



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Biologie et Ecologie Végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم : بيولوجيا و علم البيئة النباتية

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

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Ecologie et environnement

**Spécialité :** Protection des écosystèmes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

***Impact des variations des précipitations sur le  
rendement de blé dur : Cas de la wilaya de  
Mila.***

**Présenté et soutenu par :** CHENNOUF Roukaia

ABDERRAHMANE Rihem

**Le :** 18/06/2023

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** BAZRI K.E.D

MCA – UFM Constantine 1

**Rapporteur :** GANA .M

MCB – UFM Constantine 1

**Examineur :** ARFA A.M.T

MCB – UFM Constantine 1

***Année Universitaire  
2022 – 2023***



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Biologie et Ecologie Végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم : بيولوجيا و علم البيئة النباتية

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

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Ecologie et environnement

**Spécialité :** Protection des écosystèmes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

***Impact des variations des précipitations sur le  
rendement de blé dur : Cas de la wilaya de  
Mila.***

**Présenté et soutenu par :** CHENNOUF Roukaia

ABDERRAHMANE Rihem

**Le : 18/06/2023**

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** BAZRI K.E.D

MCA – UFM Constantine 1

**Rapporteur :** GANA .M

MCB – UFM Constantine 1

**Examineurs :** ARFA A.M.T

MCB – UFM Constantine 1

***Année Universitaire  
2022 – 2023***



# *Remerciement*

*Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé le courage et la volonté pour accomplir ce travail.*

*Une grande gratitude à notre encadreur Mr GANA Mohamed pour l'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont également aux membres du jury Dr Kamel-Eddine BAZRI, Dr ARFA Azzedine Mohamed Touffik pour avoir accepté d'évaluer notre travail de recherche.*

*Nous remercions sincèrement l'équipe pédagogique du département d'Ecologie, qui ont assuré notre formation durant tout le cycle d'étude.*



Je dédie ce mémoire de fin d'études en signe de  
reconnaissance et de respect à :

Mes très chers parents pour leurs sacrifices, leur amour, leur  
grande tendresse, leur compréhension et leur patience envers  
mois.

Mes Sœurs et Frères

Toutes mes Familles

Mes amis sans exception

A mon cher petit neveu Mohamed Siradj

*Roukaya*



*Je dédie ce mémoire*

*A mon père et ma mère pour leur amour inestimable, leurs sacrifices, leur confiance, leur soutien et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.*

*A mes grands-parents, mes frères, mes sœurs et à toute ma famille.*

*A mes très chères amies*

*Rihem*

# Liste des Abréviations

---

**°C** : Degré Celsius.

**CCUNCC** : La Convention Cadres des Nations unies sur les Changements climatiques.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**CNES** : Centre National d'études Spatiales.

**ENVI**: Environment for Visualizing Images.

**ESRI**: Environmental Systems Research Institute.

**FAO** : Food and Agriculture Organization / Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**GIEC** : Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.

**HCO<sub>3</sub>** : Bicarbonate.

**K**: Potassium.

**MNT**: Modèle Numérique de Terrain.

**N**: Azote.

**NDVI** : Normalized Difference Vegetation Index / Indice de végétation par différence normalisée.

**ONFAA** : L'Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires.

**P** : Phosphore.

**PRI** : Bandes spectrales proches infra rouge.

**R** : Bandes spectrales rouges.

**r** : Coefficient de corrélation.

**SAU** : La surface agricole utile.

**SIG** : Système d'Information Géographique.

**UTM** : Transverse Universelle de Mercator.

**WGS** : Word Géographic systèmes.

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 01 :</b>	Classification botanique du blé dur .....	<b>7</b>
<b>Tableau 02 :</b>	Caractéristiques des images Sentinel-2 utilisées dans la classification supervisée.....	<b>18</b>
<b>Tableau 03 :</b>	Répartition générale des terres en hectares (ha).....	<b>28</b>
<b>Tableau 04 :</b>	Variation interannuelle de la pluviométrie dans la wilaya de Mila entre 2000- 2022.....	<b>31</b>
<b>Tableau 05 :</b>	Evolution de la production du blé dans la wilaya de Mila.....	<b>32</b>

# Liste des Figures

---

<b>Figure 01 :</b>	Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen.....	<b>3</b>
<b>Figure 02 :</b>	Cycle de développement du blé dur.....	<b>11</b>
<b>Figure 03 :</b>	La production mondiale de blé en million de tonnes.....	<b>12</b>
<b>Figure 04 :</b>	Situation géographique et administrative de la Wilaya de Mila .....	<b>14</b>
<b>Figure 05 :</b>	Carte du relief de la wilaya de Mila (MNT: ASTER GDEM V.2).....	<b>16</b>
<b>Figure 06 :</b>	Carte des précipitations annuelles de la wilaya de Mila (1970-2000).....	<b>17</b>
<b>Figure 07 :</b>	Organigramme de l'approche Méthodologique .....	<b>20</b>
<b>Figure 08 :</b>	Analyse visuelle des compositions colorées en réflectance (NDVI times series)....	<b>21</b>
<b>Figure 09 :</b>	Découpage de l'NDVI par le vecteur de zone d'étude.....	<b>23</b>
<b>Figure 10 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 22/12/2021.....	<b>24</b>
<b>Figure 11 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 26/01/2022.....	<b>24</b>
<b>Figure 12 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 10/02/2022.....	<b>25</b>
<b>Figure 13 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 02/03/2022.....	<b>25</b>
<b>Figure 14 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 26/04/2022.....	<b>26</b>
<b>Figure 15 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 21/05/2022.....	<b>26</b>
<b>Figure 16 :</b>	NDVI de l'image Sentinel-2 du 20/06/2022.....	<b>27</b>
<b>Figure 17 :</b>	Carte d'occupation du sol de la wilaya de Mila.....	<b>28</b>
<b>Figure 18 :</b>	Répartition générale des terres en (%).....	<b>29</b>
<b>Figure 19 :</b>	Précipitations annuelles de la wilaya de Mila (1970 – 2000).....	<b>30</b>
<b>Figure 20 :</b>	Variation interannuelle de la pluviométrie dans la wilaya de Mila entre (2000-2022).....	<b>31</b>
<b>Figure 21 :</b>	Evolution des surfaces consacrées au blé dans wilaya de Mila (2000-2022).....	<b>33</b>
<b>Figure 22 :</b>	Fluctuations du rendement de blé dans wilaya de Mila entre (2000-2022).....	<b>33</b>
<b>Figure 23 :</b>	La relation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé dans la wilaya de Mila.....	<b>34</b>
<b>Figure 24 :</b>	Coefficient de corrélation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé entre 2000 et 2022.....	<b>34</b>



# Table des matières

---

❖ <i>Remerciements</i>	
❖ <i>Dédicaces</i>	
❖ <i>Résumé</i>	
❖ <i>Liste des abréviations</i>	
❖ <i>Liste des Tableaux</i>	
❖ <i>Liste des figures</i>	
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b> .....	2
I.1. Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles par télédétection.....	2
I.1.1. Définition et processus de la télédétection.....	2
I.1.2. Les avantages des données satellites.....	2
I.1.3. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles.....	3
I.1.4. L'indice de Végétation (NDVI).....	3
I.2. Changement climatique et l'Agriculture.....	4
I.2.1. Généralité sur le changement climatique.....	4
I.2.2. Impact du changement climatique sur l'écosystème.....	5
I.2.3. Impacts du changement climatique sur les rendements agricoles.....	5
I.2.4. Impacts du changement climatique sur la céréaliculture (culture pluviale) .....	6
I.3. Description générale du blé dur.....	6
I.3.1. Le blé dur.....	6
I.3.2. Classification botanique.....	7
I.3.3. Eléments conditionnant la croissance de blé dur.....	7
I.3.3.1. Élément édaphique.....	7
I.3.3.2. Eléments climatiques .....	8
A. Température.....	7
B. L'eau.....	8
C. La lumière .....	8
D. Fertilisation .....	8

I.3.4. Cycle de développement du blé dur.....	10
I.3.4.1. Germination.....	10
I.3.4.2. Levée.....	10
I.3.4.3. Tallage.....	10
I.3.4.4. Montaison.....	10
I.3.4.5. Epiaison.....	11
I.3.4.6. Maturation.....	11
I.3.5. Importance économique du blé.....	12
I.3.5.1. Sur le plan mondial.....	12
I.3.5.2. Sur le plan national.....	12
<b>Chapitre II : Approche Méthodologique</b> .....	14
II.1. Présentation de la région de Mila.....	14
II.1.1. Situation géographique et administrative.....	14
II.1.2. Le relief.....	15
II.1.2.1. L'espace montagneux .....	15
II.1.2.2. L'espace de piedmonts et de collines.....	16
II.1.2.3. L'espace Sud des hautes plaines.....	16
II.1.3. Le climat.....	17
II.2. Sources des données utilisées.....	18
II.2.1. Les images Sentinel-2.....	18
II.2.2. Les images Google Earth.....	18
II.2.3. La base de données climatique WorldClim.....	19
II.2.4. Les données récoltées auprès institutions locales.....	19
II.2.5. Outils de Géo-traitement.....	19
II.3. Méthodes de traitement des données.....	20
II.3.1. Prétraitements.....	20
II.3.2. Classification des images.....	20
II.3.3. Intégration de l'indice de végétation (NDVI).....	21
II.3.4. Correction et validation des résultats.....	22
II.3.5. Relation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé dur.....	22

<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b> .....	23
III.1. Calcul de l'NDVI.....	23
III.2. Répartition des terres dans la wilaya de Mila.....	27
III.3. L'impact des variations pluviométriques sur la production de blé dur dans la wilaya de Mila.....	29
III.3.1. La distribution spatiale de précipitation.....	29
III.3.2. Variations interannuelles des précipitations.....	30
III.3.3. Evolution de la production du blé dans la wilaya de Mila.....	32
III.3.4. L'impact des fluctuations pluviométriques sur le rendement de blé.....	34
III.4. Discussion.....	35
<b>Conclusion</b> .....	37
<b>Références bibliographiques</b> .....	38

# Introduction

## Introduction

En Algérie, le secteur agricole dépend essentiellement des précipitations et l'agriculture pluviale couvre 98,6 % de la superficie agricole totale (Cline, 2007). La céréaliculture est une activité ancienne du milieu agricole algérien. Elle est présente dans tous les étages bioclimatiques y compris les zones sahariennes, avec une prédominance de la culture du blé dur.

Au cours des dernières années, l'Algérie a connu des variations climatiques spatiales et temporelles qui limitent le rendement. Ces fluctuations engendrent des importations conséquentes, qui peut atteindre jusqu'à 60 % des céréales consommées annuellement.

Dans ce contexte, les informations concernant les surfaces ensemencées et leur rendement doivent être actualisées pour prévoir la production alimentaire. Seul un travail de cartographie rapide, régulier, détaillé et suffisamment précis permet de collecter de telles informations sur les terres cultivées (Gallego *et al.*, 2008).

Dans ce type de réflexion, la télédétection spatiale par le nombre élevé de données, la répétitivité de l'acquisition de ces données, et par l'homogénéité synoptique conférée aux informations transmises, trouve une place privilégiée comme un outil performant de suivi des changements agricoles (Bensaid, 2006). De plus, Les SIG permettent en effet d'intégrer des données de nature et de sources variées dans des bases d'information géographique cohérentes et de mettre en œuvre des outils puissants pour le traitement statistique et l'analyse spatiale de ces données.

Deux objectifs principaux sont ciblés dans ce mémoire (1) - Cartographier les terres agricoles dans la wilaya de Mila avec la caractérisation climatique de la région en se basant sur les données satellites et le SIG. (2) - Evaluer le degré de liaison qui existe entre la pluviométrie et le rendement de blé entre (2000 et 2022). Cette démarche constituerait une première étape vers une perspective d'amélioration de la productivité.

Au terme de cette étude, la chambre d'agriculture trouvera à sa disposition une cartographie détaillée, accompagnée d'une base de données SIG. Cette base de données permettra aux décideurs de disposer d'informations précises et actualisées pour la gestion des terres agricoles de la wilaya de Mila.

# **Chapitre I: Synthèse Bibliographique**

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I.1. Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles par télédétection

#### I.1.1. Définition et processus de la télédétection

La télédétection c'est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. L'objet de la télédétection est de fournir des informations sur les paysages sous forme des images, en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations (Robin, 1995).

Les images spatiales sont utilisées pour reconnaître et caractériser les éléments du paysage, et établir des documents thématiques, sous forme statistique ou cartographique pour la foresterie, l'urbanisme, l'agriculture, la géologie, l'hydrologie, la surveillance des catastrophes naturelles, ...etc.

#### I.1.2. Les avantages des données satellites

Comparées aux photographies aériennes, les images satellites présentent plusieurs avantages :

- **Une couverture plus vaste** : entre un peu plus de 100 km<sup>2</sup> pour les plus précises et jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de km<sup>2</sup>. Le capteur de certains satellites dispose d'un champ d'observation total ou « fauchée » de 180 km de large, soit une scène complète de 32 400 km<sup>2</sup>. En comparaison, les photographies aériennes couvrent une dizaine de km<sup>2</sup>.

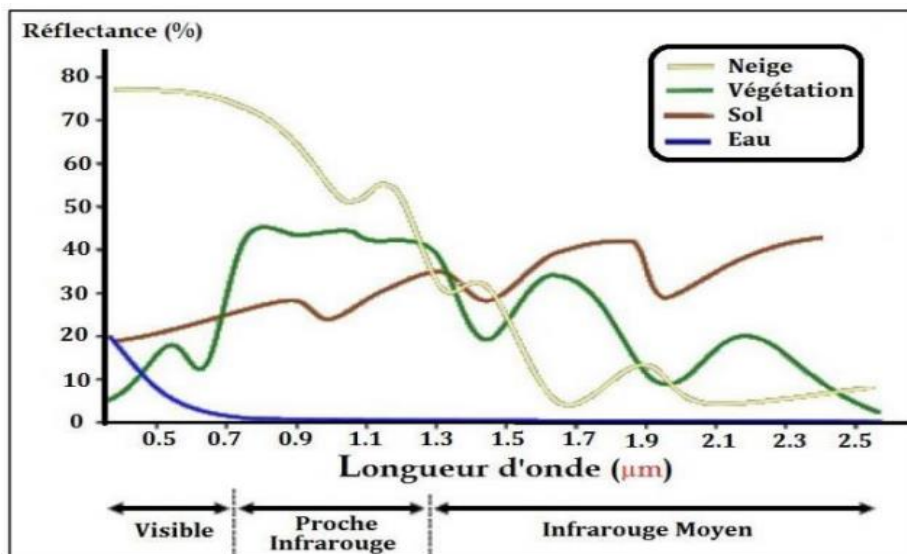
- **Une résolution spectrale plus importante** : les satellites couvrent non seulement les longueurs d'onde du visible mais aussi celle de l'infrarouge. Plusieurs domaines spectraux principaux sont distingués sur le spectre électromagnétique : l'ultraviolet (290-390 nm), le visible (400-750 nm), l'infrarouge proche (780 nm – 3 µm), l'infrarouge moyen (3-50µm), l'infrarouge lointain (50 µm – 5 mm) et le domaine des hyperfréquences (7,5 mm – 136 cm)

- **Une résolution temporelle plus élevée** : le satellite Landsat 5 TM a par exemple avec une répétitivité de 16 jours. permet de sélectionner les dates les plus pertinentes en fonction de la thématique étudiée (suivi des feux de forêt, évolution des cultures, etc.). Cette caractéristique permet ainsi la construction de séries chronologiques larges et détaillées.

- **La résolution spatiale** : certes la résolution spatiale souvent moins précise que les photographies aériennes, mais plus adaptée à l'identification des changements spatiaux régionaux où le niveau de détail élevé des photographies n'est pas forcément pertinent (Clauzel, 2008).

### I.1.3. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

La télédétection repose sur le principe de mesure de la réflectance de la lumière émise par le couvert végétale, à travers les différentes gammes de longueurs d'onde. Chaque objet de la surface terrestre ayant son propre comportement radiométrique, il est possible d'identifier sa nature grâce à sa signature spectrale (valeurs radiométriques enregistrées dans chaque longueur d'onde) (Robin, 1995). Donc, les capteurs permettent de distinguer divers types de surfaces naturelles caractérisées par des courbes de réflectance spectrale. Chaque surface possède une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchi en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure ci-dessous (fig.01) présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles



**Figure 01** : Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen. **Source** : (UVED, 2008).

### I.1.4. Les indices de végétation

Les indices de végétation, comme tous les autres indices, reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Ils sont très utilisés d'une part, pour



identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux (la croissance des plantes, la biomasse, la surface foliaire...etc).

L'NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou indice de végétation par différence normalisée est le plus ancien et le plus utilisé. Il permet de mesurer l'activité physiologique des plantes chlorophyllienne et la discrimination de la végétation. L'NDVI est calculé à partir des bandes spectrales rouges (R) et proches infra rouge (PIR) selon l'équation suivante :  $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ . Cet indice est sensible à la vigueur et à la densité de la végétation.

Les valeurs de l'NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau, le bâti et les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs positives, généralement comprises entre 0,2 et 0,8. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses (Sellers, 1985).

## **I.2. Changement climatique et l'agriculture**

### **I.2.1. Généralité sur le changement climatique**

Selon la Convention Cadres des Nations unies sur les changements climatiques (CCUNCC), le changement climatique est défini comme : « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement une activité humaine altérant la composition l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. ».

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) considère le changement climatique comme : « toutes les formes de changements qui pourraient être exprimées statistiquement, résultant de l'activité humaine, ou résultant d'interactions internes de composants du système climatique, ce qui peut durer des décennies d'affilée. ».

### **I.2.2. Impact du changement climatique sur l'écosystème**

Il est scientifiquement impossible d'attribuer chaque événement météorologique au changement climatique actuel ; cependant, à partir de données statistiques, il est possible de prouver que le réchauffement climatique augmentera la possibilité d'événements météorologiques extrêmes.

Les conséquences directes du changement climatique causé par les activités humaines sont les suivantes :

- La température maximale augmente ;
- Élévation de température minimale ;
- Le niveau de la mer monte ;
- La hausse de la température des océans ;
- Augmentation des précipitations (fortes pluies et grêle) ;
- Retrait et fonte des glaciers ;
- Dégel du permafrost ;

Les conséquences indirectes du changement climatique qui affectent directement la population et l'environnement sont les suivantes :

- Les crises alimentaires et hydriques se sont multipliées, notamment dans les pays en développement.
- Risques sanitaires dus à la hausse des températures et aux canicules.
- Conséquences économiques pour l'élimination des conséquences climatiques.
- La propagation des parasites et des maladies.
- Perte de la biodiversité en raison de la capacité et de la vitesse d'adaptation limitées de la faune et de la flore.
- À mesure que la concentration de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) augmente, la forte concentration de bicarbonate (HCO<sub>3</sub>) dans l'eau provoque une acidification des océans.
- Nécessité d'agir dans tous les secteurs (tels que l'agriculture, la foresterie, l'énergie, les infrastructures, le tourisme, etc.).

### **I.2.3. Impacts du changement climatique sur les rendements agricoles**

Les changements dans les régimes de précipitations augmenteront la probabilité de «mauvaises récoltes» à court terme et de baisse des niveaux de production à long terme. En conséquence, les prix des produits agricoles sont susceptibles d'augmenter considérablement

sur les marchés nationaux et internationaux. Pour sa part, les prix des différentes viandes augmenteront en raison de la hausse des prix des aliments pour animaux en raison de la faible productivité des pâturages. Ainsi, le changement climatique est devenu une menace réelle pour la sécurité alimentaire mondiale.

En Algérie, les simulations de trois types d'années agricoles (optimale, normale et sèche) montrent une réduction des rendements comprise entre 5,7% et 14% par zone géographique et par type d'année. Ces études ont montré que le changement climatique affectera également les légumes dont la production diminuera de 10% à 30% en Algérie d'ici 2030 (Bindi et Moriondo, 2005).

#### **I.2.4. Impacts du changement climatique sur la céréaliculture (culture pluviale)**

La plupart des cultures cultivées en Algérie étaient des cultures céréalières récoltées par la pluie (en sec et en terres «bour»). Cependant, la céréaliculture est un système de culture plus vulnérable qui dépend fortement des risques climatiques et des niveaux de précipitations. Diverses études récentes ont montré des effets négatifs sur les rendements et la production céréalières en Algérie, à travers le changement climatique.

Face à cette situation, une étude sur les effets du changement climatique sur les rendements du blé d'hiver, présentée dans le cadre des premières communications nationales de trois pays du Maghreb, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie, a révélé des effets très négatifs, entraînant des baisses progressives mais durables des rendements en blé. Ces études étaient basées sur l'introduction de hausses de températures et de baisses mensuelles des taux des précipitations (Bindi et Moriondo, 2005).

### **I.3. Description générale du blé dur**

#### **I.3.1. Le blé dur**

Le blé est une plante herbacée annuelle, elle appartient à la classe des monocotylédones de la famille des poacées, et au groupe des grandes espèces du genre *TRITICUM*, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 500 espèces. La plante du blé est une graminée de hauteur moyenne pouvant atteindre jusqu'à 1.5 m selon les variétés (Bozzini, 1988). L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire (Gate et Giban, 2003).

### I.3.2. Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, qui sont caractérisée par des critères morphologiques particuliers.

Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous

**Tableau 01.** Classification botanique du blé dur (Douaer *et al.*, 2018)

Embranchement	Spermaphytes
S/Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Super Ordre	Commeliniflorales
Ordre	Poales
Famille	Graminacée
Tribu	Triticeae
Sous Tribu	Triticinae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

### I.3.3. Eléments conditionnant la croissance du blé dur

#### I.3.3.1. Élément édaphique

Le blé dur exige un sol bien préparé, meublé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (Soltner, 1990).

### **I.3.3.2. Eléments climatiques**

#### **A. Température**

La majorité des variétés peuvent supporter un gel modéré pendant l'hiver si la plante est suffisamment développée. Par contre le blé ne supporte pas les fortes températures et les déficits hydriques en fin de cycle pendant le remplissage du grain. En effet, la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C (le zéro de végétation) est exigée pour la germination, cependant l'optimum de croissance se situe entre 20 et 26°C. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire à certaines variétés dite d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (Clement et Prats, 1970).

#### **B. L'eau**

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (Soltner, 1990), la germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. En effet, C'est durant la phase épi 1cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison. C'est pour ça que le semis est toujours recommandé en culture pluviale.

#### **C. La lumière**

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Soltner, 1990). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

#### **D. Fertilisation**

Les cultures annuelles telles que les blés craignent la carence en phosphore (P) et en Potassium (K) quand elles sont jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au plus près des jeunes racines.

- **L'azote**

L'azote est un élément indispensable à la culture et la croissance du blé. En effet, c'est le pivot de la production de biomasse, du rendement et de la qualité des produits récoltés. Les

besoins de la culture sont essentiellement azotés. Ainsi pour les satisfaire au mieux, il est conseillé de semer une culture de blé après un précédent cultural du type légumineux. Car la légumineuse laisse au sol une grande quantité d'azote sous forme organique. En effet après minéralisation, l'azote disponible à la montaison favorise la montaison et la formation des épis et se termine par un bon remplissage du grain et un taux protéique satisfaisant (Grignac, 1965).

- **Le phosphore**

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais et le plus anciennement connu. Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale. Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote.

Selon Moughli (2000), le phosphore participe dans :

- Maturation des grains : des teneurs élevées en phosphore réduisent le temps de maturité et donne une paille plus solide.
- Formation des graines nécessite du phosphore : des quantités importantes de phosphore sont stockées dans les semences.
- Stimulation de la croissance des racines : un apport localisé de phosphore (et nitrate) entraîne une prolifération des racines dans cette zone. Par contre, on a constaté moins de réponse de la racine à des apports localisés de potassium ou d'ammonium.

- **Le potassium**

Pour certains minéraux, la quantité présente dans le sol doit être supérieure à la quantité nécessaire ; en effet ils peuvent être présents dans le sol, mais non disponibles pour autant pour la plante. Le potassium est essentiellement retenu par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il pourra donc être perdu en grande quantité par lessivage). Le potassium n'est pas très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence des cellules et la régulation de l'économie d'eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilât vers les organes de réserves (grains, bulbes et tubercules) (Moughli, 2000).

### **I.3.4. Cycle de développement du blé dur**

Le cycle du blé comporte deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductrice. La période végétative comporte les phases germination, Pré-tallage et tallage. Cependant la période reproductrice comporte les phases montaison, épiaison, floraison et maturation (Soltner, 1990).

#### **I.3.4.1. Germination**

La germination est l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce aux réserves contenues dans cette dernière. Elle débute lorsque la graine commence à absorber de l'eau et elle se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance de la coléoptile (Boulal *et al.*; 2007).

#### **I.3.4.2. Levée**

La levée est notée quand 50% de la plantule sont sorties de sol et que la première feuille pointe au grand jour son limbe. Deux autres feuilles suivent. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution de nombre (Karou *et al.*; 1998).

#### **I.3.4.3. Tallage**

Le tallage comporte 03 principaux stades, début, plein et fin tallage. Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille et elle se caractérise par l'entrée en croissance des bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître-brin (Soltner, 1990). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative.

#### **I.3.4.4. Montaison**

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1cm, par l'élongation du premier entre nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (Gate, 1995).

### I.3.4.5. Epiaison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli *et al.*; 2005).

### I.3.4.6. Maturation

La maturation durant laquelle, le grain se développe en deux stades. Le stade laiteux, où le grain vert clair, au contenu laiteux, atteint sa dimension définitive. Le stade pâteux où le grain d'un vert jaune s'écrase facilement. Les glumes et les glumelles sont jaunes striées de vert, les feuilles sèches et les nœuds de la tige encore verts. Puis le grain mûrit. Il prend une couleur jaune. Il est brillant et durci. Les nœuds de la tige deviennent jaunes striées de vert. A maturité complète, le grain prend la couleur typique de la variété et la plante est complètement sèche (fig.02). À sur-maturité, le grain est mat et tombe tout seul de l'épi (Houot *et al.*; 1990).

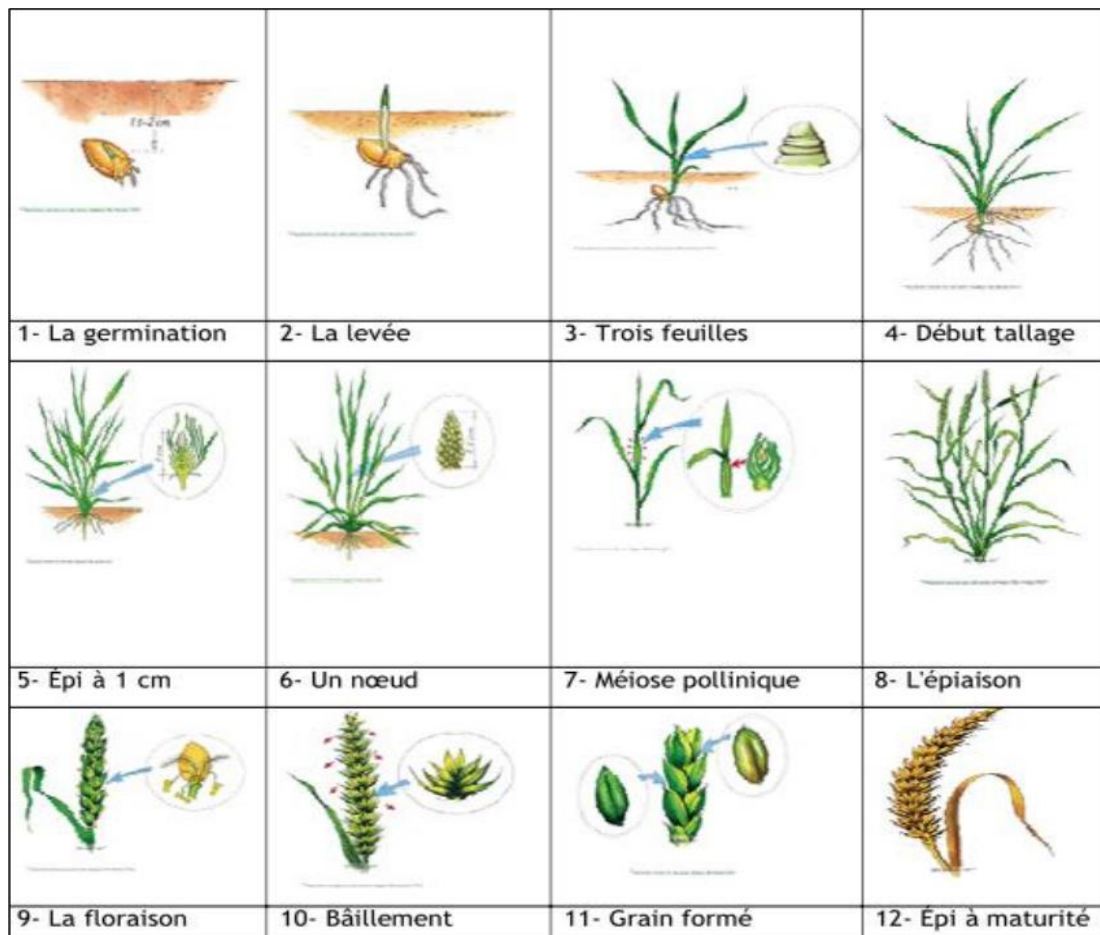


Figure 02 : cycle de développement de blé dur



### I.3.5. Importance économique du blé

#### I.3.5.1. Sur le plan mondial

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ils sont considérés comme une principale source de la nutrition humaine et animale. Le blé dur est relativement peu produit dans le monde. Ainsi, la production mondiale de blé dur ne constitue en moyenne que quelques 5% de la production totale mondiale, qui a dépassé les 700 millions de tonnes au cours des dernières années, 20% de la production de blé dur est essentiellement échangée dans le monde .

Selon les statistiques de (FAO, 2018) la production mondiale de blé en 2018- 2019 s'établit à 731.6 millions de tonnes en 2018, soit 2,7 pour cent de moins qu'en 2017(fig.03) L'essentiel de la réduction résulte d'une baisse des rendements provoquée par des conditions climatiques défavorables, en particulier dans les principaux pays producteurs.

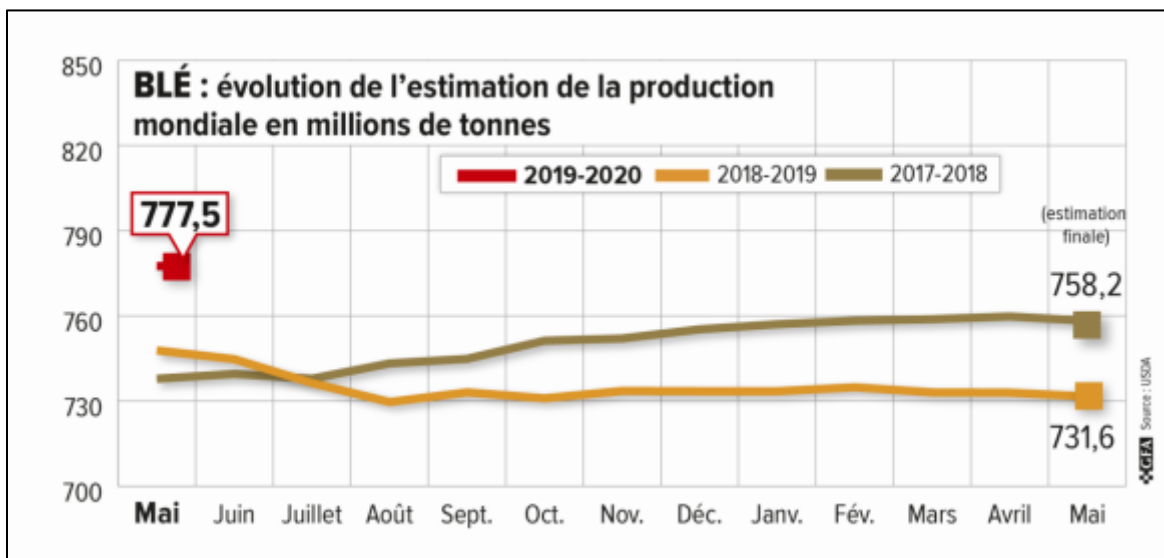


Figure 03 : La production mondiale de blé en million de tonnes (FAO, 2019).

#### I.3.5.2. Sur le plan national

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur, 600 000 hectares de blé tendre. Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour. Cette consommation de blé a légèrement augmenté ces

dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de broyage, mais devrait rester plus ou moins stagnante.

Selon la FAO durant l'année 2014 l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, collectée est constituée en moyenne de blé dur 58,7%, blé tendre 33% (FAO, 2014).

L'Algérie ambitionne de réduire ses importations de céréales. L'objectif est de réaliser l'autosuffisance en blé dur. La production blé dur en Algérie entre 1961 et 2014 présente 02 phases distinguant :

- **1 er phase : de 1961 à 1990:** Malgré l'instabilité dans les superficies emblavées en faveur d'une évolution, les rendements affichés montre une progression.
- **2eme phase : de 2000 jusqu'à maintenant:** Nous remarquons une évolution dans le programme des superficies réservées au blé dur allant de 2 millions et à 3.4 millions de tonnes, et aussi les rendements ont considérablement augmenté jusqu'à atteindre 23q/ha il est remarquable que le blé occupe une superficie importante de l'activité agricole. Il occupe les plus grandes superficies céréalières emblavées qui représentent environ 45% de la SAU. Actuellement, selon l'Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA) la superficie moyenne du blé se situe à environ 1664345 ha. Les variations de la pluviométrie contribuent à la différence des rendements d'une année à l'autre ainsi le manque des moyens techniques et la mauvaise gestion d'utilisation des fertilisants.

# **Chapitre II :**

# **Matériel et**

# **méthodes**

## Chapitre II : Approche Méthodologique

### II.1. Présentation de la zone d'étude

#### II.1.1. Situation géographique et administrative

La wilaya de Mila se situe au Nord-est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 75 km de la mer méditerranéenne. Elle est aussi dans la partie Est de l'Atlas tellien, une chaîne de montagnes qui s'étend d'Ouest en Est sur l'ensemble du territoire Nord du pays. Elle occupe une superficie totale de 3.480,54 Km<sup>2</sup> soit 0,14% de la superficie total du pays. La population totale de la wilaya est estimée à 766 886 habitants soit une densité de 220 habitants par Km<sup>2</sup> (fig.04).

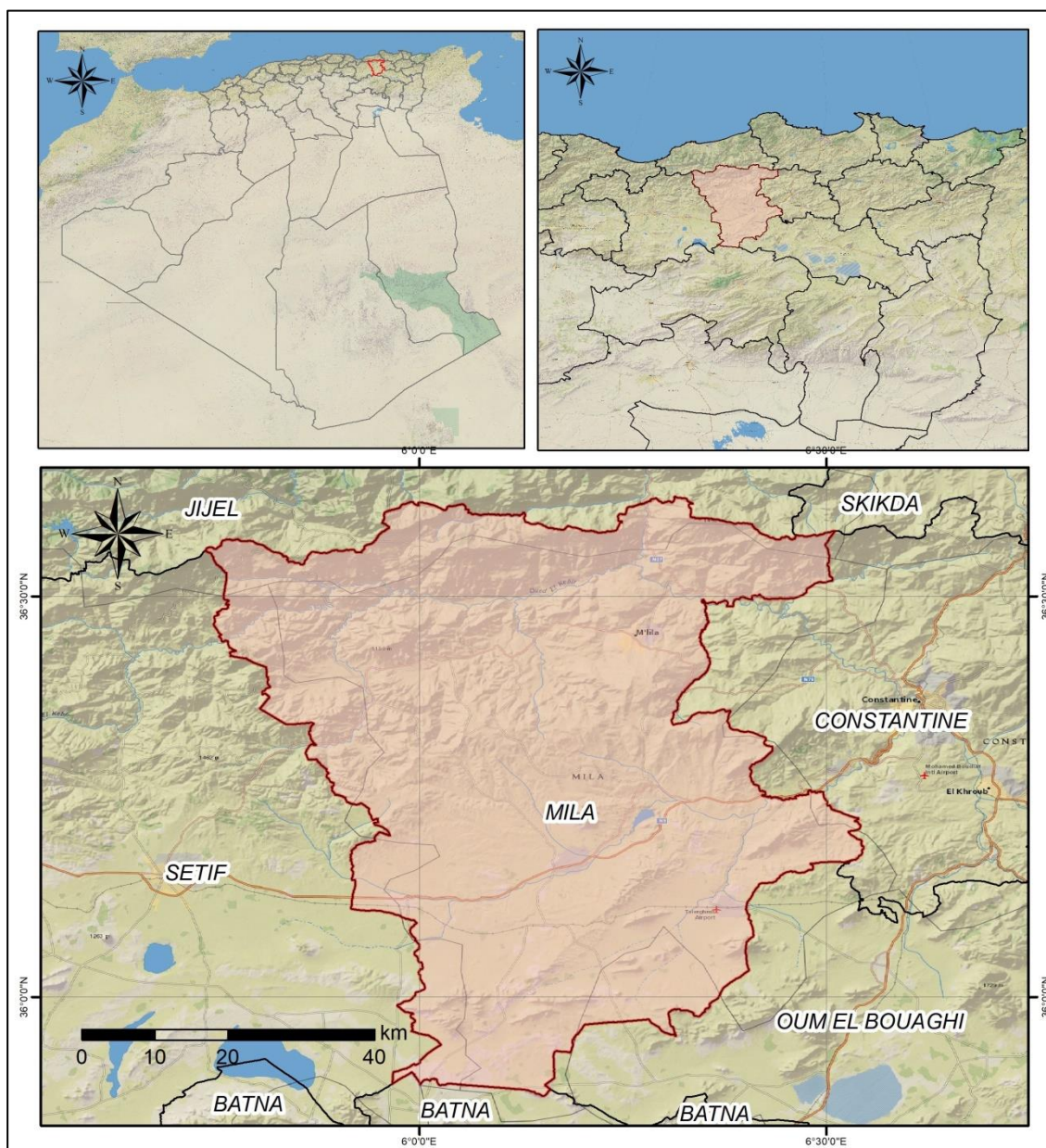


Figure 04 : Situation géographique et administrative de la Wilaya de Mila

La wilaya de Mila est issue du découpage administratif de 1984. Elle est composée de 32 communes et 13 Daïras. Elle est limitée par 06 wilayas :

- Au Nord- Ouest par la wilaya de Jijel;
- Au Nord- Est par la wilaya de Constantine;
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif;
- A l'Est par les wilayas de Constantine et Skikda;
- Au Sud- Est par la wilaya d'Oum El Bouaghi;
- Au Sud par la wilaya de Batna.

La wilaya de Mila fait partie des bassins versants de l'Oued El Kébir et Oued Endja. Ces derniers se localisant dans la chaîne Tellienne orientale, couvrent une superficie de 216.000 hectares et représentent une région intermédiaire entre le domaine Tellien à très forte influence méditerranéenne au Nord et un domaine à très forte influence continentale au Sud. Cette situation géographique confère à la commune de Mila une position du carrefour d'échange et de transit très dynamique entre le nord montagneux et hautes plaines au Sud-est et donne à l'agglomération chef-lieu plusieurs atouts pour jouer un rôle moteur dans l'armature urbaine future de la région.

### **II.1.2. Le relief**

La région de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense. Cependant, et selon Zouaidia (2006) On distingue trois espaces différents dans la région : un espace montagneux, un espace de piedmonts et de collines et un espace de hautes plaines :

#### **II.1.2.1. L'espace montagneux**

Formé d'une succession de massifs montagneux (massifs Telliens) et caractérisé essentiellement par un relief accidenté et des sols érodés. S'étalant sur les territoires des communes de Hamala, Chigara, Terrai Beinen, Amira Arrés, Tessala, Lemtai, Minar, Zarza, Tassadane, et Heddada.

Concernant la configuration du relief, on distingue deux grandes unités géomorphologiques :

- Les hauts piedmonts au centre Ouest avec une pente allant de 12,5 à 25%.
- Montagne pour le reste de la région et dont la pente est généralement supérieure à 25%).

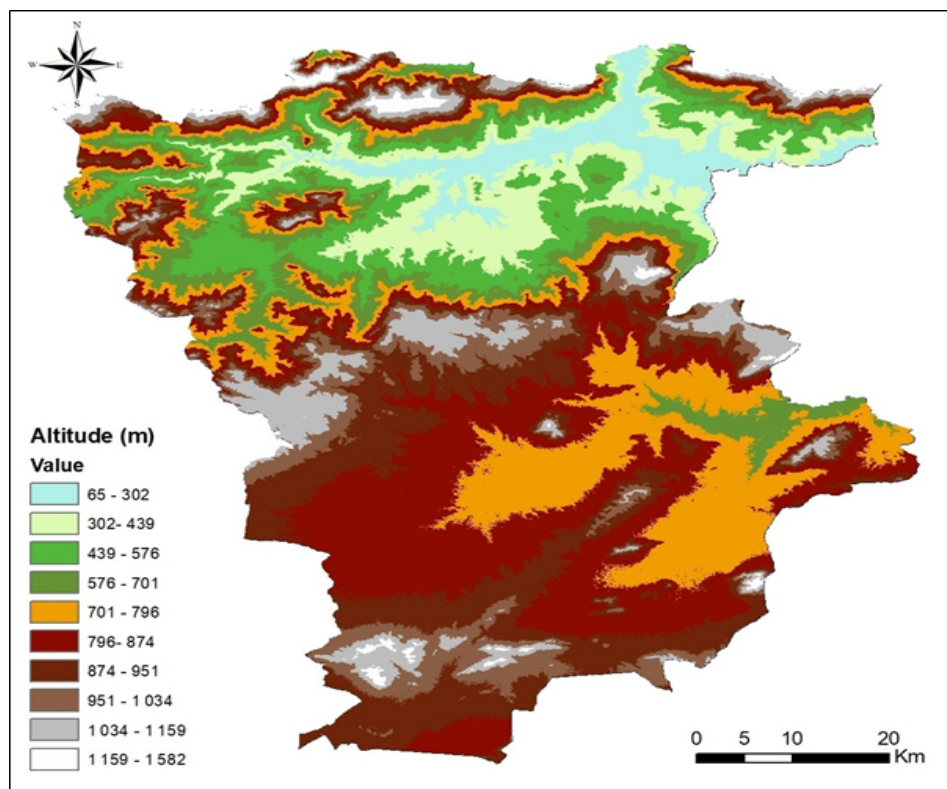
### II.1.2.2. L'espace de piedmonts et de collines

Constituant la région centrale du piedmont Sud Tellien, l'espace de piedmonts et de collines présente des altitudes très élevées comprise entre 500 et 800 m, elle est composée

- de • Plaines intra-montagneuses dans la région de Ferdjioua, Oued Endja dont l'altitude moyenne est de 400 m.
- Collines et les piémonts situés dans la partie Est de la wilaya sont limités au Nord par la région montagneuse. Au sud, ils forment la limite des hautes plaines. Il s'agit, de collines présentant un relief montagneux très désordonné.
- La région des hauts piémonts qui forment au Nord-Ouest, le prolongement des reliefs telliens concerne la dépression de Ferdjioua, Oued Endja.

### II.1.2.3. L'espace Sud des hautes plaines

Caractérisée par des pentes douces (inférieur à 12,5%) et qui couvre presque la totalité de la Daïra de Chelghoum Laid et les vastes plaines céréalières de Tadjenanet et Teleghma, dans cette région Sud de la wilaya, dont l'altitude moyenne est généralement comprise entre 800 et 900 m, émergent les massifs montagneux isolés tels que: Kef Lebiod 1408m; Djeble Lehman 1237 m (fig.05).

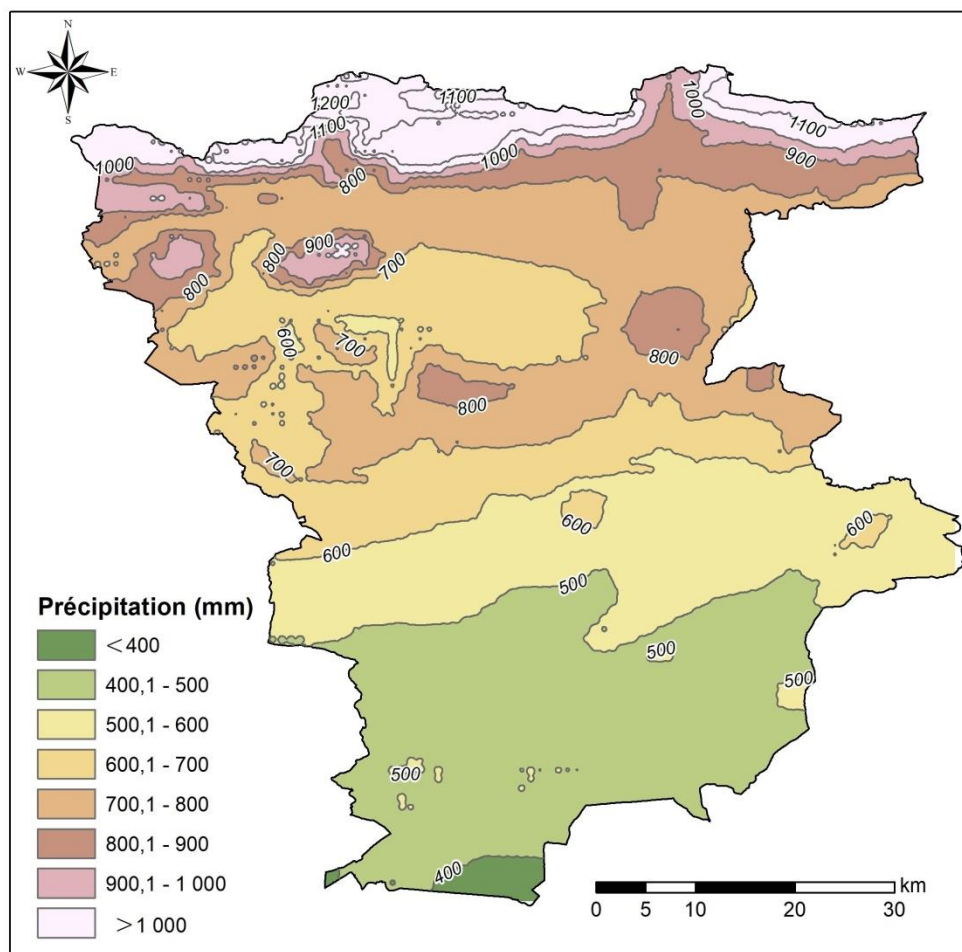


**Figure 05** : Carte des altitudes de la wilaya de Mila (MNT: ASTER GDEM V.2)

### II.1.3. Le Climat

La région de Mila est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période de sécheresse estivale. Ce climat s'identifie par des hivers froids et des étés chauds, dus essentiellement à l'influence de la continentalité.

La moyenne pluviométrique annuelle varie de 370 à 1000 mm/an (fig.06), les précipitations sont très variables en allant du Nord au Sud. Elles ont un rôle principal dans la régénération des réserves d'eau. La moyenne annuelle des jours pluvieux est de 40 à 60 jours. Elles sont caractérisées par leur répartition irrégulière dans l'espace et dans le temps, souvent elles sont sous forme de grandes averses avec des inondations instantanées.



**Figure 06 :** Carte des précipitations annuelles de la wilaya de Mila (1970-2000)

## II.2. Sources des données utilisées

### II.2.1. Les images Sentinel-2

Depuis juin 2015, le satellite Sentinel-2A tourne autour de la terre repassant inlassablement tous les 10 jours au-dessus de chaque point de notre planète. Avec le lancement de Sentinel-2B, cette période de revisite sera divisée par 2, soit une image tous les 05 jours. Cela va augmenter nos chances d'avoir des images sans nuage aux stades clés de la croissance des cultures pour déterminer la fraction de sol nu, couvert vert, surface foliaire à l'intérieur des parcelles agricoles.

L'instrument des Sentinel-2 a été spécialement conçu pour observer la végétation terrestre. Il mesure les quantités d'énergies dans 13 bandes spectrales avec une résolution au sol entre 10 (Bandes R,G,B et pIR) et 60 m. Sa revisite temporelle inédite est cruciale pour cartographie et suivi des cultures (CNES, 2018).

**Tableau 02** : Caractéristiques des images Sentinel-2 utilisées dans la classification supervisée.

<i>ID</i>	<i>Date de prise de vue</i>
<i>S2B_MSIL2A_20211018T101939_N0301_R065_T32SKF_20211018T131832</i>	18-10-2021
<i>S2B_MSIL1C_20220126T102209_N0400_R065_T32SKF_20220126T111012</i>	26-01-2022
<i>S2A_MSIL1C_20220210T102151_N0400_R065_T32SKF_20220210T141713</i>	10-02-2022
<i>S2A_MSIL2A_20220302T101941_N0400_R065_T32SKF_20220302T135825</i>	02-03-2022
<i>S2B_MSIL2A_20220426T101549_N0400_R065_T32SKF_20220426T135947</i>	26-04-2022
<i>S2A_MSIL2A_20220521T101601_N0400_R065_T32SKF_20220521T181716</i>	21-05-2022
<i>S2A_MSIL1C_20220620T102041_N0400_R065_T32SKF_20220620T154007</i>	20-06-2022

### II.2.2. Les images Google Earth

Ces images apportent des informations spatiale beaucoup plus importante et offre un potentiel d'extraction d'autres types d'information comme les parcellaires et les pistes agricoles, elles peuvent être utilisées pour valider la classification supervisée appliquées aux images satellitaires.



### II.2.3. La base de données climatique WorldClim

Les données climatiques utilisées sont issues de la base de données « WorldClim » (<http://www.worldclim.org/Version2>). C'est une base de données climatiques mensuelles, de pluviométrie, de température maximale et de température minimale, interpolées à une même haute résolution spatiale sur toute l'étendue du globe, contenant les estimations des données passées, courantes et futures. Les données courantes, correspondent à la moyenne sur la période 1970-2000, prise comme période de référence. Elles sont disponibles en libre téléchargement, en deux formats raster (generic-grids, Esri-grids), à des résolutions spatiales de 1km.

### II.2.4. Les données récoltées auprès des institutions locales

Les données statistiques ont été récoltées auprès des institutions et des services agricoles, Afin de construire une base de données multi-thèmes, Cette étape constitue une phase importante dans la réalisation de ce travail, nous avons utilisé aussi les travaux de recherche effectués sur le périmètre de notre zone d'étude.

### II.2.5. Outils de Géo-traitement

Les systèmes d'information géographiques (SIG) sont considérée comme l'une des technologies de l'information les plus performantes, car elle vise à intégrer des connaissances provenant de sources multiples et à crée un environnement pluri-secteurs. Il réunit un environnement de visualisation performant et une puissante infrastructure d'analyse et de modélisation spécialement adaptée à la géographie. Dans ce projet, tous les traitements des données spatiales ont été effectués à l'aide du Système d'Information Géographique ArcGIS 10.3, qui constitue une famille de logiciels développés par la compagnie américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute) leader mondial des SIG. Il comprend une suite d'applications intégrées les unes aux autres qui sont ArcMap, ArcToolbox et ArcCatalog.

- **ArcMap** : l'application principale d'ArcGis qui permet de cartographier et de traiter les données.
- **ArcToolBox** : la boîte qui contienne tous les outils qui s'applique sous ArcMap
- **ArcCatalog** : est un explorateur de données cartographiques. Il permet d'organiser, de pré visualiser, de rechercher, de décrire des données géographiques (méta données).

### II.3. Méthodes de traitement des données

La méthodologie adoptée pour réaliser ce travail repose sur plusieurs étapes (fig.07):

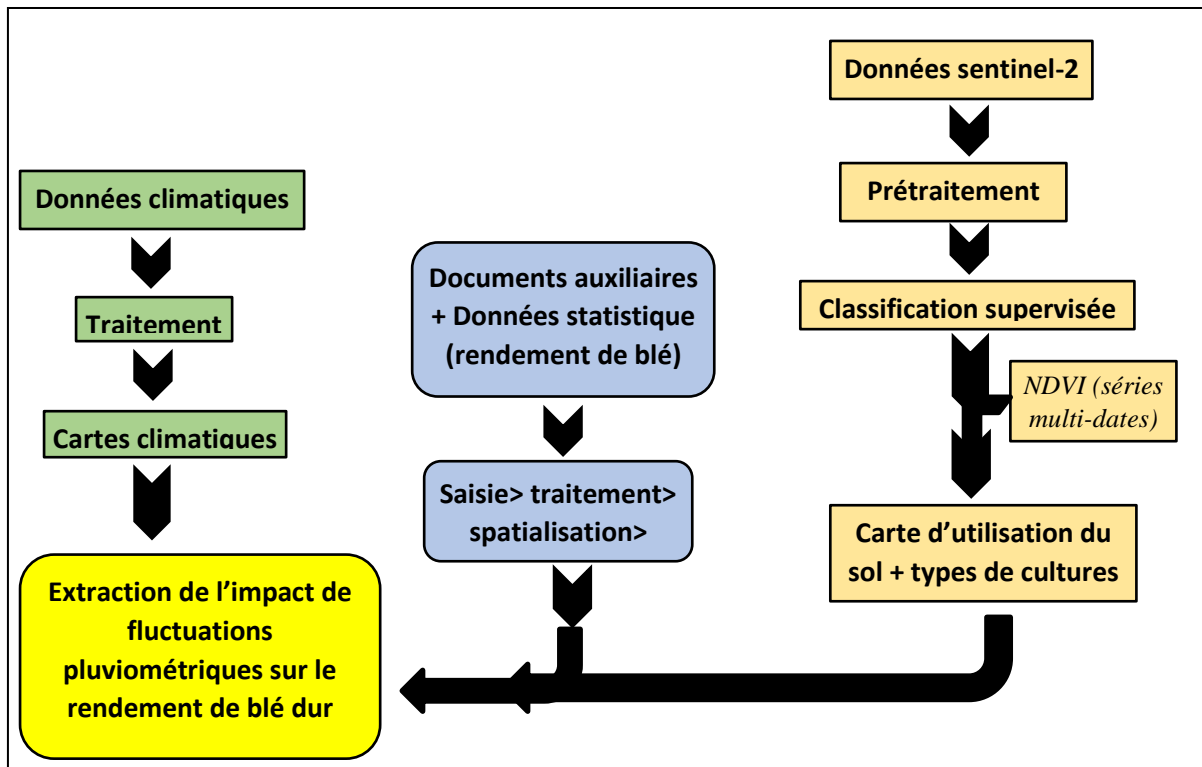


Figure 07 : Organigramme de l'approche Méthodologique

#### II.3.1. Prétraitements

Ce sont des opérations de correction, des distorsions géométrique et/ou radiométrique, appliquées aux images pour assurer une bonne qualité du produit en vue de leur utilisation ultérieure.

Les images Sentinel-2 sont ortho-rectifiées, mais des corrections atmosphériques sont effectués à l'aide du logiciel ENVI 5.3 afin de convertir les valeurs numériques de nos images en valeurs de luminance pour ensuite les calibrer en réflectance. Ce qui nous a permet de faire une comparaison multi-dates entre les images.

#### II.3.2. Classification des images

Avant d'entamer la procédure de la classification, nous avons fait une analyse statistique de séparabilité des différentes parcelles d'entraînement pour l'ensemble des images de chaque scène afin d'identifier les similarités entre les signatures spectrales.

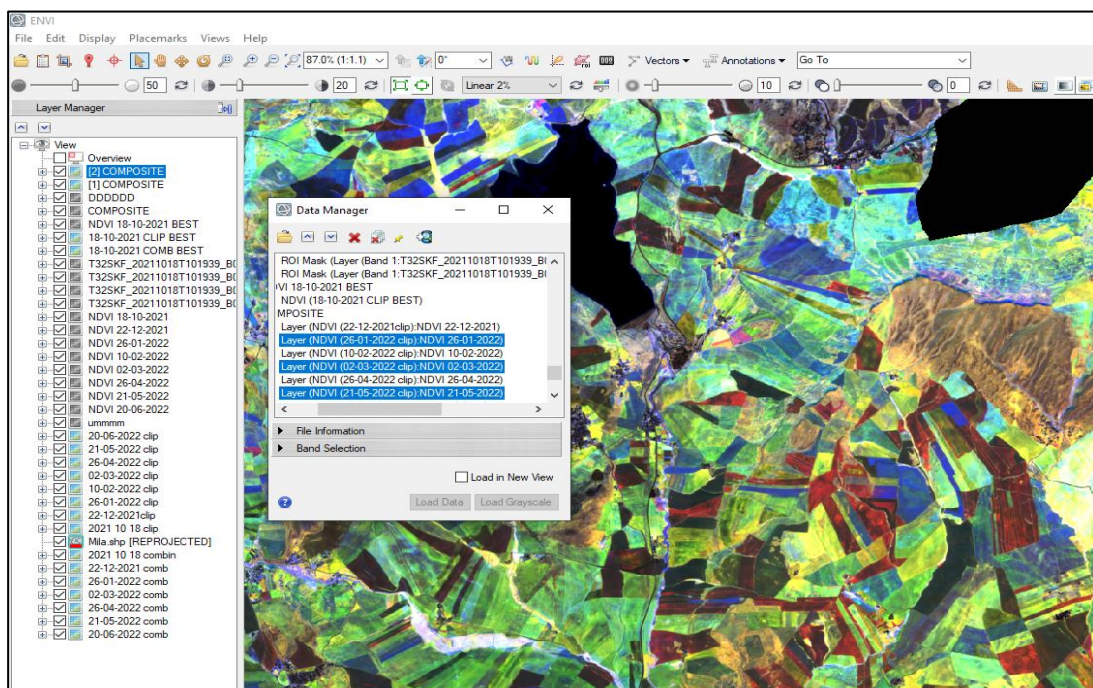
La distance entre les signatures spectrales des zones d'entraînement ont été calculé se basant la méthode de divergence « Jeffries – Matusita » par logiciel ENVI (5.3).

Nous avons choisi d'utiliser L'algorithme Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance) pour la classification supervisé des images. Cet algorithme nécessite la sélection de parcelles d'entraînement. Il permet de classer les pixels inconnus en calculant pour chacune des classes la probabilité pour que le pixel tombe dans la classe qui a la plus forte probabilité d'appartenir.

### II.3.3. Intégration de l'indice de végétation (NDVI)

L'indice de végétation différence normalisé (NDVI) est une méthode éprouvée pour l'étude et la cartographie de la végétation. C'est l'indice le plus bien connu et le plus utilisé pour détecter les phases de développement de la plante verte à partir des données multi-spectrales de télédétection.

Donc, Dans un premier temps nous avons isolé les éléments stables (Bâti, Plans d'eau, et Forêts...) en fonction de leurs seules caractéristiques radiométriques par classification dirigée. Dans un deuxième temps, et vue que le comportement spectral évolue de manière spécifique pour chaque type des cultures depuis les semis jusqu'à la récolte, nous avons utilisé une série chronologique ou bien une série multi-dates de l'(NDVI) pour faire la discrimination entre les différents cultures (fig.08).



**Figure 08 :** Analyse visuelle des compositions colorées en réflectance (*NDVI times series*)

#### **II.3.4. Correction et validation des résultats**

Même si la classification a été réalisée de façon correcte, cela n'empêche pas d'avoir quelque erreur. Pour ce faire, nous avons utilisés les images satellites à hautes résolution du logiciel Google Earth, afin d'identifier ces erreurs, corrigé la classification et valider nos résultats.

#### **II.3.5. Relation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé dur**

Après avoir réalisé les cartes de différentes cultures, nous avons essayé de montrer les fluctuations pluviométriques récentes, et leurs impacts sur la production de blé dur dans la wilaya de Mila, en se basant sur les données pluviométriques et les données de rendement entre 2000 et 2021.

Des mesure de la variabilité de la pluviométrie sur cette période sont réalisée grâce à la moyenne interannuelle. Ce qui permet de faire une évaluation quantitative des précipitations. Elle permet également d'apprécier l'ampleur des déficits et des excédents d'une année quelconque par rapport à la moyenne de la série.

# **Chapitre III :**

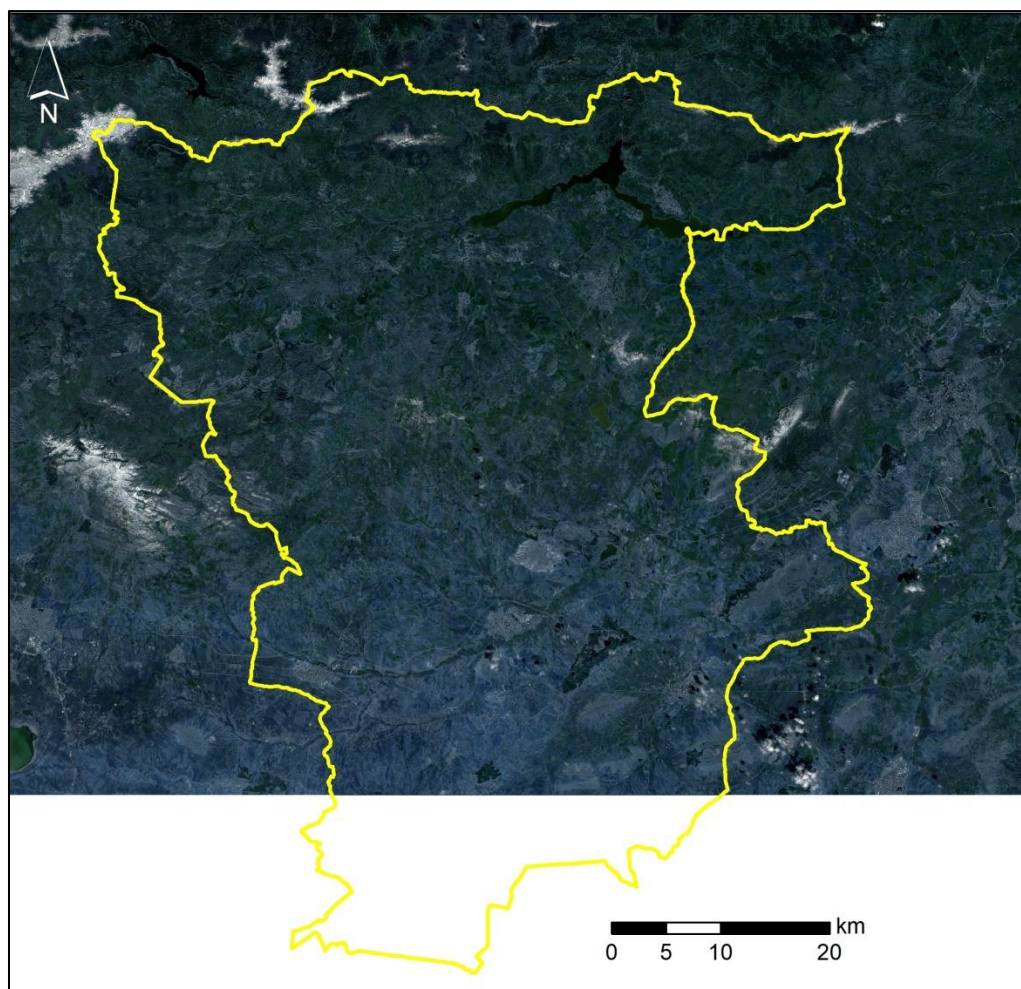
# **Résultats et**

# **discussion**

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### 1. Calcul de l'NDVI

Après les différentes corrections, on procède au découpage de l'NDVI en utilisant le vecteur qui limite la zone d'étude (Figure 09).



**Figure 09** : Découpage de l'NDVI par le vecteur de zone d'étude.

Les résultats du calcul de l'indice de végétation NDVI, pour les différentes dates, sont représenté par les figures **10, 11, 12, 13, 14, 15** et **16** . La nuance de gris a été changée par des couleurs représentatives.

Les valeurs d'NDVI les plus élevées sont représenté par la couleur verte, alors que la couleur rouge concerne les valeurs les plus faibles. Les valeurs de l'NDVI pour la période étudiée, varient entre **-0,98** et **+0,93**.

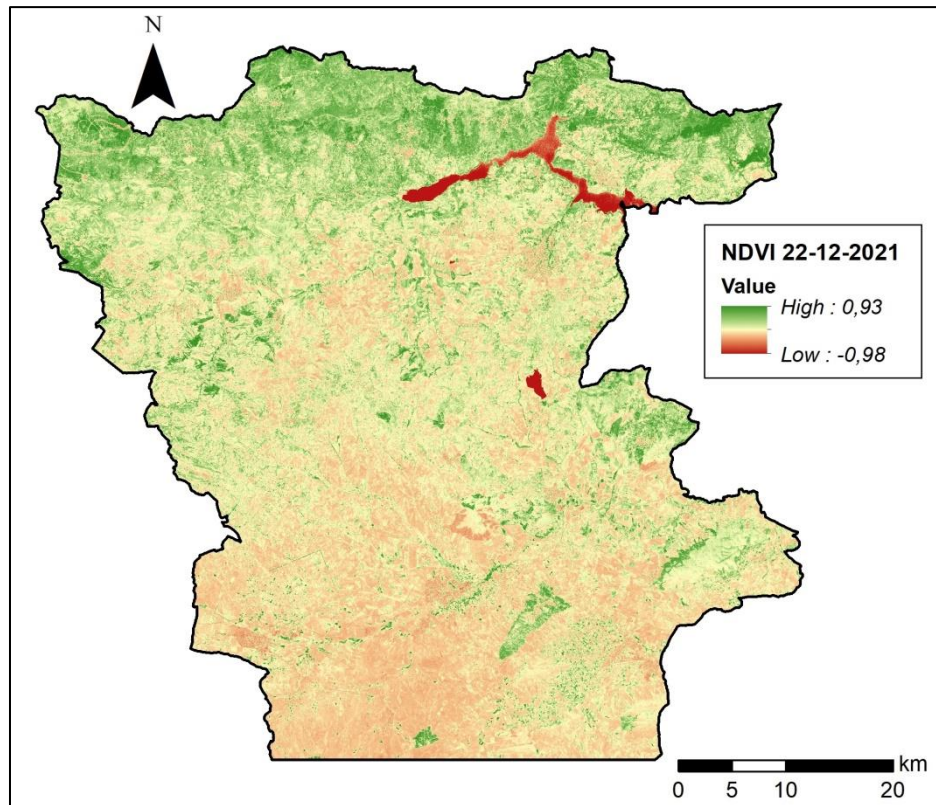


Figure 10 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 22/12/2021

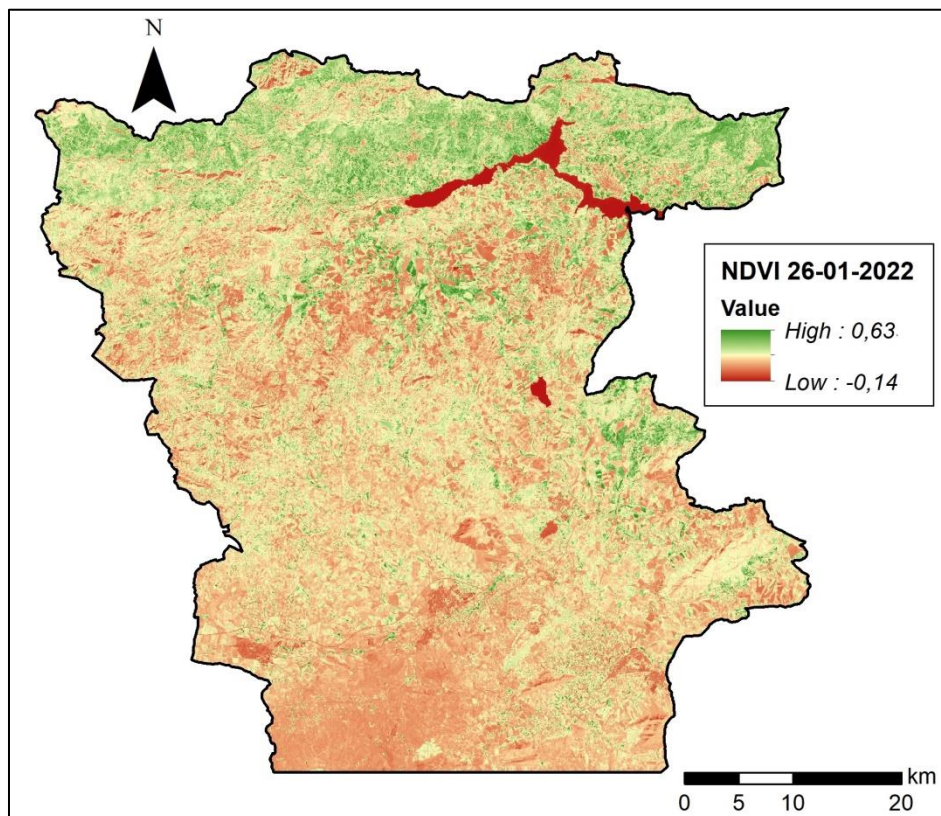


Figure 11 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 26/01/2022

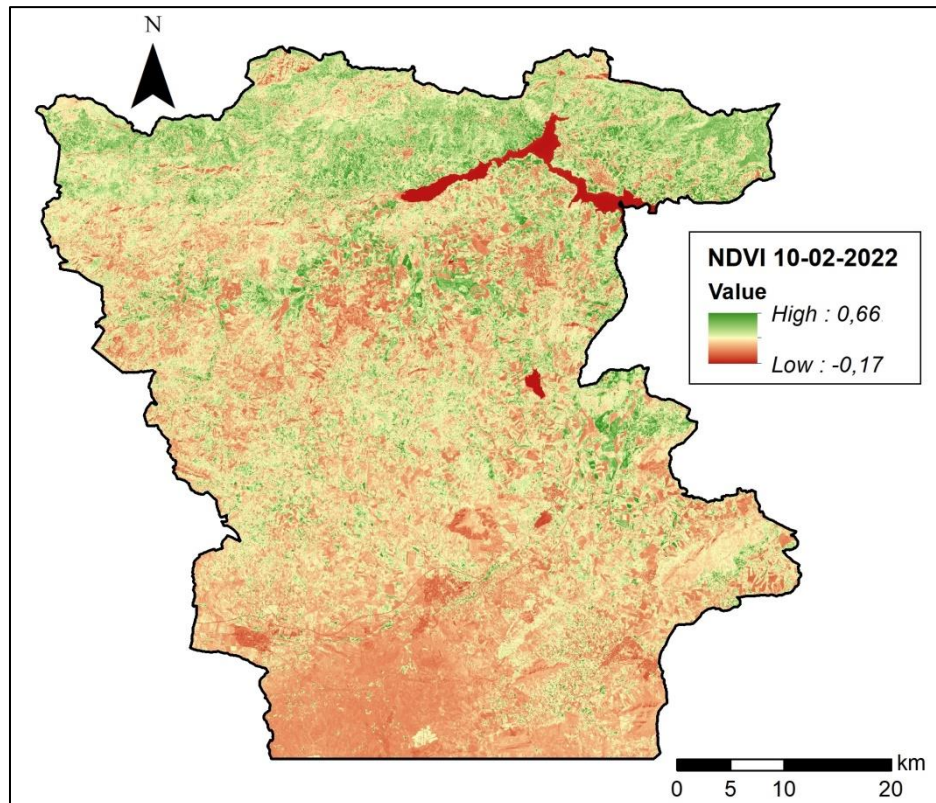


Figure 12 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 10/02/2022

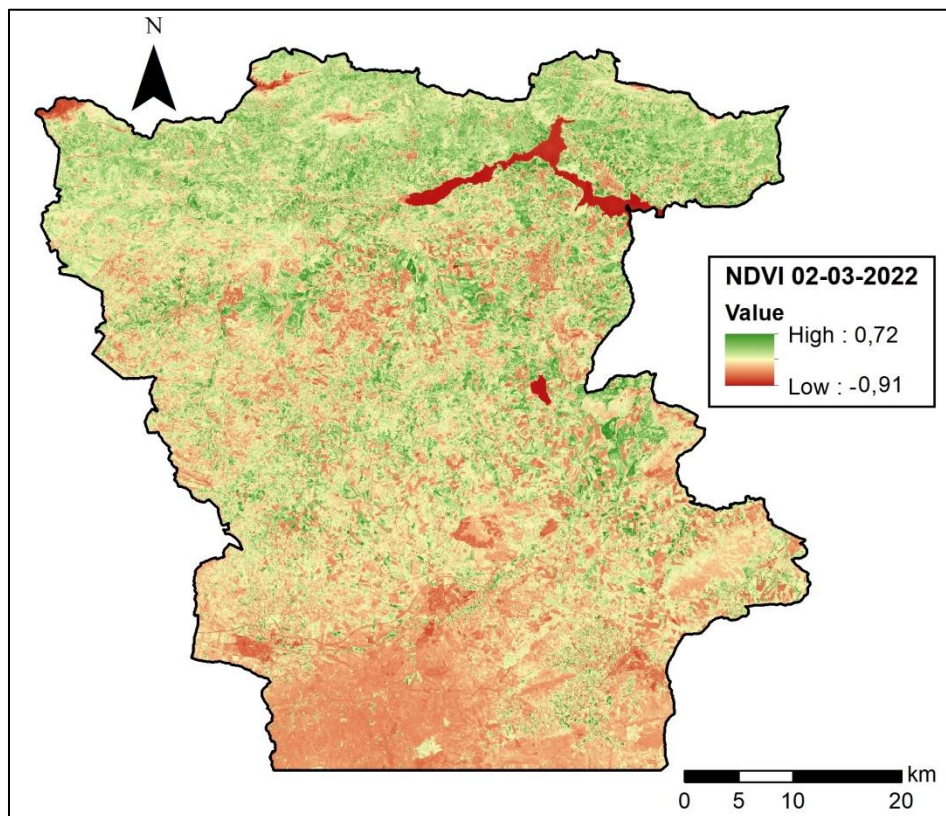


Figure 13 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 02/03/2022



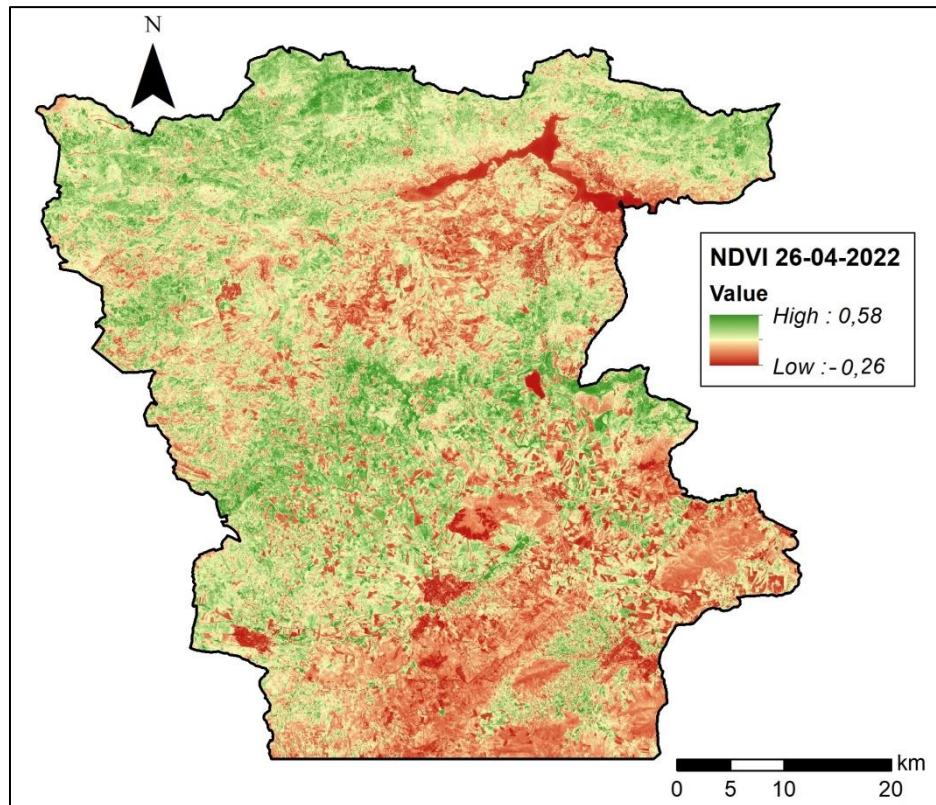


Figure 14 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 26/04/2022

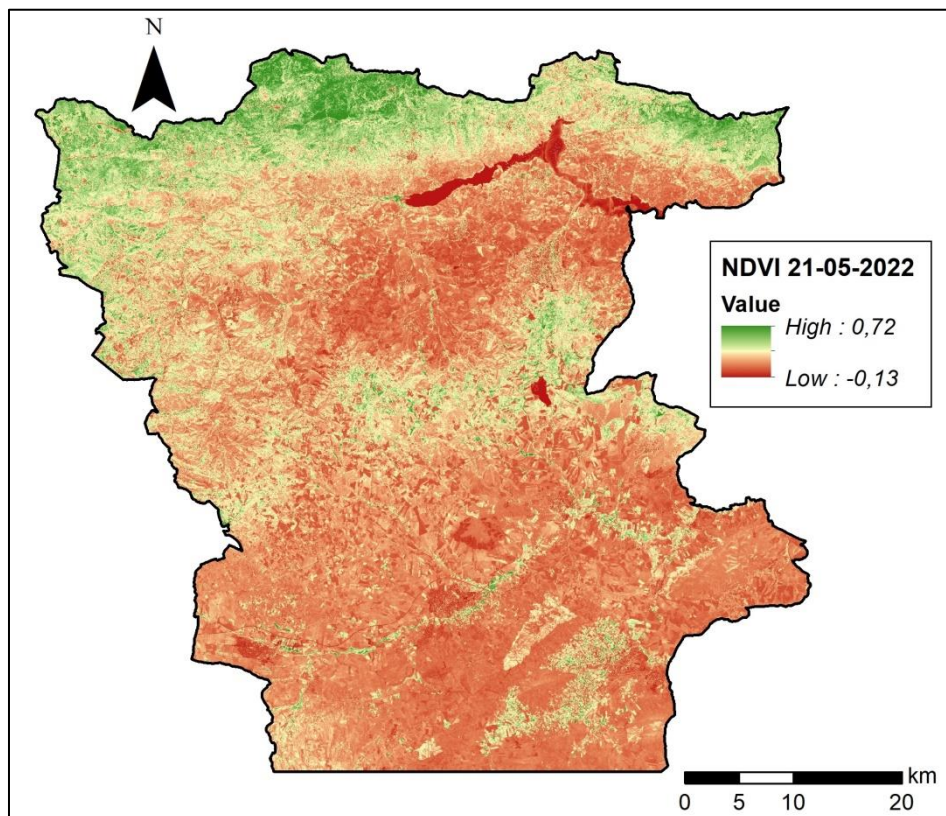
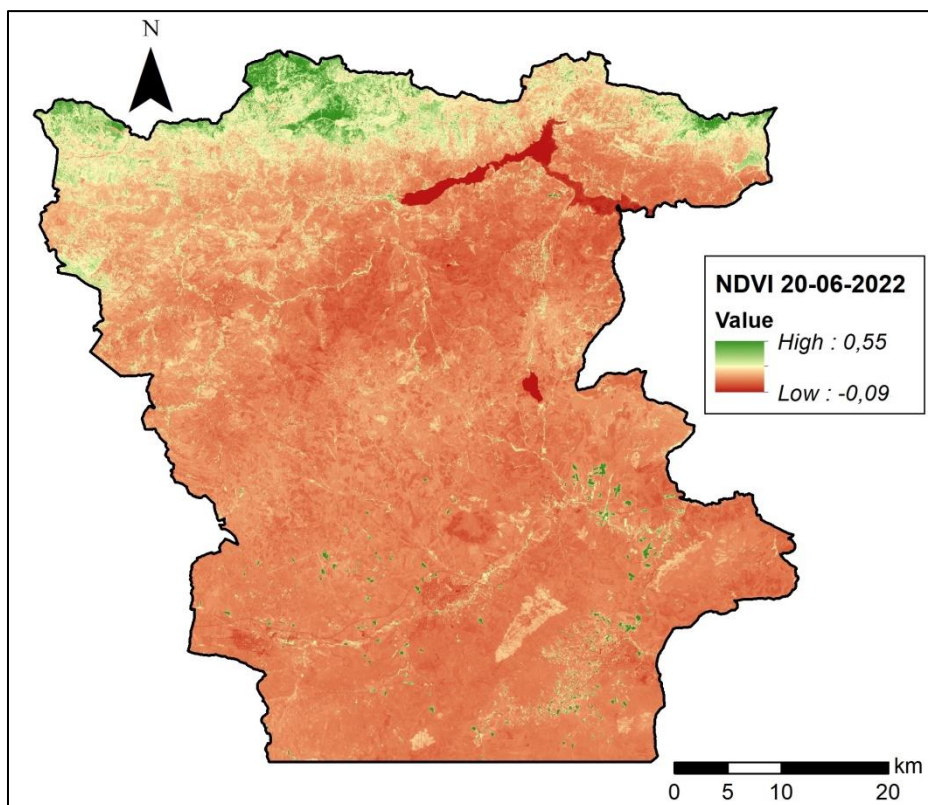


Figure 15 : NDVI de l'image Sentinel-2 du 21/05/2022



**Figure 16 :** NDVI de l'image Sentinel-2 du 20/06/2022

## 2. Répartition des terres dans la wilaya de Mila

Avant d'entamer la classification supervisée, nous avons isolé les éléments stables (Bâti, Plans d'eau, Forêts, ...). Donc, seulement la classe d'agriculture a été utilisée comme masque pour l'identification des cultures.

Dans un deuxième temps, la classification a été lancée sur une image dont les bandes sont les sept (07) dates de la série chronologique de l'(NDVI), pour caractériser l'évolution des principales cultures: 20/06/2022, 21/05/2022 ; 26/04/2022, 02/03/2022, 10/02/2022, 26/01/2022, et 22/12/2021(fig.17).

La répartition générale des terres de la wilaya de Mila se caractérise par l'importance de la surface agricole utile (SAU) qui représente une superficie totale de 246235 ha, soit 77.92% de la surface totale de la wilaya (tab.03)

Le blé occupe 44.47% de (SAU) avec environ 109524 ha, ce qui approuve la vocation céréalière de la wilaya, alors que les maraichages et l'arboriculture occupent 3.91%, 1.23%, respectivement (fig.18).

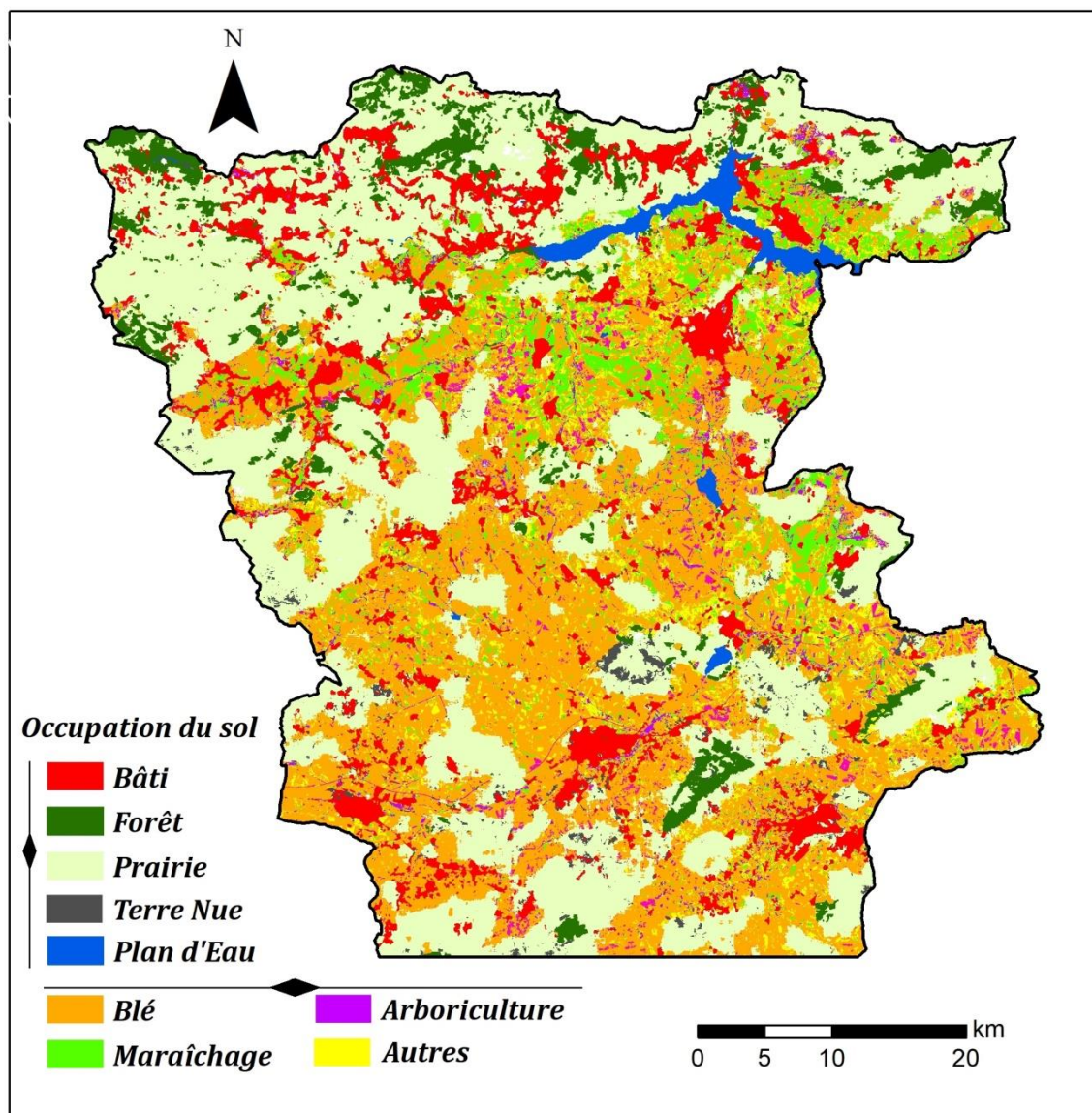
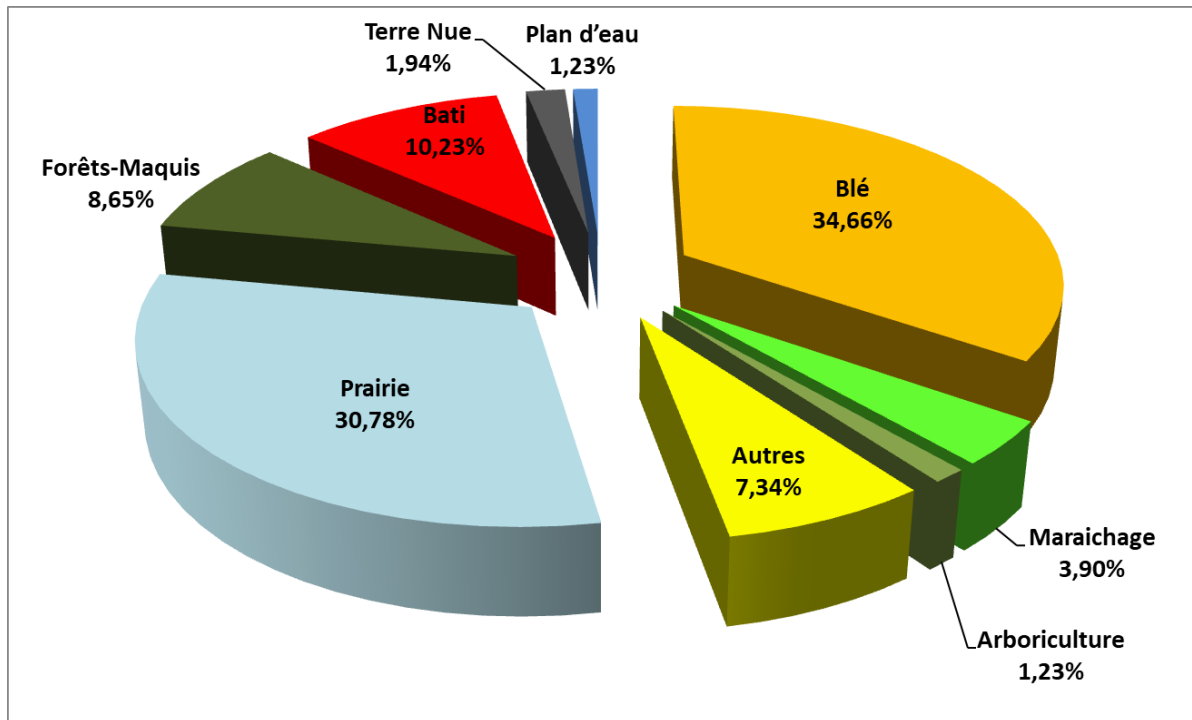


Figure 17 : Carte d'occupation du sol de la wilaya de Mila (2022)

Tableau 03 : Répartition générale des terres en hectares (ha)

Occupation du sol	Surface (ha)	Surface (%)
Blé	109524	34.66
Maraichage	12352	3.91
Arboriculture	3892	1.23
Autres	23200	7.34
Prairie-Parcours	97267	30.78
Forêts-Maquis	27354	8.66
Bâti	32336	10.23
Terre Nue	6153	1.95
Plan d'eau	3894	1.23
<b>Total</b>	<b>315972</b>	<b>100.00</b>



**Figure 18** : Répartition générale des terres en (%)

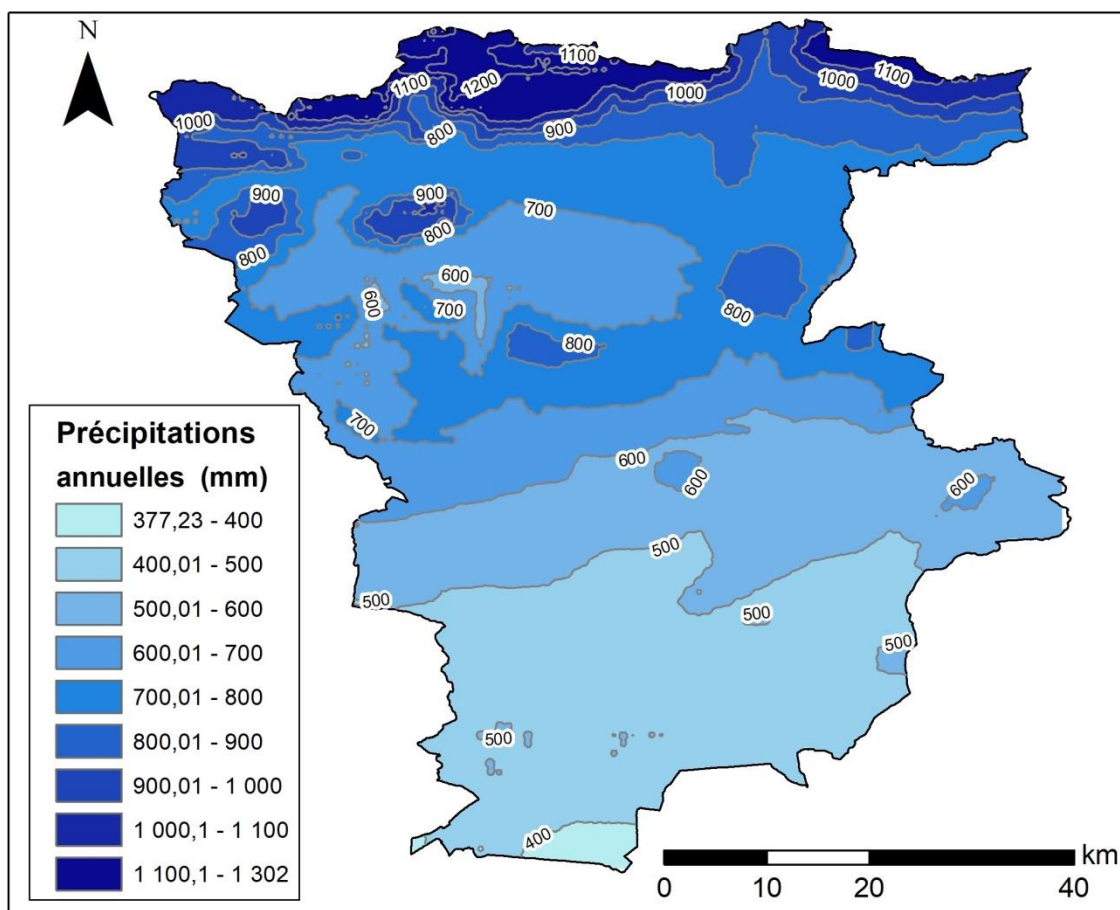
### 3. L'impact des variations pluviométriques sur la production de blé dur dans la wilaya de Mila

#### 3.1. La distribution spatiale de précipitation

Les facteurs climatiques ont un impact direct sur la production agricole. La carte de précipitation a été réalisée de façon à disposer, avec les types des cultures, des indicateurs synthétiques qui permettant de caractériser les variabilités climatiques de la wilaya.

Après le téléchargement des images *WorldClim*, il est nécessaire de faire la projection dans le système de coordonnées UTM WGS 84 zone 31 Nord, et on procède au découpage de raster en utilisant le vecteur qui limite la zone d'étude

La carte pluviométrique (Figure 19) montre globalement une répartition décroissante des précipitations du Nord vers le Sud. En effet la précipitation varie entre 377 mm et 1300 mm/an.



**Figure 19** : Précipitations annuelles de la wilaya de Mila (1970 – 2000)

### 3.2. Variations interannuelles des précipitations

Dans cette partie, nous avons montré les fluctuations pluviométriques récentes, et leurs impacts sur la production de blé dans la wilaya de Mila, en se basant sur les données pluviométriques et les données de rendement entre 2000 et 2022.

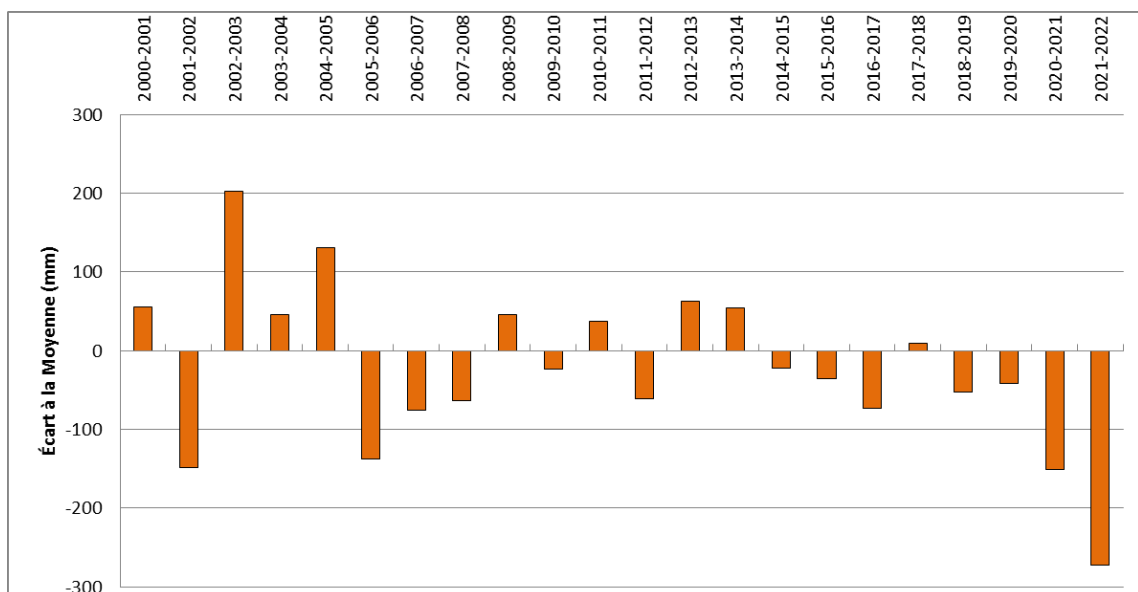
La mesure de la variabilité de la pluviométrie sur une période donnée peut être réalisée grâce à la moyenne interannuelle. Ce qui permet de faire une évaluation quantitative des précipitations. Elle permet également d'apprécier l'ampleur des déficits et des excédents d'une année quelconque par rapport à la moyenne de la série (fig.20).

Il faut noter que la pluviométrie a été enregistrée durant la période allant du mois de septembre à Juin (campagne agricole). La pluviométrie annuelle est inférieure à la moyenne interannuelle dans le cas des précipitations déficitaires et supérieure à cette moyenne pour des pluies annuelles excédentaires (tab.04).

**Tableau 04** : Variation interannuelle de la pluviométrie dans la wilaya de Mila entre 2000- 2022

campagne agricole	Cumul pluviométrie annuelle	Écart à la Moyenne (mm)	Écart à la Moyenne (%)
2000-2001	576	56	10.77
2001-2002	371.3	-148.7	-28.60
2002-2003	723	203	39.04
2003-2004	566	46	8.85
2004-2005	650.6	130.6	25.12
2005-2006	382	-138	-26.54
2006-2007	444	-76	-14.62
2007-2008	456.2	-63.8	-12.27
2008-2009	566.4	46.4	8.92
2009-2010	497	-23	-4.42
2010-2011	557	37	7.12
2011-2012	459	-61	-11.73
2012-2013	582.8	62.8	12.08
2013-2014	574	54	10.38
2014-2015	498	-22	-4.23
2015-2016	484.15	-35.85	-6.89
2016-2017	446.89	-73.11	-14.06
2017-2018	529.51	9.51	1.83
2018-2019	467.6	-52.4	-10.08
2019-2020	478.8	-41.2	-7.92
2020-2021	368.8	-151.2	-29.08
2021-2022	248	-272	-52.31

Moyenne = 520.33mm



**Figure 20** : Variation interannuelle de la pluviométrie dans la wilaya de Mila entre (2000-2022)

Sur les 22 années d'analyses de la pluviométrie, 13 sont inférieures à la moyenne inter-annuelle et 09 sont supérieures à celle-ci (fig.20). Cette moyenne inter-annuelle s'élève à 520,33 mm. Le minimum pluviométrique est intervenu en 2022 (248 mm) où le déficit était de -272 mm, (soit-52.31%). Le maximum, pour sa part est survenu en 2003 avec un excédent de +203 mm (soit 39,04%) par rapport à la moyenne inter-annuelle.

### 3.3. Évolution de la production du blé dans la wilaya de Mila

L'analyse de la production du blé dur fait apparaître une importante variation d'une année à l'autre. La production est généralement supérieure de 01 millions quintaux depuis le début des années 2003(fig.22), Le rendement le plus faible a été enregistré durant l'année (2002) avec 3.66 qx/ha. Alors que le meilleur rendement est obtenu en 2019 avec plus de 31 qx/ha (tab.05).

**Tableau 05** : Évolution de la production du blé dans la wilaya de Mila.

Années	Superficie (ha)	production(Qx)	Rendement (Qx/Ha)
2000-2001	96897	880140	9.08
2001-2002	91737	336000	3.66
2002-2003	86071	1530060	17.78
2003-2004	81350	1245000	15.30
2004-2005	81751	735650	9.00
2005-2006	82523	854560	10.36
2006-2007	79119	1113910	14.08
2007-2008	77269	817480	10.58
2008-2009	77847	1330455	17.09
2009-2010	80248	1195058	14.89
2010-2011	80869	1311781	16.22
2011-2012	81368	1631658	20.05
2012-2013	80561	1636184	20.31
2013-2014	80561	1636184	20.31
2014-2015	81291	1331919	16.38
2015-2016	79379	2089149	26.32
2016-2017	52381	1206193	23.03
2017-2018	82353.5	2455082	29.81
2018-2019	87852.5	2778000	31.62
2019-2020	86165	2273300	26.38
2020-2021	66622	1849731	27.76
2021-2022	71995	895106	12.43

Source : Chambre d'agriculture de la wilaya de Mila : 2022

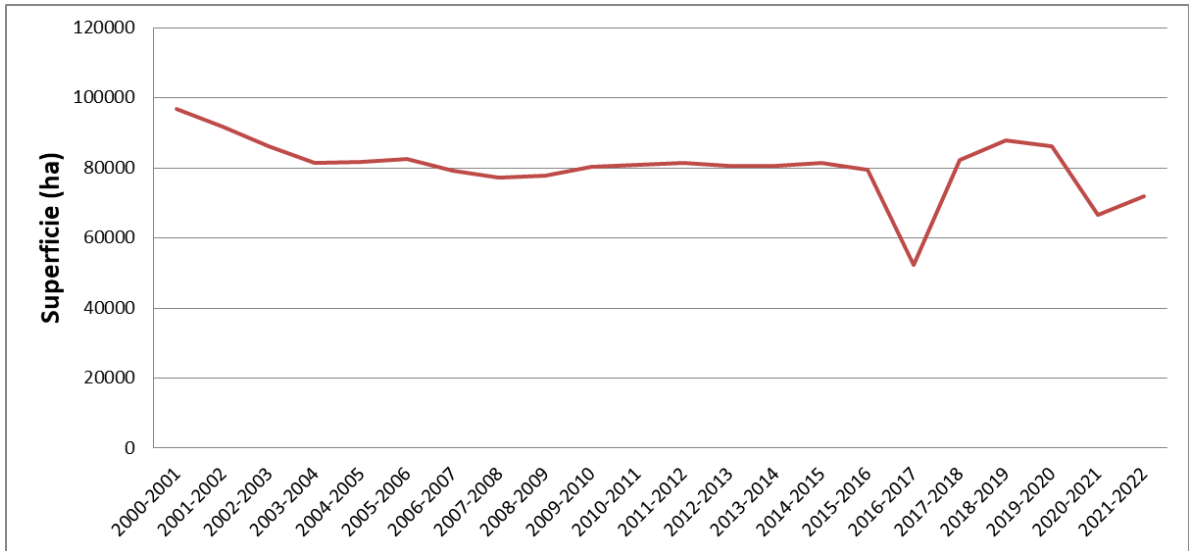


Figure 21 : Evolution des surfaces consacrées au blé dans wilaya de Mila (2000-2022)

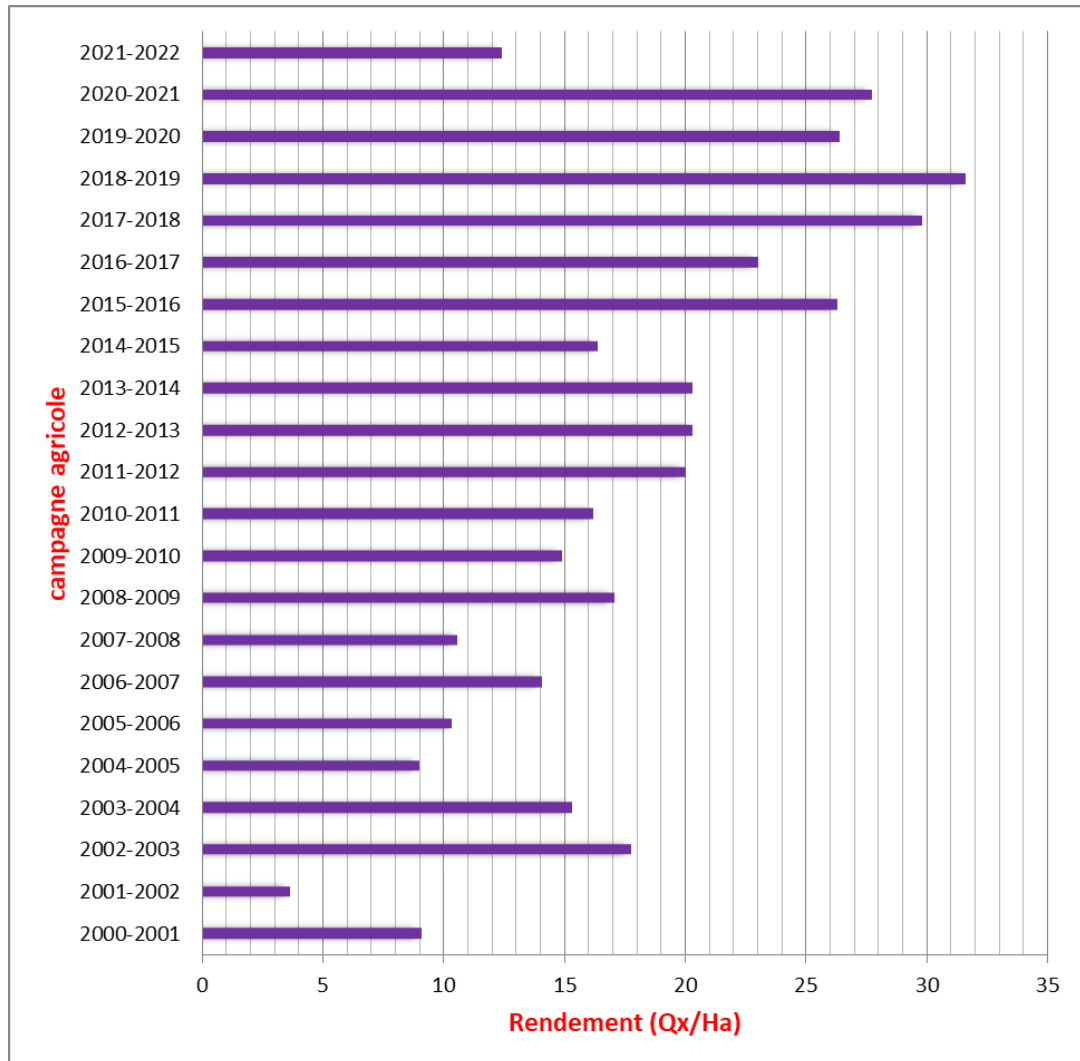
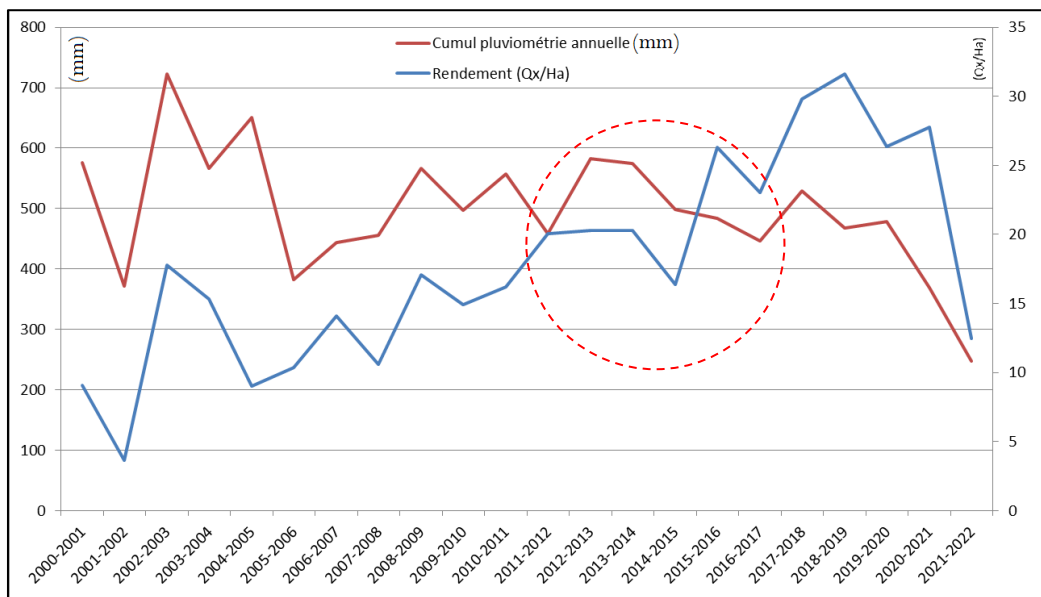


Figure 22 : Fluctuations du rendement de blé dans wilaya de Mila entre (2000-2022)

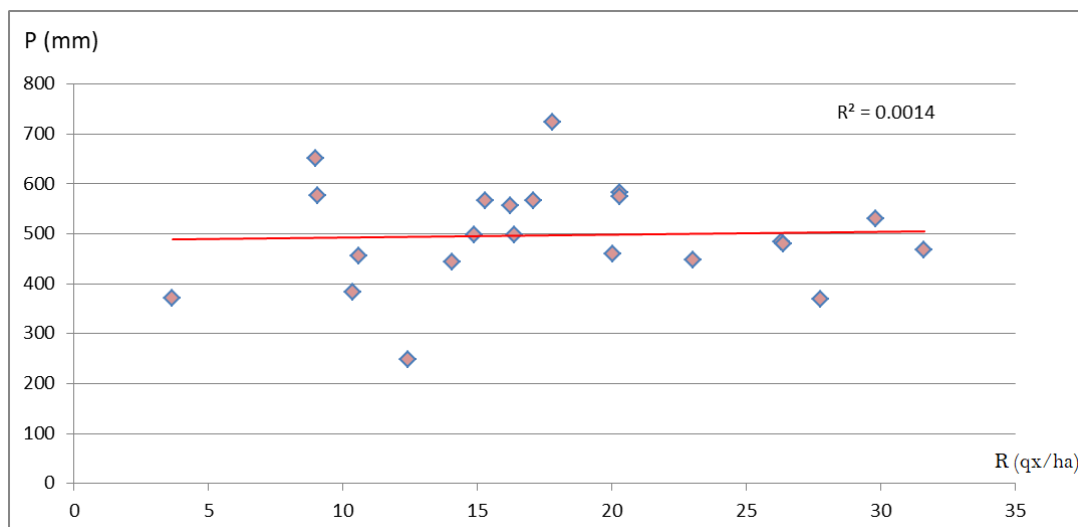


### 3.4. L'impact des fluctuations pluviométriques sur le rendement de blé

La (figure 23) nous montre l'impact des variations pluviométriques sur la production de blé dans la wilaya de Mila. Pour l'ensemble de la période étudiée, nous avons trouvé que le coefficient de corrélation ( $r$ ) indique une corrélation positive ( $r=0.54$ ) entre (2001- 2012) et ( $r=0.84$ ) entre (2017-2022). Par contre nous avons trouvé un manque de corrélation entre le rendement du blé et les variations pluviométriques pour les années (2011-2012), (2013-2014) et (2015-2016) (fig.23), alors que pour l'ensemble de la période étudiée, les résultats indiquent un coefficient de corrélation  $r= (0.037)$  (fig.24)



**Figure 23 :** La relation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé dans la wilaya de Mila



**Figure 24 :** Coefficient de corrélation entre les fluctuations pluviométriques et le rendement de blé entre 2000 et 2022

#### 4. Discussion

Durant les vingt dernières années, un changement climatique a été constaté au niveau planétaire. Ce changement s'est traduit par une augmentation de la température moyenne, une plus forte variabilité de la pluviométrie et l'augmentation de l'occurrence de conditions extrêmes.

Le blé est une culture essentiellement pluviale, soumise à des régimes pluviométriques très variables et rarement en adéquation avec les besoins de la plante. Le déficit hydrique est par conséquent, le principal facteur limitant des rendements en céréales.

Selon Messadi, (2009), la pluie est le facteur déterminant des rendements, le blé nécessite entre 450 et 600 mm d'eau de pluie par an, mais celle-ci doit être répartie uniformément durant le développement de la céréale. L'eau a une action indirecte sur les rendements du blé mettant les éléments nutritifs à la disposition de la plante. Elle peut constituer un facteur limitant important dès la germination du blé, ce dernier passe par deux périodes critiques principales à l'égard de l'eau : dans les 20 jours qui précèdent l'épiaison, et l'autre au moment de la maturation, ce qui explique, dans notre cas, les mauvais rendements de quelques années malgré des pluies annuelles excédentaires.

Le manque d'eau prolongé, influe directement sur la croissance de la plante mais aussi indirectement en limitant l'absorption de l'azote. Les conséquences sur le rendement peuvent être importantes selon l'intensité du déficit hydrique (Arvalis, 2018).

Ainsi, un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke *et al.*; 1996).

Globalement, la sécheresse est le facteur limitant majeur du rendement de blé dans la wilaya de Mila, les pertes variant de 10% à 90 % selon les années (3.66qx/ha en 2022, en attendant l'estimation de rendement cette année qui ça sera probablement encore pire). Ces changements climatiques ont affecté négativement la culture de blé dur de plusieurs régions dans la wilaya. Donc, les changements climatiques deviennent au fil du temps des contraintes pour le développement et la croissance des plantes, notamment dans les zones semi arides au Sud comme : Chelghoum Laid, Tadjnanet, El Mchira et Ouled Khelouf.

La modification des régimes de précipitations augmente la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et d'une baisse de la production à long terme. Le changement climatique aura généralement des impacts négatifs sur l'agriculture et menacera la sécurité alimentaire au niveau local et national.

En dehors de la variabilité de la pluviométrie, l'appauvrissement des sols constitue aussi une contrainte pour une meilleure productivité de blé dur. Les paysans exercent une forte pression sur les terres alors que les possibilités de maintenir la fertilité des sols sont limitées. Ils cherchent, d'une manière générale, à sauver la terre en cours de dégradation plus qu'à empêcher la terre fertile de se dégrader.

Finalement, il faut noter que certaines études soulignent cependant l'influence d'éléments du milieu et de la conduite technique agissant en interaction, comme les dates de semis, le type de sol, les variétés, et la fertilisation azotée comme des facteurs qui ont une influence directe sur le rendement.

# Conclusion

## Conclusion

A travers cette étude, nous avons essayé de donner un aperçu sur les fluctuations pluviométriques et leurs impact sur la production du blé dur cultivé en pluvial, au niveau de la wilaya de Mila, connue par sa vocation céréalière.

La question des variations climatiques possède une très grande importance puisqu'elle ne concerne pas simplement le cercle restreint des spécialistes, mais touche directement la population, fortement dépendante de l'agriculture. La problématique environnementale est en effet, très liée à celle de la sécurité alimentaire.

Les principaux objectifs ont été réalisés à savoir d'une part, cartographie les terres agricoles dans la wilaya de Mila avec la caractérisation climatique de la région en se basant sur les données satellites et le SIG, et d'autre part, démontrer l'impact des variations pluviométriques sur les rendements de blé dur dans la wilaya . Toutes ces données ont été structurées sous forme de couches thématiques et stockées au niveau d'une base de données géographiques,

Les résultats observés au niveau de la wilaya indiquent que le blé occupe 44.47% de (SAU) avec environ 109524 ha, ce qui approuve la vocation céréalière de la wilaya, alors que les maraichages et l'arboriculture occupent 3.91%, 1.23%, respectivement.

Concernant l'impact des fluctuations pluviométriques sur le rendement de blé, nous avons trouvé que le coefficient de corrélation ( $r$ ) indique une corrélation positive ( $r=0.54$ ) entre (2001- 2012) et ( $r=0.84$ ) entre (2017-2022). Par contre nous avons trouvé un manque de corrélation entre le rendement du blé et les variations pluviométriques pour les années (2011-2012), (2013-2014) et (2015-2016). Donc, la pluie est considérée comme étant le facteur le plus déterminant du rendement, le blé nécessite entre 450 et 600 mm d'eau de pluie par an, mais celle-ci doit être répartie uniformément durant le développement de blé.

Finalement, pour assurer une production toujours satisfaisante il faut que l'agriculture Algérienne prenne en considération tous les changements du climat et doit s'adapter à ces conditions, il est et nécessaire aussi d'utiliser les connaissances agro météorologiques dans la planification future de l'agriculture.

# **Références Bibliographiques**

### Références Bibliographiques

- ✚ **Aissaoui. (2013).** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoires de Magister.Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Département de Biologie. pp: 31
  
- ✚ **Arvalis. (2018).** Les fiches accidents : céréales à paille. Blé tendre d'hiver nouvelles variétés proposées à l'inscription sur la liste A du Catalogue Officiel Français. pp :25
  
- ✚ **Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., (2005).** Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid condition, Pakistan journal of Agronomy, 4:360 – 365p.
  
- ✚ **Bensaid A. (2006).** Sig et Télédétection Pour L'étude De L'ensablement Dans Une Zone Aride : Le Cas De La Wilaya De Naâma (Algérie). Geography. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2006. French.
  
- ✚ **Bindi et Moriondo et al., (2005).** Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise, WWF Report, pp. 54-66
  
- ✚ **Boulal H., Zahgouane O., El Mourid M., Rezgoui S., (2007).** Gouide pratique de la conduite des céréale d'automne (blés et orge ) dans le Maghreb (Algérie, Maroc , Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA. 176P.
  
- ✚ **Bozzini A., (1988).** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota). Etats-Unis. 1-16 p.
  
- ✚ **Cline W (2007).** Global Warming and Agriculture–Impact Estimates by Country. Center for Glob Dev, Washington.164 p.
  
- ✚ **Clauzel C. (2008).** Dynamiques de l'occupation du sol et mutations des usages dans les zones humides urbaines. Étude comparée des hortillonnages d'Amiens (France) et

- des chinampas de Xochimilco. (Mexique). Géographie. Université Paris-Sorbonne - Paris IV. Français. <tel-00351695>
- ✚ **Debaeke P, Cabelguenne M, Casals M et Puech J. (1996).** Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epicphase-blé. *Agronomie* 1996 ; 16 : 25-46.
- ✚ **Douaer A., Houaia D. 2018.** Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum Desf.*)
- ✚ **Gallego, J., Garcia-Mediavilla, M.V., Sanchez-Campos, S. & Tunon, M.J., (2010).** Fruit polyphenols, immunity and inflammation. *British Journal of Nutrition*, 104, 15-27.
- ✚ **Gate P., Giban M., (2003).** Stade du blé, Ed. Paris, ITCF .68p.
- ✚ **Gate P., (1995).** Ecophysiologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, Technique et documentation. 429p.
- ✚ **Grignac P.H., (1965).** Contribution d l'étude de *Triticumdarum* (Desf) Thèse d'état en Agronomie. Toulouse, 152 p.
- ✚ **Houot S., Mordelet P., Tardieu F., Molina J. (1990).** Effet de tassement du sol sur la biomasse microbienne et la libération d'azote . Symp . INRA-Paris Grignon, France, pp : 201-207p.
- ✚ **Karou M., Haffid R., Smith D.N., Samir K. (1998).** Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early –season drouth. *Agronomie*.186p.
- ✚ **Messadi. (2009).** Détermination des cultivas de blé tendre adaptés au climat semi-aride méditerranées, l'IHFR Oran 146 P.



- ✚ **Moughli .L., (2000).** Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations. Transfert de technologie en agriculture MADREF/DERD PNTA .No72.1p.
- ✚ **Robin M., (1995).** La télédétection, Collection Fac Géographié, Editions Nathan, Paris1995.
- ✚ **Soltner D., (1990).** Les grandes productions végétales. 17 éme Edition., Science et technique agricoles. France, 21-25p.
- ✚ **Soltner., (2005).** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées-prairies. 20emeEd, collection sciences techniques agricoles.464p.
- ✚ **UVED. (2008).** ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- ✚ **Zouaidia .H, (2006).** Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras .Mémoire de magister. Université de Constantine. p:25

## **Résumé**

La production de blé en Algérie est dépendante de beaucoup de contraintes, naturelles, économiques, technique, et foncières. C'est une production pratiquée en extensif et essentiellement pluvial. la pluviométrie est considérée comme l'une des plus importantes contraintes, quel que soit la zone cultivée.

Notre travail a pour objectif de cartographier les types des cultures et d'analyser l'impact de la variabilité pluviométrique sur le rendement de blé dur dans la région de Mila en se basant sur le système d'information géographique (SIG) et la télédétection spatiale.

La pluviométrie a été enregistrée durant la période allant du mois de septembre à Juin (campagnes agricoles). Dans l'ensemble, et durant les vingt dernières années, nous avons trouvé que les rendements sont généralement bien corrélés avec les précipitations. La sécheresse est le facteur limitant majeur du rendement de blé dans la wilaya de Mila, les pertes variant de 10% à 90 % selon les années. Ce qui nécessite d'utiliser les connaissances agro météorologiques dans la planification future de l'agriculture.

**Mots-clés :** *Variabilité pluviométrique, SIG, Blé, Rendement, Mila.*

## ملخص

يعتمد إنتاج القمح في الجزائر على معوقات كثيرة طبيعية واقتصادية وتقنية. وهو إنتاج يمارس على نطاق واسع وبعلى بالأساس. حيث يعتبر هطول الأمطار من أهم المعوقات بغض النظر عن المساحة المزروعة.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد أنواع المحاصيل المزروعة وتحليل تأثير تقلب هطول الأمطار على محصول القمح القاسي في منطقة ميلة ا بناءً على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار المكاني عن بعد.

تم تسجيل هطول الأمطار خلال الفترة من سبتمبر إلى يونيو (الموسم الفلاحي). بشكل عام ، وعلى مدار العشرين عامًا الماضية ، وجدنا أن المردودية ترتبط بشكل عام بهطول الأمطار. وأن الجفاف هو العامل المحدد الرئيسي لمحصول القمح في ولاية ميلة ، حيث تتراوح الخسائر من 10٪ إلى 90٪ من المردود حسب السنة. وهذا يتطلب استخدام الأرصاد الزراعية في التخطيط المستقبلي لهذه المحاصيل.

**الكلمات المفتاحية:** تقلب هطول الأمطار ، نظم المعلومات الجغرافية ، القمح ، المحصول ، ميلة .

## **Summary**

Wheat production in Algeria is dependent on many constraints, natural, economic, technical, and land. It is a production practiced in extensive and essentially rained. Rainfall is considered one of the most important constraints, regardless of the cultivated area.

Our work aims to map the types of crops and analyze the impact of rainfall variability on the yield of durum wheat in the province of Mila, based on the Geographic Information System (GIS) and spatial remote sensing. .

Rainfall was recorded during the period from September to June (agricultural campaigns). Overall, and over the past twenty years, we have found that yields are generally well correlated with rainfall. Drought is the major limiting factor of wheat yield in the province of Mila, losses varying from 10% to 90% depending on the year. This requires the use of agrometeorological knowledge in the future planning of agriculture.

**Keywords:** *Rainfall variability, GIS, Wheat, Yield, Mila.*

**Présenté par :** CHENNOUF Roukaia  
ABDERRAHMANE Rihem

**Date de soutenance :** 18/06/2023

**Thème : Impact des variations des précipitations sur le rendement de blé dur : Cas de la wilaya de Mila.**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Protection des écosystèmes

**Résumé**

La production de blé en Algérie est dépendante de beaucoup de contraintes, naturelles, économiques, technique, et foncières. C'est une production pratiquée en extensif et essentiellement pluvial. la pluviométrie est considérée comme l'une des plus importantes contraintes, quel que soit la zone cultivée.

Notre travail a pour objectif de cartographier les types des cultures et d'analyser l'impact de la variabilité pluviométrique sur le rendement de blé dur dans la région de Mila en se basant sur le système d'information géographique (SIG) et la télédétection spatiale.

La pluviométrie a été enregistrée durant la période allant du mois de septembre à Juin (campagnes agricoles). Dans l'ensemble, et durant les vingt dernières années, nous avons trouvé que les rendements sont généralement bien corrélés avec les précipitations. La sécheresse est le facteur limitant majeur du rendement de blé dans la wilaya de Mila, les pertes variant de 10% à 90 % selon les années. Ce qui nécessite d'utiliser les connaissances agro météorologiques dans la planification future de l'agriculture.

**Mots clés :** *Variabilité pluviométrique, SIG, Blé, Rendement, Mila.*

**Jury d'évaluation :**

<b>Président du jury :</b>	BAZRI K.E.D	MCA – UFM Constantine 1
<b>Rapporteur :</b>	GANNA .M	MCB – UFM Constantine 1
<b>Examineur :</b>	ARFA .A.M.T	MAB – UFM Constantine 1

*Année universitaire*

*2022– 2023*