

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE NATURES  
DE LA VIE  
N° : .....



**DOMAINE : SCIENCES DE NATURE DE LA VIE**

**FILIERE : ECOLOGIE ET ENVIRENMENT**

**SPÉCIALITÉ : DES ZONES ARRIDES ET SEMI ARRIDES**

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Académique**  
**Par : Nour El Houda BAKRI et Narimane BENZAOUI**

**Intitulé :**

**Effets des changements climatiques sur la qualité de six variétés de blé dur**

Cas la région de M'sila (OULED MADHI et OULED MANSOUR)

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>	<b>Établissement</b>
*GHADBANE Mauloude	Professeurs	Président	Université de M'sila
* BOUNAR Rabah	Professeurs	Rapporteur	Université de M'sila
*ASLOUM Abed Elmadjide Y	MEB	Examineur	Université de M'sila
*BOUZROURA Merieme	Doctorante	Co-rapporteuse	Université de Tiert

**Année universitaire : 2024/2025**

## REMERCIEMENTS

﴿رب اشرح لي صدري ويسر لي أمري واحلل عقدة من لساني يفقهوا قولي﴾

Nous remercions tout d'abord Dieu Tout-Puissant, le Très Miséricordieux, qui nous a donné le courage, la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

En conclusion, nous sommes heureux d'exprimer notre profonde gratitude au Professeur Bounar Rabah, Doyen de la Faculté des Sciences, pour sa présence tout au long de la réalisation de cette thèse, ainsi que pour son inspiration, son aide et son temps généreux, sans lesquels cette thèse n'aurait pas vu le jour. Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à la co-rapporteuse, la Mme. BOUZROURA Merieme, pour son aide, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail. Que Dieu vous récompense pour tout le soutien et les conseils que vous nous avez prodigués.

Nous remercions également tout le personnel des Moulins Agrodev de M'Sila.

Nous adressons également nos remerciements et notre gratitude à M. LAZHAR Benyattou, investisseur agricole, pour son aide et son soutien, et pour sa grande disponibilité à nous fournir de précieuses informations. Que Dieu lui accorde tout son bien

# DEDICACES

À MA MÈRE

SANS QUI CE MÉMOIRE N'AURAIT JAMAIS VU LE JOUR (OU DU MOINS,  
PAS DANS LES DÉLAIS !).

À LA MÉMOIRE DE MON CHER PÈRE,

QUI, BIEN QUE N'ÉTANT PLUS À MES CÔTÉS, CONTINUE D'ÊTRE MA  
SOURCE D'INSPIRATION ET DE FORCE

"À MES CHERS FRÈRES, POUR LES MOMENTS PARTAGÉS, LES RIRES ET  
LE SOUTIEN INCONDITIONNEL. MERCI D'ÊTRE LÀ.

À MES PROCHEs,

QUI ONT SU M'ÉCOUTER ET ME SOUTENIR DANS LES MOMENTS DE  
DOUTE. VOTRE AMITIÉ EST UN TRÉSOR.

À TOUS CEUX QUI ONT CRU EN MOI,

*Narimane*

## DEDICACES

✦ وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ✦

ALHAMDULILLAH, nous n'avons pas achevé nos efforts ou conclu nos objectifs si ce n'est par sa grâce, et nous n'avons pas atteint la fin si ce n'est par sa facilitation, et nous n'avons pas atteint nos objectifs si ce n'est par sa grâce, alors louange à Allah pour son amour, son remerciement et sa gratitude. Louange à dieu pour le début et la fin.

Avec tous nos sentiments d'amour, nous dédions notre mémoire de fin d'études :

A celui dont je porte le nom avec fierté, mon cher père BAKRI ABDELHANINE qui m'a soutenu depuis mon plus jeune âge et a éclairé mon chemin pour réaliser mon rêve, il m'a élevé et s'est battu pour moi et son rêve était de me voir là où je suis aujourd'hui. Que Dieu ait pitié de toi.

À celle qui m'a comblé d'amour et de tendresse, qui m'a fait sentir en sécurité, qui m'a enseigné des principes et des valeurs, dont les prières ont été le secret de ma réussite et qui m'a aidé à me relever chaque fois que j'ai trébuché et que je suis tombé. Ma chère mère.

À mes frères et camarades de longue date et à tous ceux qui m'ont soutenu sur ce chemin, je vous suis reconnaissant.

*Nour El Houda*

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

DEDICACES

TABLE DES MATIÈRES.....	V
LISTE DE FIGURES .....	XI
LISTE DE TABLEAU .....	XII
CHAPITRE I PRESENTATION GENERALE DU BLE DUR.....	5
I.1. Introduction :.....	6
I.2. Définition du blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.) .....	6
I.3. Historique du blé dur.....	6
I.4. Classification systématique de blé dur.....	7
I.5 Morphologie et composition histologique du grain de blé dur .....	7
I.5.1. L'enveloppe (péricarpe + tégument + couches d'aleurone) :.....	7
I.5.2. L'amande farineuse (ou endosperme) :.....	7
I.5.3. Le germe (embryon) : .....	8
I.5.4. Structure histologique (vue microscopique) : .....	8
I.5.5. Qualité technologique du blé dur .....	9
I.6. Composition biochimique du grain de blé dur: .....	9
I.7. La culture du blé dur et les facteurs influençant la qualité de son grain .....	11
I.7.1. Les facteurs influençant la qualité du blé dur : .....	11
I.7.1.a. Facteurs génétiques (variétaux) :.....	11
I.7.1.b. Facteurs agronomiques (pratiques culturales) :.....	11
I.7.1.c. Facteurs climatiques et environnementaux : .....	11
I.8. Les différentes variétés de blé dur en Algérie.....	12
I.8.1. Anciennes variétés locales .....	12
I.8.3. Variétés internationales adaptées : .....	13
I.8.4. Stratégies d'utilisation : .....	13
I.9- Les différentes variétés de blé dur à M'Sila : .....	13
I.9.1. Variétés locales traditionnelles : .....	14

I.9.2. Variétés améliorées introduites .....	14
I.9.3. Tendances actuelles.....	15
I.10- Production de blé dur :.....	15
I.10.1. Production de blé dur dans le monde : .....	15
I.10.2. Production de blé dur en Algérie : .....	16
I.10.3. Production de blé dur dans la wilaya de M'Sila : .....	16
I.11- Importance et utilisation du blé dur :.....	17
I.11.1- Importance et utilisation du blé dur dans l'alimentation humaine.....	17
I.11.2- Importance et utilisation du blé dur dans l'alimentation animales .....	17
I.10- Stratégies d'adaptation et d'atténuation du blé dur face aux changements climatiques :.....	18
I.10.1. Sélection variétale et amélioration génétique .....	18
I.10.2. Pratiques culturales adaptées : .....	18
I.10.3. Amélioration de la résilience agro-écologique : .....	19
I.10.4. Systèmes d'alerte et services climatiques : .....	19
I.10.5. Diversification et transformation locale :.....	19
I.11- Evaluation de la qualité d'un blé dur.....	19
I.11.1-Définition de la qualité .....	19
I.11.2- Le concept de la qualité .....	19
I.11.3- Qualité du grain de blé.....	19
I.11.4- Notion de la qualité technologique de blé dur.....	20
I.11.5-Critères d'appréciation de la qualité de blé dur .....	20
I.11.5-1- Agréage .....	20
I.11.5-1-1-Taux des impuretés .....	20
I.11.5-1-2-Taux de moucheture :.....	20
I.11.5-1-3-Taux de mitadinage.....	21
I.11.5-2- Poids spécifique (PS) : .....	21
I.11.5-3- Poids de mille grains (PMG).....	21
I.11.5-4- Teneur en eau .....	22
I.11.5-5-Teneur en protéines totales :.....	22
CHAPITRE II L'influence générale du climat sur le blé.....	23

II.1. Introduction :	24
II.2. Définition du climat	24
II.3. Définition des changements climatiques	25
II.4. Les principaux changements climatiques	26
II.4.1. Hausse des températures moyennes mondiales	26
II.4.2. Modification du régime des précipitations	27
II.4.3. Les océans et niveau de la mer	27
II.4.4. Fréquence accrue des événements extrêmes	27
II.4.5. Modification des régimes de vent et circulation atmosphérique	27
II.4.6. Variation du rayonnement solaire et de l'albédo	27
II.5. Des impacts des changements climatiques :	28
II.5.1. Impact du changement climatique sur les ressources en eau :	28
II.5.2. Impact du changement climatique sur le sol :	28
II.5.3. Impact du changement climatique sur la biodiversité et les écosystèmes:	29
II.4.5. Les facteurs abiotique (climatiques) influençant sur la qualité de blé :	30
II.4.5.1. Température :	30
II.4.5.2. Eau :	31
II.4.5.3. Lumière :	32
II.4.5.4. Vents	33
II.6. Impact des changements climatiques sur les régimes de maladies et ravageurs des cultures :	34
II.7. Changements climatiques et impacts sur l'agriculture	35
II.7.1. Impacts directs sur la production agricole	35
II.7.1.1. Températures élevées	35
II.7.1.2. Stress hydrique et irrégularité des pluies	35
II.7.2. Impacts indirects sur les systèmes agricoles	36
II.7.2.1. Propagation accrue des maladies et ravageurs	36
II.7.2.2. Dégradation des ressources naturelles	36
II.7.2.3. Incertitudes économiques	36
II.8. Adaptation agricole en zones semi-arides	36
Chapitre III Présentation de la zone étude	39

III.1. Introduction partielle .....	40
III.2. Situation Géographique De M'sila : .....	40
III.3. Topographie : .....	41
III.3.1 Caractéristiques topographiques générales.....	41
III.3.2. Zones géographiques principales .....	41
III.3.2.1. Les Hauts Plateaux : .....	41
III.3.2.2. Les zones montagneuses : .....	41
III.3.2.3. Les plaines : .....	41
III.3.2.4. Les zones steppiques : .....	41
III.3.3. Climat et hydrographie .....	41
III.4. Effet des changements dans la région étude : .....	42
III.4.1 Description de la région d'étude : .....	42
III.4.1.1 Situation géographique : .....	42
III.4.1.2. Climat de la région étude : .....	43
III.4.2. Ressources hydriques .....	43
III.4.2.1. Eaux souterraines .....	43
III.4.2.2. Eaux de surface .....	43
III.4.2.3. Infrastructures hydrauliques .....	43
III.4.3. La nature de sol : .....	43
III.4.3.1. Types de sols identifiés .....	45
III.4.3.2. Texture des sols : .....	46
III.4.3.3. Structure des sols : .....	46
III.4.4. Étude climatique.....	46
III.4.5. Climat : .....	46
III. 4.5..1. Température : .....	47
III. 4.5..2. Précipitation : .....	48
III. 4.5.3. Humidité : .....	49
III. 4.5.4. Vent : .....	50
III. 4.5.5. Insolation : .....	51
III.5. L'agriculture dans la wilaya Msila : .....	51

III.5.1. Les céréalicultures dans la wilaya Msila : .....	51
III.5.1.1. Superficies emblavées et production : .....	52
III.5.1.2. Types de céréales cultivées : .....	52
III.5.1.3. Irrigation et infrastructures : .....	52
III.5.2. Le Blé dure dans la wilaya Msila : .....	53
III.5.2.1. Superficies et production.....	53
III.5.2.2. Variétés cultivées et techniques agronomiques .....	53
III.5.2.3. Infrastructures et soutien institutionnel .....	53
III.5.3. Cultures fourragères et maïs : .....	54
III.5.3. Arboriculture fruitière : .....	54
III.5.4. Infrastructures agricoles : .....	54
<i>Chapitres IV Méthodologie de travail.....</i>	<i>55</i>
IV.1. Introduction : .....	56
IV.2. Objectif : .....	56
IV.3. Présentation des lieux de stages : .....	56
IV.3.1. Présentation de CCLS : .....	56
IV.3.2. Présentation des moulins HODHNA E.R.I.A.D actuellement AGRODIV : .....	56
IV.4. Echantillonnage : .....	57
IV.4.1. Matériels végétaux : .....	57
IV.4.1.1. Variété BOUSELAM : .....	58
IV.4.1.2. Variété Megress : .....	58
IV.4.1.3. Variété OUED EL BARED : .....	58
IV.4.1.4. Variété VITRON : .....	59
IV.4.1.5. Variété SEMITO : .....	59
IV.4.1.6. Variété OUED FAGUES : .....	59
IV.5. Caractérisation physicochimiques de blé dur : .....	59
IV.5.1. Agréage : .....	59
IV.5.1.1. Taux des impuretés : .....	59
IV.5.1.2. Taux de mitadinage .....	61
IV.5.1.3-Taux de moucheture : .....	62

IV.5.2- Poids spécifique (PS).....	63
IV.5.2.1. Principe (NA19111 : 2020) (ISO 7971-3 : 2019) .....	63
IV.5.2.2. Appareillage : .....	63
IV.5.2.3. Mode opératoire .....	64
IV.5.2.4. Expression des résultats : .....	64
IV.5.3-Poids de mille grains (PMG) .....	64
IV.5.3.1. Principe (NA 731 : 2013) (ISO 520 : 2010).....	64
IV.5.3.2. Appareillage : .....	65
IV.5.3.3. Mode opératoire : .....	65
IV.5.3.4. Expression des résultats .....	65
IV.5.4. Teneur en protéines totale .....	66
IV.5.4.1. Principe (NA 1185 : 2018) (ISO 1871 : 2009).....	66
IV.5.4.2. Appareillage : .....	66
IV.5.4.3. Réactifs : .....	66
IV.5.4.4. Mode opératoire : .....	66
IV.5.4.5. Expression des résultats : .....	67
CHAPITRE V <i>Résultats et discussion</i> .....	68
V.1. Introduction partielle .....	69
V.1. Caractéristiques physicochimiques de blé dur.....	69
V.1.1. Agréage .....	69
V.1.1.1. Impuretés totales.....	69
V.1.1.2. Taux de mitadinage .....	70
V.1.1.3. Taux de moucheture .....	70
V.1.2. Poids spécifique (PS).....	71
V.1.3. Poids de mille grains (PMG) .....	72
V.1.4. Humidité.....	73
V.1.5. Teneur en protéines .....	74
Conclusion générale .....	76
Résumé.....	92

## LISTE DE FIGURES

Figure 01 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé dur (Bure, 1979).....	8
Figure 02 : Coupe longitudinale présentant Structure histologique du grain de blé dur (Institut international de la canada pour le grain, 2009). .....	9
Figure 03 : Production mondiale du blé dur en 2020 (FAO, 2020).....	15
Figure 04 : Evolution de la production et l'importation du blé dur en Algérie 2010-2020 (CIC, 2019). .....	16
Figure n° 05 : Descriptif du changement climatique (IPCC, 2021).....	25
Figure n°06 : Le réchauffement climatique (GIEC, 2007).....	26
Figure 07 : Situation géographique de la zone d'étude <a href="https://www.sima-sipsa.com">https://www.sima-sipsa.com</a> (15/05/2024) .....	40
Figure 08 : carte de la zone étude M'sila (BAKRI et BENZAOU2025). .....	42
Figure 09 : Carte d'occupation du sol commune de Ouled Madhi.....	44
Figure N°10 : Carte d'occupation du sol commune de Ouled Mansour .....	45
Figure N°11 : Localisation de la région de M'Sila dans le climagramme d'Emberger pour la période 1981-2020.....	47
Figure N°12 : Variations des Températures mensuelles, minimales et maximales (en C°) de 1991 à 2020.....	48
Figure N°13 : Variations mensuelles des précipitations (en mm) de 1991 à 2020. ....	48
Figure N°14 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de M'Sila.....	49
Figure N°15 : Variations mensuelles d'humidité (en %) de 1991 à 2020.....	50
Figure N°16 : Variations mensuelles des vents (en m/s) de 1991 à 2020. ....	51
Figure N°17 : Variations mensuelles de l'insolation moyenne (heurs) (1991-2020).....	51
Figure 18 : L'agrégage (Photo originale, 2024). .....	63
Figure 19 : Mesure de poids spécifique (Niléma-Litre) (Photo originale, 2024). .....	64
Figure 20 : Mesure de poids de mille grains (NUMIGRAL) (Photo originale, 2024). .....	66
Figure 21 : Détermination de taux des protéines (Photo originale, 2024).....	67
Figure 22 : Variations de poids spécifique (Kg/hl) des variétés de blé dur mises à l'étude.....	72
Figure 23 : Variations de poids spécifique (Kg/hl) des variétés de blé dur mises à l'étude.....	73
Figure 24 : Variations de taux d'humidité (%) des variétés de blé dur mises à l'étude. ....	74
Figure 25 : Variations de la teneur en protéines (%) des variétés de blé dur mises à l'étude. ....	75

## LISTE DE TABLEAU

Tableau 01 : Classification systématique du blé dur ( <i>Triticum durum</i> ) (Naville, 2005).....	7
Tableau 02 : Composition nutritionnelle de Blé dur (pour 100g de grains) ; (FAO, 2020) .....	10
Tableau 03 : Présentation d'échantillons de blé dur mise à l'étude. ....	57



## *Introduction générale*

## Introduction

---

Les produits céréaliers forment la pierre angulaire de l'alimentation humaine dans de nombreux pays, car ils fournissent la majorité des calories et des protéines nécessaires. Environ 75 % de leur production est destinée à la consommation humaine, contribuant à 15 % des besoins énergétiques. De plus, 15 % de cette production est utilisée pour l'alimentation animale, tandis qu'une partie est également consacrée à des usages non alimentaires (Lounis Khodja, 2010).

En Algérie, cette situation est d'autant plus cruciale, car le pays aspire à établir une production céréalière stable, notamment pour les céréales d'hiver. Bien que le blé dur soit la variété la plus cultivée, représentant 41 % des terres agricoles, la production reste très en deçà des besoins. La consommation de ce produit de base est estimée par Zaghouane et al. (2006) à 220 kg par an et par habitant (Lounis Khodja, 2010).

En Algérie, une sélection des variétés les plus productives est toujours en cours. La sélection du blé dur s'est principalement appuyée sur les introductions provenant de centres internationaux de recherche agronomique. Les variétés choisies s'épanouissent bien dans les plaines intérieures et sur le littoral, mais les rendements en grains demeurent très variables dans les hautes plaines. Souvent, les nouvelles variétés sont sélectionnées uniquement en fonction de leur rendement, sans prendre en compte les caractéristiques adaptatives qui jouent un rôle crucial dans la production dans des environnements variés. Le succès de leur culture dépend largement du choix de la variété adéquate, c'est-à-dire de sa résistance aux maladies, de son adaptation au sol et au climat, ainsi que de son rendement et de la qualité du grain. (Laala, 2010).

Le blé dur (*Triticum durum*, Desf.) fait face à plusieurs contraintes climatiques dans les zones semi-arides d'altitude, ce qui rend le rendement en grains peu fiable comme critère de sélection. En effet, la plupart des cultures se situent sur des hautes plaines à une altitude relativement élevée (entre 800 et 1200 m), où les hivers sont froids, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières, les gelées printanières sont fréquentes, et le sirocco apparaît en fin de cycle (Laala, 2010).

L'agriculture est l'une des activités humaines les plus impactées par le changement climatique, en particulier en ce qui concerne les précipitations. Cela est particulièrement vrai pour les cultures céréalières, comme le blé. L'augmentation des températures, la réduction des précipitations et leur variabilité accrue entraînent un décalage et un raccourcissement des cycles de végétation, ce qui affecte le rendement et, par conséquent, la production (Bouazza et al., 2002 ; Rousset, 2008).

## Introduction

---

Le blé dur (*Triticum durum*, Desf.) occupe 10 % des terres consacrées aux céréales, qui incluent le blé tendre, le riz et le maïs. Cette culture se concentre principalement dans les pays méditerranéens tels que l'Algérie, le Maroc, l'Espagne, la France, l'Italie, la Grèce et la Syrie, ainsi que dans des régions comme le Kazakhstan, l'Éthiopie, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Mexique et le Canada (Laala, 2010).

Par ailleurs, l'Algérie est perçue comme particulièrement sensible aux impacts des changements climatiques, se situant dans des régions arides et semi-arides sujettes à des sécheresses récurrentes (Aziza, 2006). Les projections concernant le changement climatique et la démographie indiquent que les besoins en alimentation et en eau vont augmenter en Afrique du Nord, tandis que les ressources en eau et les rendements agricoles seront plus limités que prévu (Rousset, 2007).

Notre étude vise à examiner certaines caractéristiques technologiques de 06 variétés de blé dur provenant de la région de m'sila (ouled Madhi, Ouled Mansour), afin de les comparer et de les évaluer en fonction du climat local. Le mémoire se divise en deux parties complémentaires. La première partie, de nature bibliographique, comprend deux chapitres :

- **Chapitre I** : Présentation générale du blé dur.
- **Chapitre II** : Analyse de l'influence du climat sur le blé dur.

La deuxième partie, qui se concentre sur l'expérimentation, est également divisée en trois chapitres :

- **Chapitre III** : Présentation la zone étudiée et description de la région d'étude
- **Chapitre IV** : Détails sur le matériel et les méthodes utilisés en laboratoire pour la réalisation de la partie pratique, ainsi que les facteurs climatiques de la région d'étude.
- **Chapitre V** : Présentation des résultats obtenus, suivie de leur interprétation et d'une discussion en lien avec des travaux antérieurs.



## **PARTIE BIBLIOGRAPHIE**



## ***CHAPITRE I***

### ***PRESENTATION GENERALE DU BLE DUR***

## **I.1. Introduction :**

Ce chapitre vise à présenter une vue d'ensemble du blé dur, en abordant ses caractéristiques botaniques, ses conditions de culture, sa répartition géographique ainsi que ses qualités agronomiques et technologiques. Une attention particulière sera portée à la place qu'occupe le blé dur dans le système agricole algérien, en soulignant son rôle socio-économique et son importance dans la sécurité alimentaire nationale. Cette introduction permettra ainsi de mieux comprendre les enjeux liés à la production et à la valorisation du blé dur dans un contexte agroclimatique spécifique.

## **I.2. Définition du blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) tire son nom de la consistance particulièrement ferme de son grain. Il résulte d'un croisement naturel ancien entre deux espèces sauvages, *Aegilops speltoides* et *Triticum boeoticum*, ce qui en fait une espèce tétraploïde spécifique parmi les céréales cultivées.

Sur le plan agroalimentaire, le blé dur occupe une place centrale dans l'alimentation humaine. Il est utilisé principalement pour la fabrication de semoule, servant à la production de couscous, de pâtes alimentaires et de certaines galettes traditionnelles. Il entre également dans la composition de produits de boulangerie fine et de biscuiterie. Par ailleurs, le blé dur présente aussi un intérêt nutritionnel pour l'alimentation animale. Sous forme de poudre ou de granulés, il constitue un apport énergétique de qualité, grâce à sa richesse en protéines, en vitamines (notamment du groupe B) et en minéraux essentiels (Zaghouane et al., 2023).

## **I.3. Historique du blé dur**

Le blé dur figure parmi les toutes premières espèces végétales domestiquées par l'homme, avec une origine remontant à environ 7 000 à 10 000 ans avant notre ère. Sa domestication a eu lieu dans la région du Croissant fertile, une zone géographique historiquement riche en biodiversité agricole, englobant la vallée du Jourdain ainsi que les territoires actuels de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak et la bordure occidentale de l'Iran (Chamekh, 2024).

Il est intéressant de noter que, dans les usages anciens, le terme « blé » désignait de manière générique diverses céréales telles que le seigle, le sorgho ou encore le mil. Toutefois, la terminologie latine a progressivement permis une distinction taxonomique plus précise, regroupant sous le genre *Triticum* les espèces céréalières qui correspondent véritablement au blé au sens botanique du terme (Kheddoui, 2019).

#### I.4. Classification systématique de blé dur

Le blé dur est une céréale herbacée annuelle monocotylédone, est une autogame à paille caractérisé par des critères morphologiques particuliers. La classification détaillée est illustrée dans le tableau (01) :

**Tableau 01** : Classification systématique du blé dur (*Triticum durum*) (Naville, 2005).

<b>Classe</b>	Angiospermes
<b>Ordre</b>	Monocotylédones
<b>Famille</b>	Poacées (Gramineae)
<b>Tribu</b>	Hordées
<b>Genre</b>	<i>Triticum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Triticum durum</i>
<b>Nom commun</b>	Blé dur

#### I.5 Morphologie et composition histologique du grain de blé dur

Le grain de blé dur est un caryopse, fruit sec indéhiscent, de forme ovoïde, à surface lisse ou faiblement sillonnée. Il est composé de trois parties principales, chacune remplissant des fonctions biologiques et technologiques spécifiques :

##### I.5.1. L'enveloppe (péricarpe + tégument + couches d'aleurone) :

Cette enveloppe constitue 14 à 16 % du poids total du grain. Elle comprend :

- Le péricarpe, issu du tissu ovarien, assurant la protection mécanique du grain ;
- Les téguments (testa et cuticule), riches en phénols et fibres ;
- La couche d'aleurone, un tissu vivant contenant des protéines, des enzymes (amylases, protéases) et des minéraux.

Cette partie représente une source importante de fibres alimentaires mais elle est généralement éliminée lors du blutage (Barrera et al., 2007).

##### I.5.2. L'amande farineuse (ou endosperme) :

Représentant 81 à 88 % du poids du grain, l'endosperme est le tissu de réserve principale, constitué majoritairement de cellules à parois fines renfermant :

- De l'amidon (70 à 75 % du grain) sous forme de granules de tailles variables ;
- Des protéines de réserve (10 à 15 %), dont les gluténines et gliadines responsables de la ténacité et de l'élasticité du gluten ;
- De petites quantités de lipides et de composés phénoliques (Shewry & Halford, 2002).

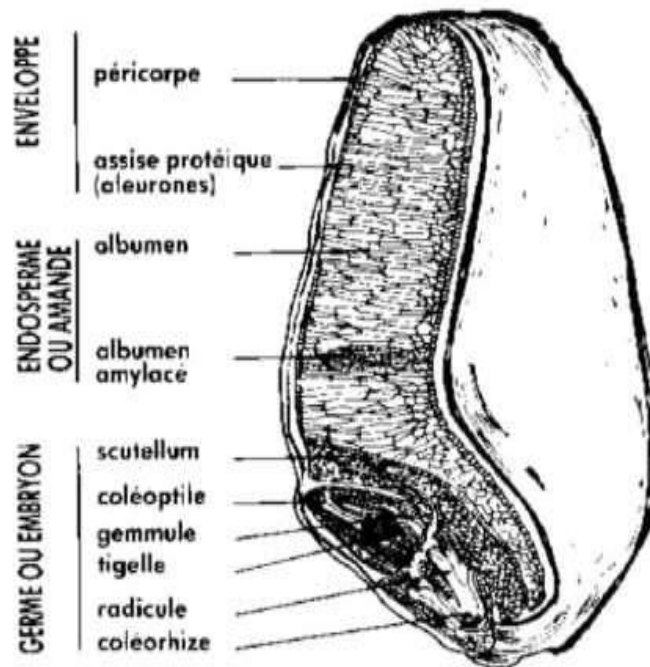
C'est cette partie qui est recherchée pour la fabrication de semoule, de pâtes et de couscous.

### I.5.3. Le germe (embryon) :

Il ne représente que 2,5 à 3 % du poids du grain, mais contient :

- Des acides gras essentiels (lipides jusqu'à 10 %),
- Des protéines métaboliquement actives,
- Des vitamines du groupe B,
- Des enzymes impliquées dans la germination (Mokrane et al., 2010).

Le germe assure la future croissance de la plantule.



**Figure 01** : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé dur (Bure, 1979).

### I.5.4. Structure histologique (vue microscopique) :

Au niveau histologique, le grain de blé dur présente une organisation en couches successives, observables en coupe transversale :

- L'épiderme externe, suivi par le péricarpe, la testa (enveloppe séminale) et la couche d'aleurone ;
- L'endosperme contient deux types cellulaires principaux : les cellules périphériques riches en protéines et les cellules centrales riches en amidon ;
- Le germe, situé à l'une des extrémités de la plants (Bechtel et al., 2009).



**Figure 02 :** Coupe longitudinale présentant Structure histologique du grain de blé dur (Institut international de la canada pour le grain, 2009).

### I.5.5. Qualité technologique du blé dur

La qualité technologique du blé dur dépend de la composition du grain, chaque constituant exerçant une influence déterminante, que ce soit de manière individuelle ou par interaction avec d'autres composants biochimiques. Parmi les éléments majeurs intervenant dans l'expression de la qualité, on retrouve les protéines (notamment les gluténines et gliadines), l'amidon, les lipides, ainsi que diverses enzymes métaboliques (Boudjabi, 2017).

La proportion et la qualité de ces composants déterminent en grande partie la valeur nutritionnelle, technologique et commerciale du blé dur, particulièrement dans les systèmes de transformation tels que la semoulerie ou la fabrication des pâtes alimentaires.

### I.6. Composition biochimique du grain de blé dur :

Le grain de blé dur est une réserve énergétique complexe, formée de constituants biochimiques qui déterminent à la fois sa valeur nutritionnelle et ses aptitudes technologiques. Il est principalement composé de glucides (67–72 %), essentiellement sous forme d'amidon, qui constitue l'élément majeur de l'amande farineuse. L'amidon est constitué de deux polymères : l'amylose (environ 25 %) et l'amylopectine (environ 75 %), jouant un rôle clé dans la texture des pâtes alimentaires (Marchylo et al., 2001).

Les protéines représentent environ 10 à 16 % du poids sec du grain. Elles sont essentiellement de deux types : les albumines et globulines (protéines solubles), et les

prolamines et gluténines (protéines de réserve). Ces dernières forment le gluten, un réseau viscoélastique indispensable pour la fabrication de la semoule et des produits dérivés comme les pâtes alimentaires (Sissons, 2008).

Le grain contient également 2 à 3 % de lipides, localisés en grande partie dans le germe. Ces lipides sont composés d'acides gras essentiels (linoléique, oléique), de phospholipides et de glycolipides qui participent à la structure membranaire et influencent la stabilité du produit fini (Shewry & Halford, 2002). Les fibres alimentaires, principalement situées dans l'enveloppe (son), sont présentes à hauteur de 12 à 15 % dans le grain complet, avec un rôle important dans la digestion humaine.

En plus de ces constituants majeurs, le grain renferme des enzymes (amylases, protéases, lipases), des vitamines (B1, B2, niacine, E) et des minéraux (fer, zinc, magnésium, phosphore). Ces éléments, bien que présents en faibles proportions, sont essentiels pour la qualité nutritionnelle du grain et sa conservation (Bouzerzour et al., 2020).

**Tableau 02 : Composition nutritionnelle de Blé dur (pour 100g de grains) ; (FAO, 2020)**

<b>Composants</b>	<b>Blé dur</b>
Protéines (g)	10.7
Lipides (g)	1.99
Glucides (g)	75.4
Fibre diététique (g)	12.7
Calcium (mg)	34
Fer (mg)	5.37
Phosphore (mg)	200
Sucre (g)	0.85
Eau	10.4
Vitamine B1 (mg)	0.41
Vitamine B9 (mg)	41
Vitamine B6 (mg)	0.378
Calorie	340

**I.7. La culture du blé dur et les facteurs influençant la qualité de son grain****I.7.1. Les facteurs influençant la qualité du blé dur :**

La qualité technologique du blé dur dépend de nombreux facteurs, regroupés en trois grandes catégories : génétiques, agronomiques et environnementaux.

**I.7.1.a. Facteurs génétiques (variétaux) :**

Le génotype est un déterminant clé de la qualité, en particulier pour la teneur en protéines, la couleur du grain, la dureté, et la teneur en pigments jaunes. Les variétés modernes sont sélectionnées pour leur bon comportement technologique en semoulerie et en plastification (Nazco et al., 2014).

Ex. : La variété « Bidi17 » est réputée pour sa bonne performance en zones sèches.

**I.7.1.b. Facteurs agronomiques (pratiques culturelles) :**

- Fertilisation azotée : un apport azoté équilibré est essentiel pour augmenter la teneur en protéines et améliorer la force du gluten. Toutefois, un excès peut réduire le rendement ou affecter négativement l'environnement (De Vita et al., 2007).

- Date de semis : un semis trop précoce ou tardif peut exposer la plante aux gels ou à la sécheresse.

- Densité de semis et rotation culturale : influencent le tallage et la concurrence entre les plantes, donc la biomasse et la qualité du grain.

**I.7.1.c. Facteurs climatiques et environnementaux :**

La qualité du blé dur est fortement influencée par les conditions climatiques qui prévalent tout au long de son cycle de développement. Ces effets s'exercent principalement à travers des paramètres tels que la température, la disponibilité en eau et la radiation solaire, qui agissent sur la synthèse des constituants biochimiques du grain comme les protéines, l'amidon, les pigments et les enzymes (Sissons, 2008).

Une température élevée en fin de cycle (période de remplissage du grain) tend à réduire la durée de ce stade critique, entraînant une baisse du poids de mille grains (PMG) et affectant négativement la qualité technologique. Elle peut cependant améliorer la teneur en protéines, en raison d'une concentration plus élevée due à la réduction du volume amidonnier, mais au détriment du rendement (Haddad, 2019). Par contre, lorsque la température dépasse les seuils physiologiques tolérés, elle induit un stress thermique qui peut inhiber la synthèse normale du gluten, réduisant ainsi la teneur en gluten total et sa qualité (Ammar et al., 2011).

La sécheresse, fréquente en zone semi-aride, notamment dans la wilaya de M'Sila, compromet le rendement et altère également les paramètres de qualité comme la vitrosité et le taux de protéines, avec une grande variabilité interannuelle. En période de déficit hydrique, on observe souvent une augmentation relative de la teneur en protéines, mais celle-ci n'est pas toujours associée à une bonne qualité boulangère, car la teneur en gluten humide peut être insuffisante et la force du gluten diminuée (Benbelkacem et al., 2020). En outre, des précipitations excessives en fin de cycle peuvent provoquer une germination sur pied (pré-germination), détériorant la qualité technologique du grain, en particulier la teneur en  $\alpha$ -amylase, ce qui affecte la transformation en semoule et en pâte (Lafi et al., 2019).

### **I.8. Les différentes variétés de blé dur en Algérie**

L'Algérie est l'un des principaux pays méditerranéens producteurs de **blé dur** (*Triticum durum* Desf.), avec une large diversité variétale adaptée aux **conditions arides et semi-arides** du territoire. Les variétés cultivées se répartissent entre **anciennes variétés locales** (traditionnelles) et **nouvelles variétés améliorées** issues de programmes de sélection nationaux ou internationaux.

#### **I.8.1. Anciennes variétés locales**

Les variétés traditionnelles de blé dur sont adaptées aux environnements stressants (sécheresse, faible fertilité) et présentent une bonne stabilité du rendement. Parmi les plus connues :

- \* Bidi 17 Historiquement cultivée dans la région, cette variété locale est appréciée pour sa capacité d'adaptation aux conditions sèches, bien qu'elle présente une faible productivité et une sensibilité partielle à la rouille (Boutaleb et al., 2019).
- \* Oued Zenati Moins courante aujourd'hui, cette variété était utilisée surtout pour l'alimentation traditionnelle (semoule, couscous), avec un grain dur et vitreux bien adapté aux procédés artisanaux (Benbelkacem et al., 2020).

#### **I.8.2. Variétés améliorées modernes**

Depuis les années 2000, l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) et des institutions partenaires ont développé des variétés plus performantes :

- \* **Cirta**

Sélectionnée pour son potentiel élevé de rendement et sa bonne tolérance au stress thermique. Cycle moyen à précoce, recommandée pour les zones semi-arides intérieures (ITGC, 2018).

- \* **Waha**

Variété à haut rendement, résistante à la rouille brune et adaptée à une large gamme d'environnements. Teneur en protéines et en pigments jaunes intéressante pour la transformation (ITGC, 2018).

- \* **Mohamed Ben Bachir**

Issue de la sélection algérienne récente, cette variété offre une bonne productivité et une bonne résistance à la verse et aux maladies foliaires (MADR, 2023).

- \* **Sétifis**

Variété introduite pour sa résistance à la sécheresse et son rendement stable, adaptée aux hauts plateaux et zones d'altitude moyenne.

- \* **Vitron** (variété d'origine CIMMYT)

Introduite pour ses hautes performances en milieu sec et sa bonne qualité technologique (indice de jaune et protéines élevées).

### **I.8.3. Variétés internationales adaptées :**

Certaines variétés internationales, issues des programmes du **CIMMYT** et du **CICR (ICARDA)**, ont été introduites et testées :

- \* **Karim** variété tunisienne largement cultivée en Algérie pour sa bonne productivité en zone semi-aride.
- \* **Om Rabiaa** variété performante en milieux limitants.

### **I.8.4. Stratégies d'utilisation :**

La stratégie actuelle en Algérie privilégie :

- \* L'utilisation des **variétés locales** dans les zones marginales pour conserver la biodiversité et la résilience.
- \* Le développement des **variétés modernes** dans les zones à meilleur potentiel de production avec des pratiques culturales améliorées.

### **I.9- Les différentes variétés de blé dur à M'Sila :**

La wilaya de M'Sila, située en zone semi-aride inférieure de l'Algérie, est une région stratégique pour la culture du blé dur, bien que soumise à un climat caractérisé par une faible pluviométrie (moins de 300 mm/an) et de fortes amplitudes thermiques. Dans ce contexte agro-climatique difficile, les agriculteurs adoptent principalement des variétés tolérantes au stress hydrique et aux températures élevées.

### **I.9.1. Variétés locales traditionnelles :**

- Variété OUED EL BARED : Il s'agit d'une nouvelle variété principalement cultivée dans les hauts plateaux et les plaines intérieures. Elle se distingue par un cycle végétatif précoce, un fort tallage et une tolérance au froid et à la sécheresse. La hauteur de la plante à maturité est moyenne, l'épi est de couleur blanche et les barbes deviennent noires à maturité. La plante est dressée, l'épi présente une glaucescence moyenne, une forme pyramidale et une compacité moyenne. Elle présente également une bonne résistance aux maladies (Biskri, 2023).

### **I.9.2. Variétés améliorées introduites**

Pour augmenter le rendement malgré la contrainte hydrique, plusieurs variétés sélectionnées ont été introduites par l'ITGC et l'INRAA :

- ✓ Waha Très répandue à M'Sila, Waha est résistante à la sécheresse et possède une bonne qualité de semoule. Elle est adaptée aux faibles apports hydriques (Bouzerzour et al., 2017).
- ✓ Boussâada Variété spécifiquement développée pour les régions arides et semi-arides, Boussâada montre une précocité de floraison permettant d'échapper aux stress thermiques de fin de cycle.
- ✓ Tassili Bien que plus exigeante en eau et en fertilisation, cette variété est utilisée dans certaines zones irriguées de M'Sila, notamment dans les périmètres de Bou Saâda et Sidi Aïssa.
- ✓ Mohamed Ben Bachir (sélection améliorée) Cette variété est cultivée dans quelques périmètres à dominante pluviale grâce à sa tolérance au stress hydrique et sa stabilité en rendement (Kheyar et al., 2018).
- \* Variété VITRON Originaire d'Espagne, cette variété se caractérise par une paille de hauteur moyenne à haute, un cycle végétatif demi-précoce et un tallage moyen. Elle est mieux adaptée aux régions arides et semi-arides. Il est important de noter que la variété VITRON présente une paille moelleuse en section transversale et des grains allongés.
- \* Variété SEMITO Cette variété est semée entre mi-novembre et mi-décembre. Elle se caractérise par une compacité d'épi moyenne, une couleur d'épi blanche et une hauteur de plante à maturité de 90 cm - 100 cm. Son cycle végétatif est semi-précoce, avec un fort tallage. Elle est sensible à la sécheresse mais tolérante au froid. Elle présente également une bonne résistance aux maladies (Biskri, 2023).

### I.9.3. Tendances actuelles

Depuis 2015, des essais de nouvelles variétés, notamment issues de programmes internationaux comme Karim et Cirta, sont en cours dans les stations expérimentales de l'INRAA à M'Sila, afin d'identifier des cultivars plus performants dans des conditions de sécheresse accrue (ITGC, 2022), avec des nouvelles variétés locales qui ont cultivé dans les zones arides qui s'appelle « bouslame », « negrece » et « oued faguisse ».

### I.10- Production de blé dur :

Le blé dur est une culture stratégique, concentrée dans des régions spécifiques du globe. Bien que sa production soit sensible aux défis climatiques, les innovations agricoles et la demande croissante pour des produits dérivés comme les pâtes et le couscous offrent des opportunités pour accroître la production et améliorer la sécurité alimentaire mondiale.

#### I.10.1. Production de blé dur dans le monde :

Le commerce international de blé dur ne représente qu'une petite part de la production car la grande majorité des grains sont en fait consommés dans les pays que les produisent. Par exemple en 2020 il n'y a que 119 millions de tonnes qui ont franchi une frontière sur les 761 millions qui ont été produits.

Les pays qui produisent de façon significative, c'est-à-dire d'avantage que ce qu'ils ne consomment eux-mêmes, et sont donc capables d'exporter sont fort peu nombreux, ce sont la Russie (qui a produit 76 millions de tonnes en 2021 et souhaite en exporter 35 millions de tonnes), les USA, le Canada, l'Ukraine, la France et quelques autres pays européens, et quelques autres comme l'Australie et l'Argentine... les bonnes années, car il arrive peu souvent que la récolte soit au top dans chacune de ces zones et de plus en plus fréquemment pour des raisons climatiques (Parmentier, 2022).

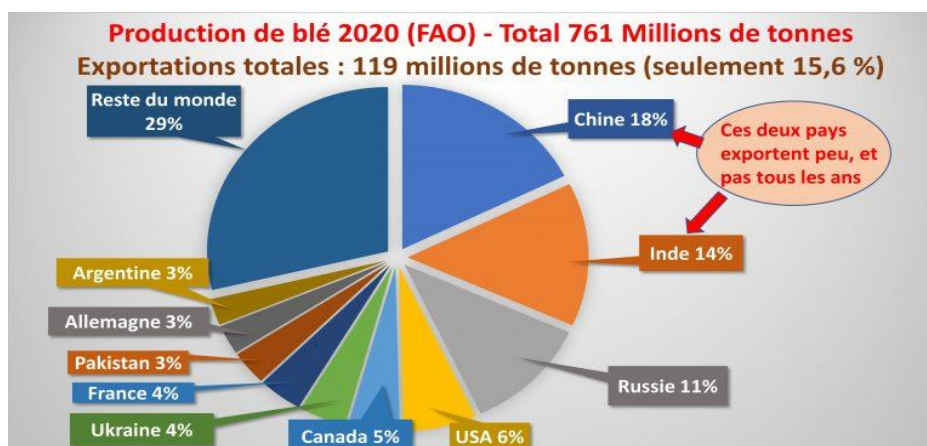


Figure 03 : Production mondiale du blé dur en 2020 (FAO, 2020).

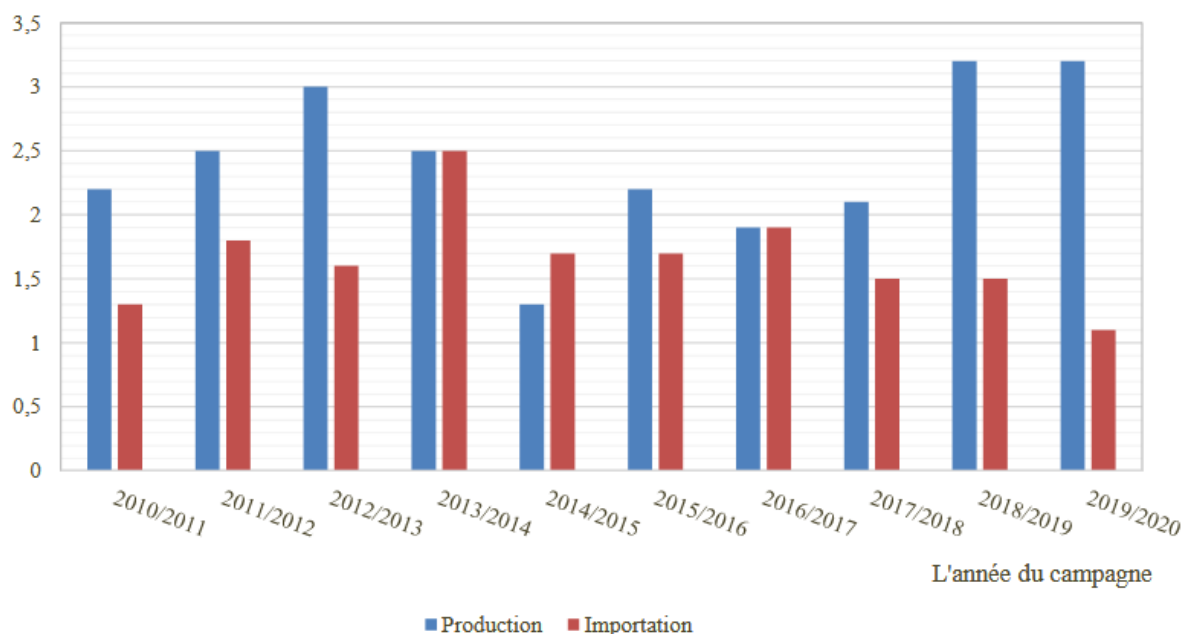
### I.10.2. Production de blé dur en Algérie :

Le blé dur fait partie des céréales d'hivers en demeurant l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale (**Bazizi, 2023**).

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement durable (MADR), la superficie emblavée au titre de la campagne labours-semis 2016 / 2017 à atteint les 1.17 millions d'habitats pour le blé dur. En 2016 la production céréalière en blé dur a atteint 2.2 MT (**Benmounah, 2021**).

La production du blé dur a reconnu une amélioration à la fin de la campagne de 2019/2020. Elle est estimée à un niveau supérieur à la moyenne de 3.2 millions de tonnes grâce aux pluviométries bien distribuées notamment dans les régions de l'Est et le Nord-Est qui a fourni une condition favorable au développement des cultures (**FAO, 2020**).

million de tonnes



**Figure 04 :** Evolution de la production et l'importation du blé dur en Algérie 2010-2020 (**CIC, 2019**).

### I.10.3. Production de blé dur dans la wilaya de M'Sila :

La wilaya de M'Sila, située dans les Hauts Plateaux algériens, joue un rôle significatif dans la production céréalière nationale, notamment en ce qui concerne le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Pour la campagne agricole 2023–2024, les prévisions indiquent une production de plus de **530 000 quintaux** de céréales, toutes variétés confondues, marquant une augmentation notable par rapport aux **210 000 quintaux** récoltés lors de la saison précédente. Cette progression est attribuée à l'extension des

superficies emblavées, qui sont passées de **54 000 hectares** à **63 000 hectares**, soit une hausse de 16 %, ainsi qu'à l'augmentation des superficies irriguées, de **35 000 hectares** à **40 000 hectares** [Liberté+6Algerie Eco+6El watan+6](#)

Cette amélioration résulte des efforts déployés par les autorités locales pour lever les entraves à la production agricole, notamment par le raccordement au réseau d'électricité agricole, le traitement des demandes de fonçage de puits artésiens, l'ouverture de pistes agricoles et les indemnités accordées aux agriculteurs sinistrés, notamment par la fourniture gratuite de semences [Algerie Eco](#)

### **I.11- Importance et utilisation du blé dur :**

Le blé dur est une céréale cruciale pour l'alimentation humaine, notamment pour la fabrication des pâtes, du couscous et du boulgour. Son rôle dans l'alimentation animale est secondaire, limité aux sous-produits de transformation ou aux grains de moindre qualité. Sa double importance (économique et nutritionnelle) en fait une culture stratégique, particulièrement dans les régions méditerranéennes et semi-arides.

#### **I.11.1- Importance et utilisation du blé dur dans l'alimentation humaine**

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) joue un rôle central dans l'alimentation humaine, notamment dans les régions méditerranéennes, en raison de ses propriétés technologiques et nutritionnelles uniques. Sa richesse en protéines (généralement entre 12 % et 15 %) et en gluten fort lui confère une aptitude particulière à la transformation en semoule de qualité, utilisée dans la fabrication de produits à haute valeur ajoutée comme les pâtes alimentaires, le couscous, les galettes traditionnelles, et certaines pâtisseries industrielles (Kabbadj et al., 2021). Par ailleurs, sa haute teneur en caroténoïdes, notamment la lutéine, donne à la semoule une couleur jaune ambrée très prisée par les consommateurs (Ficco et al., 2009).

D'un point de vue nutritionnel, le blé dur est riche en amidon, en fibres alimentaires, en vitamines B (notamment B1, B2 et B6), ainsi qu'en minéraux comme le fer, le zinc et le magnésium (Shewry & Hey, 2015, p. 234). Son utilisation dans l'alimentation humaine contribue donc à la couverture des besoins nutritionnels tout en offrant des avantages sensoriels et technologiques recherchés par les consommateurs et les industriels.

#### **I.11.2- Importance et utilisation du blé dur dans l'alimentation animales**

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est principalement destiné à la consommation humaine, mais ses sous-produits, tels que le son et les résidus de semoule, sont importants pour l'alimentation animale. Ces coproduits, riches en énergie, modérément protéinés (10 à

14 %) et en fibres, sont particulièrement bénéfiques pour les ruminants et sont intégrés dans les rations alimentaires du bétail et des volailles. (INRA, 2018 ; Kabbadj et al., 2021).

Le son de blé dur est riche en fibres digestibles et en acides aminés, tels que la lysine et la méthionine, bien que ces derniers soient souvent limitants. Il est généralement utilisé dans les aliments composés industriels à hauteur de 5 à 15 %, selon les espèces animales et les objectifs de croissance (Chaker, 2009). De plus, les grains de blé dur déclassés ou germés peuvent être intégrés, après traitement, dans les rations des animaux monogastriques ou polygastriques, en remplacement partiel de céréales plus coûteuses comme le maïs ou l'orge (Benyoucef et al., 2022).

En Algérie, l'utilisation de produits issus des semouleries pour l'alimentation animale augmente en raison d'un déficit en matières premières fourragères. Les sons produits localement représentent une ressource économique et nutritive, contribuant à diminuer la dépendance aux importations pour l'alimentation du bétail. (MADR, 2020)

### **I.10- Stratégies d'adaptation et d'atténuation du blé dur face aux changements climatiques :**

Face aux effets croissants du changement climatique, tels que la hausse des températures, la variabilité pluviométrique et les stress abiotiques (sécheresse, salinité, canicules), le développement de stratégies d'adaptation et d'atténuation pour la culture du blé dur est devenu une nécessité urgente pour assurer la durabilité de la production, notamment en régions arides et semi-arides comme en Algérie.

#### **I.10.1. Sélection variétale et amélioration génétique**

L'une des stratégies les plus efficaces est la sélection de variétés tolérantes à la sécheresse et à la chaleur. Des programmes de sélection intègrent des critères tels que la précocité, la profondeur du système racinaire, la capacité de récupération post-stress et la stabilité du rendement. L'utilisation de marqueurs moléculaires (MAS) et de la sélection assistée par drones ou satellites est de plus en plus courante pour accélérer ces processus (Araus et al., 2002 ; Bouzerzour et al., 2020).

#### **I.10.2. Pratiques culturales adaptées :**

L'adoption de techniques de conservation des sols et de l'eau, telles que le semis direct, les rotations culturales et la gestion intégrée de la fertilisation, améliore la résilience des cultures. Une gestion optimisée de l'irrigation (ex. irrigation localisée ou régulée en déficit) permet de réduire la consommation d'eau tout en maintenant des rendements acceptables (Monneveux et al., 2006 ; Ozer et al., 2003).

**I.10.3. Amélioration de la résilience agro-écologique :**

Le recours à des pratiques agroécologiques, comme l'intégration des cultures-pâturages, l'utilisation de variétés locales adaptées et la promotion de la biodiversité fonctionnelle, contribue à renforcer la résilience des systèmes agricoles. Ces approches réduisent également l'empreinte carbone de l'agriculture du blé (Altieri & Nicholls, 2017).

**I.10.4. Systèmes d'alerte et services climatiques :**

L'utilisation de modèles climatiques prédictifs, couplés à des systèmes d'alerte précoces et des services de vulgarisation numérique, permet aux agriculteurs d'adapter leurs calendriers agricoles et de prendre des décisions éclairées en fonction des conditions climatiques attendues (FAO, 2016).

**I.10.5. Diversification et transformation locale :**

Enfin, la diversification des débouchés du blé dur (pâtes, semoule, pain traditionnel, etc.) ainsi que la transformation locale renforcent la sécurité alimentaire et les revenus des producteurs, ce qui participe à une atténuation socioéconomique des impacts climatiques.

**I.11- Evaluation de la qualité d'un blé dur****I.11.1-Définition de la qualité**

Selon l'AFNOR (1991), la qualité d'un produit se définit comme son aptitude à répondre aux besoins des utilisateurs. Elle résulte de l'interaction de nombreux facteurs, souvent complexes. Dans le cas des denrées alimentaires, la qualité peut être considérée comme une caractéristique multidimensionnelle qui détermine l'intérêt ou l'acceptabilité du produit par le consommateur. (Bouceder et Dellouche, 2021).

**I.11.2- Le concept de la qualité**

La notion de qualité est ancrée dans l'histoire depuis longtemps. Face à la complexité croissante des problèmes à résoudre, à l'ouverture progressive des marchés aux produits et services, à l'expansion fulgurante des moyens de communication et à l'essor de la mondialisation, l'homme a été amené à intégrer une démarche qualité dans le processus de développement de ses produits et services. (Kehddoumi, 2019).

**I.11.3- Qualité du grain de blé**

Traditionnellement, le rendement en grain était considéré comme la priorité principale, reléguant la qualité technologique au second plan. Toutefois, avec l'ouverture progressive du marché national, la qualité est devenue un critère aussi déterminant que le rendement. De nombreuses insuffisances liées aux techniques de production — telles que

les méthodes de conduite culturale, le choix variétal et les conditions de stockage — peuvent compromettre la qualité finale des produits. (Kheddoui, 2019).

#### **I.11.4- Notion de la qualité technologique de blé dur**

La qualité technologique est une notion consacrée par l'usage, désignant l'aptitude d'une variété ou d'un lot de grains de blé dur à produire, dans des conditions optimales d'utilisation, un pain de qualité satisfaisante. Cette notion demeure relativement imprécise, englobant plusieurs dimensions, notamment agronomiques, technologiques, nutritionnelles et sanitaires. La valeur technologique du blé dur se décline en deux principaux aspects : d'une part, la **valeur meunière**, qui correspond à la capacité d'un blé à fournir un rendement élevé en semoule conforme aux exigences de transformation industrielle et domestique ; d'autre part, la **valeur pastière**, qui traduit l'aptitude de la semoule obtenue à produire un pain de bonne qualité, tant sur le plan gustatif qu'esthétique. (Ghiti, 2020).

#### **I.11.5-Critères d'appréciation de la qualité de blé dur**

La qualité du blé dur résulte de l'ensemble de ses caractéristiques, allant du rendement en semoule jusqu'à son aptitude à la transformation industrielle. Elle se construit tout au long du cycle de développement de la plante afin de satisfaire les exigences des différents acteurs de la filière, notamment les semouliers et les pastiers. L'évaluation de la qualité des grains repose sur plusieurs critères, qui dépendent en partie du potentiel variétal et des pratiques culturales mises en œuvre. (Ben salem, 2024).

##### **I.11.5-1- Agréage**

###### **I.11.5-1-1-Taux des impuretés**

Un lot de blé dur n'est jamais totalement pur ; il peut être contaminé par diverses impuretés telles que des matières inertes (pierres, sable, terre, objets métalliques), des débris animaux et végétaux, ainsi que des grains étrangers (graines de plantes nuisibles telles que le mélilot, le fenugrec, la nielle, l'ivraie ; des légumineuses et graminées fourragères ; d'autres céréales). S'y ajoutent des grains de blé altérés ou défectueux (petits grains, grains échaudés, cassés, brûlés, chauffés, germés, avariés, attaqués par des insectes, punaisés, infestés par des cécidomyies, atteints de caries boutées, mouchetés, fusariés, ou contaminés par l'ergot). La présence de ces impuretés réduit la valeur commerciale du lot. (Khadhraoui, 2023).

###### **I.11.5-1-2-Taux de moucheture :**

La moucheture du blé dur se manifeste par l'apparition de taches brunes à noires sur les grains, notamment au niveau du sillon, visibles à maturité. Ce défaut est

particulièrement pénalisant, car il persiste dans les produits finis tels que la semoule et les pâtes alimentaires (Chamekh, 2024). L'origine de la moucheture est attribuée à des facteurs biotiques, tels que l'infection par des champignons et la sensibilité variétale du blé, ainsi qu'à des facteurs abiotiques, en particulier les conditions environnementales défavorables (Chau, 2019).

**I.11.5-1-3-Taux de mitadinage**

Le taux de mitadinage, un critère clé dans l'évaluation de la qualité du blé dur, résulte principalement d'un excès d'humidité dans le sol combiné à un déficit en azote. Ce phénomène entraîne la formation de grains gonflés, blanchâtres, et dont la structure est partiellement ou totalement farineuse. En plus de son impact négatif sur le rendement en semoule, le mitadinage affecte également la qualité culinaire des pâtes alimentaires, réduisant ainsi leur valorisation. **(Djeghbala, 2024).**

**I.11.5-2- Poids spécifique (PS) :**

Le poids spécifique correspond à la masse d'un hectolitre de grains, exprimée en kilogrammes. Il est utilisé comme un indicateur de la qualité semoulière, en lien avec le rapport entre l'enveloppe et l'amande du grain. Un poids à l'hectolitre élevé indique un faible rapport enveloppe/amande, ce qui est associé à un rendement semoulier plus important. La valeur minimale requise pour l'intervention est de 78 kg/hl. **(Boulala et Rouabeh, 2018).**

De nombreuses études soulignent l'importance de cette mesure, qui revêt un intérêt commercial indéniable. En effet, la masse volumique est souvent prise en compte dans les contrats commerciaux et lors des transactions, bien que son utilité technologique soit relativement limitée. **(Sayoud et al. 2021).**

**I.11.5-3- Poids de mille grains (PMG)**

Le poids de mille grains (PMG) est un caractère descriptif essentiel pour évaluer le rendement. Il permet de déterminer l'importance de l'échantillon en fonction du nombre de semences conservées à long terme. Ce test est également utilisé pour évaluer la viabilité des semences. **(Messaoudi, 2021).**

La détermination de la masse de 1000 grains d'un échantillon de blé dur fournit des informations sur les éventuels problèmes survenus lors de son développement, tels que l'échaudage, les attaques d'insectes ou les maladies. La présence de grains échaudés influence négativement le rendement en mouture. **(Ikhlef et Laouar, 2021).**

**I.11.5-4- Teneur en eau**

L'eau constitue l'un des principaux composants du grain. La connaissance précise de la teneur en eau du blé est avant tout une exigence réglementaire, celle-ci imposant un taux d'humidité inférieur à 15% pour garantir une meilleure conservation et éviter toute altération. La détermination de l'humidité est cruciale, car elle influe à la fois sur la précision des résultats analytiques exprimés en matière sèche et sur l'exécution de tests technologiques, tels que les tests de panification. **(Khelil et Kasmi, 2023).**

**I.11.5-5-Teneur en protéines totales :**

La teneur en protéines du grain de blé dur est l'un des critères les plus déterminants pour évaluer la qualité. Selon les auteurs, ce taux est influencé à la fois par le génotype et par les conditions culturales. L'accumulation et l'augmentation des protéines dans l'albumen du grain résultent d'une utilisation optimale de l'azote par la plante tout au long de son développement, ainsi que d'un transfert efficace de l'azote de la partie végétative vers les grains pendant la phase de remplissage. **(Kheddoumi, 2019).**



## ***CHAPITRE II***

*L'influence générale du  
climat sur le blé.*

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

---

### II.1. Introduction :

Ce chapitre a pour objectif d'examiner les interactions entre les variables climatiques et les paramètres agronomiques et physiologiques du blé. Il mettra en lumière leurs impacts sur le rendement, la qualité technologique des grains et la résistance des cultures aux stress abiotiques. Une compréhension approfondie de ces influences est essentielle pour ajuster les pratiques agricoles et choisir des variétés résilientes dans un contexte de changement climatique.

### II.2. Définition du climat

Le **climat** désigne l'ensemble des conditions atmosphériques moyennes (température, précipitations, humidité, vent, pression, etc.) qui caractérisent une région donnée sur une longue période, généralement d'au moins « 30 ans », selon les critères définis par « l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ». Contrairement au temps météorologique qui décrit des conditions à court terme (heures ou jours), le climat donne une vision plus globale et stable des tendances atmosphériques à long terme, Il s'agit donc d'un état moyen du système atmosphérique étudié à travers des données statistiques (moyennes, écarts, extrêmes). (Hulme, M., 2016).

**Selon Pidwirny**, « le climat d'une région est déterminé par l'analyse statistique des séries chronologiques d'éléments météorologiques, principalement la température et les précipitations, recueillies sur de longues périodes » (Pidwirny, 2006). Ces données permettent de définir des 'normales climatiques', utilisées comme références pour identifier les changements ou les anomalies climatiques.

Le climat est influencé par divers 'facteurs climatiques' et les 'forçages naturels qui liée à des cycles et anthropiques' qui liée aux activités humaines, tels que la proximité des mers et océans, les courants marins, la végétation ou les émissions de gaz à effet de serre, modifient les régimes climatiques à différentes échelles temporelles. (Hulme, M., 2016).

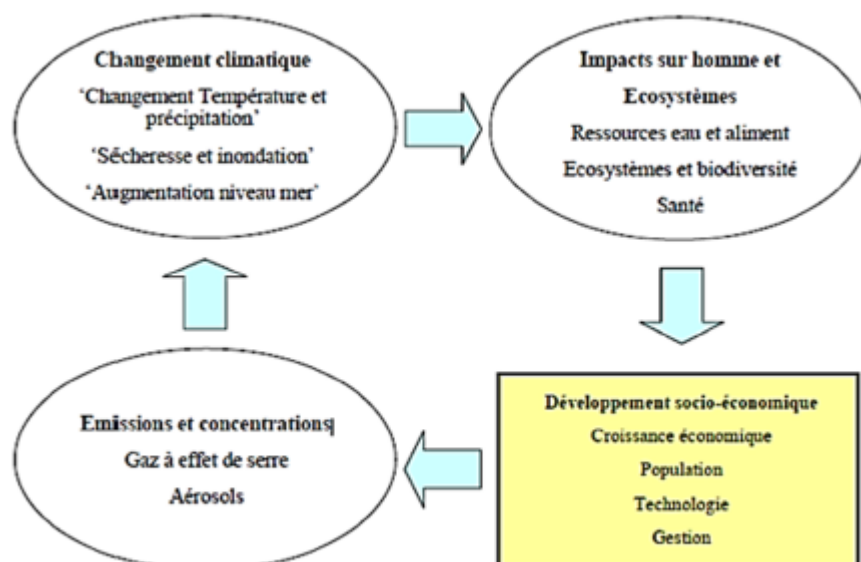
Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit le climat comme suit : \*« Le climat, au sens étroit, est généralement défini comme la moyenne des conditions météorologiques, ou plus rigoureusement, comme la description statistique en termes de moyenne et de variabilité des quantités pertinentes telles que la température, les précipitations, le vent sur une période allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. » (IPCC, 2021).

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

### II.3. Définition des changements climatiques

Le **changement climatique** désigne des modifications durables et significatives des paramètres climatiques à l'échelle régionale ou mondiale, notamment les températures moyennes, les précipitations, la fréquence des événements extrêmes (sécheresses, inondations, canicules), la couverture neigeuse et la montée du niveau de la mer. (Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., et al. 2007)

Selon le **GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)**, le changement climatique fait référence à toute variation du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine. Toutefois, dans le contexte des politiques environnementales, le terme est souvent utilisé pour désigner **les changements provoqués par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES)** (IPCC, 2021).



**Figure n° 05 :** Descriptif du changement climatique (IPCC, 2021).

Selon le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), le changement climatique s'entend comme une **variation du climat attribuée directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale**, et qui vient s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée sur des périodes comparables (IPCC, 2014).

Il est important de distinguer la variabilité naturelle du climat (due à des facteurs internes comme les courants océaniques, ou externes comme l'activité solaire) des changements climatiques anthropiques, c'est-à-dire induits par les activités humaines. Les principaux facteurs responsables des changements climatiques anthropiques sont l'augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

N<sub>2</sub>O, dus à la combustion d'énergies fossiles, à la déforestation et de l'industrialisation, à l'agriculture intensive et aux changements d'usage des sols (IPCC, 2021). Ces gaz provoquent un effet de serre renforcé, qui piège davantage la chaleur dans l'atmosphère terrestre, entraînant un réchauffement global (McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S, 2006).

### II.4. Les principaux changements climatiques

Les **changements climatiques** ne se limitent pas à une simple hausse de la température moyenne mondiale. Ils englobent un ensemble de perturbations profondes et durables des variables climatiques, avec des effets en cascade sur les systèmes écologiques, hydrologiques et socio-économiques. Ces changements sont attribués principalement aux **émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES)** et à la **modification de l'usage des sols**.

#### II.4.1. Hausse des températures moyennes mondiales

L'élévation de la température est l'indicateur le plus reconnu du changement climatique. La température moyenne mondiale a augmenté de **1,1 °C depuis l'ère préindustrielle** (1850–1900) (IPCC, 2021). Ce réchauffement est plus accentué dans certaines régions, notamment en Afrique du Nord et dans les zones semi-arides.

Le réchauffement climatique a entraîné une **fonte rapide des glaciers** et des calottes polaires, contribuant à la montée du niveau des mers. Le GIEC estime que **le niveau moyen des océans s'est élevé d'environ 20 cm depuis 1900**, et ce rythme s'accélère (IPCC, 2021). Exemple : En Algérie, les données montrent une élévation de **+1,5 °C à +2,0 °C** au cours des 50 dernières années, en particulier dans les hauts plateaux (MATE, 2021).

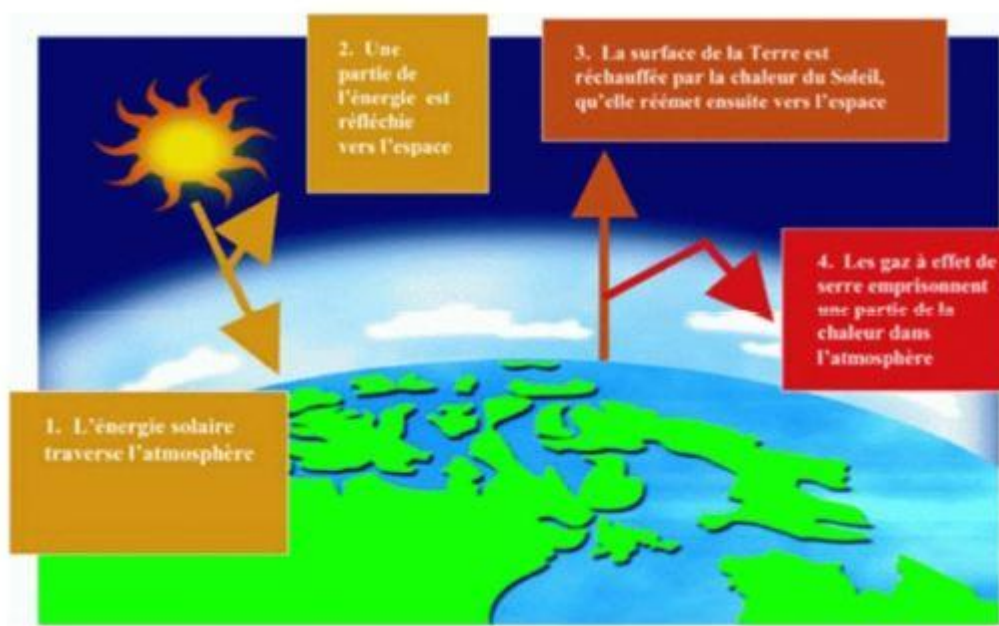


Figure n°06 : Le réchauffement climatique (GIEC, 2007)

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

---

### II.4.2. Modification du régime des précipitations

Le changement climatique altère la répartition spatiale et temporelle des précipitations :

- **Augmentation des pluies dans certaines zones tropicales.**
- **Diminution des pluies dans les régions méditerranéennes et semi-arides** comme l'Afrique du Nord.
- Accroissement de l'intensité des événements extrêmes : pluies torrentielles, inondations et longues périodes de sécheresse (IPCC, 2021).

En Algérie, on observe une **baisse des précipitations annuelles de 20 à 30 %** depuis les années 1970 dans certaines régions de l'intérieur (Meddi & Hubert, 2003).

### II.4.3. Les océans et niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer, liée à la fonte des glaces et à la dilatation thermique des océans, menace les zones côtières et les écosystèmes littoraux. Le scénario SSP5-8.5 du GIEC prévoit une hausse possible de **plus de 1 mètre d'ici 2100** (IPCC, 2021).

L'absorption accrue du CO<sub>2</sub> par les océans provoque une baisse du pH marin, nuisant aux organismes calcifiants comme les coraux, les mollusques et le plancton (IPCC, 2019).

### II.4.4. Fréquence accrue des événements extrêmes

Les vagues de chaleur, les sécheresses prolongées, les incendies de forêt et les tempêtes violentes deviennent plus fréquents et plus intenses. Ces événements sont associés à des pertes agricoles, humaines et économiques majeures (FAO, 2016).

« Il est très probable que les vagues de chaleur, les sécheresses et les fortes précipitations soient devenues plus fréquentes à l'échelle mondiale depuis 1950 » (IPCC, 2021).

### II.4.5. Modification des régimes de vent et circulation atmosphérique

Les changements climatiques modifient les **courants-jets**, les **alizés** et la **circulation méridienne**, affectant la répartition des masses d'air chaud et humide. Cela influence directement la dynamique saisonnière, notamment en zone semi-aride.

« Le déplacement vers le pôle de la circulation atmosphérique subtropicale affecte la répartition des précipitations dans les zones sèches » (IPCC, 2021).

### II.4.6. Variation du rayonnement solaire et de l'albédo

La **réduction de l'albédo** (pouvoir réfléchissant des surfaces) due à la fonte de la neige et des glaces augmente l'absorption de chaleur par la Terre. Cela accentue le réchauffement (rétroaction positive).

« La diminution de l'albédo due à la perte de neige amplifie le réchauffement en Arctique » (IPCC, 2019).

## **CHAPITRE II      L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

### **II.5. Des impacts des changements climatiques :**

Les changements climatiques présentent des défis complexes et interconnectés pour la gestion des ressources naturelles, la sécurité alimentaire et la santé publique, en particulier dans les régions sensibles comme les zones semi-arides.

#### **II.5.1. Impact du changement climatique sur les ressources en eau :**

Les transformations du régime hydrologique engendrées par les changements climatiques représentent un défi croissant pour la gestion durable des ressources en eau. Déjà soumises à des pressions importantes dans de nombreuses régions du monde, ces ressources seront encore plus sollicitées. En effet, le réchauffement climatique devrait intensifier les situations de stress hydrique dans les zones arides ou semi-arides, et pourrait même engendrer de nouvelles tensions hydriques dans des régions jusqu'ici bien pourvues en eau (Miletto, 2020).

Alors que la pénurie d'eau est souvent perçue comme un phénomène temporaire ou saisonnier, les projections climatiques laissent entrevoir une modification durable de la disponibilité en eau tout au long de l'année dans plusieurs régions. Ces perturbations comprennent la diminution des précipitations, la fonte accélérée des glaciers, l'évapotranspiration accrue et des changements dans la recharge des nappes phréatiques (UNESCO, 2019).

Par ailleurs, les changements climatiques se traduisent également par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, les précipitations extrêmes, les orages violents et les tempêtes côtières, qui affectent gravement le cycle hydrologique (Miletto, 2020).

Selon Stewart, ces changements hydrologiques posent non seulement un risque direct par l'altération des processus hydrométéorologiques, mais également un risque indirect pour des secteurs vitaux tels que la production d'énergie hydroélectrique, la sécurité alimentaire et le développement économique. Les sociétés devront adapter leurs stratégies de gestion de l'eau à cette nouvelle réalité climatique afin de préserver les équilibres socio-écologiques. (Stewart, 2020).

#### **II.5.2. Impact du changement climatique sur le sol :**

Le sol et l'influence du climat sur ses propriétés :

Le sol représente la couche superficielle de la croûte terrestre. Il constitue un système complexe et organisé dans l'espace, composé de particules minérales, de matières organiques issues de la décomposition de végétaux et d'animaux, ainsi que d'une diversité d'organismes

## **CHAPITRE II      L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

vivants. Ces éléments interagissent en permanence, créant ainsi une structure dynamique en constante évolution sous l'effet de divers facteurs environnementaux.

Parmi ces facteurs, le climat joue un rôle prépondérant dans la formation, la structure et la composition chimique du sol. Les alternances saisonnières, notamment entre les périodes humides et sèches, influencent fortement la dynamique des éléments chimiques dans le profil pédologique. En saison pluvieuse, les eaux de pluie entraînent un lessivage des éléments solubles, les déplaçant vers les horizons plus profonds du sol. En revanche, lors des périodes de sécheresse, l'évaporation intense de l'eau provoque une remontée capillaire des sels dissous, qui s'accumulent en surface et forment des efflorescences blanchâtres caractéristiques (El Afifi, 1985).

Cette interaction entre climat et sol est particulièrement marquée dans les régions arides et semi-arides, où les variations hydriques et thermiques sont prononcées, influençant directement la fertilité, la salinité et l'érosion des sols.

### **II.5.3. Impact du changement climatique sur la biodiversité et les écosystèmes:**

À l'échelle mondiale, les changements climatiques risquent de perturber profondément les écosystèmes naturels, menaçant la survie de nombreuses espèces animales et végétales, notamment les espèces sauvages et indigènes (Bourque, 2000 ; Saïda, 2007). Ces perturbations environnementales influencent fortement la dynamique des populations animales, la composition des communautés biologiques et la stabilité des habitats.

Dans la région du Québec, les conséquences du réchauffement climatique sur les habitats et les écosystèmes sont particulièrement marquées et déterminent directement les effets sur la biodiversité. Des recherches menées sur les ours polaires de la baie d'Hudson illustrent clairement l'impact d'une saison hivernale écourtée. Cette réduction de la période de glace affecte significativement leur habitat, leur santé, leur comportement ainsi que leurs capacités d'adaptation et d'évolution (Bourque, 2000).

Par ailleurs, plusieurs espèces aquatiques, comme certains poissons, sont sensibles à de légères variations de la température de l'eau. Ces changements peuvent, par exemple, influencer la détermination sexuelle des individus au sein de nouvelles populations, bouleversant ainsi les équilibres démographiques et les chaînes alimentaires locales.

Les oiseaux migrateurs et nicheurs, qui dépendent d'habitats précis pour une durée limitée durant leur cycle de vie, pourraient également subir les effets de modifications même mineures des écosystèmes. De tels dérèglements risquent d'interrompre leur cycle de reproduction ou de perturber leur comportement migratoire.

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

---

De plus, on suppose que la croissance importante des populations de chevreuils dans le sud du Québec est partiellement due à des hivers plus doux, caractérisés par une réduction de l'épaisseur du couvert neigeux, ce qui contribue à diminuer leur taux de mortalité durant la saison froide (Bourque, 2000).

### II.4.5. Les facteurs abiotique (climatiques) influençant sur la qualité de blé :

Les facteurs abiotiques, en particulier les conditions climatiques, jouent un rôle déterminant dans la qualité technologique du blé dur (*Triticum durum*), notamment dans les régions semi-arides en Algérie. Ces facteurs influencent divers paramètres tels que la teneur en protéines, la vitrosité des grains, le rendement en semoule et la qualité des produits transformés.

#### II.4.5.1. Température :

La température est un facteur abiotique majeur influençant la qualité du blé dur (*Triticum durum* Desf.), particulièrement dans les zones semi-arides comme la wilaya de M'Sila en Algérie. Les variations thermiques, qu'elles soient excessives ou insuffisantes, affectent divers paramètres technologiques du grain, tels que le rendement en semoule, la teneur en protéines, la vitrosité et la qualité sanitaire.

##### II.4.5.1.1. Effets des températures élevées :

Les températures élevées, notamment en fin de cycle, peuvent accélérer la maturation du blé, réduisant ainsi la durée de remplissage des grains. Cette accélération peut entraîner une diminution de la taille des grains, une baisse de la teneur en protéines et une altération de la vitrosité, affectant négativement la qualité technologique du blé dur. De plus, des températures supérieures à 30 °C pendant la phase de remplissage peuvent provoquer l'échaudage des grains, caractérisé par des grains déformés et de moindre qualité.

##### a. Réduction du poids des grains

Des températures élevées pendant la phase de remplissage des grains peuvent accélérer le développement, réduisant ainsi la durée de cette phase et entraînant une diminution du poids des grains. Par exemple, une augmentation des températures de 15/10 °C à 21/16 °C a réduit la durée de remplissage des grains de 60 à 36 jours, affectant ainsi le poids final des grains. (FAO,1996).

##### b. Altération de la qualité technologique

Le stress thermique peut également affecter la teneur en protéines et la vitrosité des grains, des critères essentiels pour la transformation en semoule et en pâtes alimentaires. Une étude sur la variété 'Karim' a montré que des régimes thermiques élevés peuvent diminuer la qualité technologique du blé dur. (Lasram, Aet al, 2009).

## **CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

### **II.4.5.1.2. Effets des températures basses sur la qualité du blé dur**

Les basses températures, notamment les gelées printanières, peuvent endommager les organes reproducteurs du blé, affectant la formation des grains et réduisant le rendement. La sensibilité au gel dépend du stade de développement de la plante. Par exemple, pendant le tallage, le blé peut supporter jusqu'à -12 °C sous abri, tandis qu'à partir de la montaison, il devient plus sensible, avec un seuil d'alerte de -5 à -7 °C sous abri. À la méiose, des températures autour de 0 °C peuvent avoir un impact sur la fertilité de l'épi. (Site ARVALIS, 2021).

#### **a. Sensibilité au gel selon le stade de développement**

Le blé dur est plus sensible au gel à certains stades de développement. Par exemple, pendant la montaison, des températures de -5 à -7 °C peuvent endommager la plante, tandis qu'à la méiose, des températures autour de 0 °C peuvent affecter la fertilité de l'épi. (Site ARVALIS, 2021).

#### **a. Impact sur la germination**

Des températures basses peuvent également affecter la germination des grains de blé dur, en modifiant l'activité enzymatique et en ralentissant les processus physiologiques essentiels. Cela peut entraîner une réduction de la vigueur des semences et une diminution du taux de germination. (Gouaidia, H et al,2020).

### **II.4.5.2. Eau :**

La disponibilité en eau est un facteur abiotique climatique essentiel influençant la qualité du blé dur (*Triticum durum*), notamment dans les régions semi-arides en Algérie. Le stress hydrique, qu'il soit dû à une sécheresse ou à un excès d'eau, peut affecter divers aspects de la croissance et de la qualité et impacte divers paramètres agronomiques et technologiques du blé dur.

#### **II.4.5.2.1. Impact du stress hydrique sur la qualité du blé dur**

##### **a. Réduction du poids des grains**

Le stress hydrique, notamment entre les stades de dernière feuille et de grain laiteux pâteux, peut entraîner une diminution significative du poids des grains. Cette période est critique, car le déficit hydrique peut limiter l'absorption de l'azote, affectant ainsi la croissance de la plante et la qualité du grain. (ARVALIS, Sans.date.).

##### **b. Diminution de la teneur en protéines**

Une disponibilité en eau insuffisante peut réduire la synthèse des protéines dans l'albumen du grain, affectant ainsi la qualité technologique du blé dur, notamment pour la fabrication de semoule et de pâtes alimentaires.

## **CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

### **c. Altération de la vitrosité**

Le stress hydrique peut provoquer une altération de la vitrosité des grains, les rendant plus farineux et moins translucides, ce qui est un critère de qualité important pour le blé dur.

### **d. Consommation en eau du blé dur**

Le blé dur a des besoins en eau spécifiques tout au long de son cycle de développement. En l'absence de stress hydrique, la consommation d'eau varie entre 350 et 500 mm, avec une moyenne de 435 mm. (Perspectives Agricoles,2023).

#### **II.4.5.2.2. Effets de l'excès d'eau sur la qualité du blé dur**

##### **a. Augmentation du taux de moucheture**

Des précipitations excessives après le début de l'épiaison peuvent favoriser le développement de la moucheture, caractérisée par des taches brunes à noires sur le grain, affectant la qualité de la semoule et des pâtes. (Perspectives Agricoles, 2021).

##### **b. Risque de germination sur pied**

Une humidité excessive en fin de cycle peut entraîner la germination des grains sur pied, réduisant leur qualité technologique et leur aptitude à la transformation.

#### **II.4.5.3. Lumière :**

La lumière est un facteur abiotique climatique essentiel influençant la qualité du blé dur (*Triticum durum*), notamment dans les régions semi-arides en Algérie. Elle joue un rôle crucial dans la photosynthèse, le développement morphologique et la qualité technologique des grains.

##### **II.4.5.3.1. Rôle de la lumière dans la croissance du blé dur**

###### **a. Photosynthèse et croissance végétative**

La lumière est indispensable à la photosynthèse, processus par lequel les plantes convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique. Une intensité lumineuse adéquate favorise une croissance optimale du blé dur, influençant positivement la biomasse et le rendement en grains. Un bon tallage est garanti par une exposition lumineuse suffisante, ce qui améliore la densité des épis et, par conséquent, le rendement. (KITOUNI Roumeisa, 2021).

###### **b. Photopériode et développement reproductif**

Le blé dur est une plante de jour long, nécessitant une photopériode supérieure à 14 heures pour une floraison optimale. Une durée d'éclairement adéquate est essentielle pour synchroniser les phases de développement, notamment la transition de la phase végétative à la phase reproductive, ce qui impacte directement la qualité et la quantité des grains produits. (INRA, Sans.date.).

## **CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

### **II.4.5.3.2. Influence de la lumière sur la qualité des grains**

#### **a. Synthèse des composés de qualité**

La lumière influence la synthèse de composés tels que les caroténoïdes, responsables de la couleur jaune caractéristique du blé dur. Une exposition lumineuse adéquate favorise l'accumulation de ces pigments, améliorant ainsi la qualité visuelle et nutritionnelle des grains. (ALLEL Romayssa, et al, 2021).

#### **b. Effets de la qualité de la lumière**

La qualité spectrale de la lumière, notamment la proportion de lumière bleue, affecte divers aspects du développement du blé. La lumière bleue régule l'ouverture des stomates, l'élongation des tiges et l'expansion des feuilles, ce qui influence la photosynthèse et, par conséquent, la qualité des grains. (Permacool, 2019).

### **II.4.5.4. Vents**

Le vent est un facteur abiotique climatique qui influence la qualité du blé dur (*Triticum durum*), notamment dans les régions semi-arides telles que la wilaya de M'Sila en Algérie. Ses effets peuvent être directs, en provoquant des dommages mécaniques, ou indirects, en modifiant les conditions environnementales autour de la plante, Ses effets varient en fonction de l'intensité, de la durée et du moment d'occurrence au cours du cycle de développement du blé.

#### **II.4.5.4.1. Effets mécaniques du vent sur le blé dur**

##### **a. Verse des tiges**

Des vents forts peuvent provoquer la verse, c'est-à-dire l'inclinaison ou la chute des tiges de blé. Ce phénomène peut entraîner une réduction du rendement et une altération de la qualité des grains. La verse complique également les opérations de récolte et peut augmenter les pertes post-récolte. (Arvalis - Institut du végétal, 2021).

##### **b. Anémomorphose**

L'exposition prolongée à des vents dominants peut entraîner des déformations morphologiques des plantes, connues sous le nom d'anémomorphose. Ces déformations peuvent affecter la croissance et le développement du blé, réduisant ainsi la qualité des grains produits. <https://ecohabib.jimdofree.com/ecologie/cours-pedagogiques/chapitre-02>

#### **II.4.5.4.2. Effets thermiques et physiologiques**

##### **a. Échaudage des grains**

Les vents chauds et secs, notamment pendant la phase de remplissage des grains, peuvent provoquer un échaudage, c'est-à-dire un dessèchement prématuré des grains. Cela se

## **CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

traduit par une diminution du poids des grains et une altération de leur qualité technologique. (Filali Manal, et al, 2021).

### **b. Stress hydrique accru**

Les vents augmentent l'évapotranspiration, entraînant une perte d'eau plus rapide chez les plantes. Ce stress hydrique peut affecter la photosynthèse et la synthèse des protéines, réduisant ainsi la qualité nutritionnelle du blé.

#### **II.4.5.4.3. Impact sur la reproduction et la pollinisation**

Pendant la phase de pollinisation, des vents forts peuvent perturber la libération et la dispersion du pollen, réduisant ainsi le taux de fécondation. Cela peut entraîner une diminution du nombre de grains par épi et affecter la qualité globale de la récolte.

#### **II.4.5.4.4. Rôle des brise-vents**

L'installation de haies ou de brise-vents peut atténuer les effets négatifs du vent sur le blé dur. Ces structures réduisent la vitesse du vent, protègent les cultures contre la verse et limitent les pertes d'eau par évapotranspiration, contribuant ainsi à une meilleure qualité des grains. (Reseau Haies, 2023).

### **II.6. Impact des changements climatiques sur les régimes de maladies et ravageurs des cultures :**

Les changements climatiques, en particulier l'augmentation des températures moyennes, la modification des régimes de précipitations et la fréquence accrue des événements extrêmes, influencent considérablement la dynamique des agents pathogènes et des ravageurs agricoles. L'élévation des températures favorise le développement plus rapide de nombreuses espèces d'insectes nuisibles (comme les pucerons, les criquets et les foreurs), accélérant leur cycle de reproduction, augmentant le nombre de générations par an, et facilitant leur expansion géographique vers des régions autrefois inhospitalières (Juroszek & von Tiedemann, 2013).

Les agents pathogènes fongiques, bactériens et viraux voient également leur propagation facilitée par les conditions climatiques instables. Par exemple, l'alternance humidité-chaleur favorise le développement de maladies telles que la rouille jaune du blé (*Puccinia striiformis*), la fusariose ou le mildiou. En Afrique du Nord, y compris en Algérie, des études ont montré une recrudescence de la septoriose et de la rouille brune dans les zones céréalières, en lien avec l'augmentation de la variabilité pluviométrique et thermique (Benbelkacem et al., 2020).

Par ailleurs, le stress abiotique (sécheresse, chaleur excessive) induit par le changement climatique affaiblit les plantes, les rendant plus sensibles aux attaques

## **CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

pathogènes. Cette situation oblige les agriculteurs à adapter leurs stratégies de gestion phytosanitaire : changements dans les calendriers de traitement, développement de variétés résistantes, surveillance accrue, et recours à des méthodes agroécologiques intégrées (Chakraborty & Newton, 2011).

Les ravageurs exotiques envahissants représentent une autre menace croissante. Le changement climatique facilite leur introduction et établissement dans de nouvelles zones : c'est le cas de la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*) qui menace désormais les cultures de maïs en Méditerranée (FAO, 2021). Ces nouvelles pressions compromettent la sécurité alimentaire et augmentent la dépendance aux intrants chimiques, ce qui pose également des défis environnementaux.

### **II.7. Changements climatiques et impacts sur l'agriculture**

L'agriculture est l'un des secteurs les plus vulnérables aux effets du changement climatique, car elle dépend directement des ressources naturelles comme l'eau, le sol, le climat et la biodiversité.

#### **II.7.1. Impacts directs sur la production agricole**

Les changements climatiques ont des effets multiples sur l'agriculture :

##### **II.7.1.1. Températures élevées**

- Accélération du cycle de croissance des cultures.
- Réduction du rendement, surtout pour les cultures sensibles aux températures critiques (comme le blé dur).
- Diminution de la fertilité des sols et augmentation de l'évapotranspiration.

L'augmentation des températures peut réduire la productivité agricole en perturbant le métabolisme des plantes et en augmentant l'évapotranspiration. Cela affecte particulièrement les cultures céréalières comme le blé, le maïs et le riz (Lobell et al., 2011).

Exemple : Le blé dur, culture majeure dans les zones semi-arides algériennes, montre une forte sensibilité aux températures  $> 32$  °C durant la floraison (Benmahioul et al, 2020).

##### **II.7.1.2. Stress hydrique et irrégularité des pluies**

- Réduction de la disponibilité en eau pour l'irrigation.
- Perturbation du calendrier agricole.
- Augmentation des risques de pertes de récoltes en cas de sécheresses prolongées.

Les sécheresses, de plus en plus fréquentes et prolongées, perturbent les calendriers agricoles, réduisent les rendements et augmentent la salinité des sols, entraînant une diminution de la disponibilité en eau pour l'irrigation et un risque accru de pertes de récoltes.

## CHAPITRE II L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur

---

Selon la FAO, d'ici 2050, le changement climatique pourrait réduire les rendements agricoles de 10 à 50 % dans certaines zones arides d'Afrique du Nord. (FAO, 2016)

### II.7.2. Impacts indirects sur les systèmes agricoles

#### II.7.2.1. Propagation accrue des maladies et ravageurs

- Changement de la répartition géographique des pathogènes.
- Augmentation de la fréquence des infestations.

Le réchauffement favorise la propagation d'insectes, champignons et pathogènes vers de nouvelles zones géographiques (FAO, 2021).

#### II.7.2.2. Dégradation des ressources naturelles

- Érosion des sols par pluies violentes.
- Salinisation accrue dans les zones irriguées sous climat aride.

Les inondations, les tempêtes et les vagues de chaleur détruisent les cultures, dégradent les sols et menacent la sécurité alimentaire, en particulier dans les zones semi-arides d'Afrique du Nord comme la wilaya de M'Sila (Ben Mohamed et al., 2002).

#### II.7.2.3. Incertitudes économiques

- Volatilité de la production et des prix.
- Fragilisation des revenus agricoles, surtout pour les petits exploitants.

### II.8. Adaptation agricole en zones semi-arides

Les cycles de développement des cultures sont perturbés. La floraison ou la maturation peuvent survenir trop tôt ou trop tard, exposant les cultures à des risques accrus de gel ou de stress thermique (IPCC, 2014).

Dans les zones comme la wilaya de M'Sila, les effets du changement climatique sont amplifiés par la **variabilité climatique interannuelle**, l'aridité naturelle, et la rareté des ressources hydriques. Les mesures d'adaptation incluent :

- L'introduction de variétés précoces et résistantes à la sécheresse.
- L'optimisation des techniques de conservation de l'eau (semis direct, paillage).
- L'amélioration des systèmes de prévision climatique.

(Hamdi et Terki ,2024) indiquent que dans la région de M'Sila, les agriculteurs perçoivent déjà une baisse de la qualité des grains de blé dur liée à la chaleur excessive et à la réduction de la durée de remplissage des grains.

#### Cas spécifique des zones semi-arides

Dans les zones semi-arides comme la wilaya de M'Sila, les impacts du changement climatique sont accentués par la rareté des ressources hydriques et la pauvreté des sols. Les rendements des cultures stratégiques comme le blé dur y sont en déclin, en raison des

## **CHAPITRE II      L'influence Générale de Climat Sur le Blé Dur**

---

sécheresses récurrentes, de la baisse de la pluviométrie et des pics de chaleur en période de floraison (Hamdi et al., 2024).



**PARTIE II**  
**PARTIE PRATIQUE**



## ***Chapitre III***

### *Présentation de la zone étude*

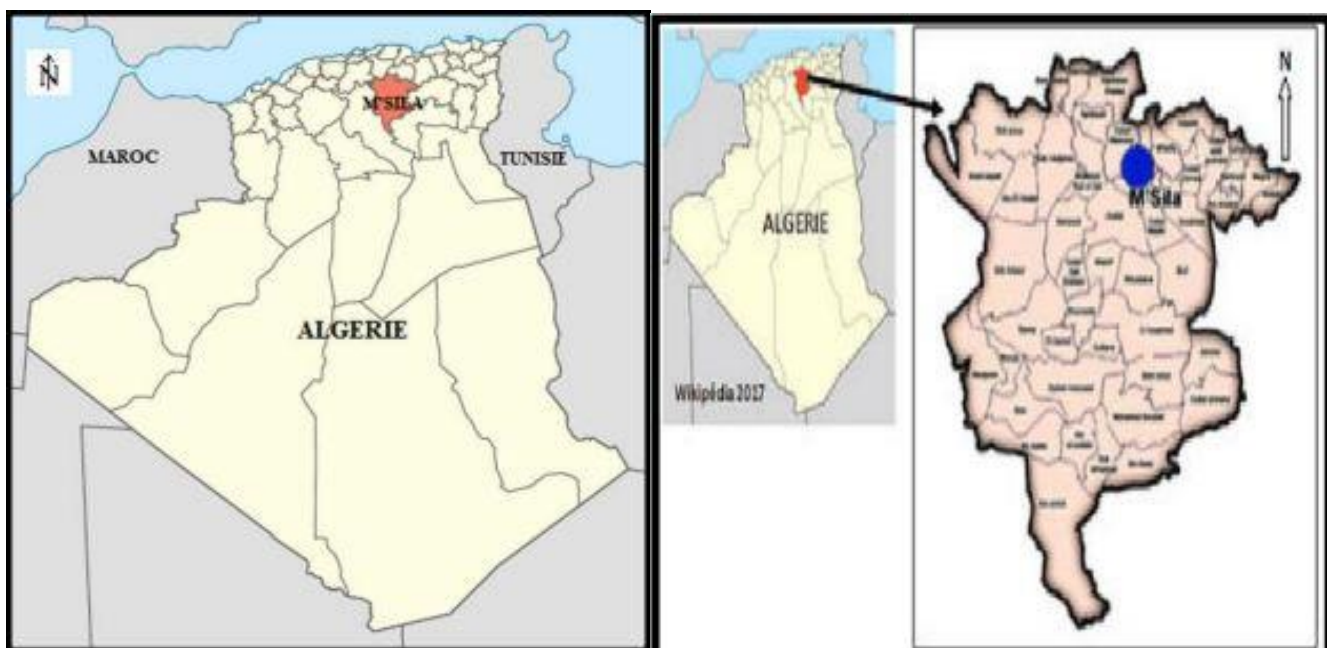
## III.1. Introduction partielle

Ce chapitre propose une analyse approfondie d'une région spécifique (M'sila) pour comprendre ses dynamiques environnementales, agricoles, économiques et sociales. L'objectif est de créer un cadre contextuel qui éclairera les problématiques et enjeux de cette zone.

La zone étudiée (Ouled Madhi avec Ouled Mansour) présente des caractéristiques géographiques, climatiques et démographiques uniques, influençant son potentiel agricole et ses interactions avec l'environnement. Cette présentation analyse la situation géographique, les conditions environnementales, les facteurs climatiques et l'importance de la zone, afin de contextualiser la problématique et de mettre en avant ses spécificités. Elle établit également les bases pour explorer les défis et opportunités propres à cette région.

## III.2. Situation Géographique De M'sila :

La wilaya de M'sila, dans ses frontières administratives actuelles, occupe une position stratégique au centre de l'Algérie septentrionale. Elle appartient à la région des Hauts Plateaux du Centre et couvre une superficie de 18 175 km<sup>2</sup> (Annuaire statistique de la wilaya de M'sila, 2020). Géographiquement, elle est localisée à une latitude de 35°40' Nord et une longitude de 4°30' Est, à une altitude moyenne d'environ 441 mètres. Relevant de la zone climatique semi-aride, la wilaya enregistre une pluviométrie annuelle inférieure à 250 mm. Elle est délimitée au nord-est par les wilayas de Bordj Bou-Arredj et de Sétif, au nord-ouest par celles de Médéa et de Bouira, à l'est par Batna, à l'ouest par Djelfa, et au sud-est par la wilaya de Biskra (voir Figure 08).



**Figure 07 :** Situation géographique de la zone d'étude <https://www.sima-sipsa.com>  
(15/05/2024)

**III.3. Topographie :**

La wilaya de M'Sila, située au centre de l'Algérie, présente une topographie variée influencée par sa position entre les montagnes du Tell au nord et l'Atlas saharien au sud. Cette configuration géographique confère à la région une diversité de reliefs et de paysages.

(<https://journals.openedition.org/insaniyat/27305>)

**III.3.1 Caractéristiques topographiques générales**

- \* **Altitude moyenne** : Environ 740 mètres.
- \* **Altitude minimale** : 122 mètres.
- \* **Altitude maximale** : 1 837 mètres.
- \* **Superficie** : 18 175 km<sup>2</sup>.

**III.3.2. Zones géographiques principales**

Le relief de la wilaya de M'Sila se compose de quatre zones géographiques principales :

(<https://www.dz-algerie.info/radio-msila>)

**III.3.2.1. Les Hauts Plateaux :**

Situés au centre de la wilaya, ces plateaux sont caractérisés par des altitudes moyennes et des terrains propices à l'agriculture, notamment la céréaliculture.

(<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>)

**III.3.2.2. Les zones montagneuses :**

Au nord, des formations montagneuses bordent la région, influençant le climat et les activités agricoles.

**III.3.2.3. Les plaines :**

Présentes principalement dans le bassin du Hodna, ces zones planes sont utilisées pour diverses activités agricoles. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>)

**III.3.2.4. Les zones steppiques :**

Au sud, la steppe domine le paysage, avec une végétation adaptée aux conditions semi-arides.

**III.3.3. Climat et hydrographie**

La wilaya de M'Sila bénéficie d'un climat semi-aride, avec des précipitations annuelles inférieures à 250 mm. L'oued Ksob est l'un des principaux cours d'eau traversant la région, jouant un rôle crucial dans l'irrigation des terres agricoles.

(<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>)

## III.4. Effet des changements dans la région étude :

### III.4.1 Description de la région d'étude :

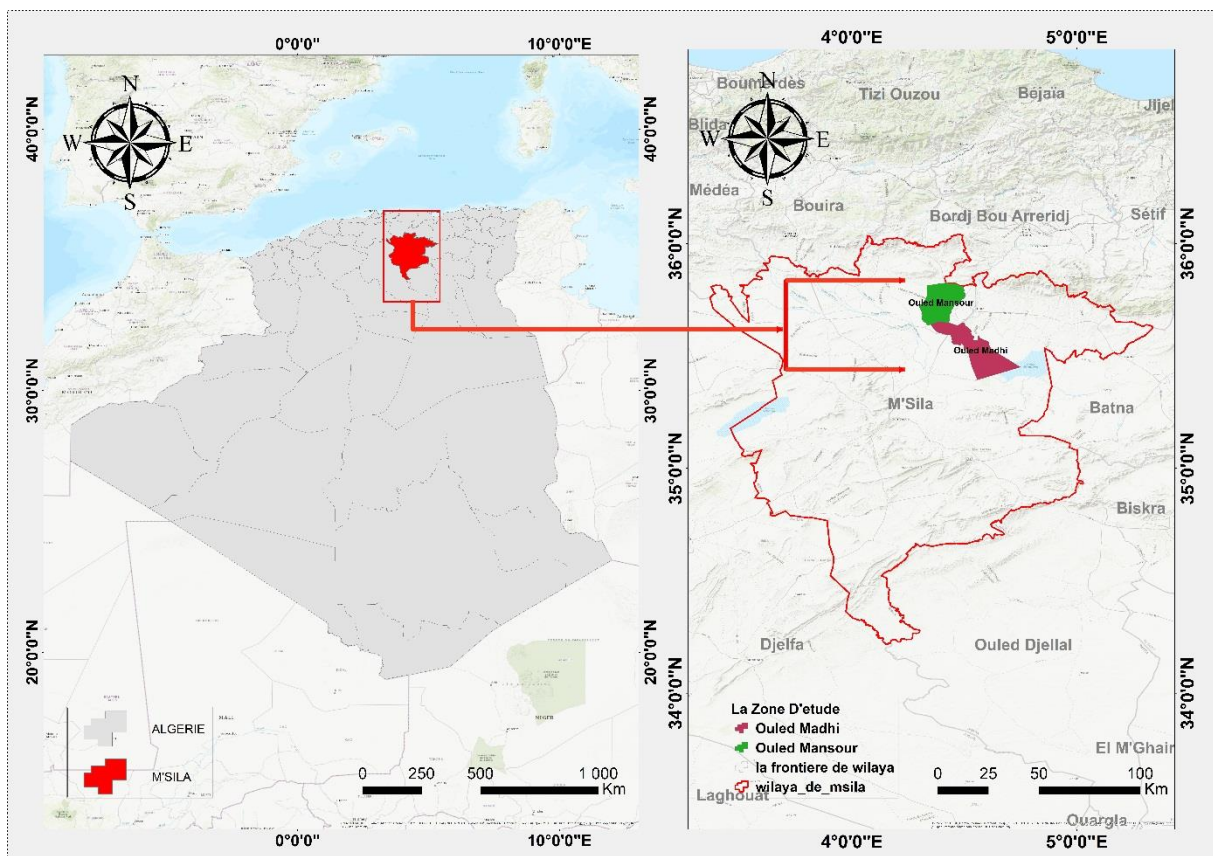
Les deux communes (d'Ouled Madhi avec Ouled Mansour) se trouvent dans la plaine du Hodna, une grande dépression entourée de montagnes de moyenne ou basse altitude. Cette plaine se distingue par ses sols limoneux au nord et a abrité une civilisation avancée durant l'époque romaine, comme le montrent les ruines et vestiges archéologiques présents dans la région.

#### III.4.1.1 Situation géographique :

La commune d'Ouled Madhi avec Ouled Mansour se trouve au nord-est de la wilaya de M'Sila. Elle est bordée au nord par la daïra de Hammam Dhalaa, à l'est par Souamaa et M'tarfa, et au sud souamaa et chaat El-Hodna, l'ouest par Chellal.

Hydrographie est L'oued Ksob, un cours d'eau essentiel pour l'agriculture locale, traverse la commune.

Coordonnées est Latitude  $35.7295^{\circ}$  N, Longitude  $4.3963^{\circ}$  E, La commune se situe à environ 485 mètres d'altitude par rapport au niveau de la mer.



**Figure 08 : carte de la zone étude M'sila (BAKRI et BENZAOU2025).**

**III.4.1.2. Climat de la région étude :**

Climat : La région bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds (classification de Köppen : Csa).

La wilaya de M'Sila, incluant Ouled Madhi et Ouled Mansour, est caractérisée par un climat semi-aride, avec des précipitations annuelles généralement inférieures à 250 mm avec température moyenne annuelle est environ 20,5 °C. Cette aridité influence les pratiques agricoles locales, nécessitant des techniques adaptées pour la gestion de l'eau et la culture des plantes résistantes à la sécheresse.

**III.4.2. Ressources hydriques****III.4.2.1. Eaux souterraines**

La région repose principalement sur des nappes phréatiques peu profondes, souvent surexploitées pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. La qualité de ces eaux est variable, avec des problèmes de salinité et de contamination par les nitrates dans certaines zones. Des études ont montré que la conductivité électrique des eaux d'irrigation peut atteindre des niveaux élevés, indiquant une salinité préoccupante pour l'agriculture. (Bensaïssa, M., & Boukhane, M.,2015)

**III.4.2.2. Eaux de surface**

Les ressources en eaux de surface sont limitées. Les oueds locaux sont souvent à sec, sauf pendant les périodes de crue. Le Chott El Hodna, situé au sud de la région, agit comme un bassin de réception pour les eaux de ruissellement, mais son utilisation est restreinte en raison de sa salinité élevée. (Meriem BOULTIF, 2018).

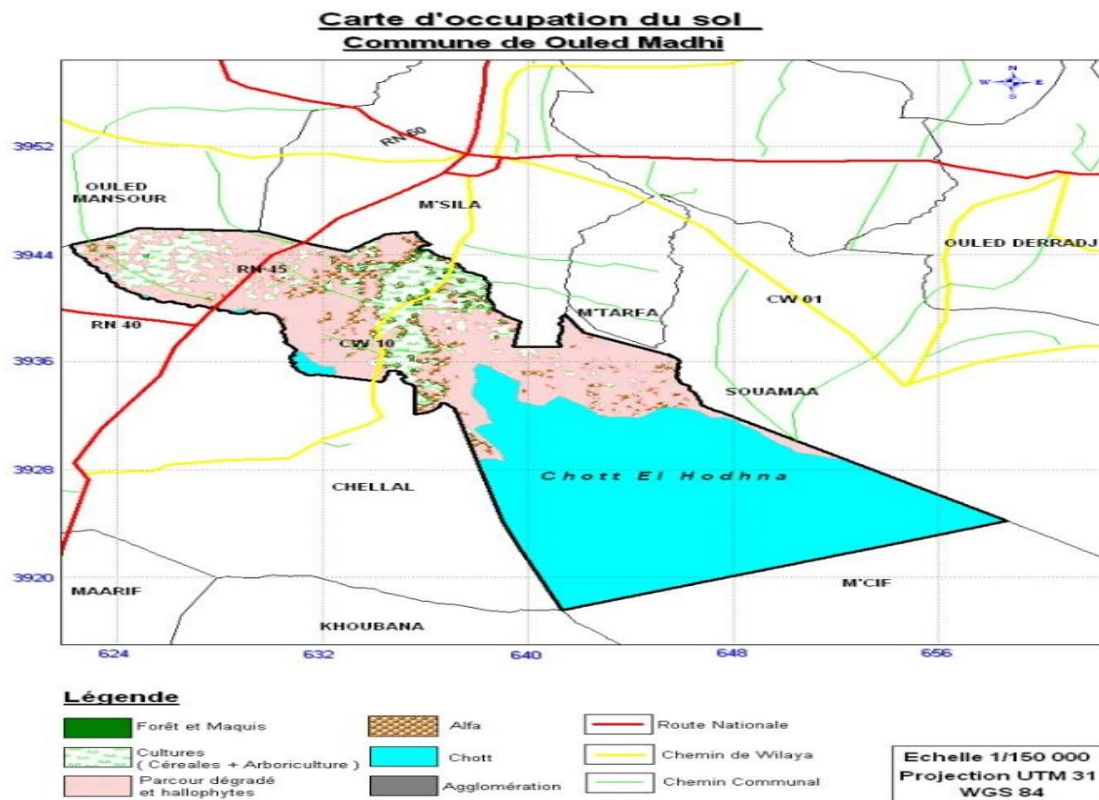
**III.4.2.3. Infrastructures hydrauliques**

Des efforts ont été déployés pour améliorer l'accès à l'eau dans la région. Par exemple, la commune d'Ouled Madhi dispose d'une station d'épuration des eaux usées, contribuant à la réutilisation de l'eau traitée pour l'irrigation. De plus, des puits artésiens ont été mis en service dans les environs pour renforcer l'alimentation en eau potable. (Site Radio Algérienne, 2016).

**III.4.3. La nature de sol :**

La région englobant Ouled Madhi et Ouled Mansour, situées dans la wilaya de M'Sila en Algérie, présente des caractéristiques pédologiques spécifiques influencées par sa position géographique au sein du bassin du Hodna. Cette zone semi-aride est soumise à des contraintes hydriques notables, affectant la nature des sols et leur aptitude à l'agriculture.

La commune de Ouled Madhi se situe dans la zone sud de la wilaya de M'Sila, en zone steppique à climat semi-aride, bordée au sud par le Chott El Hodna.



Source : Conservation des forêts M'sila 2021

Figure 09 : Carte d'occupation du sol commune de Ouled Madhi

Cette situation géographique influence directement la nature des sols qui s'y trouvent :

1. Sols argileux expansifs

- Répartition : zones agricoles intérieures.
- Propriétés : grande capacité de rétention d'eau, mais sujets au gonflement et au retrait.
- Conséquence : risque géotechnique pour les infrastructures sans traitement préalable.

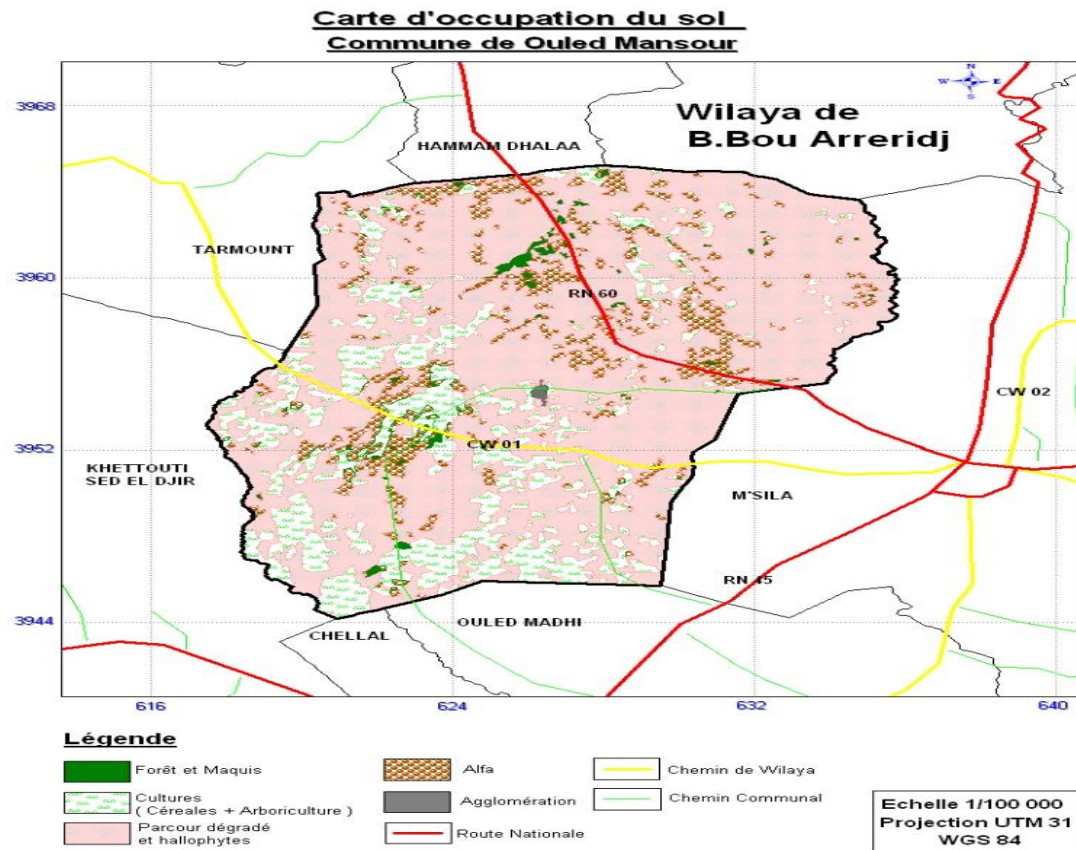
2. Sols salinisés (proches du Chott El Hodna)

- Caractérisés par une forte concentration en sels.
- Impact : faible productivité agricole sans drainage adapté.
- Recommandations : aménagements hydrauliques nécessaires.

3. Sols sableux-argileux mixtes

- Présents sur les zones périphériques.
- Propriétés : perméabilité moyenne, adaptés à des cultures résistantes à la sécheresse.

La commune de Ouled Mansour, située au nord de la wilaya de M'Sila, est localisée dans une zone steppique à influence semi-aride. Cette position géographique et la proximité des reliefs du Hodna influencent fortement la nature de ses sols.



**Source : Conservation des forêts M'sila 2021**

**Figure N°10 : Carte d'occupation du sol commune de Ouled Mansour**

#### III.4.3.1. Types de sols identifiés

- \* **Sols calcimagnésiques à encroûtement calcaire** Présents sur les plateaux et glacis. Sols peu profonds, caillouteux, riches en carbonate de calcium. Faible perméabilité.
- \* **Sols peu évolués** Localisés sur les pentes, caractérisés par une absence d'horizons différenciés. Faible fertilité, sujets à l'érosion.
- \* **Sols halomorphes** Présents près du Chott El Hodna. Riches en sels solubles, affectent la croissance des plantes. Nécessitent des techniques de drainage.
- \* **Sols hydromorphes** Très localisés. Influencés par une nappe phréatique proche. Teneur élevée en calcaire et faible en matière organique.
- \* **Sols isohumiques (type sierozem)** de teinte rouge foncé, avec accumulation de calcaire en profondeur. Utilisés pour certaines cultures résistantes à la sécheresse. (Ghadbane, A.,2024)

**III.4.3.2. Texture des sols :**

Les sols de la région sont principalement composés de :

- **Terrasses caillouteuses** : Présentes notamment dans les zones ouest et nord-ouest, ces sols sont constitués de matériaux grossiers avec une faible capacité de rétention d'eau.
- **Limon fin** : Dominant dans les parties sud et sud-ouest, ce type de sol offre une meilleure rétention d'eau et est plus favorable à l'agriculture.
- **Argilo-limoneux** : Situés à l'est de l'oued Ksob et au nord le long de sa vallée, ces sols combinent une bonne rétention d'eau avec une structure favorable à la culture. (Lakhdar, H. Y., & Abbas, L., 2015).

**III.4.3.3. Structure des sols :**

La structure des sols dans cette région est influencée par plusieurs facteurs (L. M. LUCA, 2021) :

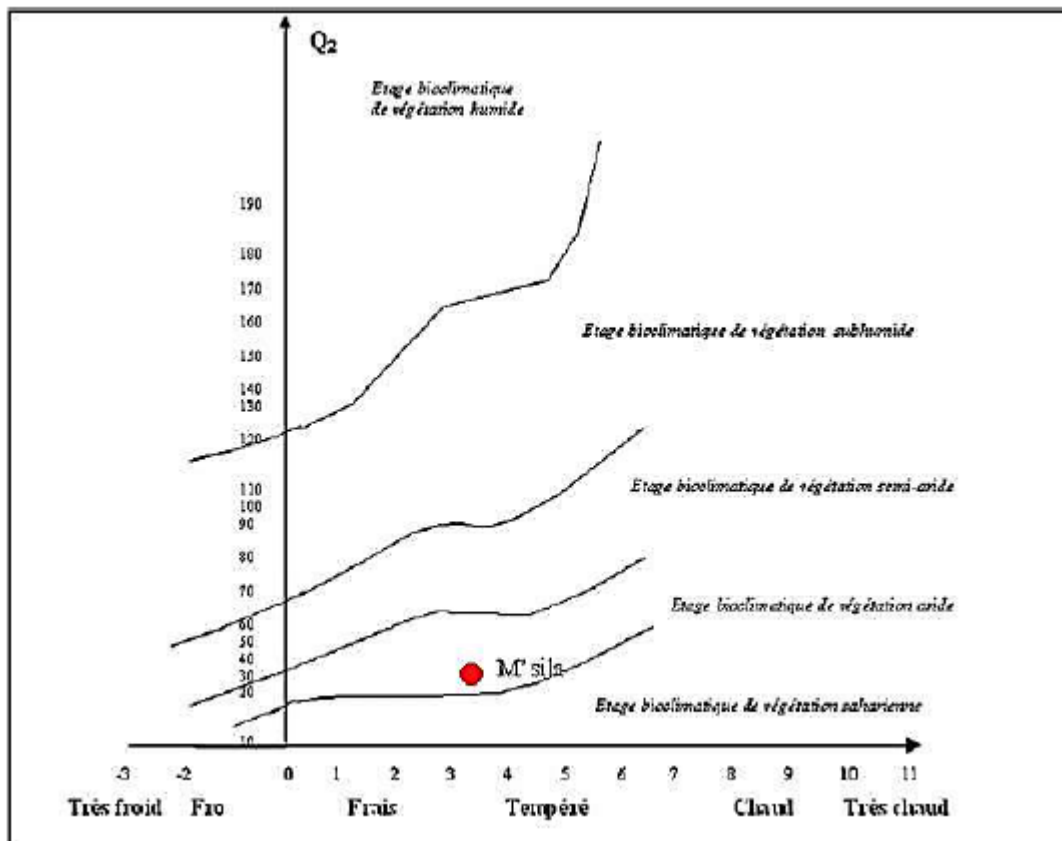
- **Activité éolienne** : La présence de vents forts peut entraîner la formation de croûtes superficielles, réduisant l'infiltration de l'eau et augmentant le ruissellement.
- **Salinité** : L'utilisation intensive des nappes phréatiques pour l'irrigation, combinée à une évaporation élevée, peut conduire à l'accumulation de sels en surface, affectant la structure du sol et sa fertilité.
- **Compactage** : Les pratiques agricoles intensives sans rotation des cultures peuvent entraîner un compactage du sol, réduisant sa porosité et affectant la croissance des racines.

**III.4.4. Étude climatique****III.6. Climat :**

Le climat constitue l'un des principaux facteurs affectant la dégradation des sols et la végétation (Djebaili, 1978 ; Boulaine, 1971 ; Torrent, 1995). Pour décrire la qualité du climat, il est essentiel de spatialiser les données climatiques. Afin d'éviter les méthodes d'interpolation spatiale et de régression statistique, qui nécessitent une grande quantité de données climatiques provenant d'un maximum de stations météorologiques, nous avons choisi d'utiliser des données spatialisées issues de la base de données climatiques mondiale. Ces données ont été moyennées sur la période 1991-2020 pour les donner climatiques (précipitations, la température, le vent, humidité et insolation).

La région de M'Sila présente un climat continental, marqué par des étés secs et très chauds, ainsi que des hivers très froids. Avec un quotient climatique d'environ  $Q^2=22,58$  et une température moyenne de 3,3 °C durant le mois le plus froid, M'Sila se classe dans l'étage

bioclimatique aride à hiver tempéré. Le climagramme d'Emberger illustre la situation climatique de cette zone (voir figure N°16).



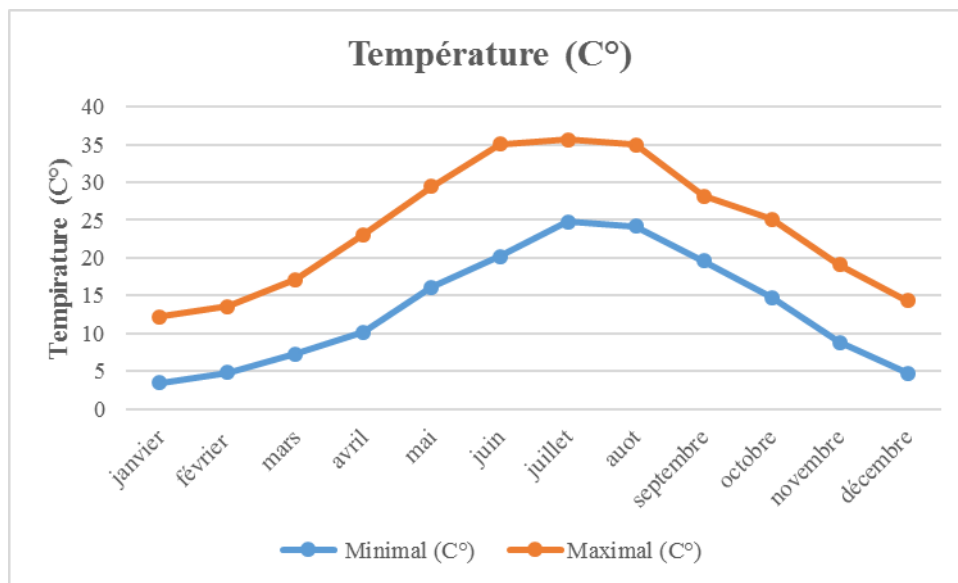
Source : SMM et infoclimat.fr, 2020

Figure N°11 : Localisation de la région de M'Sila dans le climagramme d'Emberger pour la période 1981-2020.

Les données climatiques utilisées couvrent la période de 1981 à 2020. Elles proviennent du site infoclimat.fr et de la station météorologique de M'Sila (SMM), située à la sortie sud de la ville de M'Sila.

**III.6.1. Température :**

Les températures atteignent leur maximum en été et leur minimum en hiver (voir Figure 17). Le mois de juillet affiche la température moyenne maximale extrême la plus élevée, à 35 °C. En revanche, les températures les plus basses de l'hiver sont observées en janvier, avec une température moyenne minimale de 3,5 °C.

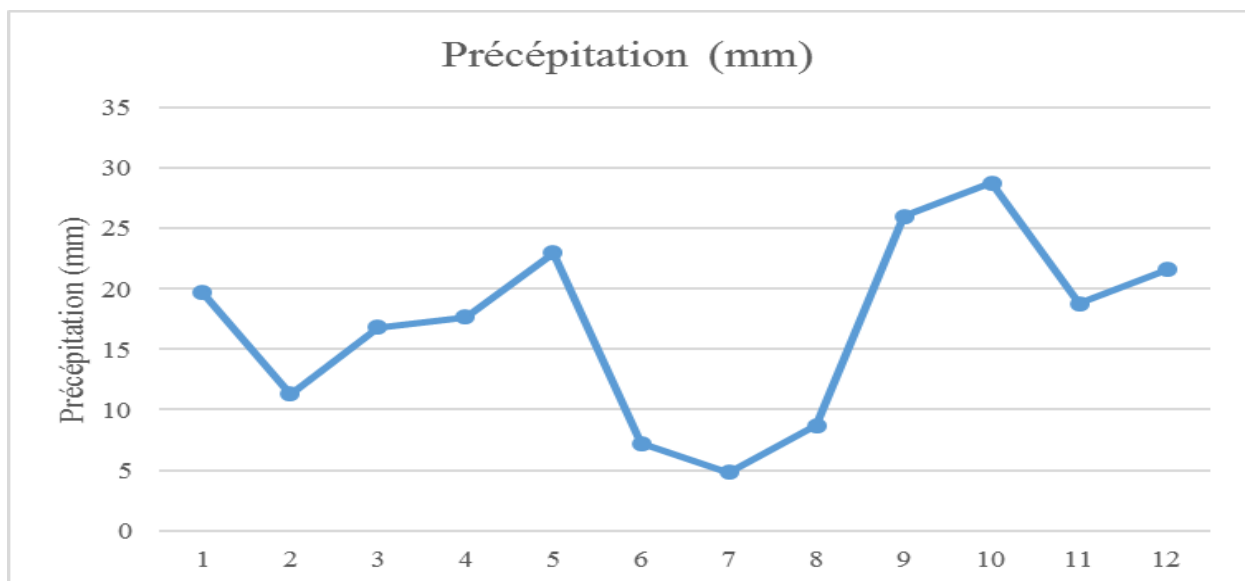


Source : SMM et infoclimat.fr, 2025.

Figure N°12 : Variations des Températures mensuelles, minimales et maximales (en C°) de 1991 à 2020.

III.6.2. Précipitation :

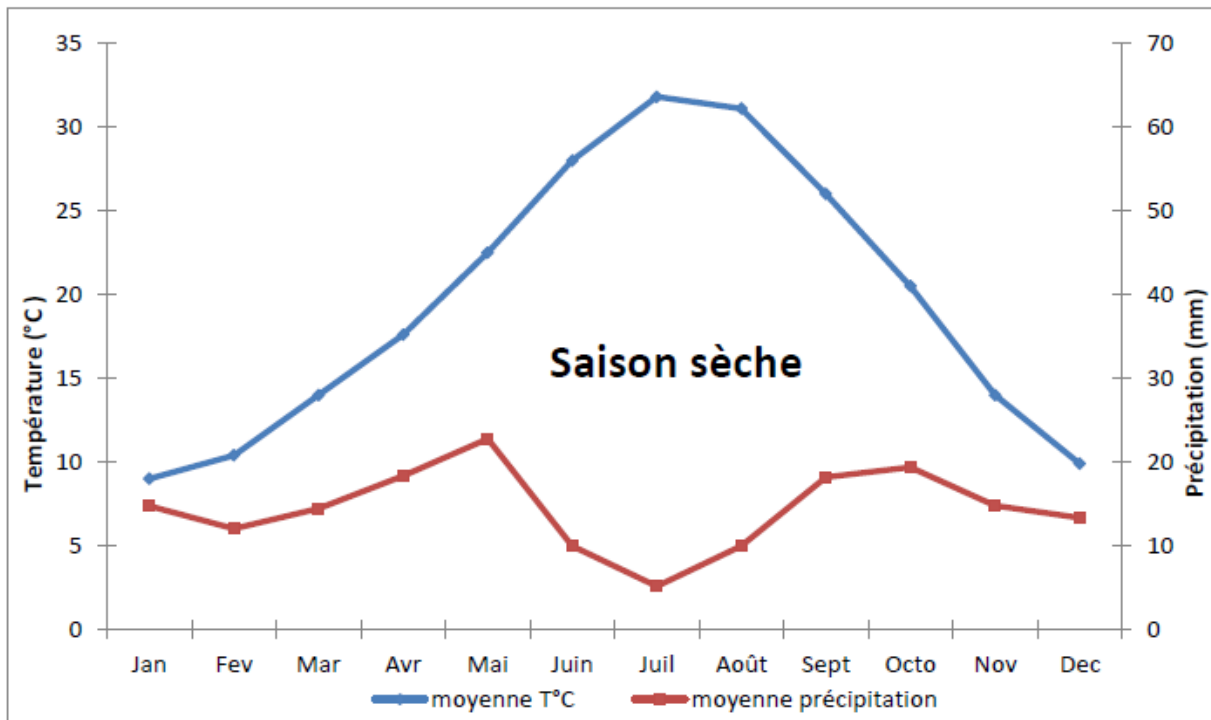
Les précipitations dans la région de M'Sila sont généralement faibles et irrégulières, tant d'une année à l'autre qu'au sein d'une même année, comme l'illustrent la figure N°18. Le mois de mai se distingue comme le plus pluvieux, avec une moyenne de 22,8 mm de précipitations, tandis que juillet est le mois le moins arrosé, avec seulement 5,2 mm.



Source : SMM et infoclimat.fr, 2025.

Figure N°13 : Variations mensuelles des précipitations (en mm) de 1991 à 2020.

Le diagramme ombrothermique établi à partir du système de **Bagnouls et Gausson (1957)**, montre que la saison sèche s'étale sur toute l'année (**Figure N°19**). Cela reflète le degré d'aridité de la région. Un mois étant considéré comme étant sec lorsque la pluviosité (mm) est égale ou inférieure au double de la température moyenne mensuelle.

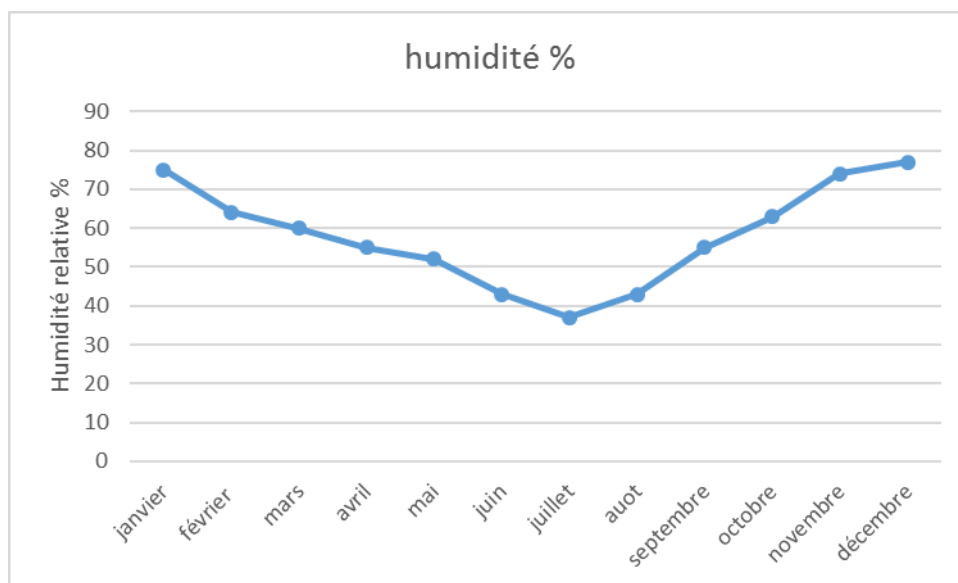


Source : SMM et infoclimat.fr, 2020.

Figure N°14 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de M'Sila

### III.6.3. Humidité :

L'humidité relative moyenne atteint son maximum durant le trimestre de novembre à janvier, dépassant les 70 %. En revanche, en juillet, elle chute en dessous de 40 %, représentant ainsi le taux le plus bas de l'année, à 36,5 % (voir Figure N°20).

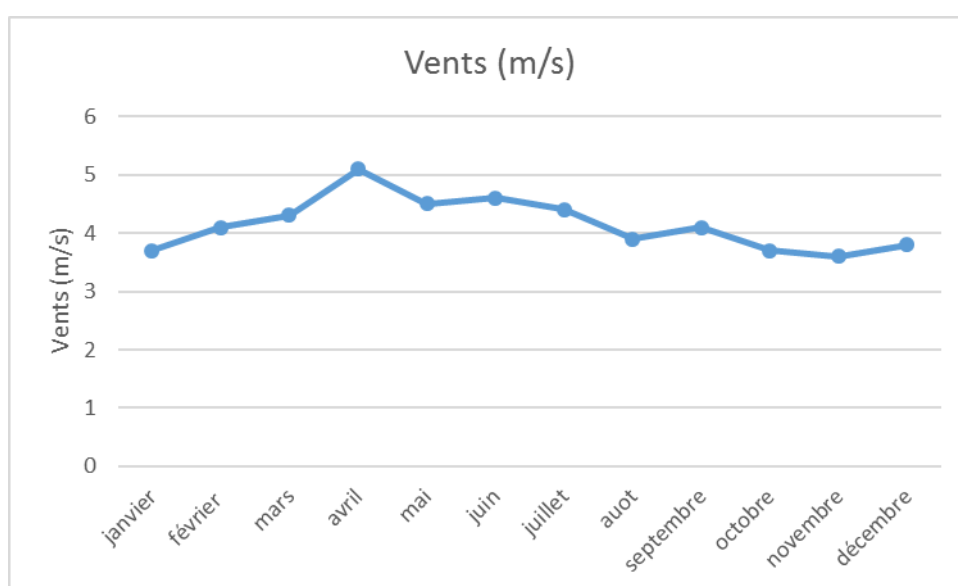


Source : SMM et infoclimat.fr, 2025.

Figure N°15 : Variations mensuelles d’humidité (en %) de 1991 à 2020.

III.6.4. Vent :

En règle générale, les vents présentent une vitesse faible à modérée, ne dépassant pas 5,49 m/s. Les vents dominants en hiver et au printemps proviennent du Nord-Ouest et sont relativement humides. En été, les vents d'Est sont chauds et secs, et peuvent parfois transporter du sable. Les vents du nord, fréquents en hiver, contribuent à des conditions plus fraîches et sèches. En été, les vents du sud, notamment le Sirocco, apportent des rafales chaudes et sèches, réduisant l'humidité relative de l'air à des niveaux inférieurs à 10 %.

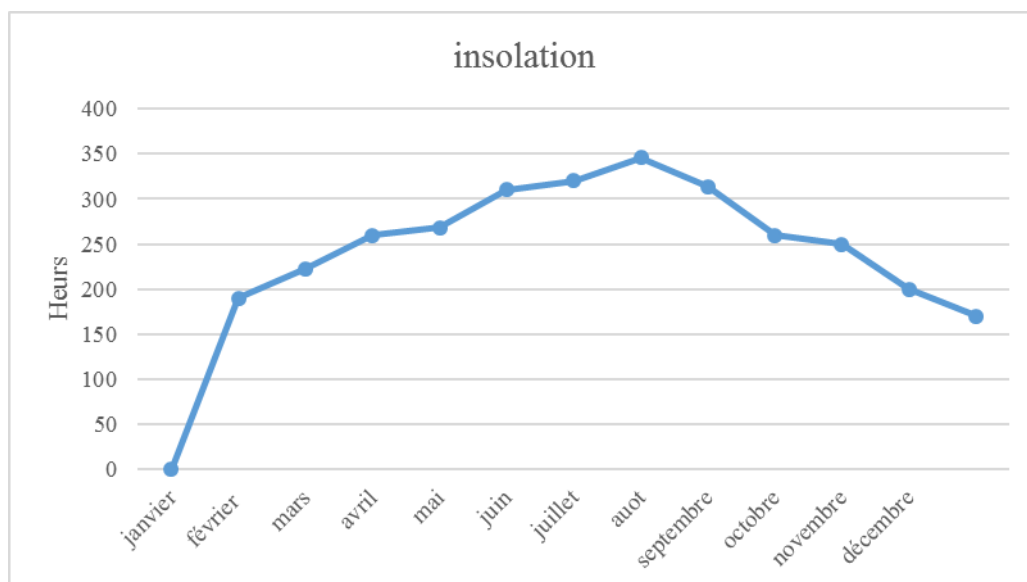


Source : SMM et infoclimat.fr, 2025.

**Figure N°16 :** Variations mensuelles des vents (en m/s) de 1991 à 2020.

### III.6.5. Insolation :

Les rayonnements solaires qui atteignent la surface terrestre ont un impact significatif sur les écosystèmes animal et végétal. En moyenne, la durée d'insolation est de 8,5 heures par jour, totalisant environ 3 099 heures d'ensoleillement par an. Le mois de juillet enregistre la durée d'insolation la plus élevée, avec 11,1 heures par jour, tandis que décembre présente la durée la plus courte, avec seulement 5,6 heures par jour. La figure N°22 illustre l'évolution de la durée moyenne d'insolation mensuelle, qui varie de 169 heures en décembre à 344 heures en juillet.



**Source :** SMM et infoclimat.fr, 2020.

**Figure N°17 :** Variations mensuelles de l'insolation moyenne (heures) (1991-2020).

### III.4. L'agriculture dans la wilaya Msila :

L'agriculture dans la wilaya de M'Sila, située au centre de l'Algérie, joue un rôle crucial dans l'économie locale, malgré les défis posés par le climat semi-aride de la région. La wilaya est principalement agropastorale, avec des activités agricoles diversifiées allant de la céréaliculture à l'arboriculture fruitière.

#### III.5.1. Les céréalicultures dans la wilaya Msila :

La céréaliculture est l'une des principales activités agricoles de la wilaya. Lors de la campagne agricole 2023-2024, une production de plus de 530 000 quintaux de diverses céréales est attendue, marquant une augmentation significative par rapport aux 210 000 quintaux produits la saison précédente. (Site Algérie Eco, 14 mai 2024).

Par ailleurs, la superficie dédiée à la production de semences de céréales est en expansion. Elle passera de 500 hectares à 3 000 hectares dès la saison agricole 2024, grâce aux efforts conjoints de la Direction des Services Agricoles (DSA) et de la Coopérative des Céréales et des Légumineuses Sèches

La céréaliculture constitue un pilier fondamental de l'économie agricole dans la wilaya de M'Sila, située au centre de l'Algérie. Malgré les défis posés par un climat semi-aride, la région a enregistré des avancées notables ces dernières années, tant en termes de superficies cultivées que de rendements.

### III.5.1.1. Superficies emblavées et production :

Lors de la campagne agricole 2023-2024, la wilaya de M'Sila a consacré environ 63 000 hectares à la culture des céréales, contre 54 000 hectares la saison précédente, marquant une augmentation de 16 %. Cette expansion a permis d'atteindre une production prévisionnelle de plus de 530 000 quintaux de diverses céréales, soit une hausse significative par rapport aux 210 000 quintaux récoltés lors de la campagne précédente. (Site Algérie Eco, 14 mai 2024).

Par ailleurs, la quantité de semences distribuée aux agriculteurs a connu une augmentation notable, passant de 27 000 quintaux lors de la saison 2022-2023 à 60 000 quintaux pour la campagne 2023-2024. (Crésus, 2023).

### III.5.1.2. Types de céréales cultivées :

Les principales céréales cultivées dans la région comprennent :

- \* **Blé dur** : Culture prédominante, adaptée aux conditions climatiques locales.
- \* **Blé tendre** : Moins répandu, mais présent dans certaines zones.
- \* **Orge** : Souvent utilisée pour l'alimentation animale.
- \* **Avoine** : Cultivée en quantités moindres.

Ces cultures sont principalement destinées à la consommation locale et à l'approvisionnement des marchés régionaux.

### III.5.1.3. Irrigation et infrastructures :

L'extension des superficies irriguées a également contribué à l'augmentation de la production céréalière. La superficie irriguée est passée de 35 000 hectares à 40 000 hectares entre les campagnes 2022-2023 et 2023-2024. (Crésus, 2023).

Pour soutenir cette croissance, des infrastructures de stockage ont été développées. Par exemple, le projet d'aménagement des silos de céréales d'Aïn Lahdjel est en cours de finalisation, ce qui permettra d'améliorer la capacité de stockage et de conservation des récoltes.

**III.5.2. Le Blé dure dans la wilaya Msila :**

Le blé dur (*Triticum durum*) occupe une place prépondérante dans l'agriculture de la wilaya de M'Sila, située au centre de l'Algérie. Cette culture est particulièrement adaptée aux conditions semi-arides de la région, caractérisées par des précipitations limitées et une forte variabilité climatique. (ABADA Mariem, GASMI Hdjer, 2020).

**III.5.2.1. Superficies et production**

Lors de la campagne agricole 2023-2024, la wilaya de M'Sila a enregistré une production prévisionnelle de plus de 530 000 quintaux de céréales, toutes variétés confondues, sur une superficie emblavée dépassant 63 000 hectares. Cette performance représente une augmentation significative par rapport à la saison précédente, où 210 000 quintaux avaient été récoltés sur 54 000 hectares. L'extension des superficies irriguées, passant de 35 000 à 40 000 hectares, a également contribué à cette amélioration. (Site Algérie Eco, 14 mai 2024).

Bien que les données spécifiques au blé dur dans la wilaya de M'Sila ne soient pas détaillées dans les sources disponibles, il est important de noter que, au niveau national, le blé dur est la céréale la plus représentée, devant l'orge et le blé tendre. La production nationale de blé dur varie fortement en fonction de la pluviométrie, avec une moyenne de 36,3 millions de quintaux sur les campagnes agricoles de 2007/2008 à 2010/2011.

**III.5.2.2. Variétés cultivées et techniques agronomiques**

Des études menées dans la région ont évalué le comportement de différentes variétés de blé dur face à des contraintes abiotiques telles que la salinité des sols et le stress hydrique. Par exemple, une recherche a porté sur la comparaison de la réponse de plusieurs variétés de blé dur cultivées en semis direct dans une zone semi-aride, mettant en évidence des différences significatives en termes de rendement et de tolérance au stress. (ABADA Mariem, GASMI Hdjer, 2020).

La mise en œuvre de techniques telles que le semis direct et la rotation culturale est également explorée pour améliorer la durabilité de la céréaliculture dans la région. Ces pratiques visent à préserver la qualité des sols et à optimiser l'utilisation des ressources en eau. (ABADA Mariem, GASMI Hdjer, 2020).

**III.5.2.3. Infrastructures et soutien institutionnel**

Pour soutenir le développement de la céréaliculture, des infrastructures telles que des silos de stockage sont en cours de mise en service dans la wilaya de M'Sila. Par exemple, le projet d'aménagement des silos de céréales d'Aïn Lahdjel vise à améliorer la capacité de stockage et la gestion des récoltes. (Algérie Presse Service, 2023).

Par ailleurs, des initiatives gouvernementales ont été mises en place pour encourager les agriculteurs, notamment par le biais de subventions, de la fourniture de semences et de l'amélioration des infrastructures agricoles.

(CCLS). Une station de triage et de traitement des semences, d'une capacité de stockage de 80 000 quintaux, a été mise en place dans la commune de Sidi Aïssa pour soutenir cette initiative. (Site El Watan., 11 juillet 2023).

### **III.5.3. Cultures fourragères et maïs :**

La culture du maïs, notamment le maïs jaune sous pivot, connaît également une croissance. La superficie consacrée à cette culture est passée de 6 230 hectares à 7 440 hectares. Lors de la campagne précédente, une production de 221 130 quintaux de maïs jaune a été réalisée sur une superficie de 3 922 hectares, avec un rendement moyen de 51 quintaux par hectare. De plus, la production de maïs fourrager ensilage a atteint 860 000 quintaux sur une superficie de 3 370 hectares. (Site Algérie Eco, 14 mai 2024).

### **III.5.3. Arboriculture fruitière :**

L'arboriculture fruitière est un autre pilier de l'agriculture à M'Sila. Une production de 502 000 quintaux d'abricots est attendue pour la saison agricole en cours (2023-2024). (Site El Watan., 4 juin 2024).

L'oléiculture, notamment dans la région d'El-Hodna, connaît une progression considérable. La culture de l'olivier y est de plus en plus importante, aux côtés de l'abricotier et du pommier. Cette expansion est soutenue par des études visant à caractériser l'oléiculture et à déterminer les contraintes abiotiques influençant sa répartition. (Benderradji L.1, et al., 2023).

### **III.5.4. Infrastructures agricoles :**

Pour soutenir le développement agricole, des infrastructures telles que des silos de stockage de céréales sont en cours de mise en service. Par exemple, le projet d'aménagement des silos de céréales d'Aïn Lahdjel permettra d'augmenter de 200 000 quintaux les capacités de stockage locales. D'autres projets similaires sont prévus dans les communes d'Aïn El Melh et de Khebana. (Site El Watan., 4 juin 2024).



***Chapitres IV***  
*Méthodologie de travail*

**IV.1. Introduction :**

La méthodologie de travail constitue une étape essentielle dans toute recherche scientifique. Elle détermine les outils, les techniques et les méthodes adoptés pour atteindre les objectifs fixés et répondre aux questions posées. Dans ce chapitre, nous présentons les outils méthodologiques utilisés pour réaliser des analyses de la qualité du blé dur afin de connaître les effets des changements climatiques sur la qualité du blé dur.

**IV.2. Objectif :**

Notre étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et technologique de 6 variétés de blé dur cultivés dans la région de M'sila (Ouled Madi, Ouled Mansour) afin de les comparer en fonction des conditions climatiques locales.

**IV.3. Présentation des lieux de stages :****IV.3.1. Présentation de CCLS :**

La Coopérative de Céréales et Légumes Secs (CCLS) de la wilaya de M'sila a été créée le 5 juin 1975, par une décision du ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, sous le numéro 01342.

Les missions et activités de la CCLS incluent :

- ✚ La collecte, le conditionnement, la conservation, le stockage, la distribution et la commercialisation des céréales et légumes secs, ainsi que des engrais et des pesticides.
- ✚ L'encadrement et l'assistance aux producteurs dans toutes les étapes de la production des céréales et de leurs semences, comprenant le travail du sol, la préparation des lits de semences, le semis, le désherbage, la fertilisation, les traitements fongiques et insecticides, l'irrigation d'appoint, la moisson, le battage, le bottelage et le transport.

**IV.3.2. Présentation des moulins HODHNA E.R.I.A.D actuellement AGRODIV :**

Les Moulins du Hodna à M'sila constituent un complexe industriel et commercial de la filiale céréales de Constantine, qui fait partie du groupe AGRODIV. Cette entité a été précédemment intégrée à la SN SEMPAC, chargée depuis 1965 de la transformation des blés, et a hérité d'installations datant de la période coloniale, comprenant 62 minoteries, 23 semouleries et 9 usines de pâtes alimentaires.

Les activités de la société « Les Moulins du Hodna » ont débuté en avril 1981. En 1993, elle a élargi ses opérations en semoulerie, suivie d'une rénovation en 1998 qui a permis d'augmenter sa capacité de production en semoulerie et en minoterie. Actuellement, l'entreprise emploie 207 personnes et se spécialise dans la production et la commercialisation de semoules, de farines et de sous-produits de meunerie.

Les principaux atouts des Moulins du Hodna à M'sila résident dans ses employés et leur expertise. Les connaissances, compétences et expériences de l'équipe forment la base de l'entreprise. Ils s'engagent à façonner l'avenir de la marque en s'appuyant sur les forces et les capacités de leurs collaborateurs, tout en répondant aux exigences des clients.

### IV.4. Echantillonnage :

Notre travail consiste à sélectionner six variétés de blé dur cultivées dans les régions d'Oulad Madi et d'Oulad Mansour (M'sila) et à les soumettre à des analyses pour évaluer les éléments physiques et chimiques de leur qualité, afin de déterminer les variétés adaptées à chaque région.

#### IV.4.1. Matériels végétaux :

Les matériaux végétaux se concentrent sur le choix de six variétés de blé dur cultivées dans ces régions (Oulad Madi et Oulad Mansour) et sur la présentation de leurs informations spécifiques à chaque variété.

**Tableau 03** : Présentation d'échantillons de blé dur mise à l'étude.

Variétés étudiées	Nomenclature	Provenance géographique	Mois de plantation	Mois de récolte
VITRON	<i>Triticum durum Desf.</i>	turky	Octobre	Juillet
SEMITO	<i>Triticum durum Desf.</i>	Italie	Novembre / Décembre	Juin
OUED EL BARED	<i>Triticum durum Desf.</i>	Local	Octobre / Novembre	Juin / Juillet
BOUSELAM	<i>Triticum durum Desf.</i>	Local	Novembre / Décembre	Mai/juin
MGRESE	<i>Triticum durum Desf.</i>	Local	Novembre / Décembre	Mai/juin
OUED FAGUES	<i>Triticum durum Desf.</i>	Local	Novembre / Décembre	Mai/juin

**IV.4.1.1. Variété BOUSELAM :**

La variété Bousselem est un cultivar de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) largement cultivé en Algérie. Elle est reconnue pour sa précocité, sa productivité et ses caractéristiques technologiques, qui la rendent idéale pour la fabrication de semoule et de couscous.

Bousselem résulte d'un croisement entre les lignées Heider, Martes et Huevos d'Oro, développé par le CIMMYT-ICARDA sous le code ICD-414. Son introduction en Algérie visait à améliorer la productivité et la qualité des cultures de blé dur.

Cette variété est précoce, avec un cycle de croissance de 104 jours, ce qui la rend particulièrement adaptée aux zones où la saison de croissance est courte. Elle affiche un rendement moyen de 14,7 quintaux par hectare, se situant entre des variétés plus productives comme le GTA dur (19,58 q/ha) et des variétés moins productives comme le MBB (9,9 q/ha). Bousselem s'adapte bien aux diverses conditions climatiques de l'Algérie, notamment dans les régions semi-arides. Elle montre une tolérance modérée au stress hydrique et salin. L'inoculation avec des mycorhizes améliore sa résistance au stress salin en augmentant la teneur en eau des feuilles et la surface du couvert végétal.

**IV.4.1.2. Variété Megress :**

La variété Megress est un cultivar de blé dur développé en Algérie, apprécié pour sa précocité, sa productivité et ses qualités technologiques pour la semoule et le couscous. Issue de programmes de sélection, elle est conçue pour les conditions climatiques locales, notamment en zones semi-arides. Megress se distingue par son rendement élevé et sa tolérance modérée au stress hydrique et salin, ce qui la rend adaptée aux diverses conditions climatiques du pays.

**IV.4.1.3. Variété OUED EL BARED :**

Cette nouvelle variété est principalement cultivée dans les hauts plateaux et les plaines intérieures. Elle se caractérise par un cycle végétatif précoce, un fort tallage, ainsi qu'une bonne tolérance au froid et à la sécheresse. À maturité, la plante atteint une hauteur moyenne, avec des épis de couleur blanche dont les barbes deviennent noires à maturité. La plante est dressée, ses épis affichent une glaucescence modérée, une forme pyramidale et une compacité moyenne. De plus, elle présente une bonne résistance aux maladies (**Biskri, 2023**).

**IV.4.1.4. Variété VITRON :**

Originnaire d'Espagne, cette variété se distingue par sa paille de hauteur moyenne à élever, son cycle végétatif demi-précoce et son tallage modéré. Elle est particulièrement adaptée aux zones arides et semi-arides. À noter que la variété VITRON possède une paille moelleuse en coupe transversale et des grains allongés.

**IV.4.1.5. Variété SEMITO :**

Semée entre la mi-novembre et la mi-décembre, cette variété se caractérise par des épis de taille moyenne, de couleur blanche, et une hauteur de plante à maturité variant entre 90 cm et 100 cm. Son cycle végétatif est semi-précoce, avec un tallage important. Bien qu'elle soit sensible à la sécheresse, elle montre une bonne tolérance au froid et une résistance appréciable aux maladies.

**IV.4.1.6. Variété OUED FAGUES :**

La variété Oued Fagues de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) est une sélection locale d'Algérie, principalement cultivée dans l'est du pays. Bien que les données spécifiques sur cette variété soient rares dans la littérature scientifique, elle est appréciée pour sa bonne adaptation aux conditions agro climatiques locales, en particulier dans les zones semi-arides de l'Algérie, et est principalement utilisée pour la production de semoule destinée à la fabrication de couscous et de pâtes alimentaires.

Origine : Cette variété est une sélection locale algérienne, probablement issue de pratiques agricoles traditionnelles de la région d'Oued Fagues.

**IV.5. Caractérisation physicochimiques de blé dur :****IV.5.1. Agréage :****IV.5.1.1. Taux des impuretés :****IV.5.1.1.1. Principe (NA 1830 : 2009) (ISO 5223 : 1995)**

La détermination du taux d'impuretés implique la séparation des petits grains, des grains cassés, des grains étrangers, des grains dégermés et d'autres éléments indésirables présents dans 100 grammes de blé sale.

**IV.5.1.1.2. Définitions**

Les impuretés comprennent les grains de blé endommagés ainsi que tous les éléments organiques et inorganiques autres que les grains de blé concernés.

Grains de blé endommagés : Cette catégorie inclut les types de grains suivants :

- Grains cassés : Ce sont des grains de blé dont l'albumen est partiellement exposé, y compris les grains dégermés.

- Grains échaudés : Ce sont des grains de taille et de masse réduites, dont la réserve de matières nutritives a été interrompue en raison de facteurs physiologiques ou pathologiques. Ils passent à travers un tamis à trous arrondis de 1,90 mm pour le blé dur et de 1,70 mm pour le blé tendre.
- Grains avariés : Cette catégorie comprend :
  - ✓ Grains moisiss : Grains présentant des moisissures visibles à l'œil nu sur plus de 50 % de leur surface et/ou dans l'amande.
  - ✓ Grains endommagés par la chaleur : Grains présentant une coloration allant du marron foncé au noir, causée par l'exposition à la chaleur.
- Grains endommagés par des prédateurs : il s'agit de grains visibles à l'œil nu, présentant des dommages causés par des rongeurs, des insectes, des acariens ou d'autres organismes nuisibles.
- Grains germés : bien que les grains germés ne soient pas considérés en tant que tels, leur présence entraîne une activité  $\alpha$ -amylasique, qui se mesure par l'indice de chute.  
Autres céréales : grains provenant d'espèces différentes de celle concernée.  
Matières étrangères : impuretés au sens strict.  
Après avoir éliminé les grains nuisibles, toxiques et l'ergot, cette catégorie inclut les impuretés de plus de 3,5 mm de largeur (à l'exception des grains d'autres céréales et des grains partiellement considérés comme impuretés).  
Les impuretés présentes dans les échantillons passent à travers un tamis à fentes de 3,5 mm et sont retenues par un tamis à fentes de 1 mm.  
Grains nuisibles et/ou toxiques : graines qui, lorsqu'elles sont présentes en quantité supérieure à un seuil déterminé, peuvent avoir des effets néfastes ou dangereux sur le plan sanitaire, organoleptique ou technologique.  
Grains cariés : grains contenant une poussière à odeur fétide, composée de spores de champignons responsables de la carie, tels que *Tilletia tritici*, *Tilletia foetida* et *Tilletia controversa*.

Ergot : sclérote du champignon *Claviceps purpurea*.

### IV.5.1.1.3. Appareillage

- Diviseur d'échantillon
- Balance analytique
- Tamis en inox de 3,5 mm
- Tamis à tôle perforée avec des trous de 2,1 mm x 20 mm

### IV.5.1.1.4. Mode opératoire

La classification des impuretés dans un échantillon de blé se déroule en trois étapes principales :

1. Tamisage de l'échantillon à l'aide d'un tamis de 3,5 mm pour éliminer les matières inertes.
2. Tamisage de l'échantillon avec un tamis de 2 mm pour séparer les grains cassés, les grains échaudés et les grains maigres.
3. Tri manuel des autres impuretés après un examen visuel de l'échantillon.

### IV.5.1.1.5. Expression des résultats

Après avoir séparé les différentes impuretés, celles-ci sont pesées. Les résultats sont ensuite exprimés en pourcentage (%) par rapport à 100 grammes de blé brut.

### IV.5.1.2. Taux de mitadinage

#### IV.5.1.2.1. Principe (NA1183 :1990) (ISO 5532/1987)

Après avoir éliminé les impuretés par tamisage et triage manuel, les grains sont ensuite découpés à l'aide du farinotome de Pohl.

#### IV.5.1.2.2. Appareillage

- ✓ Farinotome de Pohl.
- ✓ Pince.
- ✓ Scalpel.
- ✓ Bac ou cuvette.

#### IV.5.1.2.3. Mode opératoire

- La recherche est réalisée sur un échantillon de 100 g, après avoir séparé les éléments qui ne correspondent pas à des céréales de base de qualité irréprochable.
- Étendre l'échantillon dans un bac et bien homogénéiser.
- Après avoir inséré une plaque dans le farinotome, déposer une poignée de grains sur la partie mobile pour les maintenir en place, puis les couper.
- Préparer suffisamment de plaques pour que, au minimum, 600 grains soient coupés.
- Compter le nombre de grains mitadinés, même partiellement.
- Calculer le pourcentage de grains mitadinés, même partiellement.

**IV.5.1.2.4. Expression des résultats :**

Pourcentage de grains mitadinés, même partiellement, dans l'échantillon analysé.

$$\text{Taux de Mitadinage (\%)} = \frac{M \times (100 - L)}{100} \quad \text{Où :}$$

L : La masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable en grammes.

M : Le pourcentage de mitadinés même partiels des grains propres examinés.

**IV.5.1.3-Taux de moucheture :****IV.5.1.3.1. Principe (NA 1183 : 1990) (ISO 5532/1987)**

Après avoir mélangé le contenu d'un sac contenant du blé dur propre, un échantillon de 100 g est prélevé. Les grains mouchetés sont ensuite évalués visuellement à partir de cet échantillon de 100 g.

**IV.5.1.3.2. Appareillage**

- ✓ Diviseur d'échantillon
- ✓ Balance analytique
- ✓ Tamis à tôle perforée avec des trous de 2,1 mm x 20 mm
- ✓ Tamis en inox de 3,5 mm
- ✓ Scalpel
- ✓ Pince (pour l'extraction des grains mouchetés)

**IV.5.1.3.3. Mode opératoire**

1. Prélever environ 100 g de l'échantillon à l'aide du diviseur d'échantillon et peser avec une précision de 0,1 g. Noter cette masse sous la désignation m.
2. Placer l'échantillon sur le tamis et agiter manuellement ou mécaniquement pendant 30 secondes.
3. Éliminer les matériaux qui passent à travers le tamis.
4. À l'aide d'une pince, retirer les impuretés de l'échantillon retenu sur le tamis.
5. Étaler l'échantillon sur une surface plane.
6. Examiner chaque grain à l'œil nu et mettre de côté tous les grains présentant des marques visibles.

**IV.5.1.3.4. Expression des résultats :**

Le taux de moucheture est exprimé en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\text{Taux de Moucheture (\%)} = \frac{m_1}{m} \times 100 \quad \text{Où :}$$

$m_1$  : est la masse en gramme du blé moucheté.

$m$  : est la masse en grammes du prélèvement



**Examinassions de moucheture après élimination des impuretés de blé sale**



**Détermination de mitadinage par Farinotome de Pohl.**

**Figure 18 : L'agréage (Photo originale, 2024).**

**IV.5.2- Poids spécifique (PS)****IV.5.2.1. Principe (NA19111 : 2020) (ISO 7971-3 : 2019)**

La masse à l'hectolitre de blé est déterminée en mesurant la masse d'un volume de blé, dans des conditions contrôlées de remplissage et d'écoulement de l'échantillon. Cette mesure peut être influencée par :

- a) L'espace vide entre les grains, qui dépend de leur taille et de leur forme.
- b) La densité des grains.

**IV.5.2.2. Appareillage :**

- Un instrument de mesure manuel, comprenant une trémie de remplissage, un récipient mesureur et les accessoires nécessaires à leur utilisation (Niléma-litre).
- Une balance analytique.

**IV.5.2.3. Mode opératoire**

- ✓ Vérifiez que tous les composants de l'instrument sont propres et en bon état de fonctionnement.
- ✓ Pesez le cylindre de Niléma-litre lorsqu'il est vide.
- ✓ Assurez-vous que le récipient mesureur, équipé du dispositif de remplissage, est placé sur une surface stable et plane, en vérifiant son niveau à l'aide d'un niveau à bulle.
- ✓ Remplissez le cylindre avec du blé.
- ✓ Pesez le cylindre de Niléma-litre contenant la quantité de blé.

**IV.5.2.4. Expression des résultats :**

$$PS \left( \frac{Kg}{hl} \right) = M2 - M1 \quad \text{Où :}$$

PS : Poids spécifique.

M1 : Masse récipient vide.

M2 : Masse récipient rempli.



**Figure 19 :** Mesure de poids spécifique (Niléma-Litre) (Photo originale, 2024).

**IV.5.3-Poids de mille grains (PMG)****IV.5.3.1. Principe (NA 731 : 2013) (ISO 520 : 2010)**

Le processus consiste à peser une quantité d'échantillon, à séparer les grains entiers, puis à peser le reste. Ensuite, on compte le nombre de grains entiers. La masse totale des grains entiers est divisée par leur nombre, et le résultat est exprimé pour 1000 grains.

**IV.5.3.2. Appareillage :**

- ✓ Un appareil adapté pour le comptage des grains (NUMIGRAL).
- ✓ Une balance précise à 0,01 gramme.

**IV.5.3.3. Mode opératoire :**

1. Prélever au hasard une quantité d'échantillon correspondant approximativement à la masse de 500 grains.
2. Peser le reste avec une précision de 0,01 gramme, puis déduire la masse des grains entiers par différence. Compter ces grains à l'aide du compteur de grains.
3. Réaliser deux essais sur le même échantillon.
4. Sur un échantillon distinct, déterminer la teneur en eau selon la méthode ISO 712.

**IV.5.3.4. Expression des résultats**

- La masse  $m_H$  en grammes de 1000 grains entiers tels quels, est donnée par la formule :

$$m_H = (m_0 \times 1000) / N \quad \text{Où :}$$

$m_H$  : masse Humide

$m$  : masse, en gramme, des grains entiers

$N$  = le nombre de grains entiers contenus dans la masse  $m_0$ .

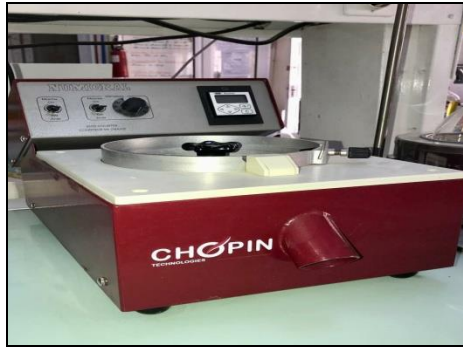
-La masse  $m_S$  en gramme de 1000 grains sur sec est donnée par la formule :

$$m_S = (m_H \times (100 - H)) / 100 \quad \text{Où :}$$

$m_S$  : masse Humide

$H$  : est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse des grains tels quels.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux essais.



**Figure 20 :** Mesure de poids de mille grains (NUMIGRAL) (Photo originale, 2024).

#### **IV.5.4. Teneur en protéines totale**

##### **IV.5.4.1. Principe (NA 1185 : 2018) (ISO 1871 : 2009)**

La détermination de la teneur en protéines totales s'effectue selon la méthode de KJELDAHL. Ce processus commence par la minéralisation de l'échantillon à l'aide d'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, suivie d'une alcalinisation des produits de la réaction et d'une distillation. L'ammoniac ainsi libéré est ensuite titré avec une solution d'acide sulfurique à 0,1 N par méthode volumétrique, jusqu'à ce qu'un changement de couleur vers le rose soit observé (indiqué par la phénolphtaléine).

##### **IV.5.4.2. Appareillage :**

- ✓ Moulin d'essai.
- ✓ Distillateur.
- ✓ Matras KJELDAHL.
- ✓ Balance analytique.

##### **IV.5.4.3. Réactifs :**

- ✓ Catalyseur préparé au préalable.
- ✓ Hydroxyde de sodium (NaOH).
- ✓ Acide sulfurique.
- ✓ Acide borique.

##### **IV.5.4.4. Mode opératoire :**

###### **Étape 1 : Minéralisation**

- ✓ - Pesez 2 grammes de l'échantillon à broyer.
- ✓ - Transférez l'échantillon dans le tube de minéralisation.
- ✓ - Ajoutez 20 ml d'acide sulfurique et 2 g de catalyseur préalablement préparé.
- ✓ - Insérez le portoir de tubes.
- ✓ - Placez le dispositif d'aspiration.
- ✓ - Laissez agir pendant 4 heures.

- ✓ - Transférez la solution obtenue dans une fiole jaugée de 100 ml et complétez avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre le volume de 100 ml (première solution).

### Étape 2 : Distillation

- ✓ - Prenez 20 ml de la première solution et ajoutez 20 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH).
- ✓ - Placez le minéralisât dans le distillateur à gauche.
- ✓ - Positionnez l'Erlenmeyer contenant l'acide borique à droite.
- ✓ - Laissez le système fonctionner jusqu'à la fin de la distillation.

### Étape 3 : Titrage

- ✓ - Effectuez le titrage de l'ensemble de la solution avec de l'acide sulfurique 0,1 N par la méthode volumétrique, jusqu'à ce que la couleur vire au rose.

#### IV.5.4.5. Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en (%) de protéines par rapport à la matière sèche :

$$\text{Teneur en Azote (\%MS)} = \left(\frac{100}{20}\right) \times \left(\frac{0,014 \times V \times 100}{M}\right) \quad \text{Où :}$$

- 0.014 : constante exprimée en (g) d'azote nécessaire pour une solution d' $\text{HSO}_4$ , 0.1N
- ✓ V : volume en millilitre de la solution d'acide sulfurique versé à la burette lors du titrage.
- ✓ M : masse en gramme de la prise d'essai (1 gramme)

$$\text{Teneur de protéine (\%MS)} = \text{TA} \times 5,7 \times \left(\frac{100}{100-H}\right) \quad \text{Où :}$$

TA : Teneur en azote exprimée en (%) en masse de produit.

H : Humidité.

5,7 : coefficient de conversion de l'azote en protéines totales.



**Distillateur d'Azote**



**Minéralisateur**

**Figure 21** : Détermination de taux des protéines (Photo originale, 2024).



## **CHAPITRE V**

### *Résultats et discussion*

### V.1. Introduction partielle

Ce chapitre représente une étape essentielle dans tout programme scientifique, car il permet de présenter, d'analyser et d'interpréter les données obtenues au cours de l'étude. Dans ce chapitre, nous mettons en lumière les résultats tirés de la qualité des variétés de blé dur pour les évaluer et connaître les effets des changements climatiques sur elles, et les comparer aux connaissances existantes.

### V.1. Caractéristiques physicochimiques de blé dur

Les résultats des analyses physicochimiques des blés mises à l'étude sont exprimés en (moyen  $\pm$  écart type) avec (3 répétitions) ( $n = 3$ ) en utilisant le programme Microsoft (Excel Office 365).

#### V.1.1. Agréage

##### V.1.1.1. Impuretés totales

La présence des impuretés influe directement le rendement semoulier des blés en endommageant les bilans quantitatifs de la mouture (débris métalliques, pierres...). Certaines impuretés est toxiques pour le consommateur (nielles, ergots...) et présente des risques pour une bonne conservation, aussi la présence des grains cassés facilite l'entrée des microorganismes à l'intérieur du grain.

Basent sur les données de la région **Oulad Madhi** de tableau (), la variété de blé dur OUED EL BARED a enregistré un taux d'impuretés le plus élevé et égal à ( $12.48 \% \pm 0.4$ ), suivi par la variété SEMITO ( $6.69 \% \pm 0.18$ ) et la variété VITRON ( $2.99 \% \pm 0.09$ ); avec les données de la région **Oulad Mansour** de tableau (), la variété de blé dur OUED FAGUESE a enregistré un taux d'impuretés le plus élevé et égal à ( $11,003 \pm 0,006$ ), suivi par la variété MEGRES ( $5,16 \pm 0,14$ ) et la variété BOUSELAME ( $5,995 \pm 1,16$ ). Les variétés de blés dur SEMITO, VITRON, MEGRES et BOUSELAME sont conformes aux normes Algériennes (NA 1830) qui adoptent des valeurs d'impuretés inférieures à 10%, les variétés de blé dur OUED EL BARED et OUED FAGUESE sont non conforme.

Les résultats déclarés après des études précédentes sur le taux d'impuretés dans des variétés de blé local étaient mitigés : **Zekkari (2013)** ( $9.83 \%$ ), **Ghezali (2014)** ( $20.47 \%$ ), **Khadhraoui (2023)** ( $03.39 \%$ ) et **Ben salem (2024)** ( $7.36 \% \pm 0.24$ ).

Les variations dans ces résultats sont principalement dues au traitement chimique des herbes et plantes autre que les plants de blé, ainsi qu'à la mesure dans laquelle des méthodes avancées sont utilisées pour éliminer les impuretés lors de la récolte. Il est également à noter que d'après certaines études, il existe une corrélation opposée entre le taux d'impuretés (impuretés de faible densité) et le poids spécifique.

#### **V.1.1.2. Taux de mitadinage**

Le mitadinage est un caractère qui a une relation directe avec la vitrosité du grain et donc avec sa qualité et sa capacité à faire de la bonne semoule car le blé mitadiné est un blé à faible teneur en protéine. Les grains endommagés ayant une incidence sur le poids spécifique, diminuent le rendement de la mouture.

Les résultats de tableau () montrent que les variétés de blé dur de la région **Oulad Madhi** OUED EL BARED a enregistré une valeur minimale de mitadinage ( $11.97 \% \pm 1.72$ ) par rapport son homologue VITRON ( $19.7 \% \pm 1.35$ ); avec les variétés de la région **Oulad Mansour** de blé dur MEGRES a enregistré une valeur minimale de mitadinage égal à ( $0,96 \pm 0,01$ ), son homologue par rapport les variétés OUED FAGUESE ( $3,35 \pm 0,01$ ) et BOUSELAME ( $2,99 \pm 0,006$ ). Ces variétés de blés sont conformes aux normes Algérienne (NA 1183) qui adoptent des valeurs inférieures aux 20 % mais la variété SEMITO a enregistré un taux de mitadinage non conforme et égal a ( $23.08 \% \pm 0.95$ ).

Parmi les études qui ont porté sur le taux de mitadinage dans des blés locaux, on retrouve : **Benziane (2012)** (40.55%), **Benhamimed et Chaoui (2016)** (8.99%), **Melloul et Lahnichet (2022)** (14%) et **Chamekh (2024)** ( $14.84 \% \pm 1.08$ ).

La variation de ces résultats est due en particulier, à l'excès d'eau dans le sol, à sa pauvreté en azote ou l'incapacité de synthèse des protéines (défaut héréditaire).

#### **V.1.1.3. Taux de moucheture**

Les mouchetures sont pénalisantes, car on les retrouve dans la semoule. La dépréciation de la valeur marchande des lots de blés durs peut être très importante avec des réfections de prix, voire des refus de lots présentant des taux de moucheture supérieurs à 2%.

Tous les variétés études sont conformes aux normes Algérienne (NA 1183) qui exigent de valeurs inférieures à 2%.

Revenant au tableau () les variétés de blé dur de la région **Oulad Madhi**, le taux de la moucheture signalé pour la variété VITRON égal à  $(0.14 \% \pm 0.03)$  et proche à celui obtenu pour la variété SEMITO  $(0.18 \% \pm 0.04)$ , d'autre part, la variété OUED EL BARED a enregistré une valeur minimale  $(0.06 \% \pm 0.06)$  plus conformes par pour les variétés de la région **Oulad Mansour** de blé dur qu'a enregistré le taux de la moucheture signalé pour la variété MEGRES  $(0,96 \pm 0,01)$ , d'autre part la variété OUED FAGUESE égal  $(0,82 \pm 0,01)$  par contre la variété BOUSELAME est nul.

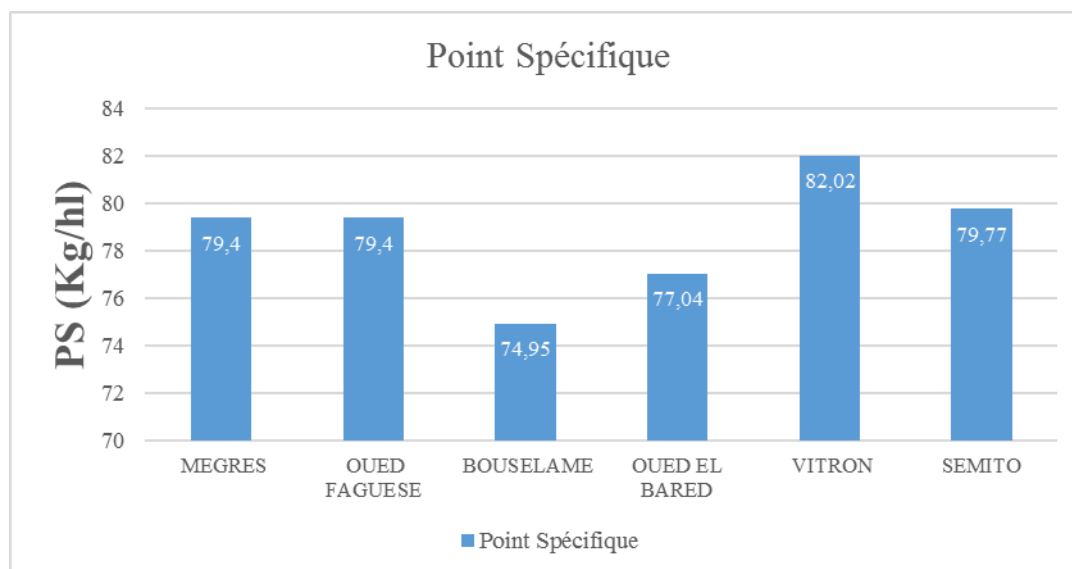
Des études menées précédemment par Mokhtari (2013), Bentounsi (2015) et Allel et al, (2021) l'ont prouvé que le taux de la moucheture dans des variétés de blé local est égale successivement  $(0.12\%)$ ,  $(7.78 \% \pm 0.6)$  et  $(0.4\% \pm 0.26)$ . La valeur déclarée par Djeghbala (2024) est égale à  $(0.76 \% \pm 0.21)$ .

La variation du taux de moucheture est due principalement au stockage de blé dans des endroits humides (risque d'attaques des champignons.) Le taux de moucheture est en corrélation opposé avec la pureté des semoules.

### **V.1.2. Poids spécifique (PS)**

La connaissance du poids spécifique d'un blé revêt une grande importance tant dans les contrats commerciaux que dans les spécifications réglementaires. Un poids spécifique plus élevé est associé à un meilleur rendement en semoule. De plus, le poids spécifique et le poids de mille grains sont positivement corrélés, tout comme ils le sont avec le taux d'extraction de la semoule. Ces éléments sont considérés comme des indicateurs de la qualité meunière. En effet, un poids spécifique élevé s'accompagne généralement d'un rapport enveloppe/amande plus faible, ce qui se traduit par un rendement meunier accru.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (23).



**Figure 22 :** Variations de poids spécifique (Kg/hl) des variétés de blé dur mises à l'étude.

D'après les résultats obtenus durant la période de stage, présentés dans la figure 23, nous avons observé que la variété de blé dur VITRON a affiché le poids spécifique (PS) le plus élevé, atteignant 82,02 Kg/hl. Elle est suivie par les variétés SEMITO, OUED FAGUES et MEGRES qui ont enregistré un PS de 79,77 ; 79,4 et 79,4 Kg/hl successivement. En revanche, la variété OUED EL BARED a montré une valeur inférieure par rapport aux deux autres, avec un PS de 77,04 Kg/hl. Ces résultats respectent les normes algériennes (NA 19111), qui stipulent que le poids spécifique doit être supérieur ou égal à 78 Kg/hl, mais la variété BOUSELAM est non conforme lorsque le PS est égal à 74,95 Kg/hl, ce qui est inférieur aux normes algériennes.

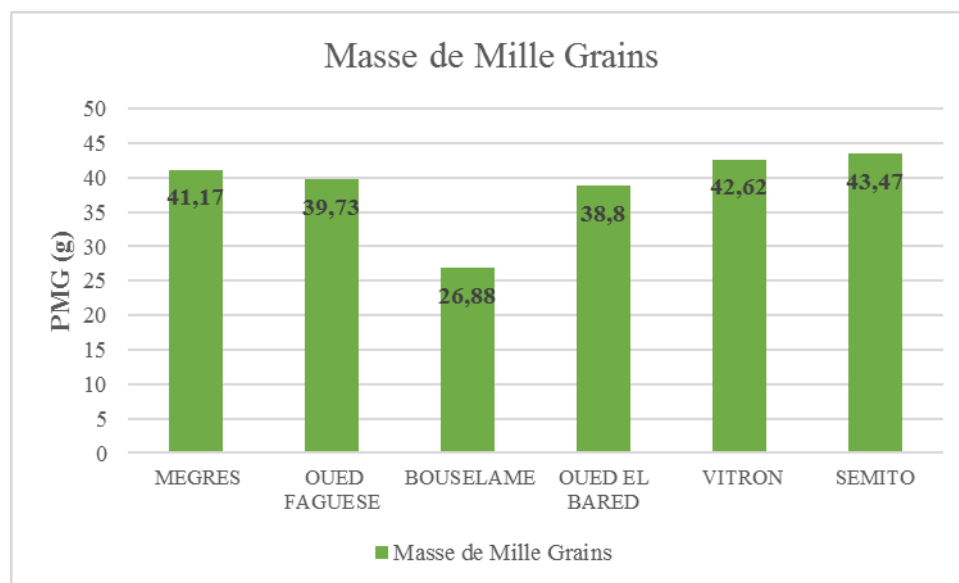
Lorsque nous avons examiné les résultats d'études antérieures concernant le poids spécifique (PS) des variétés de blé dur local, nous avons constaté que **Souadkia (2014)**, **Gouaidia et al, (2021)** et **Menasria et Seraiche (2021)** étaient déclarés successivement les poids spécifiques : (83.2 Kg/hl  $\pm$  0.2), (71.8 Kg/hl) et (81.06 Kg/hl). **Ben salem (2024)** a enregistré un poids spécifique (PS) égal à (78.57Kg/hl  $\pm$  0.14).

La variation des résultats de poids spécifique (PS) est due à la bonne nutrition durant la maturation (les grains échaudés sont moins présents) (augmente le poids spécifique) et à la propreté de la récolte (les déchets plus légers diminuent la densité).

### V.1.3. Poids de mille grains (PMG)

La détermination de la masse de mille grains d'un échantillon de blé dur fournit des informations sur les conditions de culture et les difficultés rencontrées par la plante durant son

développement, telles que l'échaudage, les attaques d'insectes ou les maladies. Pour les agriculteurs, cette analyse est essentielle pour estimer avec précision les quantités de semences nécessaires afin d'atteindre un objectif de densité de semis. Les résultats concernant le poids de mille grains (PMG) sont présentés dans la figure 24.



**Figure 23 :** Variations de poids spécifique (Kg/hl) des variétés de blé dur mises à l'étude.

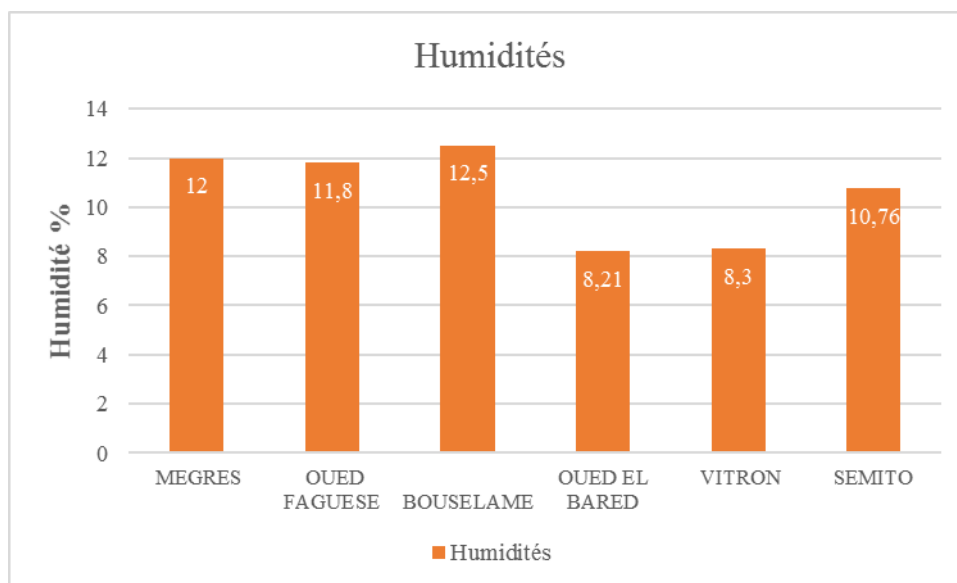
D'après la figure (24), nos échantillons de blé dur ont enregistré les valeurs de poids de mille Grains (PMG) suivantes (par ordre décroissant) : SEMITO (43.47g), VITRON (42.62 g), MEGRE (41,17), OUED FAGUES (39,73), OUED EL BARED (38.8 g) et BOUSELAM (26,88).

Les résultats déclarés après des études précédentes sur le poids de mille grains (PMG) dans des variétés de blé local étaient mitigés : Kheddoumi (2023) (41.91 g), Bouceder et Dellouche (2021) (44.46 g), Khadhraoui (2023) (40.45 g) et Djeghbala (2024) (36.73 g  $\pm$ 0.04). La variation de ces résultats est due aux conditions de cultures, degré de maturité des grains ou bien à la variété elle-même. La variation de la masse de mille grains peut être une expression du degré d'échaudage d'origine physiologique ou pathologique.

#### V.1.4. Humidité

La détermination de la teneur en eau initiale du blé aide les meuniers à évaluer la quantité d'eau à ajouter ainsi que le temps de repos requis avant le processus de mouture. Cela favorise une meilleure séparation des couches du grain et réduit la présence de son dans la semoule.

Les résultats des taux d'humidité des échantillons de blé dur sont présentés dans la figure 25.



**Figure 24 :** Variations de taux d'humidité (%) des variétés de blé dur mises à l'étude.

Revenant à la figure (25), la variété de blé dur SEMITO a enregistré la teneur en eau la plus élevée (10.76 %) par rapport les variétés VITRON et OUED EL BARED, ces deux derniers a enregistrent des teneurs en eau presque identiques et égales successivement à (8.3 %) et (8.21 %), par contre les variétés BOUSELAM, MEGRES et OUED FAGUES plus humide par pour les autres variétés qui égal le taux d'humidité successivement (12,5), (12) et (11,8). Tous les résultats obtenus sont conformes à la norme Algérienne (NA 1132) qui exige des valeurs d'humidité inférieurs à 14%.

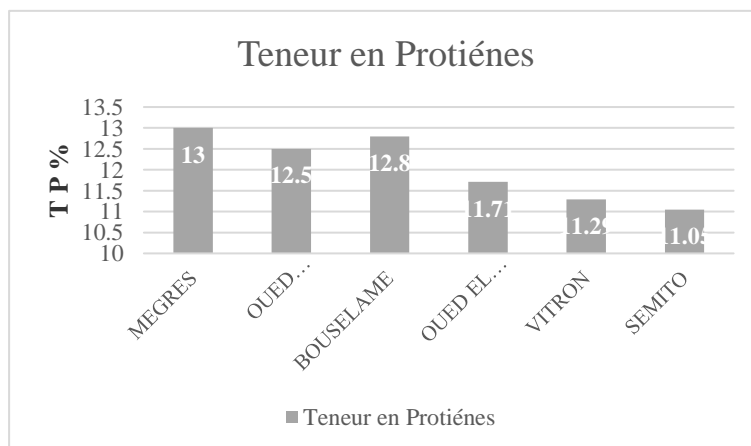
Dans le même contexte, des études antérieures ont été menées sur le blé local, et les résultats obtenus ont été les suivants : **Mouloud (2013)** (11.66%), **Sayoud et al, (2021)** (10.1 % ± 0.85), **Melloul et Lahnichet (2022)** (11.94 %) et **Chamekh (2024)** (10.23 % ± 0.23).

La variation de la teneur en eau est due probablement aux conditions climatiques (mois de la récolte), conditions de stockage ou bien à la variété elle-même.

### V.1.5. Teneur en protéines

La teneur en protéines du grain de blé dur constitue le critère principal pour évaluer sa qualité rhéologique et culinaire. Une teneur élevée et stable en protéines est un trait génétique essentiel pour la production de produits de qualité, tels que les semoules et les pâtes alimentaires.

Les résultats concernant la teneur en protéines sont présentés dans la figure 26.



**Figure 25 :** Variations de la teneur en protéines (%) des variétés de blé dur mises à l'étude.

D'après la figure (26), la variété de blé dur OUED EL BARED est la riche en protéine avec un taux égal à (11.71 %), suivie par la variété VITRON (11.29 %). La variété SEMITO est pauvre en protéines par rapport les deux autres variétés (11.05 %) et cela due au taux de mitadinage élevé pour la variété SEMITO, mais la variété MEGRES est égal le taux de protéine (13), d'autre part le taux de protéine de les variété BOUSELAM et OUED FAGES sont successivement égal (12,8) et (12,5), les trois variétés dernières plus riche en protéine para pour les autres. Tous ces résultats sont conformes aux normes Algérienne (NA 1185) qui exigent des valeurs supérieures à 11 %.

Des études menées précédemment par **Mazouz (2006)**, **Chelabi et Meghdour (2013)** et **Remil (2018)** l'ont prouvé que le taux des protéines dans des variétés de blé dur local est égal successivement à (11.9 %), (14.18 %) et (10.45 %  $\pm$  1.41). D'autre part, **Melloul et Lahnichet (2022)** a été déclaré un taux de protéine égal à (09.96 %).

Les résultats de la teneur en protéines varient avec de nombreux facteurs tels que les conditions de la culture, la richesse de sol en azote, le stade de maturité des grains, et aussi le facteur génétique (variété elle-même).



**Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Notre travail a pour objectif d'étudier quelques caractéristiques technologiques des grains de 06 variétés de blé dur de la région de msila afin de les comparer et les évaluer par rapport au climat de cette région. Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus pour la collection des différentes variétés cultivées dans les différentes régions de la wilaya de M'sila, il apparaît que la variété meguers obtenu des terres agricoles de setif est la plus intéressante car elle affiche des valeurs supérieures en comparaison avec les autres variétés.

Il semble que les résultats des paramètres étudiés présentent une variabilité significative. Cette variabilité était en grande partie attendue, car la qualité technologique est fortement influencée par les conditions environnementales de chaque site, ainsi que par les caractéristiques spécifiques de chaque variété.

En ce qui concerne le poids spécifique et le poids de mille grains, qui sont deux paramètres essentiels pour l'industrie de transformation céréalière, ils fournissent une indication globale sur le rendement en semoule. Les valeurs mesurées varient entre [79,5-82,1] kg/hl pour le poids spécifique et [42,81-53,72] g pour le poids de mille grains. Les valeurs maximales ont été obtenues pour la variété vitron de turky et simiton d'italien, respectivement.

La teneur en protéines est un critère essentiel pour l'industrie agro-alimentaire, oscillant généralement entre 12,8 et 13 %. La variété bouselame et megres se distingue par son rendement optimal dans ce domaine. Cependant, le taux de mitadinage présente une augmentation préoccupante, se situant entre 2,99 et 0,96 %, ce qui complique son utilisation dans l'industrie de transformation. En ce qui concerne la teneur en gluten, un paramètre crucial pour des secteurs comme celui des pâtes alimentaires, les variétés de la région de M'sila affichent des valeurs conformes aux normes pour le gluten sec. Notamment.

En revanche, le taux d'humidité mesuré pour les variétés étudiées montre une certaine homogénéité, avec des résultats variant entre 12,0 % et 12,3 % pour les variétés bouselam et megures. En comparant nos résultats avec ceux d'autres variétés de cette région, il apparaît que le blé dur de la région de M'sila présente une qualité acceptable.

Enfin, ce travail peut être considéré comme une première étape et mérite d'être approfondi, en mettant l'accent sur le nombre d'échantillons analysés afin d'identifier les variétés de blé dur les mieux adaptées sur le plan technologique et capables de résister aux conditions climatiques de la région de M'sila.



## **Références bibliographiques**

## Référence bibliographique

---

### Références Bibliographiques :

1. ABADA Mariem, GASMI Hdjer, (2020). Réponses de différentes variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en semis direct dans la zone potentielle de Bordj Bou Arreridj. P 61 Université Mohamed Boudiaf - M'sila.
2. Abbassene, A., Kadi, H., & Aidaoui, A. (1997). Effets de la sécheresse sur la croissance et le rendement des céréales en zones semi-arides. *Revue des Régions Arides*, 1(3), p51–58.
3. ALLEL Romayssa, LAHOUES Roumayssa, SAYOUD Ilham, 2021, Etude de la qualité du blé dur et de la semoule « Amor Ben Amor », mémoire de master à l'université 8 Mai 1945 Guelma, domaine sciences de nature de la vie, filière science alimentaire p 1-2 et P 13.
4. Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). Agroecology: A brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3–4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1285275> (voir p. 233)
5. Ammar, K., Mujeeb-Kazi, A., & Rajaram, S. (2011). The impact of temperature and drought stress on durum wheat quality. *Cereal Chemistry*, 88(3), 214–221. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-88-3-0214> (voir p. 217)
6. Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., & Royo, C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Annals of Botany*, 89(7), 925–940. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf049> (voir p. 1046)
7. Barrera, G. N., Tadini, C. C., & Añón, M. C. (2007). Structure and composition of wheat grain: Relation with its technological properties. *Food Reviews International*, 23(2), 123–140. <https://doi.org/10.1080/87559120701224844> Page 135 : composition et pourcentages des différentes parties du grain.
8. Bechtel, D. B., Abecassis, J., & Shewry, P. R. (2009). *Wheat: Chemistry and Technology* (4th ed.). AACC International. Page 23 : coupe histologique du grain de blé.
9. Ben Mohamed, A., van Duivenbooden, N., & Abdoussallam, S. (2002). Impact of climate change on agricultural production in the Sahel – Part 1: Methodological approach and case study for groundnut and millet in Niger. *Climatic Change*, 54(3), 327–348. p. 334 (impact sur les rendements).
10. **Ben Salem Fatima Zahra., (2024).** Etude de l'effet du coupage de blé local et blé importé sur la qualité du couscous industriel : cas de couscous El-Baraka. Mémoire Master. Université Biskra. P 5

## Référence bibliographique

---

11. Benbelkacem, A., Bouzerzour, H., & Boutaleb, K. (2020). Évaluation agronomique et technologique de variétés locales et améliorées de blé dur en Algérie. *Céréaliculture en Milieu Semi-aride*, 8(2), 70–80. (Voir p. 73)
12. Benbelkacem, A., Bouzerzour, H., & Boutaleb, K. (2020). Qualité technologique du blé dur en zones arides algériennes sous stress hydrique. *Céréaliculture en Milieu Semi-aride*, 8(2), 70–80. (Voir p. 77 et p. 76)
13. Benbelkacem, A., Choukr-Allah, R., & Bouaziz, A. (2020). Le blé dur en Afrique du Nord : contraintes et opportunités. *CIHEAM Options Méditerranéennes, Série A*, 132, pp. 1–8.
14. Benbelkacem, A., Maamri, A., & Belhadi, A. (2020). Effets des changements climatiques sur les maladies fongiques du blé en Algérie. *Revue des Bioressources*, 8(2), p 70–78.
15. Benderradji L.1, Djebri F-Z.1, Rebbas K.f1, Ghabbane M.1, Bounar R.1 & Benniou R., (2023). Oléiculture dans la région d'El-Hodna (M'sila, Algérie, Université de M'Sila. *Revue Agriculture. Numéro spécial 1 (2016) Université Ferhat Abbas Sétif 1.* <https://num.univ-msila.dz/DWE/public/attachements/2023/01/13/benderradji-5122016-olea-region-hodnapdf-jy6lqabk1673626466.pdf>
16. Benhamimed Hakima et Chaoui Fatima Zohra. (2016). Effets de l'incorporation de graines alimentaires sur les qualités technologiques de la farine de blé destinée à la panification.
17. **Benmahioul, B., Amokrane, A., & Kherbache, A.** (2020). Impact du stress thermique sur le rendement du blé dur en zones arides. *Revue des BioRessources*, 10(2), p140–150.  
p. 145 (effet de la chaleur sur la floraison du blé dur).
18. Bensaïssa, M., & Boukhane, M. (2015). Étude de la qualité des eaux souterraines d'irrigation de la région de Hammam Dalaa. Université de M'Sila. P18-19.
19. Benslama, M., Mechakra, A., & Allache, F. (2022). Performances agronomiques de quelques variétés de blé dur dans les conditions du semi-aride algérien. *Revue des BioRessources*, 12(1), 105–114. Page 108 : Impact des conditions climatiques sur la productivité.
20. Bentounsi Amira, (2015). Contribution à l'étude de l'amélioration du blé dur (*Triticum durum*, Desf L.) pour la qualité technologique en Algérie. Mémoire Master. Université Constantine. P 36.

## Référence bibliographique

---

21. Benziane k., (2012). L'effet coupage sur la qualité des produits céréaliers (cas des pâtes longues. Mémoire Master, université de Blida.
22. Bessaoud, O., & Maachou, A. (2018). L'agriculture en Algérie : dynamiques récentes et défis. INRA – CIHEAM, Méditerranée, n°119, 17–26.
23. **Biskri Soheir (2023).**, Le comportement variétale de blé dur et leur adaptation à la région de Biskra. Mémoire Master. Université Biskra. P 40.
24. **Bouceder Assia Dellouche Fatima (2021).**, évaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé dur et blé tendre cultivées dans la zone nord et sud de la wilaya de Mila. Mémoire Master. Université Mila. P 20.
25. Boudjabi, S. (2017). Effets des pratiques culturales sur la qualité technologique du blé dur en milieu semi-aride. Mémoire de Magister, Université de Sétif 1. p. 28 et Page 117 : Paramètres de qualité technologique.
26. Boukhatem, M. N. (2020). Le blé dur en Algérie : enjeux, contraintes et stratégies de développement. *Revue des Régions Arides*, 49(1), 65–76.
27. **Boulala Zineb, RouabehAmira (2018).** Appréciation de la qualité technologique de 8 variétés homologuées de blé dur cultivées dans la région de Constantine. Mémoire master. Université Constantine. P 18
28. Bourque, A. (2000). *Les changements climatiques : enjeux, impacts et perspectives*. Édition du Québec, p 49-50.
29. Boutaleb, K., Benbelkacem, A., & Khelifi, L. (2019). Performances comparées de variétés locales et introduites de blé dur en milieu aride algérien. *Revue des Régions Arides*, 44, 71–78. (Voir p. 74)
30. Bouzerzour, H., & Dekhili, M. (1995). L'amélioration du blé dur en Algérie : bilan et perspectives. *Options Méditerranéennes*, Série A, 22, 139–146. (Voir p. 143)
31. Bouzerzour, H., Benbelkacem, A., & Boutaleb, K. (2020). Qualité et adaptation du blé dur en zones arides algériennes. *Revue Agronomie et Environnement*, 13(1), 60–72. (Voir p. 68)
32. Bouzerzour, H., Benbelkacem, A., & Boutaleb, K. (2020). Qualité nutritionnelle et technologique du blé dur cultivé en Algérie. *Revue Céréaliculture en Milieu Semi-aride*, 8(1), 60–70. (Voir p. 65)
33. Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & Laouar, M. (2017). Introduction de nouvelles variétés de blé dur pour l'amélioration de la productivité en Algérie. *Options Méditerranéennes*, Série A, 117, 310–315. (Voir p. 312)

## Référence bibliographique

---

34. Bouzerzour, H., Nouar, H., & Morsli, A. (2021). Amélioration de la productivité du blé dur dans les zones semi-arides algériennes : stratégies agronomiques et défis futurs. *Revue des Régions Arides*, 50, 5–13.
35. Boyer, J. S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571), p443–448.
36. Chakraborty, S., & Newton, A. C. (2011). Climate change, plant diseases and food security: An overview. *Plant Pathology* , 60(1), 2–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x> (voir p. 120)
37. **Chamekh Amina, (2024)**. Etude comparative de la qualité physico-chimique et technologique de la semoule destinée aux consommateurs à base de blé importé et blé local : cas de la semoule El-Baraka. Mémoire Master, Université Biskra. P 5. 17
38. Chamekh, L. (2024). *Origine et évolution des céréales en Méditerranée*. *Revue Maghrébine d’Agronomie*, 22(1), 45–54.
39. **Chau, S. (2019)**. Moucheture du blé dur : identification des facteurs et gestion du risque. Rapport de stage master : Fonctionnement et gestion des agro système. Agro campus Ouest, Rennes : Arvalis – Institut du végétal, p 3.
40. Chehat, F., & Bachta, M. S. (2021). Performance et compétitivité de la filière céréalière en Algérie. *Revue New Medit* , 20(1), 41–50.
41. Chennafi, H., Bouhachem, B., & Touazi, D. (2005). Variabilité climatique et production céréalière en Algérie. *Sécheresse* , 16(4), p 223–229.
42. Conservation des forêts M’sila 2021
43. De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil & Tillage Research* , 92(1-2), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.012> Page 307 : Rôle de l’azote dans la qualité du grain.
44. De Vita, P., Mastrangelo, A. M., Matteu, L., & Mazzucotelli, E. (2019). Durum wheat breeding for sustainable agriculture. In: M. Hasanuzzaman (Ed.), *Wheat Production in Changing Environments* (pp. 307–332). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6883-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6883-7_13)
45. Djebaili, S. (1978). Étude phytosociologique et écologique de la végétation des hautes plaines steppiques et de l’Atlas Saharien (Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies du Languedoc, Montpellier, 229 pages + annexes).

## Référence bibliographique

---

46. **Djeghbala Ouarda (2024).**,Etude comparative de la qualité physico-chimique, technologique et microbiologique de deux semoules destinées aux consommateurs fabriquées dans la région de Biskra. Mémoire Master. Université Biskra. Pp 6. 26
47. El Afifi, M. (1985). Pédologie appliquée aux zones arides et semi-arides . Alger : Office des Publications Universitaires. p. 87.
48. FAO. (1996). Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance du blé.) <https://www.fao.org/4/w5183f/w5183f08.htm>
49. FAO. (2016). Coping with climate change – the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome: FAO. (Voir p. 19)
50. **FAO.** (2016). *Climate change and food security: Risks and responses*. Rome: Food and Agriculture Organization. pp.30–45 (impacts sur l’agriculture, sécheresse, et les ressources naturelles). <https://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>
51. FAO. (2021). Cereal Supply and Demand Brief: Global wheat market trends. FAOSTAT. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/> (consulté en 2025)
52. FAO. (2021). Climate Change: Unfolding threats for food security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 33.
53. FAO. (2021). The State of the World’s Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point. Rome: FAO & Routledge. pp. 55–58. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc1987en>
54. Ficco, D. B. M., Mastrangelo, A. M., Trono, D., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., ... & Blanco, A. (2009). The colours of durum wheat: a review. *Crop and Pasture Science* , 60(4), 282–292. <https://doi.org/10.1071/CP08187>
55. Filali Manal, Gouaidia Hadil, Ghorab Mohamed Ali, (2021). L’influence du climat sur le blé. Mémoire master Université 8 Mai 1945 Guelma.p25.
56. Ghabbane, A. (2024). Étude caractéristique des sols de l'Est de la wilaya de M’Sila . Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf – M’Sila. Ce mémoire présente une analyse détaillée des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols de l'Est de la wilaya de M’Sila, mettant en évidence des textures argilo-limoneuses, une forte alcalinité et une salinité faible à moyenne.
57. Ghezali Hamid (2014). Contrôle physico-chimique et microbiologique du couscous fabriqué à base de blé dur au niveau de l’unité « Moula pates » BLIDA. Mémoire Master. Université Blida. P 61
58. **Ghiti Nour Elhouda Ines., (2020).** Le grain du blé : qualité technologique. Mémoire Master. Université Constantine. P 18.

## Référence bibliographique

---

59. Gouaidia Hadil, Filali Manal, Ghorab Mohamed Ali, (2021). Influence du climat sur la qualité technologique du blé dur (*Triticum durum*) de la wilaya de Guelma. Mémoire Master. Université Guelma. P46, p25). [https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/12293/1/GOUAIDIA\\_HADIL\\_F4.pdf](https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/12293/1/GOUAIDIA_HADIL_F4.pdf)
60. Haddad, M. (2019). Effet du climat sur le rendement et la qualité du blé dur dans les Hautes Plaines de Sétif . Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie. (Voir p. 92)
61. Hamdi, A., Lebidi, S., & Terki, M. (2024). Effets du changement climatique sur les systèmes agricoles dans la wilaya de M'Sila. Université Mohamed Boudiaf de M'Sila. p. 45 (étude locale sur le blé dur et l'eau). <https://dspace.univ-msila.dz>
62. **Hamdi, R., Lebidi, B., & Terki, O.** (2024). Perception du changement climatique et adaptation en milieu rural semi-aride : cas de la wilaya de M'Sila. *Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila.* pp. 45–55 (résultats d'enquêtes agricoles). <https://dspace.univ-msila.dz>
63. <https://ecohabib.jimdofree.com/ecologie/cours-pedagogiques/chapitre-02>
64. Hulme, M. (2016). *Weathered: Cultures of Climate* . SAGE Publications. Pages 15–18 : dimension sociale, culturelle et scientifique de la notion de climat.
65. ICARDA : Centre International de Recherche Agricoles dans les Zones Arides
66. **Ikhlef Maroua, Laouar Faiza (2021).**, Etude physicochimique et technologique sur deux marques de semoules de Blé dur Amor BENAMOR et SPAC. Mémoire Master. P 22.
67. INRA. (Sans. Date.). Fiche Technique des blés. <https://www.inra.org.ma/sites/default/files/Fiche%20Technique%20des%20ble%CC%81s.pdf>
68. IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Cambridge University Press. pp. 485–533 (chapitre sur l'agriculture), p. 506 (phénologie des cultures). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
69. **IPCC. (2014).** *Climate Change 2014: Synthesis Report.* Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC. p. 120. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
70. **IPCC.** (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.* Cambridge University Press. p. 394 (acidification des océans). p. 72 (albédo et rétroactions climatiques). <https://www.ipcc.ch/srocc/>
71. IPCC. (2021). *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis.* Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

## Référence bibliographique

---

- Change (V. Masson-Delmotte et al., Eds.). Cambridge University Press. Page 2221 : Définition du climat et distinction avec le temps météorologique. pp. 5–6 (températures), pp. 112–115 (précipitations), pp. 1219–1265 (glaciers, mers). pp. 5 (températures), pp. 113–115 (précipitations), p. 117 (vents), p. 1265 (fonte des glaces, niveau des mers), pp. 1512–1514 (événements extrêmes). pp. 23–29 Lien : [<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>] (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>)
72. ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures). (2018). *Catalogue des variétés de céréales recommandées en Algérie*. Alger : ITGC Publications. (Voir pp. 32–33)
73. ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures). (2022). Rapport annuel sur la céréaliculture en zone semi-aride algérienne. Bulletin ITGC , 46, 40–50. (Voir p. 46)
74. Juroszek, P., & von Tiedemann, A. (2013). Climate change and potential future risks through pathogens and pests in fruit and vegetable crops: A review. *Agricultural Ecosystems and Environment* , 170, 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.019> (voir p. 439)
75. Kabbadj, A., El Midaoui, A., Wahbi, S., & Karrou, M. (2021). Céréales en Afrique du Nord : qualité, transformation et sécurité alimentaire . INRA Maroc, 110–120.
76. **Khadhraoui Ikram (2023)**. Etude comparative de la qualité physicochimique des pâtes alimentaires à base de blé importé et de blé local. Mémoire master. Université Biskra. P 7. 9
77. **Kheddoui Meissa Imene., (2019)**. Etude de la qualité et du rendement de grain de nouvelles variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) cultivées dans deux environnements contrastés en Algérie. Mémoire Master. Université Constantine. P 16. 47
78. Kheddoui, R. (2019). *Les grandes cultures en Algérie : histoire, pratiques et perspectives*. Alger : Éditions du Savoir Rural. p. 63.
79. **Khelil Aya, Kasmi Nacira., (2023)** Étude des aptitudes technologiques des farines commercialisées dans la ville de TIARET. Mémoire Master. Université Tiaret. Pp 12,26
80. Kheyar, F., Ouerdachi, L., & Chaker, B. (2018). Résultats de l'évaluation multi-environnements de variétés de blé dur en Algérie. *Revue Sciences Agronomiques* , 12(1), 15–25. (Voir p. 20)
81. KITOUNI Roumeisa, (2021). Étude de tolérance du blé en réponse aux stress abiotiques, mémoire de master à l'Université Mentouri Constantine domaine sciences de nature de la vie, filière biotechnologie, constantine, Algerie.p09.
82. L. M. LUCA, 2021, EVALUATION OF THE ADAPTABILITY OF PLUM TREE VARIETIES FROM VIDRA VILLAGE IN VRANCEA REGION, Transilvania” University

## Référence bibliographique

---

of Brasov, Faculty of Food and Tourism, Brasov, Romania, p16, journal of Eco Agri Tourism, vol 17(2021) N° 43.

83. Lafi, S., Guendouz, A., & Maamri, A. (2019). Influence des conditions agro-climatiques sur la qualité du blé dur en Algérie. *Revue Sciences et Technologie , Série A* (41), 303–310. (Voir p. 308)

84. Lafiandra, D., Riccardi, G., & Shewry, P. R. (2010). Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *Journal of Cereal Science* , 46(3), 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.09.001>

85. Lakhdar, H. Y., & Abbas, L. (2015). Croissance des villes et qualité environnementale. Cas de la ville de M'sila – Algérie. *Annals of the University of Bucharest – Geography Series*, 57-58. <https://annalsreview.geo.unibuc.ro/2015/Lakhdar.pdf>

86. Lasram, A., Abdou, H., Sghaier, N., Masmoudi, M. M., & Nagaz, K. (2009). Analyse et modélisation de l'effet du stress thermique sur le poids des grains du blé dur. In *Gestion et Valorisation des Ressources et Applications Biotechnologiques dans les Agrosystèmes Arides et Sahariens* (pp. 599).

87. **Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., et al. (2007).** Historical Overview of Climate Change Science. In : *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. pp. 93–127. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>

88. Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042), 616–620. DOI : 10.1126/science.1204531

89. Madhava Rao, K. V., Raghavendra, A. S., & Reddy, K. J. (2006). Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants . Springer, p 85.

90. MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2023). *Statistiques agricoles annuelles 2022–2023* . Alger : Direction des statistiques agricoles, p. 11.

91. MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2023). *Rapport sur les variétés de blé cultivées en Algérie*, p. 28.

92. Marchylo, B. A., Dexter, J. E., & Kruger, J. E. (2001). Pasta products and factors affecting their quality. In *P. Cereal Chemistry of Wheat* (pp. 101–132). American Association of Cereal Chemists. (Voir p. 104)

93. **MATE (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables, Algérie).** (2021). *Deuxième Communication Nationale de l'Algérie sur les Changements Climatiques*. p. 14 (hausse des températures régionales). <https://unfccc.int/documents/>.

## Référence bibliographique

---

94. Mazouz Lakhdar, (2006). Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étagé bioclimatique semi-aride. Mémoire Magister. Université Batna. P76.
95. McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health : present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), p 859–869. DOI : 10.1016/S0140-6736(06)68079-3
96. **Meddi, M., & Hubert, P.** (2003). Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau du Nord de l'Algérie. *Hydrological Sciences Journal*, 48(2), 233–246. p. 161 (données algériennes sur les précipitations).
97. Melloul Amel, Lahnichat Chaima, (2022). Caractérisation Physico-chimique et Technologique D'une Variété De Blé Dur <BELIOUNI> Provenant De La Région De Sétif. Mémoire Master. Université Boumerdes. P 38.
98. Menasria Fatima Ez Zahra, Seraiche Chourouk. (2022). Analyse physico-chimique et technologique de la semoule de deux types de blé dur local et importé à l'unité Agro-div Hodna -M'sila. Mémoire Master. Université M'sila. P 8.
99. Meriem BOULTIF, 2018, SIG et Modélisation pour la Cartographie des Zones Vulnérables à la Sécheresse et à La Désertification dans un Ecosystème Méditerranéen Semi-Aride : Application dans la Zone d'El Hodna, diplôme de Doctorat 3ème cycle, p6-7.
100. **Messaoudi Noura (2021).**, Etude des mécanismes de tolérance aux stress abiotiques chez quelques variétés de blé (*Triticum sp.*).Thèse doctorat. Université M'silaP 51.
101. Miletto, M. (2020). *L'eau et le changement climatique – Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020*. UNESCO. pp. 12–14.
102. **Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MATE).** (2021). *Deuxième Communication Nationale de l'Algérie sur les Changements Climatiques*. Alger : MATE. p. 14 (températures en Algérie), p. 19 (tendances hydrologiques). <https://unfccc.int/documents/>
103. Mokhtari Ferial (2013). Contrôle de Qualité et comparaison entre deux types de Couscous de blé Dur. Mémoire Master. Université Blida. P53.
104. Mokrane, H., Amoura, S., & Bouderbala, H. (2010). Contribution à l'étude technologique et morphologique du blé dur. *Revue CérééalTech* , 6(2), 37–45. Page 42 : composition du germe et implications nutritionnelles.
105. Monneveux, P., Reynolds, M., & Gonzales-Santoyo, H. (2006). Physiological basis of yield gains in wheat: Discussion of relevant traits for improving yield under climate stress. *CIMMYT Wheat Program* , 1(2), 50–60. (Voir p. 54)

## Référence bibliographique

---

106. Mouloud Abdelhamid (2013). Etude de la qualité technologique des pâtes courtes. Mémoire Master. Université Blida. P69.
107. Nazco, R., Peña, R. J., Ammar, K., Villegas, D., Crossa, J., Zikhali, M., & Slafer, G. A. (2014). Variability in grain quality in durum wheat grown in different environments. *Field Crops Research* , 158, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.01.005> Page 190 : Influence du génotype et de l'environnement.
108. Office National de la Statistique et Sécurité Alimentaire (ONSSA). (2022). Rapport annuel sur les filières céréalières en Algérie . Ministère de l'Agriculture, p. 36.
109. ONSSA (Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires). (2022). Rapport annuel sur les importations de céréales en Algérie . Alger, p. 36.
110. Ozer, E., Oral, E., Dogan, M., & Kutlu, I. (2003). Effect of water stress on yield and yield components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean conditions. *Field Crops Research* , 84(2), 213–221. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00124-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00124-1) (voir p. 712)
111. Ozturk, A., & Aydin, F. (2004). Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* , 190(2), 93–99. Page 53 : Besoins hydriques du blé.
112. Pidwirny, M. (2006). Climatic Classification and Climatic Regions of the World . In *Fundamentals of Physical Geography* (2nd ed.). Retrieved from [Lien : \[http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html\]](http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html)  
<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html> Page 3 : composantes et facteurs du climat.
113. Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S., & Wrigley, C. W. (2004). Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research* , 86(2–3), 185–198. Page 891 : Effet du stress hydrique et thermique.
114. Remil Asma, (2018). Etude électro phorétique et physicochimique de quelques variétés de blé et des produits à base de blé consommés dans l'ouest Algérien. Recherche des protéines inductrices de la maladie cœliaque. Thèse Doctorat. Université Sidi Bel Abbes. P 52.
115. Réseau Haies. (2023). Mise au point d'une méthodologie d'étude de l'effet brise vent des haies sur les cultures. p 07 [https://reseauhaies.fr/wp-content/uploads/2023/05/Rapport-6\\_Resphaies\\_Agroof\\_effets-microclimatiques.pdf](https://reseauhaies.fr/wp-content/uploads/2023/05/Rapport-6_Resphaies_Agroof_effets-microclimatiques.pdf)

## Référence bibliographique

---

116. Saïda, F. (2007). *Impact des changements climatiques sur la biodiversité mondiale*. Revue des Sciences de l'Environnement, 12(1), 45–52.
117. **Sayoud Ilham Alle IRomayssa, Lahoues Roumayssa, (2021)**. Etude de la qualité du blé dur et de la semoule « Amor Ben Amor ». Mémoire Master. Université Guelma. P 17, 28.
118. Sayoud Ilham Alle IRomayssa, Lahoues Roumayssa, (2021). Etude de la qualité du blé dur et de la semoule « Amor Ben Amor ». Mémoire Master. Université Guelma. P 17, 28.
119. Séguin, B. (2010). Agriculture et climat : du passé à l'avenir. *Courrier de l'environnement de l'INRA* , 59, p 5–12.
120. Séguin, B., & Lefèvre, F. (2020). Changements climatiques et agriculture : adaptations et perspectives. *Climatologie* , 17, p 31–45.
121. Shewry, P. R., & Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany* , 53(370), 947–958. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.947> (voir p. 143)
122. Shewry, P. R., & Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Expérimentale Botany* , 53(370), 947–958. Page 153 : caractéristiques biochimiques de l'endosperme.
123. Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security* , 4(3), 178–202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
124. Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Cereal Chemistry* , 85(4), 456–464. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0456> (voir p. 456)
125. Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Cereal Chemistry* , 85(4), 456–464. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0456> (voir p. 457)
126. Sissons, M. J. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food* , 2(2), 75–90. Page 132 : Influence des températures sur la qualité de semoule.
127. Souadkia Amine (2014). Le Suivi de Qualité de fabrication De Semoule et Pates Alimentaire et Application HACCP. Mémoire Master. Université Guelma. P 26.
128. Statistique Canada. (2023). Production de blé dur au Canada : rapport de synthèse . Gouvernement du Canada, p. 14.
129. Stewart, B. (2020). *L'eau, le climat et la sécurité humaine*. Organisation Météorologique Mondiale (OMM). p. 21.

## Référence bibliographique

---

130. UNESCO. (2019). *L'eau pour tous : ne laisser personne de côté – Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau*. UNESCO Publishing. p. 18.
131. Zaghouane, A., Benyoussef, S., & Messaoudi, M. (2023). *Amélioration de la qualité technologique du blé dur en milieux semi-arides : cas de l'Algérie*. *Revue des Sciences Agronomiques et Environnementales*, 15(2), 113–125.
132. Zekkari amine (2013). Contribution à l'étude qualitative et quantitative des semoules issues des différents passages des sasseurs. Mémoire master. Université Blida. P 55.

## Sitographie

1. <https://www.sima-sipsa.com> (15/05/2024)
2. <https://journals.openedition.org/insaniyat/27305>
3. <https://www.dz-algerie.info/radio-msila>
4. <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>
5. <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>
6. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>)
7. Radio Algérienne. (2016). Lancement des études de transfert des eaux du barrage de Koudiet Asserdoune vers M'Sila.
8. <https://radioalgerie.dz/news/fr/article/20161201/95845.html>
9. ARVALIS. (2021). Vague de froid : quelle incidence sur le blé dur) <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/vague-de-froid-quelle-incidence-sur-le-ble-dur>
10. (ARVALIS, Sans.date.). Sécheresse - Accident lié au climat sur Blé tendre, blé dur, triticale. [https://fiches.arvalis-infos.fr/fiche\\_accident/fiches\\_accidents.php?id\\_acc=65&mode=fa&type\\_acc=5&type\\_cul=1](https://fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?id_acc=65&mode=fa&type_acc=5&type_cul=1)
11. Perspectives Agricoles. (2023). Besoins en eau des cultures : quelle consommation. <https://www.perspectives-agricoles.com/conduite-de-cultures/modelisation-des-besoins-en-eau-combien-consomment-les-cultures>
12. Perspectives Agricoles, (2021). Blé dur : récolter le plus tôt possible. <https://www.perspectives-agricoles.com/qualite-debouches/ble-dur-recolter-le-plus-tot-possible>
13. Permacool. (2019). L'impact de la lumière sur les végétaux.
14. <https://www.permacool.fr/blog/blog-jardinage-2/l-impact-de-la-lumiere-sur-les-vegetaux-450>
15. Arvalis - Institut du végétal. (2021). Céréales en cours de remplissage : quelles

## Référence bibliographique

---

conséquences de la verse à ce stade ? <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/cereales-en-cours-de-remplissage-queelles-consequences-de-la-verse-ce-stade>

16. <https://ecohabib.jimdofree.com/ecologie/cours-pedagogiques/chapitre-02>

17. Algérie Eco. (2024, 14 mai). Céréales : production prévisionnelle de plus d'un million qx à Adrar et plus de 530 000 qx à M'sila. <https://www.algerie-eco.com/2024/05/14/cereales-production-previsionnelle-de-plus-dun-million-qx-a-adrar-et-plus-de-530-000-qx-a-msila/>

18. El Watan. (2023, 11 juillet). M'sila : Extension des superficies de production de semences de céréales. <https://elwatan-dz.com/msila-extension-des-superficies-de-production-de-semences-de-cereales>

19. El Watan. (2024, 4 juin). M'sila : Une production de 502 000 quintaux d'abricots attendue. <https://elwatan-dz.com/msila-une-production-de-502-000-quintaux-dabricots-attendue>

20. El Watan. (2023, 4 juin). M'sila : Exploitation prochaine des silos d'Aïn Lahdjel. <https://elwatan-dz.com/msila-exploitation-prochaine-des-silos-dain-lahdjel>

21. Crésus. (2023). Céréaliculture à M'sila : 65.000 hectares réservés. <https://cresus.dz/?p=87234>

22. Algérie Presse Service, (2023). M'sila: une production prévisionnelle de plus de 530.000 qx de céréales. <https://www.aps.dz/regions/170784-m-sila-une-production-previsionnelle-de-plus-de-530-000-qx-de-cereales>

23. El Watan. (2023, juin 15). Augmentation des superficies emblavées et amélioration du niveau des précipitations : la récolte céréalière prometteuse. [Algerie Eco+2El watan+2Liberté+2](#)

24. Direction des Services Agricoles de M'Sila. (2023). Prévisions de production céréalière pour la campagne 2023–2024. [Algerie Presse Service.APS+2Algerie Eco+2El watan+2](#)

## Résumé

Notre étude scientifique comparative a été menée dans des conditions expérimentales au laboratoire de Hodna sur six variétés de blé dur cultivées dans les régions d'Ouled Madi et d'Ouled Mansour, province de M'Sila, dans le but de déterminer l'impact du changement climatique caractéristiques chimio-physique et technologiques en évaluant les caractéristiques qualitatives du blé dur résultant de la culture pour savoir quelles variétés sont le blé dur qui résiste à ces changements et nous donne un bon rendement de qualité agroalimentaire, À travers les travaux de laboratoire appliqués analyses physicochimiques des blés (taux d'impuretés, poids spécifique, poids de mille grains, humidité, protéines...), les résultats ont montré une conformité aux normes algériennes (sauf pour le taux d'impuretés pour les variétés OUED EL BARED et oued fagues et le taux de mitadinage pour la variété SEMITO), avec un avantage qualitatif en faveur du blé megrese et oued fagues, aussi La teneur en protéines et le taux de mitadinage sont considérés comme des facteurs déterminants pour la supériorité qualitative des blés

**Mots clés :** Blé dur, Triticum durum, grains, régions, paramètres technologiques, qualité, climat.

### المخلص

لقد أجرينا دراستنا العلمية المقارنة في ظروف تجريبية في مختبر هودنا على ستة أصناف من القمح الصلب المزروعة في مناطق أولاد ماضي وأولاد منصور، ولاية المسيلة، بهدف تحديد تأثير التغير المناخي على الخصائص الكيميائية والفيزيائية والتكنولوجية من خلال تقييم الخصائص النوعية للقمح الصلب الناتج عن الزراعة، لمعرفة أي الأصناف من القمح الصلب تقاوم هذه التغيرات وتوفر لنا إنتاجية جيدة من حيث الجودة الغذائية من خلال الأعمال المخبرية التي تشمل التحليلات الفيزيائية والكيميائية للقمح (نسبة الشوائب، الوزن النوعي، وزن الألف حبة، الرطوبة، البروتينات...)، أظهرت النتائج توافقاً مع المعايير الجزائرية (باستثناء نسبة الشوائب في أصناف وادي البارد ووادي فاغس ونسبة الميتاديناج في صنف سيميبي)، مع ميزة نوعية لصالح قمح المقرس ووادي فاغس و أيضاً تعتبر نسبة البروتينات ونسبة الميتاديناج عوامل حاسمة لتفوق القمح من حيث الجودة.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، Triticum durum، الحبوب، المناطق، المعايير التكنولوجية، الجودة، المناخ.

**Abstract :**

Our comparative scientific study was conducted under experimental conditions in the Hodna laboratory on six varieties of durum wheat cultivated in the regions of Ouled Madi and Ouled Mansour, M'Sila province. The aim was to determine the impact of climate change on the chemical-physical and technological characteristics by evaluating the qualitative traits of durum wheat resulting from cultivation, in order to identify which varieties are resilient to these changes and provide a good yield of agri-food quality. Through the applied laboratory work, physicochemical analyses of the wheats (impurity rates, specific weight, thousand grain weight, moisture, proteins...), the results showed compliance with Algerian standards (except for the impurity rates for the varieties OUED EL BARED and OUED FAGUES, and the mitadinage rate for the SEMITO variety), with a qualitative advantage in favor of the megrese and OUED FAGUES wheat. The protein content and the mitadinage rate are considered determining factors for the qualitative superiority of the wheat.

**Keywords :** Durum wheat, *Triticum durum*, grains, regions, technological parameters, quality, climate.