A. (2010).** *Morphological features of wheat grain and genotype affecting flour yield*. PhD thesis. Southern Cross University, Australia, 252p.
- **El-Esawi, M. A., et al. (2022).** Analysis of genetic diversity and phylogenetic relationships of wheat genotypes. *Genes*, 14(1), 34.
- **Ellis, M. H., et al. (2005).** Molecular mapping of gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(3), 423–430.
<https://doi.org/10.1007/s00122-005-2008-6>
- **Erchidi, A. E., et al. (2000).** Relation entre paramètres hydriques et rendement du blé dur. *Options Méditerranéennes*, 40, 279–282.
- **Evanno, G., et al. (2005).** Detecting the number of clusters of individuals using STRUCTURE. *Molecular Ecology*, 14(8), 2611–2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- **Eyal, Z., et al. (1987).** *The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. CIMMYT, Mexico.
- **Ezzahiri, B. (2001).** *Les maladies du blé. Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte*. INRA Maroc. <https://www.inra.org.ma/fr/content/les-maladies-du-blé-identification-facteurs-de-développement-et-méthodes-de-lutte>
- **Ezzahiri, B. (2010).** Maladies fongiques foliaires du blé. *Agriculture du Maghreb*.
- **Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996).** *Introduction to Quantitative Genetics*. Longmans Green, Harlow, Essex.
- **FAO (2007).** *FAOSTAT Wheat Data*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- **FAO (2021).** *Cereal Supply and Demand Brief – Global market overview*. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
- **Feillet, P. (2000).** *Le grain de blé : Composition et utilisation*. Ed. Quae, 308p.
- **Ficco, D. B. M., et al. (2014).** The colours of durum wheat: A review. *Crop and Pasture Science*, 65(1), 1. <https://doi.org/10.1071/CP13293>
- **Gallais, A., & Bannerot, H. (1992).** Accumulation des hydrates de carbone et d’azote dans le grain. *Cahiers Agricultures*, 1(4), 295–302.
- **Gate, P. (1995).** Organisation phénologique du blé dur. *Annales de Physiologie Végétale*, 67, 77–85.

- **Gilbert, J., & Tekouz, A. (2000).** Effect of *Fusarium* head blight and seed treatment on germination. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 17.
- **GRDC (2014).** *Septoria tritici blotch fact sheet*.
- **Guzmán, C., & Ibba, M. I. (2023).** Wheat quality testing in a breeding program. In *ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology*, Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323952958000204>
- **Gutzuiller, A., et al. (2005).** Efficacité d'adsorbants contre les mycotoxines chez le porc. *Revue Suisse Agricole*.
- **Hamadache, M. (2013).** Germination et développement initial du blé dur : rôle du coléoptile. *Revue Scientifique en Génie Agricole*, 15, 23–31.
- **Harrat, W. (2009).** Effet des éléments fertilisants sur la résistance du blé à la septoriose. Mémoire de Magister. ENSA, El Harrach, Alger.
- **Herbek, J., & Lee, K. (2009).** Impact de la chaleur sur la viabilité du pollen. *Journal of Crop Improvement*, 23(4), 345–359.
- **Huang, S., et al. (2002).** Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase in wheat. *PNAS*, 99(12), 8133–8138. <https://doi.org/10.1073/pnas.072223799>
- **Karou, D., & collègues. (1998).** Effets du manque d'eau sur la levée du blé. *Bulletin de l'INRA Algérie*, 11, 42–49.
- **Kaukab, S., et al. (2022).** Interventions in wheat processing. In *New Horizons in Wheat and Barley Research*, Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4449-8_30
- **Kammoun, L. G., et al. (2009).** Occurrence of *Fusarium* species in Tunisia. *Journal of Phytopathology*.
- **Kumar, A., et al. (2013).** A major QTL for gluten strength in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 57(1), 21–29.
- **Laffont, J. M. (1985).** *Diseases of maize and other cereals*.
- **Lafiandra, D., et al. (2012).** Kernel Components of Technological Value. In *Durum Wheat*, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-65-6.50011-8>
- **Lamari, L., et al. (2005).** Virulence of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Plant Pathology*.
- **Laraba, I., et al. (2017).** Fungal population of *Fusarium culmorum* in Algeria. *Fungal Genetics and Biology*.
- **Le Quintrec, A. (1999).** Les mystères de l'helminthosporiose. *Cultivar*.

- **MacKeg, J. (2005).** *Grass systematics and evolution*. CSIRO Publishing.
- **Mahdjoub, Z., & Megherbi, A. (2018).** Traitement semence contre *Fusarium*. Mémoire Master, Univ. Constantine.
- **Mazouz, H. (1992).** Études sur la septoriose du blé au Maroc. Thèse 3e cycle, Univ. Meknès.
- **Messiaen, C. M. (1981).** Méthodes de lutte contre les maladies. INRA, Éd. Louis-Jean.
- **Nachit, M., et al. (1992).** Durum wheat adaptation in Mediterranean dryland.
- **Nasraoui, B. (2006).** *Les champignons parasites des plantes cultivées*. Tunis.
- **Pandey, A., et al. (2022).** Biochemical analysis of Indian durum wheat varieties.
- **Pedersen, E. A. (1989).** Epidemiology of Septoria disease complex of wheat. MSc thesis, Univ. Saskatchewan.
- **Pinheirobr, N., et al. (2013).** Durum wheat breeding in Mediterranean environments. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(12), 962.
<https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16732>
- **Ponomarenko, A., et al. (2011).** *Septoria tritici Blotch (STB) du blé*. *Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2011-0407-01>
- **Quaedvlieg, W., et al. (2011).** *Zymoseptoria gen. nov. Persoonia*, 26, 57–69.
<https://doi.org/10.3767/003158511X576742>
- **Rapilly, F., et al. (1971).** Les principales maladies cryptogamiques des céréales. INRA, Paris.
- **Robert, C., et al. (1993).** Le poids de 1000 grains. *Journal International de la Production Agricole*, 8, 49–58.
- **Sands, D. S., & Fourrest, E. (1989).** *Xanthomonas campestris* en Amérique et au Moyen-Orient. *Bulletin OEPP/EPPO*, 19.
- **Sayoud, R., et al. (1999).** *Les maladies des céréales et légumineuses au Maghreb*. PNUD RAB/91/007.
- **Seguin, B. (1995).** Les maladies transmises par les semences. *Perspectives agricoles*.
- **Shiferaw, B., et al. (2013).** The role of wheat in global food security. *Food Security*.
- **Singh, A., et al. (2022).** Wheat grain quality components. In *New Horizons in Wheat and Barley Research*, Springer.
- **Slafer, G. A., et al. (2005).** Genetic improvement of yield and quality in wheat. *Euphytica*.

- **Smiley, R. W. (2019).** *Fusarium crown rot whitehead symptom. Plant Disease.*
- **Şahin, Y., & Karakas, F. P. (2022).** Composition of ancient wheats. In *Ancient Wheats*, Springer.
- **Šramková, Z., et al. (2009).** Chemical composition and nutritional quality of wheat. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), 115–138.
- **Touati-Hattab, S., et al. (2016).** *Fusarium culmorum* pathogénicité en Algérie. *European Journal of Plant Pathology*.
- **Vincent, C., et al. (2000).** La lutte physique en phytoprotection. *Édition QUAE*.
- **Wardlaw, I. F. (2002).** Effet des températures sur la migration des réserves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 29, 1055–1066.
- **Yves, D., et al. (2007).** Épidémiologie de la fusariose. *Bulletin d'information. Grandes Cultures*.
- **Zillinsky, F. J. (1983).** *Les maladies des céréales à paille : Guide d'identification*. CIMMYT, Mexico.

ANNEXES



Annex 1 les différents étapes de test de gluten.

<u>Variété :</u>	<u>Poids du Gluten humide (g)</u>	<u>Poids du Gluten sec (g)</u>
<u>Bidi 17 khroub</u>	<u>3.0326</u>	<u>1.0756</u>
	<u>2.7504</u>	<u>0.9647</u>
	<u>2.7159</u>	<u>0.9279</u>
<u>Mixl khroub</u>	<u>2.7194</u>	<u>0.9594</u>
	<u>2.8011</u>	<u>0.9718</u>
	<u>2.7439</u>	<u>0.9718</u>
<u>EPDW khroub</u>	<u>1.8015</u>	<u>0.6442</u>
	<u>2.2382</u>	<u>0.7852</u>
	<u>2.0975</u>	<u>0.73559</u>

<u>Waha khroub</u>	<u>2.6003</u>	<u>0.9308</u>
	<u>2.2901</u>	<u>0.8078</u>
	<u>2.4962</u>	<u>0.8672</u>
<u>Bidi 17 sétif</u>	<u>2.4666</u>	<u>0.8644</u>
	<u>2.3988</u>	<u>0.8448</u>
	<u>2.7178</u>	<u>1.0082</u>
<u>Mixl sétif</u>	<u>2.1540</u>	<u>0.7653</u>
	<u>2.5361</u>	<u>0.9419</u>
	<u>2.4774</u>	<u>0.8922</u>
<u>EPDW sétif</u>	<u>1.2116</u>	<u>0.4332</u>
	<u>1.6586</u>	<u>0.6291</u>
	<u>1.7257</u>	<u>0.6302</u>
<u>Waha sétif</u>	<u>2.0342</u>	<u>0.7360</u>
	<u>1.9426</u>	<u>0.7133</u>
	<u>2.4342</u>	<u>0.8883</u>

Annex 2 : tableau qui représente le poids de Gluten Humide et Sec

<u>Variétés</u>	<u>Taux de protéine</u>	<u>Humidité</u>
	<u>Répétitions</u>	
<u>Bidi 17 khroub</u>	<u>13.9</u>	<u>11.2</u>
	<u>13.9</u>	<u>11.2</u>
	<u>13.9</u>	<u>11.2</u>
<u>Mixl khroub</u>	<u>16.4</u>	<u>11.2</u>
	<u>16.4</u>	<u>11.2</u>
	<u>16.4</u>	<u>11.2</u>
<u>EPDW khroub</u>	<u>14.0</u>	<u>11.0</u>

	<u>14.0</u>	<u>11.0</u>
	<u>14.1</u>	<u>11.0</u>
<u>Waha khroub</u>	<u>15.6</u>	<u>11.3</u>
	<u>15.6</u>	<u>11.3</u>
	<u>15.6</u>	<u>11.3</u>
<u>Bidi 17 sétif</u>	<u>15.3</u>	<u>11.4</u>
	<u>15.3</u>	<u>11.4</u>
	<u>15.3</u>	<u>11.4</u>
<u>Mixl sétif</u>	<u>17.1</u>	<u>11.4</u>
	<u>17.0</u>	<u>11.4</u>
	<u>17.1</u>	<u>11.4</u>
<u>EPDW sétif</u>	<u>14.1</u>	<u>11.5</u>
	<u>14.1</u>	<u>11.5</u>
	<u>14.1</u>	<u>11.5</u>
<u>Waha sétif</u>	<u>17.2</u>	<u>11.0</u>
	<u>17.2</u>	<u>11.0</u>
	<u>17.2</u>	<u>11.0</u>

Annex 3 : tableau qui représente les résultats taux de protéines et humidité

<u>Les variétés :</u>	<u>Le mitadinage (pourcentage)</u>		
<u>Les répétitions</u>			
<u>Bidi 17 sétif</u>	<u>29</u>	<u>23</u>	<u>20</u>
<u>Bidi 17 khroub</u>	<u>13</u>	<u>10</u>	<u>13</u>

<u>Mixl sétif</u>	<u>27</u>	<u>12</u>	<u>11</u>
<u>Mixl khroub</u>	<u>10</u>	<u>08</u>	<u>13</u>
<u>EPDW sétif</u>	<u>4</u>	<u>7</u>	<u>2</u>
<u>EPDW khroub</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>11</u>
<u>Waha sétif</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>4</u>
<u>Waha khroub</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>5</u>

Annex 4 : tableau qui représente les résultats de mitadinage .

<u>Les variétés :</u>	<u>Le mouchture</u>		
<u>Les répétitions</u>			
<u>Bidi 17 sétif</u>	<u>18</u>	<u>12</u>	<u>10</u>
<u>Bidi 17 khroub</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>12</u>
<u>Mixl sétif</u>	<u>7</u>	<u>9</u>	<u>0</u>
<u>Mixl khroub</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>8</u>
<u>EPDW sétif</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>EPDW khroub</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>

<u>Waha sétif</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>5</u>
<u>Waha khroub</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>0</u>