



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 :

**Approche agro-écologique innovante à base de
différents types de blé dur (*Triticum durum*, Desf) pour
l'obtention d'une résilience aux changements climatique en Algérie.**

Présenté par : BRIBER Nihed.

Le :12/06/2024

Jury d'évaluation :

Président: TEMAGOULT Mahmoud (MAA - UFM Constantine).

Encadrant : BENBELKACEM Abdelkader (DR – INRAA/URConstantine).

Examineur: KELLOU Kamel (MAA - UFM Constantine).

**Année universitaire
2023 - 2024**

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 outrepasser 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 tout au long de la réalisation de ce mémoire et pour sa patience, disponibilité et surtout ses précieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion .*

*J'exprime toute ma reconnaissance à **Mr TEMAGOULT Mahmoud** (MAA - UFM Constantine) pour avoir bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire.*

*Je remercie vivement **Mr Kellou Kamel** (M. A. - UFM Constantine) d'avoir accepté de juger ce mémoire de master2.*

Je tiens à remercier tous ceux qui d'une façon ou d'une autre m'ont aidé pendant mon travail ... 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 aux êtres qui me sont très chers, et sans lesquels je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement.

*Mes chères parents **Aziza** et **Noureddine** .*

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 le témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

*A mes sœurs **Issemahian** et **Lamis** et mon petit frère **Fares**, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'adoration que je porte pour vous.*

*Et pour ma meilleure amie **Benbouzid Abir**.*

TABLE DES MATIERES

الملخص

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 01: Revue Bibliographique

1	La culture du blé dur.....	Erreur ! Signet non défini.
2	Origine de blé	Erreur ! Signet non défini.
2.1	L'origine génétique.....	3
2.2	L'origine géographique	3
3	Classification de blé dur.....	4
4	Structure de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.
5	Composition chimique de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.
6	Localisation de la production de blé dur.....	6
6.1	dans le monde	Erreur ! Signet non défini.
6.2	En Algerie	7
7	Histoire de l'amélioration du blé dur.....	8
8	L'objectifs de l'amélioration du blé dur en Algerie.....	8
8.1	L'objectif de l'amélioration génétique.....	10
8.1.1	Outils biochimique et technologique.....	10
8.1.2	Outils biothechnologique	10
9	Formation du rendement chez le blé.....	11
9.1	Phisiologie du rendement	11
10	Composantes du rendements.....	12
10.1	Nombre d'épis par plante	Erreur ! Signet non défini.
10.2	Nombre de grains par épis	Erreur ! Signet non défini.
10.3	Poids de mille grains	Erreur ! Signet non défini.

11	Durée de cycle végétatif de développement	Erreur ! Signet non défini.
11.1	La biologie du blé	Erreur ! Signet non défini.
11.2	Le cycle physiologique du blé (annexe tableau C)	Erreur ! Signet non défini.
11.2.1	Période végétative.....	Erreur ! Signet non défini.
11.2.2	Période reproductrice	Erreur ! Signet non défini.
12	Tolérance aux stress biotiques.....	Erreur ! Signet non défini.
12.1	Les maladies du blé.....	Erreur ! Signet non défini.
12.2	La réponse de la plante	Erreur ! Signet non défini.
13	Tolérance aux stress abiotiques.....	Erreur ! Signet non défini.
14.	La qualité technologique	Erreur ! Signet non défini.
II:	Le consortium Prima	Erreur ! Signet non défini.
Chap II/	Matériel et méthodes	20
1.1	Localisation des sites	Erreur ! Signet non défini.
1.2	Site El Baaraouia	Erreur ! Signet non défini.
1.3	Site Setif	Erreur ! Signet non défini.
2	Matériel végétal.....	Erreur ! Signet non défini.
3	Dispositif Expérimental.....	Erreur ! Signet non défini.
4	Analyses statistiques	Erreur ! Signet non défini.
5	Conduite culturale	Erreur ! Signet non défini.
6	Paramètres mesurés	Erreur ! Signet non défini.
6.1	Phénologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
6.2	Morphologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
6.3	Les composantes de rendement	24
CHAPITRE 03 : Résultats et Discussion		
1	Analyse globale moyenne à Sétif	Erreur ! Signet non défini.
2	Analyse globale El Baaraouia	Erreur ! Signet non défini.
3	Interactions GxE.....	27
4	Discussion des résultats.....	29
IV-	Conclusion	30
V-	Références Bibliographiques.....	31
ANNEXES	

Abstract

Durum wheat is one of the most important staple food and cereal crops in the Mediterranean region and is considered a major source of human and animal food. Genetic improvement of agronomic traits related to yield performance and adaptation to the production environments is conditioned by the presence of phenotypic variability of the targeted characters in the plant material subjected to selection. 65% of the growing area of Algeria is under durum wheat production. This study was conducted under the Prima project call named "Change Up" aiming to redesign the innovative agronomic systems to face the constraining events and be more resilient to climate changes.

This research was conducted to assess the magnitude of phenotypic variability and the expected gains of selection of agronomic traits in 4 durum wheat (*Triticum durum* Desf) types using modern and local landrace and two evolutionary populations. The results showed the presence of significant variability for all the measured traits. The Baaraouia site presented better results for almost all traits than in the setif site. Green biomass from the cultivated crop had high dry matter and it outyielded all the weeds in a high competition. All yield components performed well and showed highly significant differences for all the traits.

Key words: Durum wheat, evolutionary population, leguminous, rotations, yield components.

Résumé

Le blé dur est l'une des cultures céréalières les plus importantes dans la région méditerranéenne, c'est l'une des sources principales d'alimentation humaine et animale. Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une de ces céréales, il compte parmi les espèces les plus anciennes qui ont une importance économique mondiale. En Algérie la culture du blé dur occupe une surface importante représentant environ 65% de la surface céréalière. Généralement il est transformé en semoule et en pâtes alimentaires.

Notre travail expérimental fait partie intégrante d'un projet Prima dénommé « Change Up » ayant pour objectif essentiel de redessiner des systèmes agraires innovants pour les pays de la Méditerranée qui soient plus résilients aux changements. Deux populations évolutives (DWEP), une autre constituée d'une mixture (MixL) de variétés locales, une variété moderne (Waha) et une variété locale (Bidi17) ont fait l'objet du matériel végétal étudié dans les hauts plateaux (sétif) au niveau des hautes plaines (Constantine). Cette étude est menée sur deux types de rotations culturales, céréales ou légumineuse. Les essais sont conduits en dispositif Split Plot avec deux répétitions. L'étude s'est basée sur des paramètres phénologiques, morphologiques et de rendement des différents groupes de génotypes. Les résultats obtenus indiquent qu'il y a des différences significatives entre les différents traitements pour tous les caractères. La biomasse totale a fortement étouffé les mauvaises herbes. La légumineuse comme précédent culturale a dans l'ensemble donné de bons résultats. Le site de Baaraouia a été plus performant que celui de Sétif pour la plupart des paramètres étudiés.

Mots clés : blé dur, populations évolutives, légumineuses, prima, rotations, composantes de rendement.

ملخص

يعتبر القمح الصلب من أهم محاصيل الحبوب في منطقة البحر الأبيض المتوسط، ويعتبر مصدرًا رئيسيًا لغذاء الإنسان والحيوان. فقد تبنت الجزائر إنتاج القمح منذ قرون، حيث كان المزارعون مهتمين بإدخال أصناف حديثة جديدة أكثر من الأصناف المحلية لتحسين الزراعة والاقتصاد. من أجل المقارنة بين الأنماط الجينية المحلية والمحسنة أو الحديثة قمنا بعمل تجريبي في مزرعة بعراوية بالخروب حيث استندت الدراسة إلى معاملات فينولوجية، مورفو-فسيولوجية، بيوكيميائية، ومعايير إنتاجية لمجموعات مختلفة من الأصناف. تشير النتائج المتحصل عليها إلى وجود فروق بين الأصناف المختلفة المدروسة لجميع الصفات باستثناء مستوى الكلوروفيل في الأصناف الحديثة. كما توجد ارتباطات موجبة بما يسمى بالأصناف المحسنة الحديثة بين تاريخ بداية نمو السنبله ومحصول الحبوب (0.88) (ومستوى البروتين) (0.84) و بين قامة الأصناف ووزن الألف حبة قمح (0.93) PMG؛ يرتبط معدل الكلوروفيل وكذلك عدد الحبات بإنتاجية النواة (0.81) (و. و) 0.97 وتجدر الإشارة إلى أن المحصول يرتبط ارتباطًا ضعيفًا بمستوى البروتين (0.037). تم تشكيل مجموعات متجانسة أيضًا لنوعين من المواد الوراثية

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، الفينولوجيا، علم التشكل الفيزيولوجي، البيوكيميائية، المحصول

TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux :

Tableau 1 : Classification du blé	04
Tableau 2 : Composition chimique du grain de blé.....	4
Tableau 3 Pluviométrie moyenne 2023/24 à Baaraouia	21
Tableau 4 Pluviométrie moyenne 2023/24 à Sétif.....	22
Tableau 5 Dispositif expérimental dans les 2 sites	22
Tableau 6 Structure de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 Composition chimique de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 8 Localisation de la production de blé dur.....	6
Tableau 9 Dispositif expérimental dans les 2 sites	22
Tableau 10 Structure de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 11 Composition chimique de grain de blé	Erreur ! Signet non défini.

FIGURES :
N°1 : Carte du centre d'origine du blé	4
N° 2 Structure anatomique du grain de blé	5
N°3 Production du blé dans le monde.....	6
N°4 Production du blé par pays	7
N°5 Prduction céréalière en Algérie 2017.....	7
N°6 Cycle de développement.....	12
N°7 Image satellite	20
N°8 Parcelle d'essai à l'épiaison.....	23
N°9 Compteur à grain Numigral	24

Liste des abréviations

USDA : United States Department of Agriculture

UE : Union européenne

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

OAIC : L'Office algérien interprofessionnel des céréales

CIMMYT : Centre international d'amélioration du maïs et du blé

ICARDA : the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

NWIP : New Work Item Proposal

INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

PNAB : programme national de l'amélioration du blé

RDT : rendement

T °c: température

PMG : poids de mille grains

Haut : hauteur

Prot : protéines

Introduction

Les céréales sont très essentiels pour la vie de l'être humain, elles constituent une grande part des ressources alimentaires de l'homme et l'animale (**Karakas et al., 2011**). Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une de ces céréales, il compte parmi les espèces les plus anciennes qui ont une importance économique mondiale.

En Algérie la culture du blé dur occupe une surface importante représentant environ 65% de la surface céréalière. Généralement il est transformé en semoule et en pâtes alimentaires.

Au cours des siècles le blé dur (*Triticum durum*.Desf.) a assimilé une véritable valeur symbolique en Algérie, du fait de son importance dans l'agriculture et l'alimentation humaine et animal. Pour les Algériens son grain contient un produit de base dans l'alimentation (couscous, pattes, pain, galette, le frik, et divers gâteaux...). Il est estimé aussi comme une très grande source de protéines et d'hydrate de carbones, il contient aussi des acides aminés, des lipides et des vitamines. Par ailleurs, ses sous-produits (paille) sont très utiles à l'aliment pour le bétail. La paille est utilisée comme litière et comme aliment pour les animaux. (**Benkolli et Bouzegaia., 2016**).

Le manque d'eau est le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur en Algérie, des études récentes montrent que ce sont plutôt les basses températures hivernales et printanières qui handicapent le plus cette spéculacion (**Annichiarico et al.,2002 , Annichiarico et al.2005**). Tout progrès sensible des agros systèmes basés sur cette culture, dans l'étage bioclimatique semi-aride semble conditionné par l'amélioration de l'efficacité de l'eau (**Richards et al., 1997**).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, ont ciblé pendant longtemps l'objectif primordial qui est l'augmentation de la productivité.

Zhou et al., (2014), rapportent que connaître les changements, associés au progrès génétique induit par la sélection, est important pour déterminer les facteurs limitant l'augmentation du potentiel de rendement et développer des stratégies pour réaliser des gains génétiques futurs plus importants. Le développement de nouvelles variétés plus productives est un moyen pour réduire la pression de la demande en céréales et réduire la dépendance alimentaire des fluctuations d'un marché international très volatile (**Rabti, 2021**). Dans ce contexte **Mackay et al.,(2016)** ainsi que **Lannucci et codianni (2019)** suggèrent une utilisation plus efficace de la diversité dans les programmes d'amélioration génétique. **Flore et al.,(2019)** suggèrent que la ré-adoption des variétés anciennes en culture et/ou leur utilisation dans un programme d'amélioration peut améliorer la résilience de la culture du blé dur à cause des caractères morphologiques qui sont utiles pour faire face aux ressources limitées des zones arides et semi-arides.

A ce propos, le projet Change-Up objet de cette étude, teste une stratégie technologique basée sur l'intégration de populations évolutives de céréales et dans notre cas de blé dur sous différentes rotations culturales (blé sur blé et blé sur légumineuses alimentaires).

L'objectif de cette recherche est donc d'analyser les caractéristiques phéno-morphologiques et de rendement des différents génotypes sous différentes rotations et différents environnements.

Ce mémoire est subdivisé en trois chapitres :

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

Chapitre II : qui englobe l'ensemble du matériel et méthodes utilisées pendant notre expérience au niveau de parcelle : Baaraouia.

Chapitre III : consacrée l'ensemble des différents résultats obtenus et discussions des paramètres étudié (phénologique : épiaison, morphologique : hauteur, physiologique : chlorophylle, biochimique : protéine, et les composants de rendement : épis par m², grain par épis, poids de mille grain.

Et finalement une conclusion et perspectives suivi par une liste de références bibliographiques.

Chapitre I : Revue bibliographique

I. généralités sur le blé dur

1. la culture de blé dur

La céréaliculture dont la production annuelle oscille depuis l'indépendance entre 10 et 45 millions de quintaux, semble être le domaine le plus vulnérable car pratiquée sur de grandes superficies en pluviale. La culture du blé dur a commencé et s'est développée en Algérie au lendemain de la conquête arabe. La plupart des auteurs s'accordent pour considérer que la céréaliculture algérienne est depuis cette date et jusqu'à la colonisation, très largement dominée par le blé dur **(Nachit et al, 2000)**. Mais le problème de la culture du blé dans les régions semi-arides est soumis à différentes contraintes abiotiques qui minimisent de façon très significative le rendement en grains. Sur les hauts plateaux algériens, les performances de rendement de la culture du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) sont limitées par l'action des stress de nature abiotique. La variation des rendements, d'une année à l'autre et d'un lieu à l'autre, a pour origine la sensibilité du matériel végétal à l'effet combiné des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture **(Benmahammed et al, 2010)**.

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 dicocoides* (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. **(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, cela 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 », 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)**.

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone qui appartient à la famille Poaceae qui comprend plus de 10000 espèces différentes **(Mac key,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).

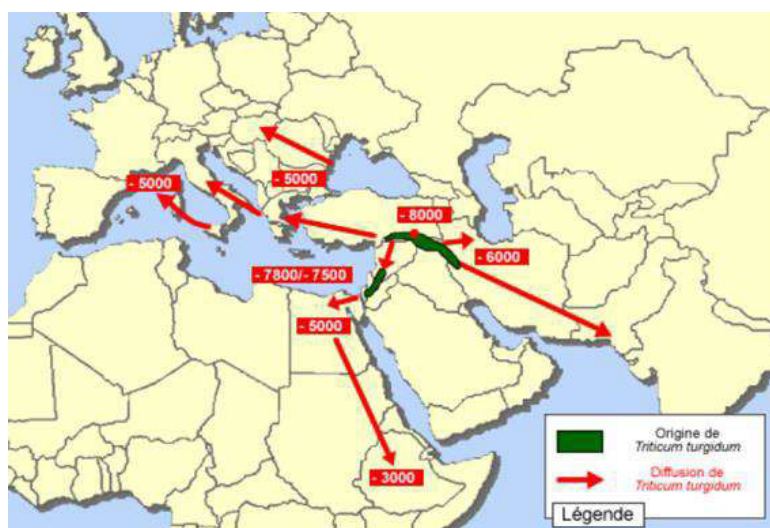


Figure 01 : Carte du centre d'origine et la diffusion de la culture de *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001)

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 01 : Classification de Cronquist, (1981) et APG III, (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. Structure du grain de blé

Le grain de blé est un caryopse, type de fruit sec indéhiscent, vitreux dits « nus » à la maturité. Le grain de blé présente une structure très hétérogènes (Abecassis,2015), une enveloppe extérieure protectrice appelée testa, un embryon qui se développera au moment de la germination et des réserves nutritives qui permettront la croissance et le développement de l'embryon jusqu'à l'acquisition de l'autonomie par la jeune plantule. Il existe une grande diversité de formes pour chacune de ces parties :

-**La testa** : peut être relativement fine est aisément détachable.

-**L'embryon** : peut être considéré comme une plante miniature, avec une racine (la radicule), une tige (la plume) et une ou deux feuilles (les cotylédons).

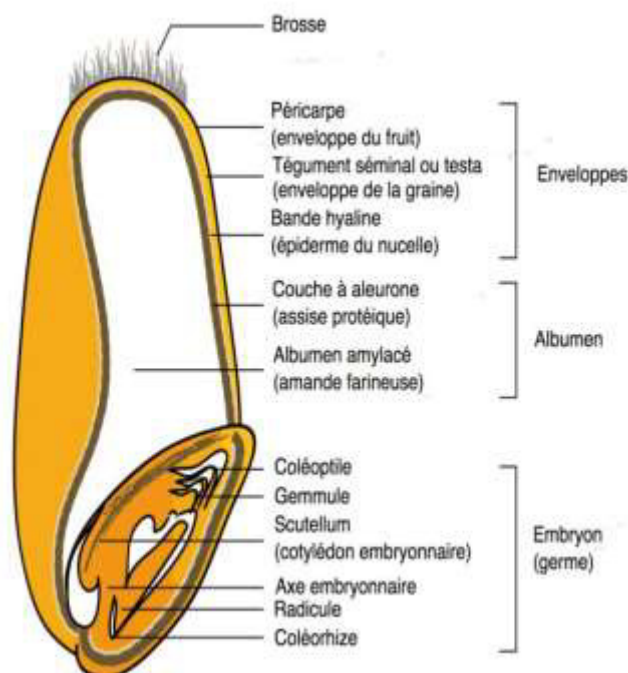


Figure 02 : Structure anatomique du grain de blé (Wikipedia, 2019)

-**Les réserves de la graine** : se composent de protéines, de glucides et des lipides qui sont indispensables au développement de l'embryon et à la croissance de la jeune plantule. Ces réserves sont stockées dans un tissu externe à l'embryon : l'endosperme. En plus de cette source d'énergie très concentrée, la graine contient (en assez grandes quantités) des éléments minéraux, tels que du phosphore, du potassium, du magnésium et du calcium ainsi que des micronutriments tels que le fer, le manganèse et le zinc (Turner, 2014).

5. Composition chimique du grain de blé

Le grain de blé dur est constitué principalement d'amidon, de fibres, de protéines, de fibres et d'un faible pourcentage de lipides, de minéraux et de sucre réducteur répartis dans les différentes couches de la graine. Sont montré dans (Tableau N° 02).

Tableau 02 : composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000)

Nature des composants	Teneur (%ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matière minérale	1,5-2,5

6. localisation de la production du blé dur

6.1. Dans le monde

Le blé dur 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 (**figure03**)

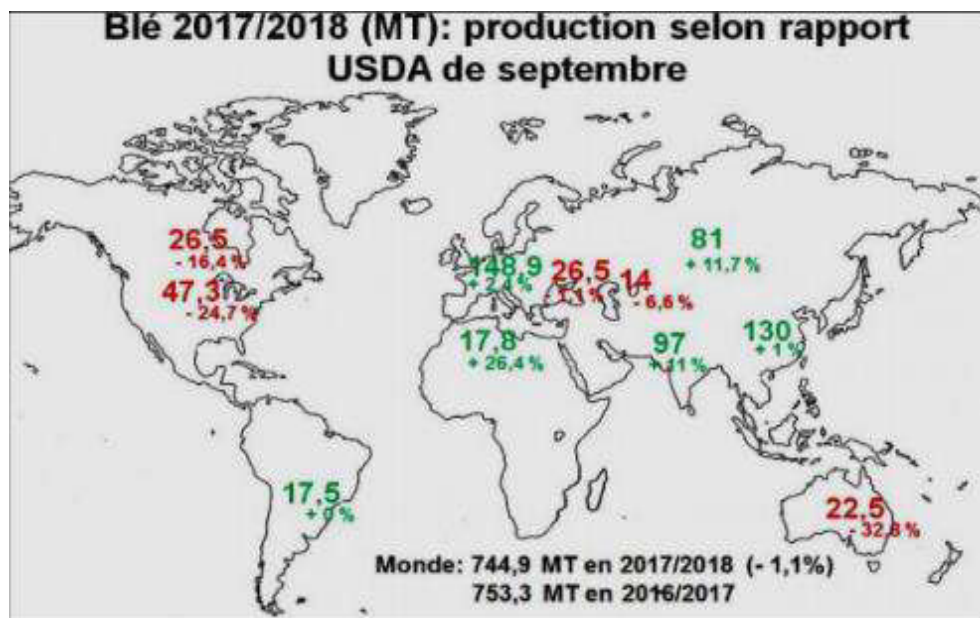


Figure 03 : production du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt) (USDA, 2018)

Le dernier classement des principaux pays producteur de blé dur indique que l’UE est toujours en premier, le Canada en deuxième, alors que les Etats unis se situent en sixième position après le Mexique (**Anonyme, 2017**)

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 divers capacités de production et de consommation de blé (**Ansart, 2017**).

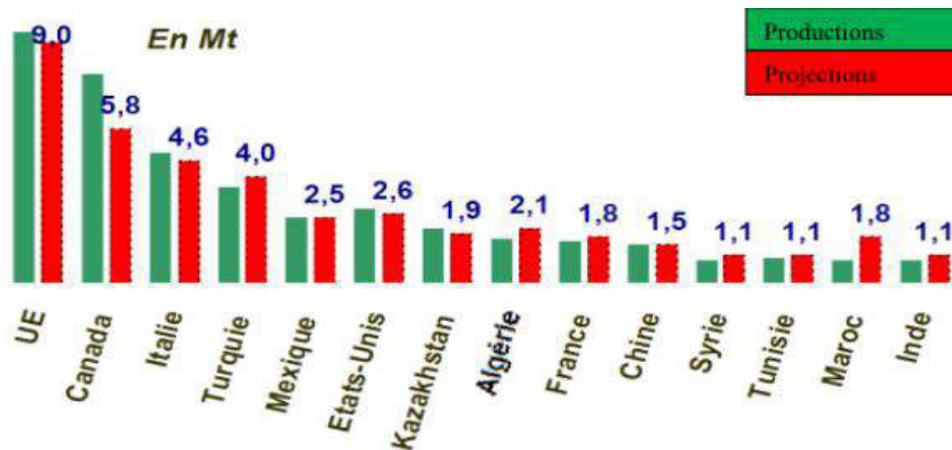


Figure 04 : Production mondiale de blé dur par pays en 2016 et projections en 2017 (Conseil International des Céréales, 2017).

La production mondiale de blé pour la campagne 2017/2018 a atteint 760 millions de tonnes selon la FAO (FAO, 2019). 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).

6.2. En Algérie

La culture des céréales algériennes occupe une superficie de 3,5 millions d'hectares de blé dur, une amélioration nette dans la production des céréales qui a enregistré durant la saison 2016/2017 une production de 34 millions de tonnes d'après l'office Algérien inter professionnel des céréales (OAIC, 2017). Ainsi, pour l'Algérie, la production de blé pour la saison 2018/19 est estimée à 3,0 mm, en hausse de 0,6 million par rapport à 2017/18. Cette perspective favorable est due principalement aux précipitations abondantes au niveau des régions de l'Est, l'Ouest et le Centre du pays. (Nadjoua, 2018).

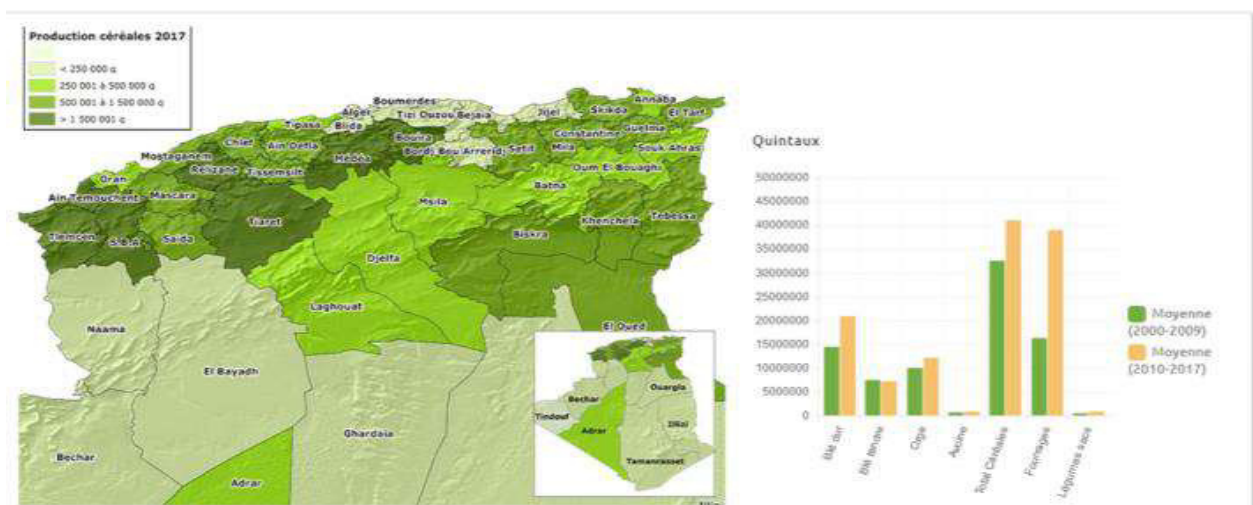


Figure 05 : La production céréalière en 2017 (Anonyme, 2017)

7. histoire de l'amélioration du blé dur

La recherche sur le blé en Algérie a commencé il y a plusieurs siècles. Dans la pré-colonisation (avant 1830), ce n'était qu'une curiosité botanique et c'est successivement que nous avons commencé à faire une véritable sélection, en utilisant la plupart des moyens connus pour augmenter la variabilité génétique des nouvelles variétés (hybridation, sélection, essais, dissémination de variétés végétales). Et cela, afin d'obtenir de meilleures variétés pour répondre aux besoins d'une population croissante et plus rapide.

Depuis longtemps, les chercheurs pensaient que le blé tendre n'existait pas en Afrique du Nord avant l'arrivée des Arabes. En 1930, pendant l'occupation française de l'Algérie, seul le blé dur était cultivé dans les basses terres.

Le blé tendre était considéré comme une culture distincte, qui poussait spontanément dans les champs de blé dur. Entre la fin du XVIIIe siècle et le début du XIXe siècle, les agriculteurs ne s'intéressaient qu'au blé dur, qui était donc largement cultivé.

Beaucoup de données archéologiques, historiques et phylogénétiques révèlent la présence du blé dur en Algérie. Après la période coloniale et la première ère des études botaniques jusqu'à la période post-indépendance, plusieurs programmes d'amélioration génétique ont été entrepris pour améliorer l'adaptation et augmenter le potentiel de rendement.

La collaboration avec les centres internationaux depuis la fin des années 1960 (FAO, CC européen et CIMMYT), a été très forte et interactive et a atteint tous les objectifs prévus en matière d'agrotechnie.

En 1980, l'ICARDA a contribué à la recherche et au développement de grandes cultures en Algérie. Afin d'atteindre l'objectif principal du gouvernement de garantir la sécurité alimentaire jusqu'à 2015, en produisant 10 millions de tonnes de blé, une nouvelle approche de recherche bilatérale (NWIP) (INRAA/ITGC) a été lancée en collaboration avec le CIMMYT et l'ICARDA. Des approches régionales et multidisciplinaires ont été adoptées et un certain nombre de cultivars prometteurs ont été développés grâce à l'utilisation d'une approche participative dans la phase finale. Ce matériau a contribué à augmenter le rendement au cours de la dernière décennie. **(Benbelkacem ;2014).**

8-Objectifs de l'amélioration du blé dur en Algérie :

Le taux de croisement distant parmi les espèces principalement autogames peut atteindre jusqu'à 10% et varie selon les populations, les génotypes et les diverses conditions du milieu **(Jain, 1975)**. Ainsi, les populations de graminées ayant un taux de croisement éloigné inférieur à 1 % ont affiché un taux de 6,7 % certaines années **(Adams et Alard, 1982)**. Si pour **Harrington (1932)** ce taux ne dépasse pas 1,1 %, pour **Bozzini (1988)** certains auteurs ont rapporté des taux de 5 %. Pour le blé hexaploïde, le taux de croisement hétérogène moyen varie de 0 à 6,7 % selon le cultivar **(Martin, 1990 ; Hucl, 1996 et Hucl et Matus-Cadiz, 2001)**.

Pour procéder à l'amélioration d'une plante il faut tout d'abord connaître la plante en question tout en suivant des étapes indispensables :

1. Choix variétal :

Les qualités recherchées dans une variété dépendent de l'objectif que s'est fixé l'agriculteur et des conditions climatiques et pédologiques locales. Pour choisir une variété, il faut avoir en tête les caractéristiques fondamentales suivantes :

a) Productivité : Sans aucun doute, la capacité de production de la variété est un facteur fondamental qui doit orienter notre choix. Cependant, selon les particularités agro climatiques, la production peut être plus au moins régulière.

b) Qualité : Le critère de qualité est complexe et recouvre plusieurs facteurs dont ; les caractéristiques technologiques, certaines variétés peuvent ainsi mieux répondre que d'autres à une spécificité recherchée par le sélectionneur et l'industrielle.

c) Précocité : Les variétés modernes présentent une période de floraison- maturité plus courte que les anciennes, ce qui permet de concilier beaucoup plus facilement les deux facteurs ; floraison tardive pour éviter les gelées et maturité précoce pour éviter le dessèchement.

d) Résistance : Aux maladies et aux accidents. Il est indispensable que la variété possède une résistance suffisante aux maladies et aux accidents les plus fréquents dans la région.

e) Pouvoir de multiplication : Non seulement la multiplication naturelle des plantes permet d'économiser beaucoup de graines, ce qui n'est pas négligeable, mais en plus elle permet de compenser une naissance déficiente si peu de plantes parviennent à émerger (**Ait kaki, 1993 ; Canado et al., 2003**).

f) Alternativité : C'est une caractéristique variétale ; le degré d'alternativité est fonction du besoin en vernalisation. Il devrait être déterminé par la date limite à partir de laquelle la montée ne se produit plus.

g) Qualité de la récolte : En ce qui concerne les blés durs, la culture est destinée à la fabrication des semoules et des pâtes alimentaires. La semoulerie recherche des lots ayant des rendements élevés en semoule (**Dulcir, 1978**).

2. Travail du sol :

Les labours profonds d'été (25 à 30 cm) permettent d'assurer l'accumulation de l'eau des pluies d'automne (**Clement et Prats, 1970**), la destruction des mauvaises herbes, le maintien et l'amélioration de la structure du sol, l'enfouissement des engrais et des résidus de récolte et la réalisation de lit de semences. On utilise généralement une charrue à socs ou à disques (**Belaid, 1996**). La terre doit être affinée en surface par passage de pulvérisateur à disques ou de herbes, et retassée au croskill avant et après le semis (**Clement et Prats, 1970 ; Kribaa et al., 2001**).

3. Le semis :

Le semis dépend de la variété. Elle permet de maîtriser la période optimale de floraison pour éviter les gelées tardives et les siroccos précoces. Elle permet aussi de profiter, pour le semis tardif, de l'action favorable des pluies sur les structures du sol ; mais un semis tardif provoque une diminution du nombre de racines primaires (**Chabi et al., 1992**) et limite le tallage herbacé. Selon **Clement et Prats (1970)**, l'époque la plus favorable est comprise entre le 01 novembre et le 15 décembre.

4. La fertilisation :

La fertilisation est l'ensemble des apports d'engrais (substances chimiques apportant des éléments minéraux à une plante cultivée), et la fumure (désignant l'apport de fumier). **Henry et De Buyser (2000)**, notent qu'il est préférable que la fumure soit apportée lors de la culture sarclée précédent le blé. Plusieurs recherches et démonstrations menées pratiquement dans tous les pays ont montrés que les engrais minéraux contribuent jusqu'à plus de 50% des augmentations de rendement par unité de surface, la fertilisation est donc un facteur très important de production (**Fink, 1982 ; Joly, 1988 ; Kribaa et al., 2001**). Les effets des engrais sur les rendements sont aussi grandement influencés par l'amélioration des autres facteurs de production tels que l'irrigation, les techniques culturales, sans oublier la qualité de l'assolement –rotation des systèmes de cultures (**Chahrour, 2004**).

8.1. L'objectif de l'amélioration génétique :

L'un des objectifs importants de l'amélioration est de pouvoir utiliser de manière combinée des outils biotechnologiques et biochimiques avec ceux de la sélection classique (**Nachit et al., 1998**). Notamment, l'utilisation des techniques biochimiques qui permettent une caractérisation génétique des variétés ; actuellement, ce sont les techniques d'électrophorèses, et dans certains cas d'électrofocalisation, qui paraissent présenter le meilleur compromis entre la finesse et la reproductibilité des résultats. Et les biotechnologies, tel que l'haplodiploidisation qui s'est révélée être un outil efficace tant en sélection qu'en marquage moléculaire (**Nachit et al., 1998**).

8.1.1 Outils biochimiques et technologiques :

L'application des outils biochimiques diffère suivant l'étape du cycle de sélection. Les premiers tests d'approche de la qualité génotypique ou intrinsèque mis au point par les sélectionneurs et les chimistes céréaliers, sont basés sur l'étude de la fraction protéique. Comme l'a souligné **Autron (1981)**, c'est en se basant sur les caractéristiques biochimiques du grain que de véritables tests de sélection peuvent être découverts et développés. Parmi les différents constituants biochimiques susceptibles d'être retenus, il convient de distinguer : la qualité et la rétention en principes constituants de la graine.

8.1.2. Outils biotechnologiques :

L'apport des biotechnologies végétales, notamment l'utilisation des méthodes in vitro, constitue un instrument complémentaire aux méthodes conventionnelles, en particulier l'haplo-diploidisation, la culture de cellules isolées embryogènes, la culture de microspores isolées, le sauvetage d'embryons immatures, et l'utilisation des marqueurs moléculaires (L'amplification par P.C.R., technique rapide et simple et de l'haplodiploidisation), permettent l'accélération des schémas de sélection (**D'ovidio et al., 1990 ; Nachit et al., 1998 ; Ait Kaki, 2007**).

Les biotechnologies se caractérisent par le fait qu'elles s'adressent, en général, à des éléments dissociés de la plante. Elle permet une nouvelle ouverture vers la génétique moderne par :

- Dissociation de la plante en organes, tissus, cellules, protoplastes, noyaux, ADN etc...
- Manipulation et modification de l'élément dissocié.
- Reconstitution d'individus – plantes nouvelles.

- Sélection des produits obtenus.
- Mise en évidence de gène candidats.
- Cartographie d'une population de blé. (**Demarly, 1995**).

Le développement de la biotechnologie a permis la réduction des délais d'obtention de lignée pure, objective du sélectionneur, ainsi la caractérisation phénotypique et l'appréciation de la valeur génétique des génotypes pourront se faire précocement. Les biotechnologies mettent donc à la disposition des biologistes des possibilités dont la variété et la puissance sont incomparables et ont ouvert une nouvelle voie à l'étude des réactions de la plante face à l'environnement (**Monneveux, 1997**). Il est important de souligner que la biotechnologie est l'étape de l'art dans l'amélioration des plantes.

9-Formation du rendement chez le blé

9.1-Physiologie du rendement

L'objectif principal dans un programme d'amélioration des plantes vise en premier lieu à accroître le rendement qui est un caractère polygénique (**Picard, 1991**), très variable selon les conditions éco-climatique et techniques (**Boeuf, 1948**).

L'expression de ce caractère résulte du fonctionnement d'un peuplement, c'est-à-dire de l'ensemble des plantes qui, pendant la durée du cycle végétatif sont en concurrence pour l'utilisation des ressources du milieu (**Masle et al, 1981**).

Le rendement s'élabore tout au long du cycle de développement de la plante (**Couvreur et Masse, 1983 ; Amboulet et al, 1983**) ; c'est le résultat de l'interaction d'un certain nombre de composantes et de nombreux effets physiologiques qui se forment successivement ou simultanément durant le cycle végétatif, entre lesquels des phénomènes de compensation interviennent (**Ingoat et Couvreur, 1979**). Dans certaines limites, les composantes du rendement entrent en concurrence entre elles, ce qui peut affecter le rendement (**Grignac, 1978 et Vilain, 1987**).

La progression génétique dans l'accroissement du rendement en grain est le résultat de deux facteurs essentiels :

Accroissement du rendement biologique : le progrès génétique doit résulter d'une augmentation de l'efficacité photosynthétique des céréales qui est la résultante de l'effort consenti sur les caractères morphologiques et physiologiques (**Amboulet et al, 1983**).

Accroissement de la ration grain par rapport à la paille du blé, toute la valeur avoisine les 50 % (**Balla et al, 1989**) ce qui est dans certains cas un objectif de sélection.

Le cas le plus extrême dans ce domaine c'est la sélection de variétés naines pour lesquelles le rapport grain sur paille est le plus élevé possible. Cependant, dans ce cas une baisse de la taille des plantes risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épi, graines) et peut même avoir des conséquences quant à la sensibilité aux maladies ainsi que la qualité technologique (**Paquet, 1968**) par des effets de corrélations négatives.

La qualité technologique est un caractère variétal très influencé par les facteurs de milieu (**Boeuf, 1948 ; Sadli, 1993**). C'est ainsi qu'une nutrition azotée et potassique convenable engendre une bonne formation du grain ainsi qu'une bonne qualité (**Rousset, 1986 et Roy, 1989**) ; de même qu'un sol riche en phosphore accélère la

précocité et donne une bonne qualité du grain avec plus de résistance à la verse (**Grignac, 1978**).

En conditions humides, lors de la maturation, les grains du blé dur deviennent farineux à cause des fissurations intercellulaires (Percival, cité par **Grignac, 1970**) : c'est le mitadinage.

Une forte évapotranspiration pendant le remplissage des grains engendre des grains ridés : c'est l'échaudage (**Chevalier, 1957 ; Boyeldieu, 1980 et Masle, 1982**).

10. Composantes du rendement :

Chez les céréales un certain nombre de caractéristiques mesurables constituent les composantes de rendement que l'on peut schématiser selon la formule suivante :

Nombre d'épis /m² x Nombre de grains /épi x Poids de 1000 grains (**Vilain, 1987**)

La part de chaque composante dans l'élaboration du rendement dépend du génotype ainsi que des conditions du milieu. De nombreux travaux relatifs aux liaisons entre différentes composantes du rendement ont été réalisés.

10.1 Nombre d'épis par plante :

Bensalem et al (1991) ont établi une liaison entre le tallage épi et le rendement ; par contre ils n'ont pas trouvé de liaison entre le tallage herbacé et le rendement en grain. Selon Austenson et Walton cités par **Nass (1973)**, le nombre d'épis par plante est la composante la plus prépondérante du rendement.

L'accroissement du nombre d'épis n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi (**Combe, 1981**).

C'est ainsi que le rendement chez l'orge est pratiquement identique pour des peuplements allant de 50 à 800 plants par mètre carré (Boyeldieu, 1980).

Pour **Bouzerzour (1992)**, le nombre d'épis par mètre carré est négativement corrélé au rendement en grain, au nombre de grains /m² et au nombre de grains par épi, ceci vient probablement du fait que les conditions du milieu des hauts plateaux favorisent la production d'épis par unité de surface qui agissent négativement sur la fertilité et indirectement sur le rendement.

10.2 Nombre de grains par épi

Selon **Dunder (1976)**, le rendement du blé est très dépendant du nombre de grains par épi, le coefficient de corrélation entre les deux caractères est de 0,917.

Le nombre de grains par épi est influencé par le nombre d'épis par m², par les caractéristiques variétales, par la disponibilité en eau et par la nutrition azotée et phosphopotassique (**Belaid, 1986**). Aussi le nombre de grains par épi est fonction du nombre d'épillets par épi et du nombre de grains par épillets (**INA, 1979**), chez le blé tendre, on peut trouver 3 à 5 grains par épillets alors que chez l'orge, il n'y a qu'un grain par épillet (**Lafarge et Gaul., 1985**).

Selon **Bendjama (1977)**, le nombre de grains par épi varie fortement, il diminue avec l'augmentation de la densité de semis.

10.3 Poids de mille grains

Le poids de 1000 grains dépend des conditions de nutrition et de peuplement (**Masle, 1982**).

Un coefficient de corrélation variable de 0,08 à 0,80 est trouvé par **Aissani (1989)** entre le rendement et le poids de 1000 grains, dans les conditions des hauts plateaux sétifiens. Un poids de mille grains faible peut être le résultat de maladies de fin de cycle (fusariose), ou de pluies tardives associées à de fortes chaleurs et à un degré moindre à la verse (**Gate et al., 1991**).

Une élévation brusque de la température durant la phase d'accumulation des réserves cause l'échaudage fait chuter le taux d'azote dans le grain et le rend léger (**Chevalier, 1957 et Paquet, 1961**). Selon **Grignac (1970)** cette baisse du taux d'azote dans le grain ne favoriserait pas la formation d'un grain vitreux, ce même auteur relève une relation étroite entre le poids de 1000 grains et le mitadinage.

Un apport de la fumure azotée pendant la croissance des grains accroît le poids de 1000 grains (**Combe, 1981**). Une relation positive a été établie entre le niveau moyen du palier hydrique du grain et le poids spécifique à la maturité (**Malet et Gurnade, 1981**), cependant, **Sadli (1993)** n'a trouvé aucune relation entre le rendement et le mitadinage. **Fonseca et Paterson (1968)** ont trouvé une héritabilité au sens étroit du poids de 1000 grains de 0,472.

11. Durée de cycle végétatif de développement :

11.1. La biologie du blé :

Qu'elle soit vivace ou annuelle, toutes les graminées ont un rythme de végétation et de fructification annuel. Au cours de ses différents stades de croissance, le blé présente des exigences variables en eau et en matières minérales.

Ainsi les différents stades du cycle de développement du blé sont tous très importants mais, toutefois, trois phases peuvent être retenues, ils s'agissent de la phase : Levée début Montaison, Montaison Floraison et Floraison Maturation, chacune d'elles coïncidant avec les phases d'élaboration du rendement caractérisées par l'une des composantes : épis/plant, grains/épis et poids du grain (**Gate et al., 1997**).

11.2. Le cycle physiologique du blé (Annexe tableau C) :

Dans ce cycle annuel, une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser le cycle évolutif du blé en deux grandes périodes :

- Une période végétative Et une période reproductrice.

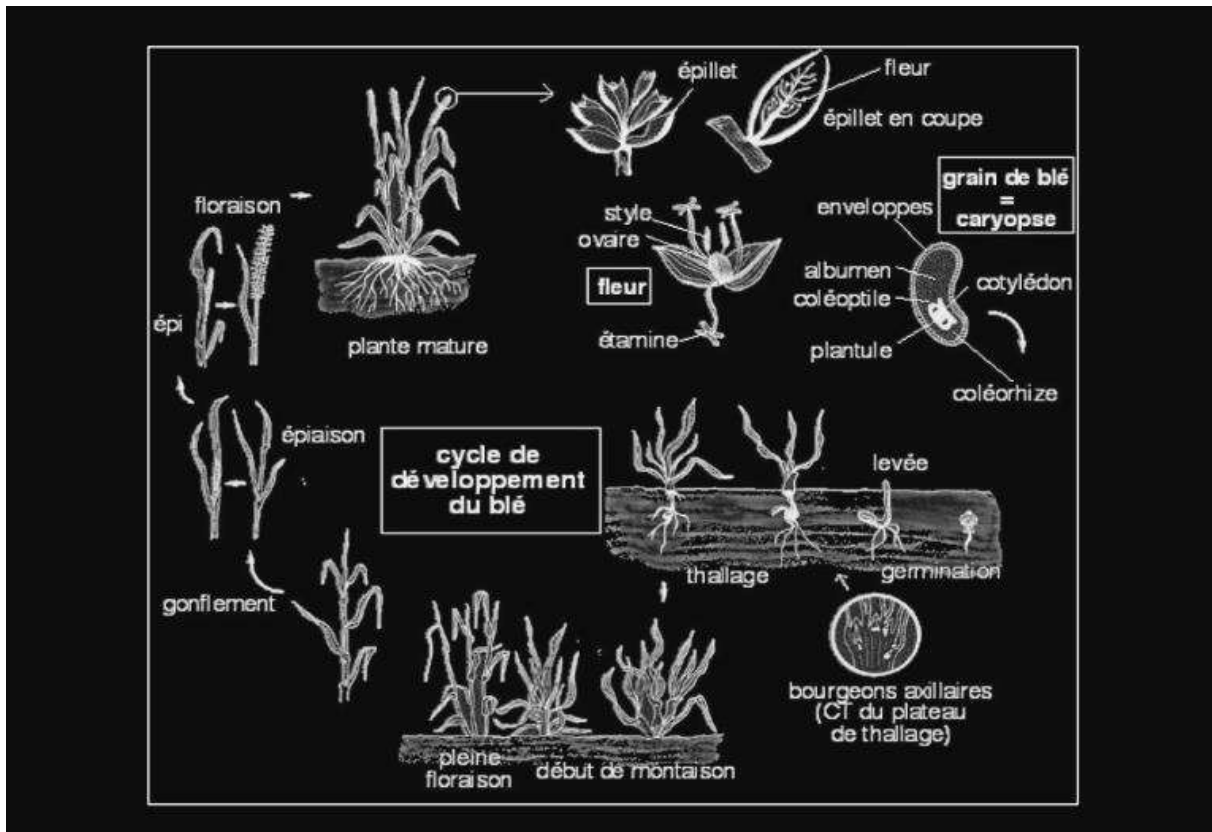


Figure 06 : Cycle de développement de blé (ry et al. 2000)

11.2.1 Période végétative :

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

11.2.1.1 Phase Germination – levée :

La germination

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

11.2.1.2 Phase Levée- Tallage

Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire. Il est caractérisé par trois caractéristiques : • Formation du plateau de tallage. • Emission des talles. • Sortie de nouvelles racines.

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

11.2.2. Période reproductrice

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi ; elle se caractérise par :

11.2.2.1 Phase Montaison

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

11.2.2.2 Epiaison – fécondation

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

11.2.2.3 Grossissement du grain

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

11.2.2.4 Maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. D'après **Belaid (1996)** la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains. Par la suite, les grains perdent leur humidité :

- A 45% d'humidité, c'est le stade pâteux.
- A 20% d'humidité, c'est le stade rayable à l'ongle.
- A 15 – 16% d'humidité, c'est le stade cassant (mûr pour la récolte).

12-Tolérance aux Stress biotiques :

Ce type de stress constitue une action défavorable d'un organisme vivant sur un autre organisme comme l'attaque d'un pathogène par exemple (**Fakih, 2015**).

Ces organismes peuvent être des champignons, des bactéries, des virus, des nématodes, et des insectes. Ils infectent les végétaux, ce qui affecte la croissance et le rendement et peuvent conduire à leur mort (**Fakih, 2015**).

Les facteurs biotiques représentent donc l'ensemble des influences qu'exercent les êtres vivants entre eux et sur le milieu (**Badraoui et Meziani, 2019**).

12-1-Les maladies du blé

La septoriose et la fusariose des épis sont des maladies particulièrement délétères pour les blés cultivés. Ces deux maladies sont classées dans le top 10 des maladies fongiques. A ce jour, il n'existe pas de variété 100% résistante à la septoriose ou à la fusariose et la lutte repose principalement sur l'utilisation de fongicides chimiques. Ces derniers n'ont parfois qu'un effet limité et présentent des risques en termes de santé humaine et de protection de l'environnement (**Aktar et al., 2009**).

12-2-La réponse de la plante

Dans la nature, les plantes répondent aux stress biotiques et abiotiques en déclenchant des réponses immunitaires visant la limitation de la progression du pathogène ou des dégâts causés par les fluctuations abiotiques. Une plante est affectée lorsque le pathogène ou le stress physique se développe plus rapidement que son immunité n'est déclenchée. Il est donc logique d'estimer que si l'immunité de la plante est activée avant que la maladie ou le stress abiotique ne se présente, la plante pourra mieux assurer sa protection. Dans cette optique, la stimulation de l'immunité végétale constitue une alternative pertinente qui s'avère prometteuse dans un certain nombre de cas (**Reglinski et al., 1994 ; Sanchez et al., 2012 ; Gruau et al., 2015 ; Comby et al., 2017 ; Theocharis et al., 2012**).

La stimulation préventive des réactions de défense est opérée de 2 manières différentes qui s'inscrivent pleinement dans le bio-contrôle. La première consiste à sprayer des éliciteurs (molécules naturelles non toxiques pour l'environnement) sur différents organes de la plante. La seconde vise à faire coloniser la plante par des micro-organismes bénéfiques (lutte biologique), en surface ou dans les organes de la plante. Ces deux technologies se traduisent in fine par un certain niveau de tolérance/résistance de la plante cible aux stress biotiques et/ou abiotiques.

13. Tolérance aux stress abiotiques :

13.1. Notion de stress

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement des dommages, blessures, inhibition de la croissance ou de développement (**Hopkins, 2003**). Selon **Laval-martin et Maziliak (1995)** le stress est toute pression dominante exercée par un paramètre de l'environnement perturbant le fonctionnement habituel de la plante et tout facteur qui limite la production de la matière sèche au-dessous de son potentiel génétique.

13.2. Stress abiotiques

Les facteurs abiotiques sont dû principalement à des facteurs environnementaux (**Lezzar et Meziani, 2015**), ces contraintes abiotiques peuvent être dues à des conditions météorologiques défavorables (froid, chaleur excessive, sécheresse) ou à des compositions adverses du sol (salinité). Les stress abiotiques sont généralement dus à la salinité (**Luhua et al.,2008**), la sécheresse (**Giraud et al.,2008**), , les hautes ou les basses températures (**Larkindale et Vierling,2007; Juan et al.,2008**), la lumière (**Giraud et al.,2008**), l'excès ou le déficit en éléments nutritifs (**Zsigmond et al.,2008**), les métaux lourds (**Klein et al.,2008**), les polluants (**Chen et al.,2007**) indépendamment ou en combinaison. Les stress abiotiques peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques (**shilpi et Narendra, 2005 ; Less et Galili,2008**). Et peuvent même entraîner la mort des plantes (**Guo et David ho, 2008**).

13.3. Stress thermique

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes (**Oukarroum, 2007**). L'effet des hautes

températures peut modifier, non seulement le poids final de grain, mais aussi le nombre de grains par épi et par unité de surface (**Wardlaw et al., 1989 ; Calderini et al., 1999**). L'action de la température est permanente tout le long du cycle. Elle conditionne l'absorption des éléments nutritifs, l'activité photosynthétique, l'accumulation de la matière sèche et le passage d'un stade végétatif à un autre (**Van Oosterom et al., 1993, Mekhlouf et al., 2006**).

Les hautes températures sont particulièrement néfastes, parce qu'elles affectent indirectement les rendements et directement les processus physiologiques notamment le statut hydrique de la plante (**Paulsen, 1994**). Le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (**Chenafi et al., 2006**).

13.4. Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (**Boyer, 1982**). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent de déficit hydrique (**Boyer, 1982**). Il se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morpho-physiologiques, biochimiques, génétiques et même les niveaux d'expression des gènes associés à la sécheresse (**Mefti et al., 2000**).

13.5. Stress salin

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'un part, un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique (**Ben hebireche et Djafour, 2011**). De ce fait, ainsi la salinité constitue un problème majeur des régions arides et semi-arides dans le monde où les précipitations sont insuffisantes pour lessiver les sels de la rhizosphère (**François et Maas, 1994**).

13.6. Stress induit par le froid

Le gel sur les plantes En hiver, les plantes subissent un effet prolongé des basses températures (Chilling : températures positives et inférieures à cinq degrés) et plus transitoirement, un effet du gel (freezing : températures négatives) (**Charrier, 2011**). En réalité, ce que l'on définit comme stress dû au gel est une contrainte supplémentaire due à la formation de glace engendrée par le stress des basses températures. Lorsqu'il y a gel, au stress strictement thermique s'ajoute d'autres stress secondaires tels que stress osmotique, hydrique, mécanique.

14. La qualité technologique du blé :

Elle est influencée par chacun des constituants du grain qui joue un rôle seul ou en interaction avec d'autres constituants dans l'expression de la qualité. Parmi ces composants : les protéines l'amidon, les lipides, les enzymes, etc...

-Les protéines : Le grain de blé dur est constitué d'environ 12% de protéines, qui sont essentiellement localisées dans l'albumen et la couche d'aleurone. Cette teneur est susceptible de varier (de 8 à 20% de MS), en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la

plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain. La teneur en protéines est un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules. Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires à 87%.

La qualité des protéines est un caractère extrêmement héritable et, seulement une partie est influencée par l'environnement (**Liu et al., 1996**). Sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (**Mok, 1997**).

Sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, celles-ci étant liées au patrimoine génétique de la variété.

- L'amidon : L'amidon est le composant essentiel du grain de blé. C'est une substance de réserve stockée dans les cellules de l'albumen du grain qui représente 65-70% (environ $\frac{3}{4}$ de M.S.). Chimiquement l'amidon est un polymère de glucose. Il se présente sous deux formes: l'amylose et l'amylopectine. La qualité de l'amidon dépend du rapport : amylose / amylopectine (**Gibson et al., 1997**).

- Les lipides Les lipides du blé représentent en moyenne 2 à 3% du grain sec. Ce sont des constituants mineurs du blé, certains sont libres, mais la majorité est associée aux composants majeurs qui sont l'amidon et les protéines. Leurs effets sont importants dans les processus technologiques. Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que ce soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, émulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutives de leurs acides gras poly insaturés facilement oxydables (**Feillet et Dexter, 1996**).

Les travaux qui associent la fraction lipidique à la qualité du blé, sont peu nombreux. Généralement, les lipides qui représentent 1-2% de la semoule de blé dur et des pâtes, jouent un rôle relativement important dans la qualité culinaire, en s'associant aux protéines au cours du malaxage ou du séchage des pâtes (**Laignelet, 1983**). L'effet des lipides sur les propriétés fonctionnelles de la pâte dépend d'un équilibre entre lipides polaires et non polaires. - Les substances minérales **Dexter et Matsuo (1977)** ont montré que la teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extraction des semoules. Les études de **Matweef (1946)**, montrent que les cendres des enveloppes peuvent varier du simple au double pour la même variété de blé suivant son milieu de culture. Pour la teneur en cendres d'une semoule ne peut réellement servir de critère de pureté que dans la mesure où elle peut être ramenée à celle du grain entier par la détermination du rapport de la teneur en cendres des semoules sur la teneur en cendres du blé qui doit être inférieur à 0,5. **Matweef (1966)**.

II/ Le consortium PRIMA :

Comme ce travail s'appuie sur une étude relative à un projet PRIMA, il est indispensable d'expliquer ce type de projets et la manière dont il est organisé et géré par les différents partenaires.

Le programme PRIMA est un programme-cadre de recherche et d'innovation de l'Union Européenne, il lance officiellement des appels de financement à projets dans les

domaines thématiques de la gestion de l'eau, des systèmes agricoles, de la chaîne de valeur agroalimentaire. Ces opportunités de financement visent à soutenir et à promouvoir l'innovation dans ces domaines spécifiques, et à inviter les candidats à commencer à rédiger leurs propositions. Les appels sont ouverts au secteur privé, aux organisations et aux laboratoires, aux universités et accueille les candidatures d'un large éventail d'horizons et de disciplines.

Le projet PRIMA, acronyme pour « Partenariat pour la Recherche et l'Innovation dans la Méditerranée Avancée » est une initiative de coopération en matière de recherche et d'innovation entre les pays de la région méditerranéenne. Son objectif est de promouvoir le développement durable et la résilience des systèmes agricoles et alimentaires dans la région. Ce projet vise à soutenir la recherche, l'innovation et le transfert de connaissances pour relever les défis liés l'agriculture, à l'eau et à l'alimentation dans les pays participants.

Notre consortium désigné « Change-Up » est formé de sept partenaires (UNIPR et CREA d'Italie, CNRS et CIRAD de France, INRA d'Algérie, INRA de Tunisie et FPL-UAE du Maroc ; et le but essentiel de ce projet est de redessiner des systèmes agraires innovants pour les pays de la Méditerranée qui soient plus résilients aux changements climatiques et capable de faire face aux événements contraignants et imprévisibles tout en assurant une sécurité alimentaire et un bon et stable revenu aux agriculteurs.

La capacité des cultures à faire face aux perturbations climatiques et à s'adapter aux conditions de changements dans le pourtour Méditerranéen est nécessaire pour assurer une production stable à long terme et de bonne qualité nutritionnelle. En même temps, les cultures et les systèmes de cultures doivent permettre une utilisation efficace et stable des ressources naturelles et par la même préserver l'intégrité des agro-systèmes.

A ce propos, le projet Change-Up test une stratégie technologique basée sur l'intégration de populations évolutives de céréales et dans notre cas de blé dur sous différentes rotations culturales (blé sur blé et blé sur légumineuses alimentaires). Les populations évolutives sont capables de produire de bons et stables rendements même lorsque la disponibilité des ressources diminue ou lorsque les conditions climatiques deviennent extrêmes.

Chapitre II : Matériel et méthodes

1: Localisation des sites d'essais:

Les sites d'étude choisis pour cet essai du projet PRIMA dénommé Change Up se situent dans deux régions contrastées d'Algérie. Les hautes plaines intérieures de l'Est (Constantine) et les Hauts plateaux de l'EST (Sétif).

1.1 : FP Baaraouia EL-Khroub (2023/2024) :

L'essai est mené sur une parcelle de la ferme Pilote Baaraouia d'Elkhroub, à une quinzaine de kilomètre au sud-est de Constantine. (Figure N° 7):

Figure 07 : Image satellite de la parcelle de l'essai à El Baraouia-El Khroub (36.276524°Nord ; 6.687069°Est)



☑ Altitude moyenne de 640 m.

☑ Latitude Est: 6°6870

☑ Longitude Nord: 36°2765

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 (Annexe N°05) ; il s'agit d'un sol lourd qui nécessite beaucoup de travaux culturales (labour profond, recroisage, hersage,..etc) avant le semis.

Conditions climatiques :

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 2023/2024

(489.9mm) a été très légèrement inférieure à la moyenne sur 20 ans (534.2mm) mais avec une répartition irrégulière. Il est à signaler que lors du mois de novembre par exemple, il a plu plus de 208mm, mais durant les mois de mars et avril où les besoins de la plante sont au maximum, la pluviométrie n'était que de 26mm au total (tableau 6). Le climat de l'année était globalement doux.

Tableau N°3 : pluviométrie moyenne et températures enregistrées pendant l'année à Baaraouia 2023/2024 :

Mois	Précipitations (mm)	Pluies (mm) 20Ans	Température minima°C	Température maxima°C	Température moyenne°C
Septembre	0.7	41.2	15.7	29	22.4
Octobre	6.2	40	12	23.8	17.8
Novembre	208.8	55.6	6.17	22.9	14.9
Décembre	65	92.9	0.58	22.7	8.9
Janvier	31	79	1.52	23.3	9.3
Février	91.6	56	0.85	21.9	9.7
Mars	12.6	55	0.45	27.2	12.2
Avril	13.4	53.4	0	31.5	13.6
Mai	38.6	40.4	0	35.3	18.8
Juin	22	20.4	13.9	29.4	18.7
Cumul	489.9	534.2			

(Station : Ain El Bey, Constantine 2023/2024)

La période automnale a été relativement sèche (6.9mm) de septembre à octobre 2023 mais exceptionnelle en novembre (208.8mm); 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.

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 signalé que les hautes températures durant le printemps ont coïncidé avec la montaison et l'épiaison, provoquant un raccourcissement du cycle végétatif de la plante.

1.2/ Site de Sétif (ferme Mehnane Said) :

Le deuxième site d'étude est situé légèrement au Nord Est de Sétif sur la route de Beni Fouda. Il est représentatif des hauts plateaux de l'Est Algérien avec une altitude moyenne de 1040m au dessus du niveau de la mer.

Le type de sol Limono-Argileux assez profond (Annexe N°), légèrement alcalin.

Les conditions climatiques du site d'étude (Tableau N°) :

Tableau N°4 : Pluviométrie moyenne et températures enregistrées pendant l'année 2023/2024 à Sétif :

	Sep 2023	Oct 2023	Nov 2023	Déc 2023	Jan 2024	Fev 2024	Mar 2024	Avr 2024	Mai 2024	Cumul
T°CMax	30.3	25,8	25.8	18.1	13.9	13	17.4	19.7	26	
T°CMin	16.2	12.1	6.4	3.3	2.8	2.4	5	6.9	11.2	
T°CMoy	23.3	19	12.2	8.1	8.5	7.8	11.2	13.3	18.5	
Précipitations mm	8,0	11	37.4	54	25,4	78.8	14.4	37	56	322

La pluviométrie cumulée jusqu'à fin mai est de 322mm avec une répartition mensuelle assez équilibrée où des chutes de neige étaient présentes en Février. Il est à signaler que paradoxalement il y avait très peu de jours de gelée durant cet hiver.

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. Ce matériel végétal est le même utilisé dans les différents sites.

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

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 évolué 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 N°5 : Dispositif expérimental adopté aux 2 sites (Sétif et Baaraouia) 2023/24.

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

4. Analyses statistiques :

Une analyse de variance « ANOVA » a été faite en utilisant le logiciel Statistica.

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 2023, suivi d'un cultivateur et de deux passages de cover-crop, aux mois d'Avril, Mai et Octobre 2023 pour la destruction des mottes et des adventices. L'épandage de 1 q/ha de superphosphate à 46% a été réalisé à l'aide d'un épandeur 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 28 du mois de Décembre 2023. 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.

A Sétif, le précédent cultural est comme à Baaraouia, une légumineuse (lentille) et une céréale (blé dur). Les travaux réalisés consistent en un labour profond réalisé au cours du mois février 2023, suivi d'un cultivateur et d'un passage au cover-crop, aux mois d'Avril, Mai 2023 pour détruire les mottes et éliminer les adventices apparentes. Un apport de 1 q/ha de phosphate à 46% a été réalisé à l'aide d'un épandeur en novembre 2023 suivi d'un passage d'un cultivateur juste avant l'opération semis pour la préparation du lit de semence.

Le semis a été effectué le 05 janvier 2024 au semoir expérimental Oyord à une densité de semis de 250 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% réalisés à l'aide d'un épandeur lors du stade plein tallage.

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 N°8 : Site de Baaraouia (Elkhroub)2023/24

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.

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 présent par mètre carré puis pesées en vert et en sec pour évaluer la matière verte et la matière sèche par mètre carré.

6.3-Les composantes du rendement :

☒ Le nombre d'épis par m² : il est estimé par comptage des épis au niveau de chaque échantillon pris au hasard au niveau des sous parcelles.

☒ Le nombre de grains par épi : est déterminé sur un échantillon de 10 épis par parcelle pris au hasard puis divisé par 10.

☒ Le poids de mille (1000) grains est obtenu par pesée de 1000 grains (à l'aide d'un compteur à grains électronique (Numigral) puis pesé sur une balance de précision, il est exprimé en grammes.

Figure 09 : compteur à grains électronique (Numigral)



* Le rendement grain est estimé sur chaque placette des différents traitements récoltés à l'aide d'un moissonneuse batteuse expérimentale de type HEGE.

* Le rendement théorique est déterminé par ses composantes comme suit :

$$\text{Rendement théorique} = (\text{nbre épis par m}^2 \times \text{nbre grains par épis} \times \text{PMG}) / 1000$$

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 dans les 2 sites 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.

III/ Résultats et Discussion :

Les données statistiques recueillies à travers les essais nous ont permis de faire d'abord une analyse comparative des moyennes entre tous les paramètres étudiés.

1-Analyse globale des moyennes à Sétif (Tableau N°) :

La première grande remarque à tirer est que d'après l'analyse de variance globale, on trouve des différences significatives entre tous les différents traitements utilisés et pour tous les paramètres mesurés ou notés ; le coefficient de variation étant faible montre une bonne précision de données qui sont donc fiables (Tableau N°).

Epiaison : Le nombre de jours à l'épiaison a varié entre 124 jours pour le génotype DWEP W (population évolutive de blé dur conduite après un blé) et 133 jours pour la variété Bidi17 conduite sous une rotation légumineuse.

Hauteur : La hauteur des plants s'est située entre 56,25 cm chez la population évolutive DWEP conduit sur lentilles à 76,5cm pour la variété Bidi17 conduite sous une rotation légumineuse.

Tableau N°6 : Moyennes globales des différentes variétés à Sétif

Variété	Epiaison (J)	Hauteur cm	Biomasse céréale (q/ha)	Advantages (g/m ²)	Epis/m ²	Grains /épi	PMG g	Rendement grain q/ha
1 DWEP/W	124,25 d	61,75 c	44,05 e	8	317,5 c	54,5 d	40,1 bc	33,5 b
2 DWEP LEG	125,75 cd	56,25 e	58,5 b	8	378,5 a	59,1 c	38,2 d	37,4 a
3 MIXL W	132,5 a	79 a	56,2 bc	0	244,5 e	59,2 c	40,5 bc	24,9 cd
4 MIXL LEG	129,5 b	74,5 b	54 d	0	280,5 d	62,1 b	41,1 b	25,8 c
5 BIDI W	127,75 b	74 b	57,85 b	8	283 d	62,5 b	41,4 b	24,8 d
6 BIDI LEG	133 a	76,75 a	63,95 a	0	347,5 b	66,1 a	43,3 a	27,3 c
7 WAHA W	126,25 c	61,25 d	44,5 e	12	280,5 d	51,3 de	37,1 de	31,7 b
8 WAHA LEG	126,75 b	60,25 d	57,3 b	0	310 c	55,3 d	38,5 d	36,1 a
Moyenne	128,22	67,97	54,5	4,5	305,2	58,76	40,02	30,21
PPDS 5%	1,45	2,5	3,6		18,5	2,38	1,3	2,2
CV %	3,2	4,1	2,8		5,9	3,4	2,6	3,1

Moyenne advantages: 164 g

Biomasse totale céréale et taux de mauvaises herbes : La population évolutive DWEP sous blé a présenté un poids global minimum de 44 q/ha et un maximum de 63,95q/ha chez Bidi17 à précédent légumineuse ; alors que la présence des mauvaises herbes était infime variant de 0 à 12g/ha seulement. Ce qui signifie que la compétition entre les plantes cultivées et les adventices été rude à tel point que les plantes cultivées ont étouffé les mauvaises herbes. A titre de comparaison, on a observé un poids de 164 g/ha dans les allées et bordure d'essai.

Nombre d'épis/m² : le nombre d'épis par mètre carré a fluctué de 51 à 66,1 chez waha après blé et bidi17 après légumineuse respectivement.

Poids de Mille Grains : Malgré les conditions climatiques défavorables de la campagne précédente, le poids de mille grain à été assez convenable, variant de 38g chez la population évolutive (DWEF Leg) conduite après lentilles à 43,3g pour la variété Bidi17 après légumineuse aussi.

Rendement grain : Le rendement grain (économique) a été d'un minimum de 24,8 q/ha pour Bidi 17 conduit après céréales à un maximum de 36,1 q/ha chez la variété moderne Waha en rotation avec une légumineuse.

2-Analyse globale des moyennes à Baaraouia (Tableau N°7) :

Dans ce site aussi on note les mêmes tendances pour tous les résultats obtenus chez tous les traitements et les différents paramètres mesurés que dans le site de Sétif.

D'après l'analyse de variance globale on aperçoit des différences significatives entre tous les différents traitements utilisés et pour tous les paramètres mesurés ou notés ; le coefficient de variation est très faible ce qui note une bonne fiabilité des résultats et une bonne précision de données (Tableau N°7).

Tableau N°7 : *Tableau des moyennes des différentes variétés à Baaraouia (Cne)*

Variété	Epiaison (J)	Hauteur cm	Biomasse céréale (q/ha)	Biomasse Advantices (g/m ²)	Epis/m ²	Grains/épi	PMG g	Rendement grain q/ha
1 DWEF/W	108,4 c	84,5 cd	85,45 d	0	226,5 c	64 a	42,4 b	37,5 a
2 DWEF LEG	112,2 c	80,6 d	96,6 c	6	279 a	58 b	39,1 bc	39,6 a
3 MIXL W	130,3 b	104,75 b	238,9 a	0	280 a	61,2 a	44,3 a	26,4 c
4 MIXL LEG	132,4 a	108,3 a	98,95 c	0	298,5 a	60,6 b	42,1 b	27,6 c
5 BIDI W	131,5 a	106,65 a	118,55 bc	8	302 a	61,5 a	45,6 a	25,8 c
6 BIDI LEG	135,3 a	112,8 a	130,25 b	0	283,5 a	62,1 a	44,3 a	29,2 c
7 WAHA W	98,4 d	82,45 c	102,45 bc	6	289,5 a	51,9 c	36,1 c	33,3 b
8 WAHA LEG	95,6 d	86,6 c	112,3 bc	0	262 b	54,4 c	39,8 bc	38,41 a
Moyenne	118,01	95,83	0	2,5	277,62	59,21	41,71	32,22
PPDS 5%	4,5	6,2	20,5		25	3,1	2,2	3,4
CV %	3,2	4,1	6,3		7,2	2,8	3,5	2,9

Moyenne advantices: 128 g

Epiaison : Le nombre de jours à l'épiaison a donc varié entre 95,6 jours pour la variété Waha conduite après un blé et 135,3 jours pour la variété Bidi17 conduite derrière un blé aussi.

Hauteur : La hauteur des plants s'est située entre 80,6 cm chez la population évolutive conduite sur lentilles à 112,8cm pour la variété Bidi17 conduite sous une rotation légumineuse.

Biomasse totale céréale et taux de mauvaises herbes : La population évolutive DWEP sous blé à présent un poids global minimum de 85,45 q/ha, un maximum de 63,95q/ha mesuré chez le mélange de variétés locales à précédent légumineuse ; alors que la présence des mauvaises herbes était infime variant de 0 à _g/ha seulement. Ce qui montre aussi comme à Sétif que la compétition entre les plantes cultivées et les adventices été importante et on aperçoit aussi que les plantes cultivées ont étouffé les mauvaises herbes. Au niveau des allées et des bordures d'essai, le poids des mauvaises herbes a été au maximum à 164 g/ha.

Nombre d'épis/m² : le nombre d'épis par mètre carré a fluctué de 226 à 302 chez la population évolutive après blé et Bidi17 après céréale respectivement.

Poids de Mille Grains : La aussi on note que e poids de mille grain à été assez convenable, variant de 36,11g chez la variété Waha conduite après un blé à 45,6g pour la variété Bidi17 après un blé aussi.

Rendement grain : Le rendement grain (économique) a été d'un minimum de 26,4 q/ha pour le génotype constitué d'un mélange de variétés locales (Mixl) conduit après céréales à 39,6 q/ha chez la population évolutive DWEP en rotation avec une légumineuse.

Analyse inter sites pour le PMG et le Rendement grain:

Après avoir analysé séparément les différents traitements avec leurs différents paramètres mesurés dans chacun des deux sites retenus, il paraissait nécessaire d'étudier les résultats inter sites pour voir quelle est la tendance pour chaque génotype et sous quelle rotation nos résultats seront intéressants.

Comme le paramètre le plus recherché pour les agriculteurs est le rendement grain, nous avons donc essayé de procéder à cette analyse inter sites et nous avons aussi choisi de faire la même analyse sur une des composantes principales du rendement et qui est le poids de mille grains.

Tableau N°8 : Analyse inter sites pour le PMG :

Name	Mean	ranges
Baaraouia	40,02	a
Sétif	41,71	a
LSD 0.05 =	1.96	

En comparant les 2 sites d'étude on voit que pour le PMG, les différences existent (Tableau N°8) mais sont insignifiantes et on peut même dire qu'elles ne sont pas significatives car il y a à peine 1,7 g de différence entre le PMG moyen à sétif (41,71g) et le PMG à Baaraouia (40,02).

Par contre les traitements montrent des différences significatives pour le PMG et ce sont les variétés locales Bidi17 et le mélange des variétés locales qui se sont imposées dans les premières positions du classement (Tableau N° 9). La population évolutive (DWEPE) ainsi que la variété Waha suivent dans le classement.

Tableau N°9 : Analyse de variance pour le paramètre PMG combiné entre les 2 sites d'étude (2023/24)

Name	Mean	ranges
Bidi17 Leg	43,8	a
Bidi 17 W	43,5	a
MixL W	42,2	a
MixL Leg	41,6	a
DWEPE W	41,25	b
Waha Leg	39,15	bc
DWEPE Leg	38,65	c
Waha W	36,6	c
LSD 0.05 = 2.26		

Il est à signaler que les rotations ont montré des résultats mitigés Bidi17 et MixL ont mieux répondu lorsqu'elles sont conduites après la légumineuse.

Tableau N°10 : Analyse inter sites pour le Rendement grain :

Name	Mean	ranges
Baaraouia	32,22	a
Sétif	30,21	a
LSD 0.05 = 2.55		

Pour ce qui est du rendement grain, on note que le site Baaraouia a été légèrement supérieur que le site de Sétif (Tableau N°10) même si les différences sont minimes et significatives.

A partir de cette analyse on voit que la variété locale Bidi17 ou le mélange de variétés locales sont les moins performants en moyenne, la variété améliorée Waha ou la population évolutive comprenant des hybrides améliorés ont été évidemment supérieurs.

Tableau N°11: Analyse moyenne des sites inter génotypes pour le rendement grain

Name	Mean	ranges
DWEPE Leg	38,5	a
Waha Leg	37,25	a
DWEPE W	35,5	a
Waha W	32,5	ab
Bidi17 Leg	28,25	c
MixLeg	26,7	c
MixL W	25,65	c
Bidi17 W	25,3	c
LSD 0.05 =2.95		

Il est à considérer aussi que globalement la meilleure rotation a été celle du blé dur semé sur précédent légumineuse et ce, quelle que soit le type de génotype. Les génotypes DWEP et Waha ont surclassé le reste (Tableau N°11).

Il est à considérer aussi que globalement la meilleure rotation a été celle du blé dur semé sur précédent légumineuse et ce, quelle que soit le type de génotype. Les génotypes DWEP et Waha ont surclassé le reste (Tableau N°11).

4-Discussion des résultats :

Au vu de tous ces résultats pertinents, il y a lieu de tirer plusieurs enseignements quant à l'étude réalisée. Globalement on voit que c'est le précédent légumineuse (lentilles dans notre cas) qui a donné de meilleures performances surtout en productivité. En effet il est reconnu que la fertilisation est l'ensemble des apports d'engrais (substances chimiques apportant des éléments minéraux à une plante cultivée), et la fumure (désignant l'apport de fumier ou de matière organique léguée par les légumineuses), ainsi Henry et De Buyser (2000), notent qu'il est préférable que la fumure soit apportée lors de la culture sarclée précédent le blé. Ainsi il est nécessaire de joindre les résultats de notre étude à ceux d'autres auteurs cités plus haut. la fertilisation est donc un facteur très important de production (Fink, 1982 ; Joly, 1988 ; Kribaa et al., 2001).

Dans l'analyse des composantes de rendement dans les deux sites, nous signalons des résultats intéressants où les différences entre les traitements sont significatifs ceci indique des effets contrastés entre les différentes composantes de rendement où une concurrence apparaît nettement, ce qui peut affecter le rendement comme l'ont publié Grignac, 1978 et Vilain, 1987 dans leurs travaux.

Pour Bouzerzour (1992), le nombre d'épis par mètre carré est négativement corrélé au rendement en grain, au nombre de grains /m² et au nombre de grains par épi, ceci vient probablement du fait que les conditions du milieu des hauts plateaux favorisent la production d'épis par unité de surface qui agissent négativement sur la fertilité et indirectement sur le rendement.

La biomasse végétale est importante surtout au niveau des hauts plateaux et elle a été indicatrice d'un bon rendement ; ceci s'est révélé aussi dans les travaux de Bouzerzour (1992).

Les populations évolutives sont nouvelles de par le monde car elles ont été développées uniquement depuis la dernière décennie par le Dr.Ceccarelli aussi membre scientifique de ce projet. Nos résultats confirment aussi que le mélange ou la mixture de variétés ou d'hybrides proches phénotypiquement ou génotypiquement entre dans beaucoup de compétitions pour laisser la place à la sélection naturelle d'exercer ses lois génétiques. Dans notre étude, nous avons contribué à la confirmation de cet état de fait où par exemple les plantes cultivées ont presque totalement étouffées les mauvaises herbes.

IV/Conclusion

De ce travail, il est ainsi à conclure que d'après nos résultats suite aux analyses globales des moyennes et de variances, on note des différences significatives entre les différents traitements et pour tous les paramètres mesurés. Aussi, d'après les coefficients de variation qui sont assez faibles dans l'ensemble on peut dire que nos résultats sont bons et fiables.

Le précédent légumineuse a globalement donné de meilleures performances pour la plupart des paramètres. Il est aussi confirmé que la rotation légumineuse céréales est la meilleure car donnant de meilleurs résultats dans l'analyse inter-sites.

Le résultat le plus appréciable a été l'énorme compétition faite au sein des parcelles portant une culture où les mauvaises herbes ont été quasiment inexistantes. Il faut aussi dire que les mélanges de géotypes (physiques presque identiques aux multilignées) et les autres variétés testées ont étouffé les adventices présentes au niveau des allées et des bordures d'essais. Ce résultat très intéressant nécessite d'être confirmé pour être proposé aux agriculteurs pour adoption.

Les composantes de rendement ont fait ressortir de bons résultats où le site d'el Baaraouia situé au niveau des hautes plaines orientales d'Algérie semble plus performant que celui de Sétif ayant plus de contraintes abiotiques.

L'analyse intersites pour le PMG et le rendement grain indique des différences significatives assez faibles.

V/Références bibliographiques

- 1- ABECASSIS J., AUTRAN J.C., ADDA J. 1990. La qualité technologique des blés. Le blé à l'INRA : Recherches et innovations. Revue mensuelle INRA. N°4. pp. 6-9. ABECASSIS J. 1991. Qualité du blé dur, de la semoule et des pâtes alimentaires. Ind. Des céréales. Juillet - août. pp. 7 - 11.
- 2- Abinasa, M., A. Amsalu, B. Geremew. 2011. Genetic variability, heritability and trait associations in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) genotypes. African journal of agricultural research. 6 (17).
- 3- AIT KAKI Y. 2007. Etude comparative des potentialités technologiques des blés durs Algériens anciens et récents : Revalorisation de la qualité de ces blés par différentes stratégies d'études : Critères technologiques (infra rouge), Biochimiques (électrophorèse bidimensionnelle) et Moléculaire (P.C.R.). Thèse Doctorat. Univ. Annaba. 137 + Annexes.
- 4- Akram, Z., S.U. Ajmal, M. Munir. 2008. Estimation of correlation coefficient among some yield parameters of wheat under rainfed conditions. Pakistan J. Bot., 40(4): 1777-1781.
- 5- Aktar W., Sengupta D., Chowdhury A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. Interdiscip. Toxicol. 2, 1-12.
- 6- ALARY R., CHAURAND M., COMBE D., GARCON-MARCHAND O. 1985. Caractéristiques technologiques des variétés de blés durs. Laboratoire de technologie des céréales. I.N.R.A. Montpellier.pp.1-10.
- 7- Álvaro, F., J. Isidro, D. Villegas, L.F. García del Moral, C. Royo. 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agron. J. 100 : 361-370.
- 8- Amboulet A. Masse J et Triboi E., 1983. Colloque International sur les céréales à cambridge. Extrait rev. Perspective agricole n° 76.
- 9- Amokrane, A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Djekoun, A. Mekhlouf. 2002. Etude comparative des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) d'origine Algérienne, syrienne et Européenne sous climat de type méditerranéen. Sciences et Technologie numéro spécial D : 33-38.
- 10- Anonyme, 2017. La production céréalière en 2017 http://www.anagriculture2018.dz/?page_id=4290&lang=fr consulté le 03 juin 2019 13:51.
- 11- Anonyme, 2017. La production céréalière en 2017.
- 12- Ansart, C. (2017). CIC Conférence International des Céréales.
- 13- AURIAU P.H. 1967. L'amélioration du blé dur. Ann. de l'I.N.A de Tunisie. N° 40. Vol. 5. pp 29 - 36.
- 14- Aziz, T. Mahmood, Z. Mahmood, K. Shazadi, A.M. Kazi, and A. Rasheed. 2018. Genotypic Variation and Genotype ´ Environment Interaction for Yield-Related Traits in Synthetic Hexaploid Wheats under a Range of Optimal and Heat-Stressed Environments. Crop Sci. 58 : 295-303.

- 15- Badraoui et Meziani, 2019 Badraoui H, Meziani S. Effet de la contrainte saline sur la germination et la croissance de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université 8 Mai 1945 Guelma, 2019, p 248.
- 16- Balla L. Bedo Z. Lang L., 1989. The aims and results of wheat breeding in Hungary. Ed. Academy of sci- Hungary.H. 2462 : 109-116.
- 17- Belaid D. (1996) Aspects de la céréaliculture algérienne .INESD'Agronomie,Batna. P. 187.
- 18- BELAID D. 1996. Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'Agronomie. Batna. 187p.
- 19- Belaid Dj., 1986. Aspect sur la céréaliculture algérienne. O.P.U. 207p.
- 20- BEN SALEM M., DAALOUL A., AYADI A. 1995. Le blé dur en Tunisie. Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region. C.I.H.E.A.M /ICARDA / CIMMYT. Zaragoza, 17-19 Nov.
- 21- Benbelkacem A,2014 , The history of wheat breeding in Algeria,p363
- 22- BENBELKACEM A., SADLI F., BRINIS L. 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Séminaires Méditerranéens. ICARDA / CIHEAM / CIMMYT. Zaragoza, 17-19 novembre
- 23- Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Abdelmalek, O., & Bouzerzour, H. (2010). Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *BASE*.
- 24- Bensalem M. Acevedo E. et Srivastava J., 1991. La sélection des céréales dans les zones arides. Rev. Sécheresse 1 (2) : 17-20. blé. Tr.
- 25- Boeuf F., 1948. Objectifs de la recherche agronomique, méthodes d'expérimentation. Nouvelles encyclopédies agricoles. 481 p.
- 26- Boyeldieu J., 1980. Les cultures céréalières. Ed Hachette. France.
- 27- Boyer P., 1987. Plant productivity and environment. Science 218 : 443-448.
- 28- BOZZINI A. 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Durum Wheat: Chemistry technology. pp 1-16.
- 29- Cavanna, D., Loffi, C., Dall'Asta, C., & Suman, M. (2020). A non-targeted high-resolution mass spectrometry approach for the assessment of the geographical origin of durum wheat. *Food chemistry*, 317, 126366.
- 30- CHABI H., DEROUICHE M., KAFI M. et KHILASSI E. 1992. Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif. Thèse. Ing. INA. El Harrach. 317p.
- 31- Charles M.(2010).Évolution des génomes du blé (genres *Aegilops* et *Triticum*) au sein des Poaceae : Dynamique rapide de l'espace occupé par les éléments transposables et conservation relative des gènes. Thèse de Doctorat. Université d'Évry-Val
- 32- CHENAFI H., BOUZERZOUR H., AIDAUI, A. et SACI , A., 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. Asian Journal plant Science., 5: 854-860.
- 33- CHERDOUH A. 1999. Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs Algériens (*Triticum durum* Desf.) : relation avec la qualité. Mémoire Magistère. Univ. Constantine.

- 34- Chevalier R., 1957. Echaudage chez les blés tendres et poids de mille grains. Ann. Améliore. Des Plantes 4. B, 413- 430.
- 35- CHIKHI A. C. 1992. Situation de la céréaliculture et perspectives de l'irrigation de complément du blé au niveau de la Mitidja. Thèse Ing. INA. El Harrach. 317p.
- 36- CLEMENT G. 1971. Les céréales, « grand court ». Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78-91.
- 37- CLEMENT G. et PRATS J. 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
- 38- Combe L., 1981. Effet du gaz carbonique et de la culture en climat artificiel sur la croissance et le rendement d'un blé d'hiver. Rev. Agro, 177-186.
- 39- Cook J. Johnson V. A. Allan R. E, 1991. Le blé. In: Greef. M.W.(Eds). Méthodes traductionnelles de sélection des plantes: un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économiques. Belgique. 27-38p.
- 40- DEXTER J.E., MATSUO R.R. 1977. Changes in semolina proteins during spaghetti processing. Cereal Chem. N° 54. pp.882 - 894.
- 41- Dotlacil, L., J. Hermuth, Z. Stehno. 2003. Earliness, spike productivity and protein content in European winter wheat landraces and obsolete cultivars. Plant Soil Environ. 49: 67-74.
- 42- Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie : perspectives. In : Royo C.(ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the
- 43- Fakih, 2015. Analyse protéomique nucléaire comparative chez Arabidopsis lors de la réponse au chitosane [En ligne]. Mémoire de Master. Canada : Université du Québec à Trois-Rivières, 2015, p 82
- 44- Feillet P, 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA.
- 45- Feillet P. (2000). Le grain de blé: composition et utilisation. France. Editions Quae. INRA, p 40-300.
- 46- FERRET M. 1996. Blé dur, objectif qualité. Ed. ITCF. 43p.
- 47- Fokar, M., H.T. Nguyen, and A. Blum. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. 1998. Euphytica. 104 : 1- 8.
- 48- Gallais, A. (2015). Structure des exploitations agricoles. Agreste - DRAAF Nord - Pas-de-Calais, p 7-25.
- 49- GATE P. 1995. Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed Lavoisier. 429p.
- 50- Gate P., Dagneaud J. et Vignier L., 1991. Bilan climatique des céréales : principaux faits marquants et comportement variétal. Rev. Perspectives agricoles 163, 77- 86.
- 51- GATE P., VIGNIER L, VADON B., SOUCI D., MINKOV D., LAFARGA A., ZAÏRI M. 1997. Céréales en milieu méditerranéen. Un modèle pour limiter les risques climatiques. Perspectives agricoles. 217 : 59-70.
- 52- GIBSON T.S., SOLAH V.A., McCLEARY B. V. 1997. A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with concanavalin A. Journal of Cereal Science N° 25. pp. 111 - 119.
- 53- GODON B., LOISEL W. 1984. Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Coll. Scien. Et Tech. Agro-Alimentaires. APRIA. pp. 47 - 50.

- 54- GODON B., WILLM CL. 1991. Les industries de première transformation des céréales. Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp . 78 – 91.
- 55- Halimi A., 1980. L'Atlas Blideen : climats et etages vegetaux .O.P.U Alger, 523 p.
- 56- Huang,S.,Sirikhachornkit,A.,Su,X.,Faris,J.,Gill,B.,Haselkorn,R.,Gornicki,P.,(2002).Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-Phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proceedings of the national academy of science of the USA* 99:8133-8138.
- INA., 1979. Cours de céréaliculture. Première partie INA, 1979-1980. 87p.
- 57- Ingoat G. Couvreur F., 1979. Du nouveau sur la croissance du blé. *Extrait rev.*
- 58- Joel ABECASSIS, 2015 Kendal, E. 2019. Comparing durum wheat cultivars by genotype × yield × trait and genotype × trait biplot method. *Chil. j. agric. res.* 79: 4.
- 59- Lafarage M. & Gaul C.A., 1985. Effet des conditions de sol et de fertilisation phosphorcalcique sur la croissance de l'orge à 1100 m dans le massif central. *In agronomie.* (4), 313-323
- 60- Mac Key, J., (2005). Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy. In: Conxita.
- 61- Malet P. Gurnade J., 1981. Macrophysiologie de la maturation du blé d'hiver en conditions naturelles, étude réalisée dans le cadre d'une action concertée entre l'INRA et l'ITCF (notion de représentativité chronologique et normes d'échantillonnage). *Agronome* 1(3), 235-242
- 62- Masle J. Meynard K. et Sebillotte M., 1981. Etude de l'hétérogénéité d'un peuplement de blé d'hiver. Notion de structure de peuplement. *Rev. Agricole*, 107-116.
- 63- Masle J., 1982. Comment se fait le rendement. *Extrait rev, entreprise agricole*, 142 p.
- 64- MATWEEF M. 1966. Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires. (In French) *Bull. ENSMIC.* pp 213.
- 65- MEBIROUK L. 2003. Etude comparative des rendements de 24 variétés de blé dur sur deux sites El khroub et Oum El Bouaghi. Mémoire. Magistère. Institut Agronomie. C.U.El Tarf. 65p + annexes.
- 66- Mediterranean region: New challenges .Zaragoza : CIHEAM, 2000. p. 291-294 (Options
- 67- Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40).
- 68- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A., Harkati N., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse* (sous presse).
- 69- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Dehbi F., 2001. Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : *Procceeding séminaire sur la valorisation des milieux semiarides.* Oum El Bouaghi, 23 : 75-80.
- 70- Mekhlouf, A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Hadj Sahraoui, N. Harkati. 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse* 17 :507-513.

- 71- Mohammadi, R., E. Farshadfara and Ahmed Amri. 2015. Interpreting genotype x environment interactions for grain yield of rainfed durum wheat in Iran. *The crop journal*, 3: 526 – 535.
- 72- Mohammadi, R., E. Farshadfara and Ahmed Amri. 2015. Interpreting genotype x environment interactions for grain yield of rainfed durum wheat in Iran. *The crop journal*, 3: 526 – 535.
- 73- MOK C. 1997. Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. *Food and Technology*. Vol. 6. NO. 1. pp. 1-4.
- 74- Naville M , 2005. La biodiversité des espèces cultivées: Analyse dans le cas du Paris.
- 75- Paquet J., 1968. Action d'une élévation brusque de la température sur l'évolution de la teneur en protéine du blé tendre. *Ann. Amélio. des Plantes* 18 (1), 17-27.
- 76- Picard E., 1991. Stratégie de sélection pour les céréales. Intégration de biotechnologie en amélioration des céréales. Conférence de Saragosse, I.N.R.A / I.C.A.R.D.A. 14p.
- 77- Rousset H., 1986. Amélioration des plantes autogames. *Rev. Agronomie* (9), 606-619
- 78- Royo, C., K. Ammar, C. Alfaro, S. Dreisigacker, L. Fernando, L.F. Garcia del Moral, D. Villegas. 2018. Effect of Ppd-1 photoperiod sensitivity genes on dry matter production and allocation in durum wheat. *Field Crops Research* 221: 358–367.
- 79- Sanchez L., Courteaux B., Hubert J., Kauffmann S., Renault J.H., Clément C., Baillieul F., Dorey S., 2012. Rhamnolipids elicit defense responses and induce disease resistance against biotrophic, hemibiotrophic and necrotrophic pathogens that require different signaling pathways in Arabidopsis and highlight a central role for salicylic acid. *Plant Physiol.* 160, 1630-1641.
- 80- SIMON H., CODACCIONI P., LEQUEUR X. 1989. Produire des céréales à paille. Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Techniques, Applications. pp. 63 - 67; pp. 292 - 296.
- 81- Syme, J.R. 1970. A high-yielding Mexican semi-dwarf wheat and the relationship of yield to harvest index and other varietal characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 10 (44): 350 – 353.
- 82- Turner M et Feyt H(2013). Les semences. Paris, France. EditionQuae.
- 83- Van Oosterom E.J., Ceccarelli S., Peacock J.M., 1993. Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments. *Journal of Agricultural Sciences Cambridge* 121 : 304-313
- 84- Wardlaw I.F., 2002. Interaction between drought and high temperature during grain filling in wheat in controlled environments. *Annals of Botany*. 90 469-476.
- 85- Wardlaw I.F.; Dawson I.A.; Munibi, P.; Fewster, R.; 1989; The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Survey procedures and general response patterns. *Australian Journal of Agricultural Research* 40: 1-13
- 86- Wardlaw I.F.; Moncur L.; 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I.The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 391-397.

V- Annexes :

Annexe N°01 : Analyse physico-chimique d'un échantillon du sol à ElKhroub:

Caractéristiques du sol Profondeur du sol 0-40cm

Granulométrie (%)	Argile	69,25	
	Limon fin	19,5	
	Limon grossier	2,03	
	Sable fin	7,23	
	Sable grossier	1,99	
Texture		Argilo-lourde	
	K+	1,14	
Bases échangeables (meq/100g)	Na+		1,65
	Ca ++	11,1	
	Mg ++	16,57	
Capacité d'échange cationique (CEC) meq/100g		34,4	
PH (H2O)			
		8,32	
Conductivité électrique (CE) mmhos / cm			
		0,38	
Calcaire (CaCo3)			
Actif (%)			
		18,5	
Total (%)			
		28,63	
Carbone (%)			
		1,14	
Matière organique (%)		1	
		1,96	
Azote total (%)		0,098	
Phosphore (ppm)		338,33	
Potassium (%)		0,44	

Annexe 2 :

Analyse du sol à Sétif:

Sable 28% Limon 40% Argile 32%

Texture argileuse

conductivité (1/5mS/cm) 0,16 Non salé

PH eau (1/2.5) 7.86 Alcalin

C/N

	%	p.p.m
Carbonates	31.8	318000,0

Calcaire Actif	28.62	286200,0
----------------	-------	----------

Matière Organique

Azote total	0,21	2100,0
-------------	------	--------

	meq/100gr	ppm
--	-----------	-----

Phosphore	0.02	5.31
-----------	------	------

Potassium échangeable	0.7	285.4
-----------------------	-----	-------

Magnesium	3.3	396.4
-----------	-----	-------

Calcium 35.7 7148.3
Sodium échangeable 0.4 89.7

Annexe 3/ Différentes analyses de variance pour différents paramètres mesuré dans ce projet Change Up aux différents sites en 2022-2023.

ANOVA: **Hauteur** 1er Facteur: 1) Envir 2nd Facteur: 2) Mixture

Blocks: 3) Block

Source	df	MS	F	P
Blocks	2	35.527778	3.2439474	.0583 ns
Envir	2	1033.0278	94.323034	.0000 ***
Mixture	3	1096.9167	100.15656	.0000 ***
Envir x Mixture	6	41.25	3.7664284	.0099 **
Error	22	10.95202		
CV (%)		3.6919062		

Factor: 1) Envir

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	Baaraouia	96.8333333333	a
2	Beni Mestina	92.9166666667	b
3	Sétif	79.1666666667	c
LSD 0.05 = 3.58			

Factor: 2) Mixture

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	Ll . Bidi17	100.555555556	a
2	MixL	96.1111111111	b
3	DWEP	86.1111111111	c
4	MV. Waha	75.7777777778	d
LSD 0.05 = 3.23			

Epiaison (jours) :

Source	df	MS	F	P
Blocks	2	11.583333	0.6400167	.5368 ns
Envir	2	645.58333	35.670573	.0000 ***
Mixture	3	1029.4352	56.879634	.0000 ***
Envir x Mixture	6	59.324074	3.2778475	.0186 *
Error	22	18.098485		
CV (%)		4.120321		

Compare Means

Factor: 1) Envir

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	Sétif	110.666666667	a
2	Beni Mestina	103.083333333	b
3	Baaraouia	96	c
LSD 0.05 =	3.60		

Factor: 2) Mixture

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	LL Bidi17	117.333333333	a
2	MixL	111.111111111	b
3	DWEP	97.333333333	c
4	MV Waha	91.222222222	d
LSD 0.05 =	3.15		

Poids de Mille Grains (TKW)

Source	Df	MS	F	P
Blocks	2	2.0277778	0.3782383	.6894 ns
Envir	2	38.027778	7.0932642	.0042 **
Mixture	3	30	5.5958549	.0052 **
Envir x Mixture	6	3.9166667	0.7305699	.6301 ns
Error	22	5.3611111		
CV (%)	5.9539046			

Compare Means

Factor: 1) Envir

Name	Mean	ranges
Béni Mestina	40.916666667	a
Baaraouia	38.166666667	b
Sétif	37.583333333	b
LSD 0.05 =	1.96	

Factor: 2) Mixture

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	LL Bidi17	41.444444444	a
2	MixL	38.555555556	b
3	DWEP	38.444444444	b
4	MV Waha	37.111111111	b
LSD 0.05 =	2.26		

Rendement Grain (q/ha)

Source	Df	MS	F	P
Blocks	2	1.8533333	0.2034733	.8174 ns
Envir	2	21.0175	2.3074639	.1231 ns
Mixture	3	6.6350926	0.7284518	.5459 ns
Envir x Mixture	6	3.2489815	0.3566983	.8982 ns
Error	22	9.1084848		
CV (%)	12.21461			

Factor: 1) Envir

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	Beni Mestina	31.675	a
2	Baaraouia	29.25	a
3	Sétif	27.2	a
LSD 0.05 =	2.55		

Mixture

Rank Mean	Name	Mean	ranges
1	MV waha	25.6555555556	a
2	DWEP	25.2111111111	a
3	LL Bidi17	24.0555555556	a
4	MixL	23.9111111111	a
LSD 0.05 =	2.95		

