



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



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

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 عاوم الطبيعة و الحياة
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 :

***L'apport des outils géomatiques pour
cartographier les zones potentielles de
production de blé dur.***

Présenté et soutenu par : GHIOUA Mohamed Yahia

Le : 19/06/2023

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA .A.M.T

MCB – UFM Constantine 1

Rapporteur : GANA .M

MCB – UFM Constantine 1

Examineurs : MELIANI .A

MAB – 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 :

***L'apport des outils géomatiques pour
cartographier les zones potentielles de
production de blé dur.***

Présenté et soutenu par : GHIOUA Mohamed Yahia

Le : 19/06/2023

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA .A.M.T

MCB – UFM Constantine 1

Rapporteur : GANA .M

MCB – UFM Constantine 1

Examineurs : MELIANI .A

MAB – UFM Constantine 1

***Année Universitaire
2022 – 2023***

Remerciements

Louange à Dieu le clément, le miséricordieux, qui nous a donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Je voudrais remercier : Mr GANA Mohamed, Maître de conférence-B, mon directeur de mémoire, Je le remercie vivement de m'avoir mis sur les rails de la recherche, son aide, ses orientations, ses suggestions, ses conseils et ses critiques constructives.

je voudrais remercier :

Mr ARFA A.M.T, M, Maître de conférence-B, pour avoir bien voulu examiner mon mémoire et présider le jury,

Mr MELIANI .A, Maître-Assistant-B, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je dois aussi remercier aussi toutes mes enseignants : BENDERRADJI M.E.H et ALATOU D et les personnes qui ont contribué de près ou loin dans la réalisation de ce travail,

Merci à tout le staff pédagogique et administratif du département de biologie et écologie de l'université de

Constantine-1

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents pour leurs encouragements et leurs soutenance durant chaque étape de ma vie, et qui ont su me donner une bonne éducation qui m'a permis d'arriver à ce stade d'études.

Mes grandes sœurs

Mes chers amis : Raouf, Islem, Ramy, Djallel, Ines et surtout : Khanchali Zinedine et Benhoumer Rihem.

Ainsi le groupe de protection des écosystèmes

2021/2022

Liste des Abréviations

BT : Blé tendre

BD : Blé dur

DHA : Direction de l'Hydraulique Agricole

ESRI : Environmental Systems Research Institute

GDEM : Global Digital Elévation Model

IA : Intelligence Artificielle

LULC: Land use and land cover

MADR : Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural

MNT : Modèle Numérique de Terrain

METI : Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NGS : National Geographic Society

PIB : Produit Intérieur Brut

SAU : Surface Agricole utile

SIG : System d'Information Géographique

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission

WGS84 : World Geodetic System

UTM : Universal Transverse Mercator

Liste des figures

Figure 01 : Les différents stades de développement du blé	07
Figure 02 : Répartition de la production mondiale du blé entre les 20 premiers pays.....	10
Figure 03 : Évolution des quantités du blé dur et tendre importées de l'Algérie.....	11
Figure 04 : Localisation géographique de la zone d'étude.....	16
Figure 05 : Carte du relief de la région d'étude.....	18
Figure 06 : Carte des Classes des pentes de la région d'étude.....	18
Figure 07 : Emplacement des stations climatiques de Précipitations.....	21
Figure 08 : Emplacement des stations climatiques de Températures moyennes.....	21
Figure 09 : Emplacement des stations climatiques de Température max et Température min....	22
Figure 10 : Carte d'occupation du sol dérivée de l'imagerie Sentinel-2.....	23
Figure 11 : Grille de précipitations finale (projetée et découpée) de la région d'étude.....	25
Figure 12 : Carte de répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles.....	26
Figure 13 : Répartition des précipitations du mois de septembre de la région d'étude.....	28
Figure 14 : Répartition des précipitations du mois d'Octobre de la région d'étude.....	29
Figure 15 : Répartition des précipitations du mois de Novembre de la région d'étude.....	30
Figure 16 : Répartition des précipitations du mois de Décembre de la région d'étude.....	31
Figure 17 : Répartition des précipitations du mois de Janvier de la région d'étude.....	31
Figure 18 : Répartition des précipitations du mois de Février de la région d'étude.....	32
Figure 19 : Répartition des précipitations du mois de Mars de la région d'étude.....	33
Figure 20 : Répartition des précipitations du mois d'Avril de la région d'étude.....	33
Figure 21 : Répartition des précipitations du mois de Mai de la région d'étude.....	34
Figure 22 : Répartition des précipitations du mois de Juin de la région d'étude.....	36
Figure 23 : La carte d'occupation du sol de la zone d'étude.....	37
Figure 24 : Répartition des terres dans la zone d'étude.....	37
Figure 25 : Répartition des zones potentielles, intermédiaires, et non potentielles.....	38
Figure 26 : Risques d'accidents climatiques.....	41
Figure 27 : Sensibilité à la sécheresse et période critique.....	41

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur.....	02
Tableau 02 : Répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles	27
Tableau 03 : Répartition de Blé en fonction des pluies	40

Table des matières

✚ Remerciements

✚ Dédicaces

✚ Résumé

✚ Liste des Abréviations

✚ Liste des figures

✚ Liste des Tableaux

Introduction..... 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les céréales en Algérie	02
1.1. Description générale du blé	02
1.2 Classification botanique	02
1.3. Caractéristiques morphologiques et physiologiques.....	03
1.3.1. Le système racinaire	03
1.3.2. Le système aérien	03
2. Le cycle biologique du blé dur	03
2.1. La période végétative	04
2.1.1. Stade de germination	04
2.1.2. Stade levée-tallage	04
2.2. La période reproductrice	05
2.2.1. Phase montaison – gonflement	05
2.2.2. Phase épiaison – fécondation	06
2.2.3. Phase du grossissement du grain	06
2.2.4. Phase de maturation du grain	06
3. Eléments conditionnant la croissance	07
3.1. Eléments édaphiques	07
3.2. Eléments climatiques	07
3.2.1. Température	08
3.2.2. L'eau	08
3.2.3. La lumière	08
3.2.4. Fertilisation	08
4. Importance économique du blé	09
4.1. Sur le plan mondial	09
4.2. Sur le plan national.....	10
5. Généralité de changement climatique	12
6. Impacts des changements climatiques sur l'agriculture	12
7. Les changements climatiques la sécurité alimentaire en Algérie	13
8. Adaptation de l'agriculture au changement climatique	14

Chapitre II : Approche Méthodologique

<i>1. Présentation de la zone d'étude</i>	15
<i>1.1. Localisation géographique</i>	15
<i>1.2. Morphologie du relief</i>	16
<i>1.2.1. Les chaînes de montagnes</i>	16
<i>1.2.2. Les plaines</i>	16
<i>1.2.3. Les pentes</i>	16
<i>1.2.4. Le sol et l'hydrologie</i>	18
<i>2. Sources des données utilisées</i>	18
<i>2.1. La base de données climatique WorldClim (Global Climat Data)</i>	18
<i>2.2. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)</i>	21
<i>2.3. Les images Esri Sentinel-2 Land Cover</i>	22
<i>3. Outils de Géo- traitement</i>	23
<i>3.1. ArcGIS</i>	23
<i>3.2. Excel</i>	24

Chapitre III : Résultats et discussion

<i>1. Cartographie numérique des précipitations</i>	25
<i>1.1. Prétraitement</i>	25
<i>1.2. Précipitations annuelles</i>	26
<i>1.3. Précipitations mensuelles</i>	28
<i>1.3.1. La saison automnale</i>	28
<i>1.3.2. La saison hivernale</i>	31
<i>1.3.3. La saison printanière</i>	32
<i>2. L'Occupation du sol</i>	36
<i>3. Les zones potentielles pour la production du blé dur</i>	38
<i>4. Risques d'accidents climatiques et l'irrigation d'appoint</i>	40
<i>Conclusion</i>	43
<i>Références bibliographiques</i>	44

Introduction

Introduction

L'agriculture est extrêmement sensible aux variations climatiques. 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. Bien que certaines régions du monde puissent enregistrer une amélioration de quelques-unes de leurs cultures, le changement climatique aura généralement des impacts négatifs sur l'agriculture et menacera la sécurité alimentaire au niveau mondial (Gerald *et al*, 2009).

En Algérie, la culture du blé dur est essentiellement pluviale. Elle est par conséquent soumise à des régimes pluviométriques très variables, souvent faibles, et présentant des distributions aléatoires qui sont rarement en adéquation avec les besoins de la plante (Baldy, 1992). Ceci se traduit souvent par des déficits hydriques qui peuvent s'établir à n'importe quel moment durant le cycle végétatif, compromettant ainsi sérieusement le rendement.

L'utilisation de la cartographie thématique est nécessaire pour étudier l'impact des variabilités climatiques sur les ressources naturelles et l'état actuel du territoire, afin de définir les politiques futures de son aménagement, surtout avec le développement des outils informatiques modernes et spécialisés dans ce domaine.

Les informations concernant le climat et les surfaces ensemencées 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.

L'objectif principal de notre travail est de cartographier les propriétés observées des précipitations à travers le system d'information géographique (SIG) pour l'ensemble de la région d'étude qui compte 05 wilayas (Constantine, Mila, Sétif, Batna et Oum El Bouaghi). La cartographie numérique des précipitations, à l'échelle annuelle et mensuelle, sera utiliser comme support pour déterminer les zones potentielles de production de blé dur en pluviale.

Ce manuscrit s'organise en trois (03) chapitres : dans le premier chapitre nous abordons, à partir de l'analyse de la littérature scientifique, les concepts liés à la culture du blé dur et l'effet des fluctuations pluviométriques sur le rendement. Le deuxième chapitre concerne la présentation de la zone d'étude, les sources des données utilisées et la méthode du traitement des données. Alors que le dernier chapitre se focalise sur la cartographie numérique des précipitations avec l'interprétation des zones potentielles de production du blé dur.

Chapitre I: Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les céréales en Algérie

En Algérie, les céréales représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation, en semoulerie, en boulangerie et en industrie alimentaire. Elle constitue également la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains (Boulal *et al*, 2007).

1.1. Description générale du blé

Le blé est considéré comme l'un des aliments les plus cultivés à l'échelle mondiale avec le riz et le maïs. C'est la troisième espèce par importance de récolte mondiale. Il existe deux espèces de blé : Le blé tendre et le blé dur. Ils se différencient par la friabilité de l'amande. L'amande du blé tendre est blanche et friable, alors que celle du blé dur est jaune et plus dure (Hennouni, 2012).

1.2 Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille qui sont caractérisées par des critères morphologiques particuliers. Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous (tab.01).

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (Hennouni, 2012).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Sous-famille	Pooideae
Tribu	Triticeae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

1.3. Caractéristiques morphologiques et physiologiques

1.3.1. Le système racinaire

Selon Belaid (1996), toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs :

- Le système racinaire primaire, fonctionnel de la germination au début tallage, ce système est constitué d'une racine principale ne restant pas longtemps fonctionnelle et est remplacé par un système de racines adventives (prenant naissance sur la tige) qui assureront la nutrition et le développement de la plante.
- Le système racinaire secondaire ou tallage (ou système coronaire) apparaît au moment où la plante émet des talles ; il est de type fasciculé et assez développé.

1.3.2. Le système aérien

Il est composé de plusieurs organes :

- **La tige et les feuilles :** La tige creuse ou chaume, dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (Belaid, 1996).
- **L'inflorescence :** Le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. La disposition de celle-ci fait ressortir une caractéristique d'une grande importance : le blé est une plante autogame ou à autofécondation, c'est-à-dire que la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur. De ce fait, la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre (Soltner, 2005).
- **Le grain :** Le grain est un caryopse ou fruit sec indéhiscant dont les parois sont soudées à celles de la graine (Soltner, 2005).

2. Le cycle biologique du blé dur

Le cycle de croissance de blé représente l'ensemble des modifications phénologiques qui se manifestent au cours du cycle de la culture. Les dates d'apparition des stades de développement dépendent essentiellement des températures et des photopériodes accumulées par la culture depuis sa germination (Boufenar et Zaghouane, 2006).

Trois périodes repères caractérisent le développement du blé à savoir :

- La période végétative,
- La période reproductrice,
- La période de formation et la maturation des grains

2.1. La période végétative

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la radicule et des racines séminales et celle de la coléoptile (Boufenar et Zaghouane, 2006). Cette période se déroule en deux stades : stade germination et stade levée-tallage.

2.1.1. Stade de germination

Lors de la germination, les racines séminales poussent en premier, suivies de coléoptile, qui protège l'émergence de la première feuille. La longueur de coléoptile limite la profondeur de semis et sa longueur change avec le génotype, n'augmentant que légèrement lorsque les graines sont semées plus profondément (Kirby, 1993). Afin que la germination de la graine se déroule normalement, il faut que deux conditions se réalisent :

- La graine soit capable de germer c'est-à-dire qu'elle est vivante et mûre.
- Le sol doit fournir à la graine l'eau et l'oxygène et la chaleur nécessaire pour sa germination.

Selon Spilde (1989), la taille des graines n'altère pas la germination mais affecte la croissance, le développement et le rendement. Les graines volumineuses présentent plusieurs avantages par rapport aux petites graines, comme une croissance plus rapide des semis, un nombre plus élevé de talles fertiles par plante et un rendement en grains plus élevé. L'avantage des semences volumineuses est démontré lorsque le blé est cultivé sous des stress environnementaux, en particulier la sécheresse (Mian et Nafziger, 1994)

Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont la chaleur, l'aération et l'humidité (Soltner, 2005).

2.1.2. Stade levée-tallage

Boufenar et Zaghouane (2006), décrivent cette phase comme suit : dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche (stade levée). La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, jusqu'à la quatrième toute en position alterne. Ensuite apparaît la première tige à l'aisselle de la première feuille de la tige principale. Ainsi le stade début de tallage est atteint. Pendant cette phase, des talles apparaissent d'une façon synchrone. Le tallage se caractérise par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle des feuilles.

La zone de sortie des talles est appelée plateau de tallage. L'aptitude à émettre une ou plusieurs talles est une caractéristique variétale mais fortement dépendante des conditions du milieu : température, eau, azote et des techniques culturales. D'après Masle (1980), une alimentation azotée limitante pour la plante se manifeste simultanément par l'interruption du processus de tallage herbacé et par une réduction de la croissance des talles existantes.

Les talles ne produisent pas toutes des épis de blé et nombreuses talles avortent avant l'anthèse (Gallagher et Biscoe, 1978). Le nombre de talles productives dépend du génotype et de l'environnement et est fortement influencé par la densité de semis. Le tallage a une grande importance agronomique dans les céréales car il peut compenser partiellement ou totalement les différences de nombre de plants après l'installation de la culture et peut permettre la récupération des cultures après les gelées précoces.

La durée du stade végétatif chez le blé peut varier de 60 à 150 jours selon la date de semis et le génotype. Elle dépend du taux d'apparition des feuilles (ou phyllochron qui correspond à l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'émergence séquentielle de feuilles successives sur la tige principale d'une plante) et du moment de la différenciation florale (double crête), qui sont induites par la photopériode (le rapport entre la durée du jour et de la nuit) et la vernalisation (une période de froid subie par une plante nécessaire pour la faire passer du stade végétatif au stade reproductif) (Acevedo *et al.*; 2009)

2.2. La période reproductrice

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

2.2.1. Phase montaison – gonflement

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). Elle est d'une durée peu variable 28 à 30 jours (Soltner, 2005).

Selon Clément-Grandcourt et Prat (1971), au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active et les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus.

Cette phase se termine par la différenciation des stigmates des fleurs et le gonflement que provoque l'épi qui s'apprête à émerger de la gaine des dernières feuilles (Soltner, 2005).

2.2.2. Phase épiaison – fécondation

Selon Soltner (2005), elle est marquée par la méiose pollinique. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation. Le nombre de fleurs fécondées au cours de cette troisième période critique dépendra de la nutrition azotée disponible et d'une évapotranspiration pas trop élevée.

2.2.3. Phase du grossissement du grain

Selon Soltner (2005), cette phase est d'une activité photosynthétique intense. Comme il n'y a plus de croissance des feuilles et des tiges, la matière sèche synthétisée dans les feuilles est entièrement destinée à l'accumulation des réserves. A la fin de cette courte phase de 15 à 18 jours, 40 à 50% des réserves se sont accumulées dans le grain. Celui-ci, bien qu'ayant sa taille définitive, est mou et encore vert. C'est le stade « grain laiteux ». L'autre partie des réserves se retrouve encore dans les tiges et les feuilles, qui commencent bientôt à jaunir (fig.01).

2.2.4. Phase de maturation du grain

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve (Zaghouane et Boufnar, 2006). Ces dernières, proviennent de la photosynthèse qui persiste dans les dernières feuilles vertes ainsi que de la migration des réserves accumulées dans les feuilles et les tiges jaunissantes mais non séchées. Cette migration nécessite une circulation de l'eau dans la plante pour éviter le phénomène de l'échaudage (Soltner, 2005).

La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité. Le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'ongle » (20% d'humidité) puis « cassant sous la dent » (15-16% d'humidité) (Gate, 1995).

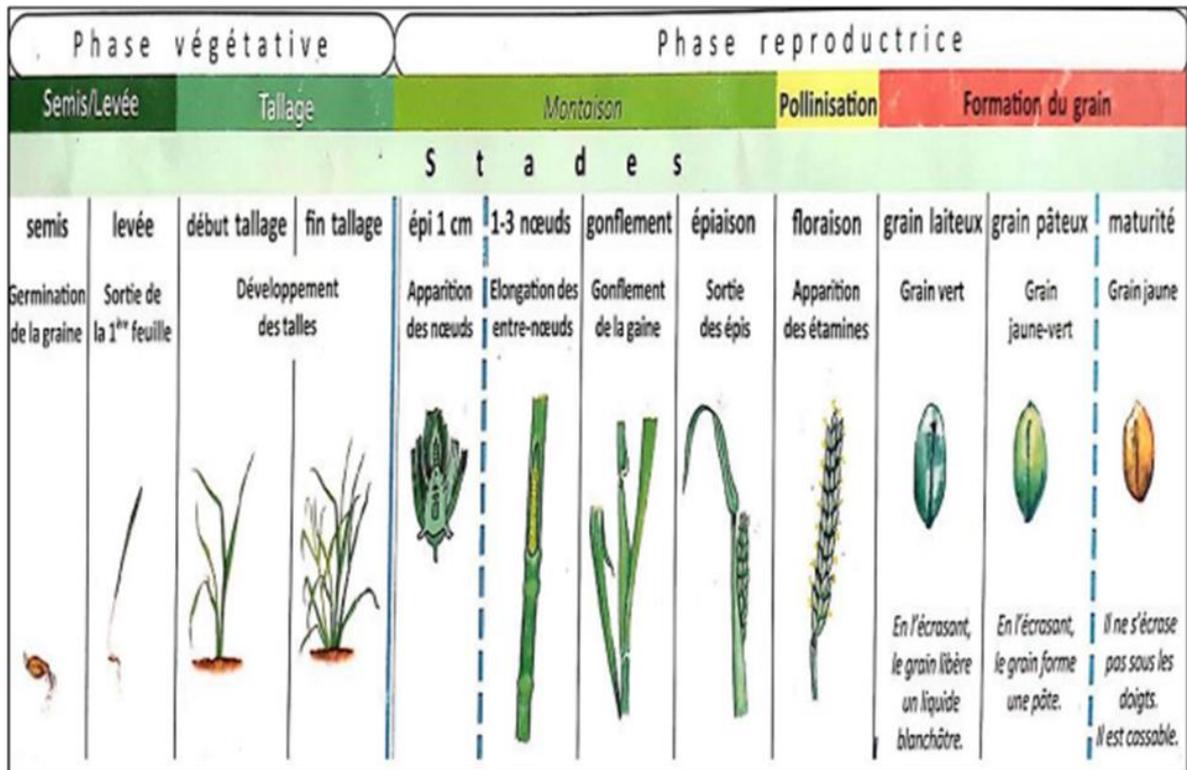


Figure 01 : Les différents stades de développement du blé.

3. Eléments conditionnant la croissance

3.1. Eléments édaphiques

Le blé exige une bonne préparation de sol qui devrait être meublée et stable, résistante à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. La profondeur de sol doit être de 12 à 15 cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres permettent d'assurer l'accumulation de l'eau des pluies d'automne (Clément-Grancourt et Prats, 1971), et une richesse suffisante en colloïdes de sol qui permet d'assurer une nutrition adéquate pour aboutir à des bons rendements (Soltner, 1990). Selon ce même auteur, particulièrement, les sols de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentant pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver. Les séquences de travail du sol à adopter doivent tenir compte

du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente. Le pH optimal se situe entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol.

3.2. Eléments climatiques

3.2.1. Température

Une température supérieure à 0°C (le zéro de végétation) est exigée pour la germination, cependant l'optimum de croissance se situe entre 16 et 25°C. Une diminution de la température pendant l'hiver est nécessaire à certaines variétés dites d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (Clement et Prats, 1970). La majorité des variétés de blé peuvent supporter un gel modéré pendant l'hiver si la plante est suffisamment développée.

3.2.2. L'eau

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (Soltner, 1990). Au stade de germination, la teneur minimale en eau requise dans le grain du blé est de 35 à 45 % de son poids (Evans *et al.*, 1975). 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 (Loue, 1982).

3.2.3. La lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le développement de 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 plants de blé.

3.2.4. Fertilisation

- **Fumure de fond**

Le phosphore et le potasse sont deux éléments fertilisants à apporter à la dose de 92 unités/ha en zone de plus de 600 mm de pluviométrie et à la dose de 46 unités /ha en zone entre 400 et 600mm. Le potassium est apporté à la dose de 50 unités /ha (ITGC, 2006).

Pour produire un quintal de blé il faut 1,7 kg de P et 2,2 kg de K. Les besoins de la culture dépendent du rendement objectif (Alaoui, 2005).

- **Fumure azotée**

Le blé dur est relativement exigeant en azote, il a besoin de la plus grande part de ses besoins en azote pendant la phase tallage-remplissage du grain (Alaoui, 2005).

Au tallage, il agit sur la première composante du rendement c'est-à-dire l'augmentation de nombre de talles par mètre carré. Au stade montaison et floraison, il agit respectivement sur l'allongement de la tige et intervient dans la fécondation en diminuant l'avortement des fleurs. Durant, le remplissage du grain, cette phase est marquée par la migration de l'azote des organes végétatifs vers les grains (Belaid, 1986).

En général, il est recommandé d'apporter 92 unités/ha d'azote en zone de plus de 600 mm de pluviométrie et 46 unités/ha en zone de 400 à 600 mm. La dose totale est fractionnée en deux temps, 1/3 au semis et 2/3 au tallage (stade épi 1 cm du blé) (ITGC, 2006).

Une forte fumure azotée provoque un déséquilibre entre les matières organiques (glucides, protide) aboutissant à la verse. A l'inverse une carence, conduit à une réduction du nombre de grains par épis (Belaid, 1986).

4. Importance économique du blé

4.1. Sur le plan mondial

Le blé fait partie des trois grandes céréales mondiales avec le maïs et le riz. C'est, avec environ 600 millions de tonnes annuelle, la troisième plante par l'importance de la récolte mondiale, et avec le riz, la plus consommée par l'homme (François et Gaudry, 2016). Il couvre 17 % des surfaces cultivées des zones tempérées, des zones à climat méditerranéen à subtropical situées entre le 57 ° de latitude Nord en Russie et en Scandinavie et le 45 ° de latitude Sud en Argentine (Le Stum *et al.*, 2017).

Cinq pays où régions assurent les deux tiers de la production mondiale. L'Union européenne, la Chine, l'Inde, les Etats-Unis et la Russie ont produit en moyenne 397 millions de tonnes de blé au cours de la période 2003-2007. Aux côtés de ces grands producteurs on trouve une série de 8 pays dont la production se situe généralement entre 10 et 30 millions de tonnes et qui ne représentent ensemble pas loin du quart (23 %) de la production mondiale de blé chaque année : le Canada, le Pakistan, l'Australie, la Turquie, l'Argentine, l'Iran, l'Ukraine et le Kazakhstan.

Cependant, les marchés de blé sont facilement déstabilisés par des conditions météorologiques extrêmes provoquant des pics de prix. Près de 50 milliards de dollars américains de blé sont échangés chaque année dans le monde. Selon ce même rapport de CGIAR, les modèles prédisent que d'ici 2050, les consommateurs auront besoin de 60 % de blé de plus qu'aujourd'hui. Les défis sont grands : cette demande doit être satisfaite, sans que de nouvelles terres ne soient cultivées et avec une meilleure utilisation des engrais, de l'eau et de la main-d'œuvre. Selon les données de FAOSTAT. (2021), pour l'année 2019, les cinq premiers pays producteurs de blé dans le monde sont : la Chine, l'Inde, la Russie, les USA et la France (fig.02), ces pays ont produit respectivement, 133.6, 103.6, 74.5 ; 52.3 et 40.6 millions de tonnes en 2019.

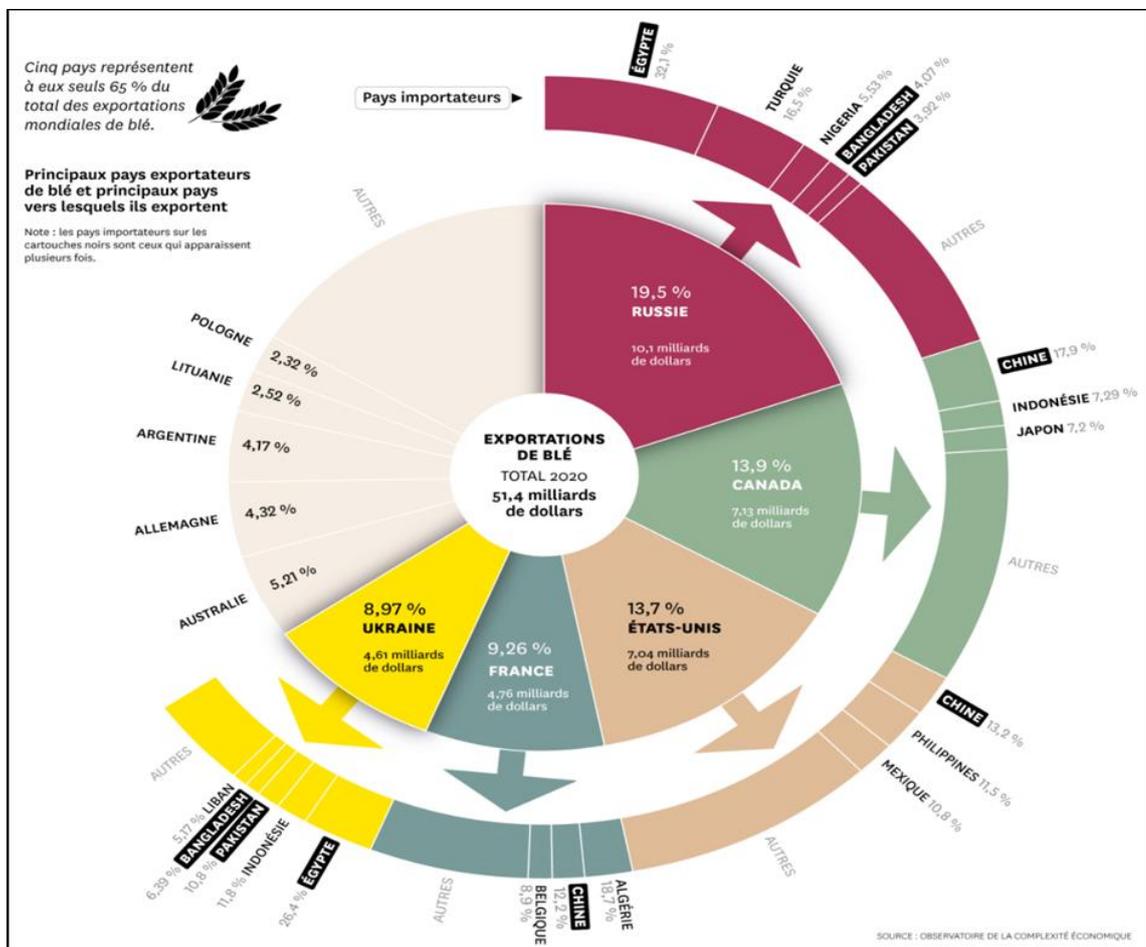


Figure 02 : Répartition de la production mondiale du blé entre les 20 premiers pays producteurs de blé (source : FAOSTAT. 2021)

4.2. Sur le plan national

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Le blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) est la première céréale cultivée en Algérie, en termes de superficies et de production, occupant la moitié d'une superficie de 3 millions hectares, destinés à la céréaliculture. Sur les hautes plaines orientales algériennes, la culture pluviale du blé dur représente, avec l'orge et l'élevage ovin, l'essentiel de l'activité agricole. La production de blé dur est consommée par l'homme, le plus souvent directement sur le site de l'exploitation, et les résidus du blé sont utilisés par l'élevage (Mekhlouf *et al.*, 2006). La production de blé en Algérie en 2018 est : 3981219 tonnes (FAO stat, 2018)

La Figure (03) présente des courbes de l'évolution des quantités totales des blés importées annuellement ainsi que leurs factures d'importation durant la période 2000-2019, selon les données statistiques fournies par MADR. (2020). L'analyse des graphes montre que les quantités de blé tendre importées sont supérieures à celle de blé dur, ainsi en moyenne, durant la période 2000-2019, l'Algérie a importé annuellement 43.4 MQ de blé tendre avec une facture moyenne de 1.03 milliard de dollars, contre une quantité moyenne de blé dur importée estimée à 21.6 MQ avec une facture moyenne annuelle de 634.5 millions (millions de \$). L'importation des blés coûte au trésor public annuellement une facture d'environ 1.7 Milliards de \$, durant la période 2000-2019.

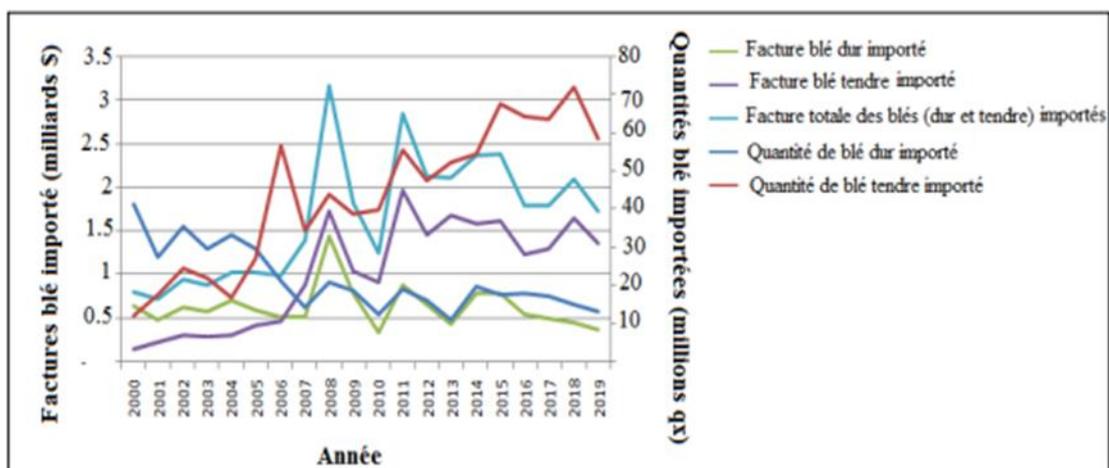


Figure 03 : Évolution des quantités du blé dur et tendre importées de l'Algérie et leurs factures d'importation durant la période 1998/2019

Selon Bessaoud *et al.* (2019), les importations de blé en Algérie ont été multipliées par 10 entre les années 1966-1969 (698 500 tonnes) et 2000-2005 (6 796 000 tonnes), ainsi depuis

le milieu de la décennie 2000, l'Algérie figure parmi les 6 pays, dont les importations sont supérieures à 5 millions de tonnes/an. Elle est le troisième importateur au monde de blé dur et le premier importateur mondial de blé tendre (50 % des échanges mondiaux). Ainsi, la couverture des besoins nationaux en BT et BD est assurée respectivement à 78 % et à 45 % par des importations. En revanche, Hales, (2019), rapporte qu'une tendance à la baisse des importations des céréales est observée durant l'année 2019, encouragée par une bonne production nationale en particulier pour l'orge et le BD. Cette tendance à la baisse devrait se poursuivre avec la récente mesure prise par le gouvernement pour limiter également les achats de BT, qui consiste à imposer une limite d'importation de 4 millions de tonnes de BT par an, contre 6 millions de tonnes généralement importées auparavant

5. Généralité de changement climatique

Le changement climatique correspond à une modification durable du climat au niveau planétaire ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la terre, à des influences extérieures, ou plus récemment, aux activités humaines (Yahiaoui, 2015).

Le climat est une moyenne météorologique sur une période d'au moins trente ans. Le changement climatique désigne une modification significative de cette moyenne : si des variations météorologiques répétées suffisent à modifier la moyenne sur trente ans, alors on considère qu'elles ne correspondent plus aux variations interannuelles normales mais à une variation du climat lui-même. (Tabet, 2008)

6. Impacts des changements climatiques sur l'agriculture

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de GES générées par les humains ne cessent d'augmenter, ce qui modifie la composition de l'atmosphère, provoque un réchauffement rapide de la planète, dérègle le climat et entraîne ce qu'on appelle les changements climatiques. Ceux-ci déséquilibrent tous les écosystèmes et menacent la qualité de vie sur terre (Auzel *et al.*; 2012)

Un impact majeur des changements climatiques est l'augmentation importante du nombre de phénomènes météorologiques extrêmes et de leur intensité, tels que les suivants :

- Sécheresses
- Vagues de chaleur
- Pluies intenses
- Vents violents
- Baisse ou hausse drastique des températures (gel-dégel)

Ces phénomènes météorologiques et ces catastrophes naturelles se multiplient et s'intensifient à l'échelle de la planète au fur et à mesure que la crise climatique prend de l'ampleur. Tout cela a des conséquences néfastes sur l'économie, sur l'environnement, sur nos infrastructures et sur la qualité de vie des populations (Auzel et al.; 2012) .

En Algérie, l'agriculture occupe la troisième place en matière de contribution au PIB. Elle emploie près de 23% de la population totale active et s'étend sur près de 41 millions d'hectares, soit un peu plus de 17% des 238 millions d'hectares de la superficie globale. Ces superficies se répartissent de la manière suivante : 31,9 millions d'hectares de parcours, 8,2 millions d'hectares de surface agricole utile (SAU) et le reste (83% de la superficie totale) étant des terres improductives (Bessaoud *et al.*; 2019).

Les changements climatiques peuvent influencer de diverses manières sur l'agriculture. Au-delà de certains seuils de température, les rendements agricoles peuvent diminuer, car l'accélération du processus de croissance s'accompagne d'une moindre production de grains.

Les changements climatiques, du fait de l'augmentation prononcée de température, de la baisse significative des précipitations et des sécheresses plus fréquentes et intenses, ne permettent pas la régénération du couvert végétal et constitueront une menace grave pour le secteur agricole. Le processus de changement climatique se traduirait également par une chute des rendements agricoles. Les différentes études affirment que l'augmentation des températures et de leur variabilité implique un décalage et une réduction des périodes de croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. De ce fait, la production agricole accusera des réductions moyennes des rendements des céréales de 5,7 % à près de 14 %. Le changement climatique induira également des baisses de rendement des productions des légumes de 10 à 30 % à l'horizon 2030 (Bessaoud *et al.*; 2019)

7. Les changements climatiques la sécurité alimentaire en Algérie

La population algérienne est caractérisée par un mode alimentaire basé essentiellement sur la consommation des céréales sous toutes ses formes (pâtes alimentaires, couscous, galettes de pain, etc.). Ainsi, la consommation céréalière moyenne par habitant est l'une des plus importantes au monde. Cette consommation céréalière est dominée par celle du blé, Malgré l'amélioration des productions du blé, le secteur agricole est souvent incapable de faire face à la croissance de la demande de ce produit, essentiellement liée aux changements des habitudes alimentaires (induites en partie par la colonisation) et à l'élévation des niveaux de vie (Kaabache et Badaoui, 2022).

Le réchauffement climatique que vit l'humanité à présent est considéré comme le plus rapide depuis les dix mille dernières années. Il expose les populations dans le monde à l'insécurité alimentaire, aux famines, etc. Notre pays est en train de subir ses effets, à travers la baisse des précipitations, qui peut influencer sa capacité productive, et affecter sa sécurité alimentaire. Cependant il cause d'ores-et-déjà l'augmentation continue de la facture alimentaire, afin d'assurer la disponibilité alimentaire de la population. Pour cette raison, la solution peut se trouver dans une nouvelle politique agraire permettant une gestion durable des ressources existantes (Kaabache et Badaoui, 2022).

8. Adaptation de l'agriculture au changement climatique

D'importants programmes ont été lancés par les pouvoirs publics à partir des années 1970 qui se sont traduits par la réalisation d'un grand barrage vert sur une longueur de 1200 km et une profondeur d'une moyenne de 20 km, et le plan national climat 2018. Ce plan est la « pierre angulaire » d'une action majeure : adapter la société et les écosystèmes algériens qui font face au changement climatique afin de prévenir et de réduire les impacts néfastes qui peuvent en résulter (PNC, 2019).

Les objectifs du Plan National Climat portent sur l'identification :

- D'une part, d'un plan d'action d'adaptation qui fera face aux effets des changements climatiques pour s'adapter à un réchauffement double de celui de la moyenne mondiale (tendance sur près d'un siècle soit 1,5°C contre 0,7°C) et s'adapter à une baisse des pluies comprise entre 20 et 10 % d'Ouest en Est (PNC, 2019).

- D'autre part, d'un plan d'action d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre respectant les engagements internationaux pour réaliser le scénario volontaire de 7 % à l'horizon 2030 et, réaliser le scénario conditionnel de 22 % à l'horizon 2030 (PNC, 2019).

Les objectifs spécifiques du Plan National Climat visent à :

- Renforcer la résilience des écosystèmes (inondations et sécheresse) afin de minimiser les risques de catastrophes naturelles liées aux changements climatiques.
- Lutter contre l'érosion et réhabiliter les terres dégradées dans le cadre de la lutte contre la désertification.
- Intégrer les effets des changements climatiques dans les stratégies sectorielles, en particulier, l'agriculture, l'hydraulique, la santé humaine et les transports.
- Intégrer les effets des changements climatiques sur la stabilité politique et la sécurité nationale (PNC, 2019).

Les principales mesures d'adaptation de l'agriculture au changement climatique peuvent être résumées comme suit :

- Economie de l'eau,
- Construction de barrages et de retenues collinaires,
- Adaptation des itinéraires techniques,
- Introduction de pratiques techniques (semis directs),
- Reconversion des systèmes de production,
- Lutte contre l'érosion et la désertification,
- Programmes anti-sécheresse,
- Protection et réhabilitation des terres steppiques,
- Aménagement des bassins versants,
- Montage de projets ruraux,
- Diversification d'activités,
- Sauvegarde et extension des forêts,
- Développement des assurances agricoles.

Les mesures transversales portent essentiellement sur l'amélioration de la gouvernance par le renforcement de capacités de l'administration en termes de sensibilité, de veille et de financement innovant et la participation et le renforcement des capacités des communautés rurales afin d'assurer une gestion locale durable du milieu naturel(PNC, 2019).

Chapitre II :

Matériel et

méthodes

Chapitre II : Approche Méthodologique

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Localisation géographique

La région d'étude constitue une unité géographique importante, située au Nord-Est de l'Algérie, comprise entre $36^{\circ}37'12''$ et $34^{\circ}45'14''$ de latitude Nord et entre $4^{\circ}44'29''$ et $7^{\circ}51'42''$ Est des longitudes (fig.04). Elle s'étend sur une superficie de 30.846 km^2 et compte cinq (5) Wilayas, à savoir : Constantine, Mila, Sétif, Batna et Oum El Bouaghi.

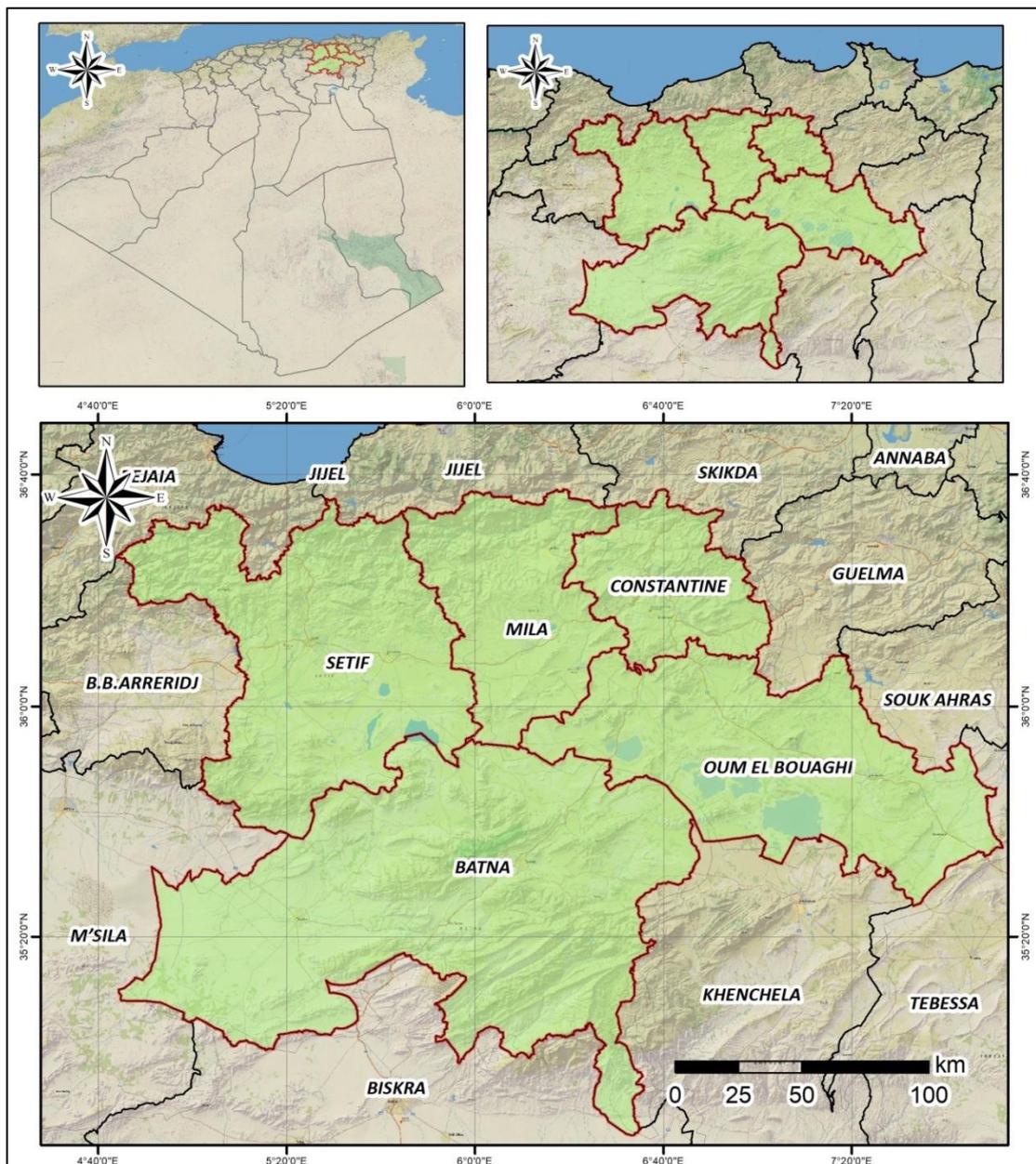


Figure 04: Localisation géographique de la zone d'étude.

La zone d'étude est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Bejaya, Jijel et Skikda.
- A l'Est par la Wilaya de Guelma, Souk Ahras et Tebessa.
- Au Sud par la Wilaya de Khenchla et Biskra.
- A l'Ouest par la Wilaya M'sila et Bordj Bou Arreridj.

1.2. Morphologie du relief

Du point de vue morphologie du relief, la région d'étude se distingue par :

1.2.1. Les chaînes de montagnes

- Les chaînes de montagnes dans la région d'étude sont essentiellement représentées par les Aurès au Sud qui comporte les monts qui représentent l'altitude la plus haute de la région dont le point culminant atteint 2328 m.
- A la partie centrale, on rencontre les Monts du Hodna et ceux de Sétif dont les points élevés respectifs sont de l'ordre de 1688 m et 1737 m.
- Au Nord-Est dans la région d'étude on rencontre les Monts d'Oum El Bouagui qui prédominent avec des altitudes qui atteignent 1700 m (fig.05).

1.2.2. Les plaines

Les plaines sont représentées par des pentes très faibles (0 - 5%). Différentes plaines existent au sein de la région d'étude, elles correspondent à la plaine de Sétif et s'étendent jusqu'à la plaine de Oued El Othmania et la plaine d'El Khroub à Constantine.

Cette extension représente la majeure partie des terres agricoles de cette partie de la région (Bahlouli *et al.*; 2008). Par ailleurs, d'autres plaines occupent la région, elles correspondent à la plaine de Mila au Nord de la région d'étude. Au Sud les plaines de Touffana et de Batna englobent à leur tour une bonne part des terres agricoles de la région d'étude.

1.2.3. Les pentes

La conception d'un M.N.T, nous a permis de concevoir une carte des pentes propre à la région d'étude, Les pentes inférieures à 10 % représentent la superficie la plus importante de la région d'étude, elles occupent 45.22 % de la superficie totale de la région. En second lieu c'est les pentes comprises entre 10 et 20 % qui occupent 30.82 % de la superficie totale de la région d'étude. Par ailleurs, les pentes supérieures à 35 % ne représentent que 7.72 % de la superficie totale (fig.06).

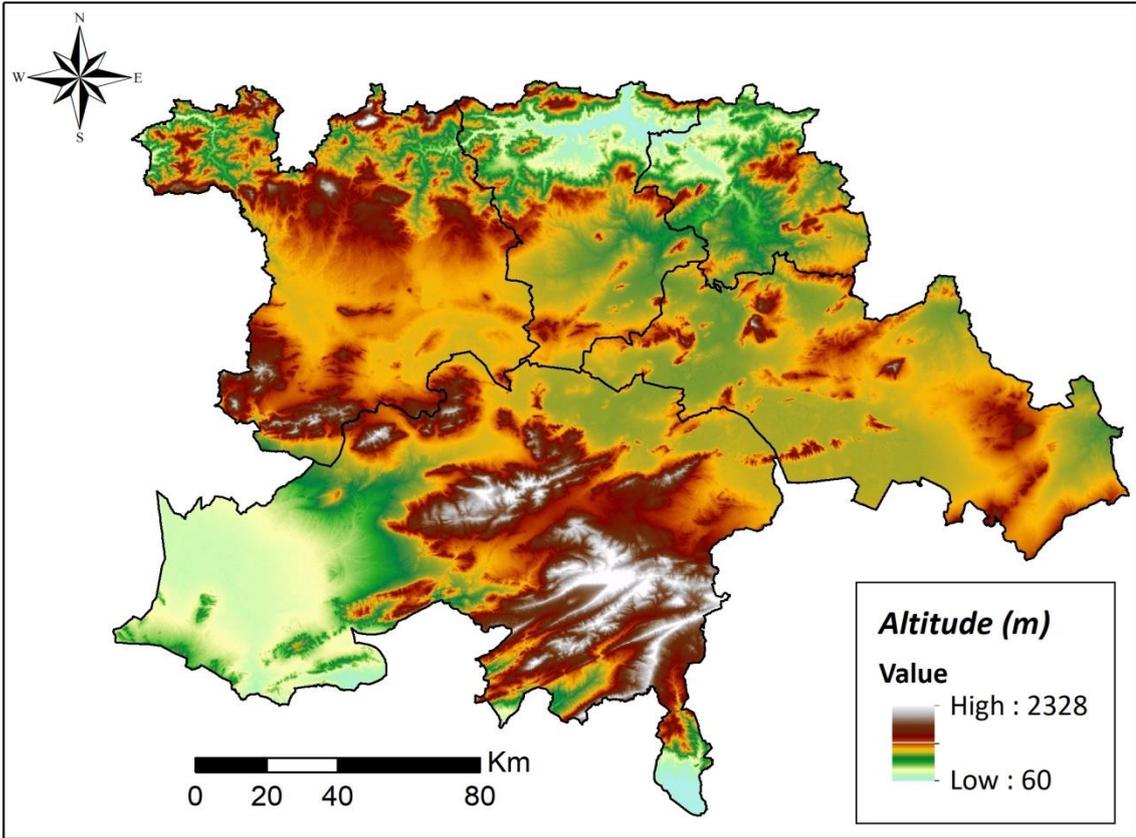


Figure 05 : Carte du relief de la région d'étude.

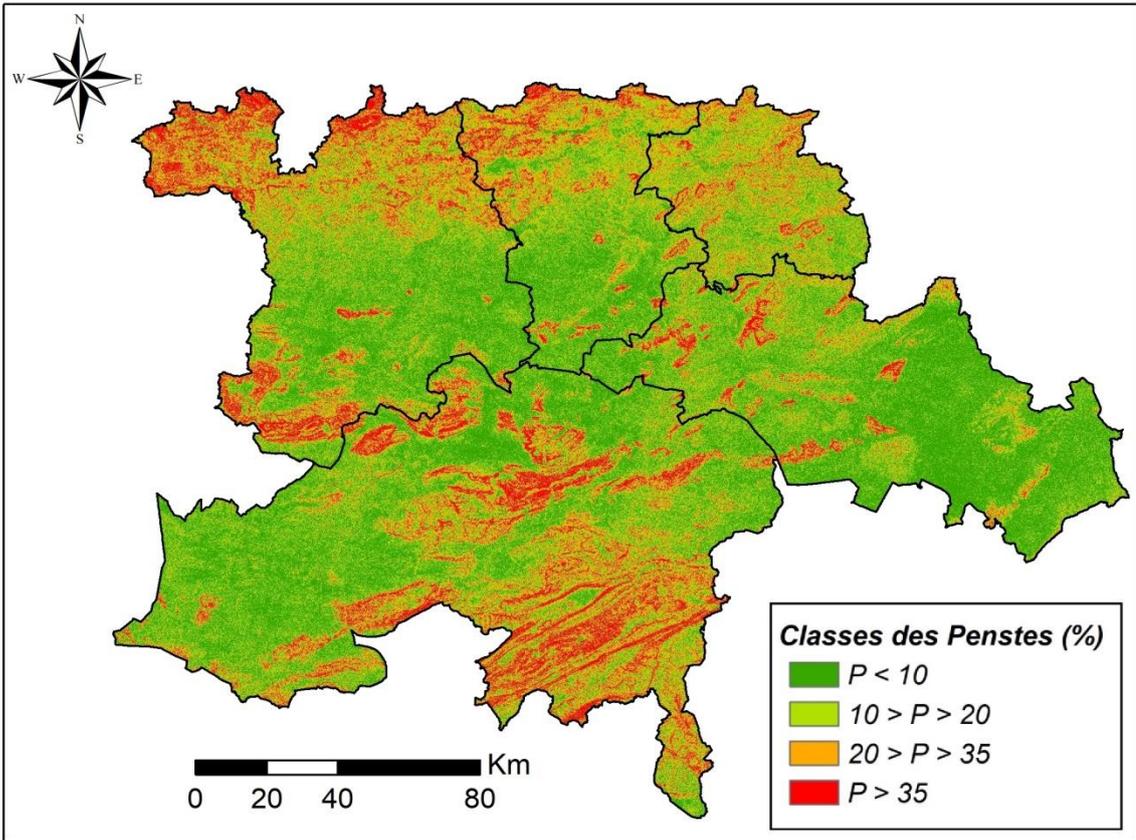


Figure 06 : Carte des Classes des pentes de la région d'étude.

1.2.4. Le sol et l'hydrologie

La carte des sols de la région d'étude réalisée par Durand (1974), fait ressortir plusieurs types de sols. La répartition des superficies par classes de sols montre la prédominance de deux classes de sols dans la région d'étude à savoir :

- Les sols calciques : ils représentent la plus grande partie des terres de la région. Ils sont caractéristiques des zones semi-arides à climat sec.
- Les sols calcaires : ils occupent eux aussi une grande surface au sein de la région d'étude caractéristique des zones semi arides. Ils existent au Sud de la région vers Ain Oulman et le Sud d'El Eulma et d'El Bordj.

Concernant les ressources en eaux superficielles, la région d'étude est constituée par un ensemble de sous bassins versants, traversés par un chevelu hydrographique dense. L'alimentation principale en eau des cours d'eau est assurée par les oueds principaux issus des reliefs élevés qui entourent la région en particulier par le Nord (Djebel Lakhdar, Djebel Babor, Djebel Takoucht, et Djebel Errakas). En été, les débits de ces cours d'eau diminuent ou deviennent nuls dans certains cours d'eau, l'alimentation de ces derniers est assurée par les débits d'étiage à cette époque de l'année.

Les ressources en eaux souterraines restent insuffisantes pour couvrir les besoins en eau d'irrigation, vue l'importante superficie agricole de la région. Par ailleurs, d'après la D.H.A, la majorité des forages sont en arrêts car les potentialités des nappes ne sont pas connues en attendant la réalisation de l'étude spécialisée par les services concernés.

2. Sources des données utilisées

2.1. La base de données climatique *WorldClim (Global Climat Data)*

Les données climatiques utilisées sont issues de la base de données « WorldClim » (<http://www.worldclim.org/Version2>). WorldClim 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, à l'exception de l'Antarctique, contenant les estimations des données passées, courantes et futures.

L'interpolation des données climatiques a été réalisée, par les concepteurs de ces données, au moyen du logiciel ANUSPLIN 4.3, qui met en œuvre une procédure de lissage décrite par

Hutchinson (1995). 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 30 secondes d'arc (~1km), 2.5, 5 et 10 minutes d'arc.

Les variables incluses dans les fichiers ESRI Grids téléchargés sont :

- **T moy** = moyenne mensuelle de la température moyenne
- **T min** = moyenne mensuelle de la température minimale
- **T max** = moyenne mensuelle de la température maximale
- **Prec** = moyennes mensuelles des précipitations (mm)

- **BIO** = les dérivés des variables bioclimatiques à partir de T moy, T min, T max et Prec, sont codés comme suit :
 - **BIO1** = Température moyenne annuelle.
 - **BIO2** = Amplitude quotidienne moyenne. (moyenne (max – min de la période)). (
 - **BIO3** = Isothermalité. (BIO2 / BIO7) (* 100).
 - **BIO4** = Saisonnalité de la température (coefficient de variation).
 - **BIO5** = Température maximale de la période la plus chaude.
 - **BIO6** = Température minimale de la période la plus froide.
 - **BIO7** = Amplitude annuelle de la température (BIO5 – BIO6).
 - **BIO8** = Température moyenne du trimestre le plus humide.
 - **BIO9** = Température moyenne du trimestre le plus sec.
 - **BIO10** = Température moyenne du trimestre le plus chaud.
 - **BIO11** = Température moyenne du trimestre le plus froid.
 - **BIO12** = Précipitations annuelles.
 - **BIO13** = Précipitations de la période la plus humide.
 - **BIO14** = Précipitations de la période la plus sèche.
 - **BIO15** = Saisonnalité des précipitations (coefficient de variation).
 - **BIO16** = Précipitations du trimestre le plus humide.
 - **BIO17** = Précipitations du trimestre le plus sec.
 - **BIO18** = Précipitations du trimestre le plus chaud.
 - **BIO19** = Précipitations du trimestre le plus froid.

- **Alt** = Altitude (altitude au-dessus niveau de la mer) (m) (à partir de SRTM)
- **m** = Mois de l'année, de 1 à 12 (Janvier à Décembre).
- **x** = Code de la variable bioclimatique.

La base de données *WorldClim* se compose des enregistrements de précipitations à partir de 47 554 stations (fig.07), la température moyenne de 24 542 stations (fig.08) et la température maximale et minimale pour 14 835 stations (fig.09) (Hijmans *et al.*; 2005). L'ensemble de variables bioclimatiques ont été obtenues à partir des données mensuelles.

Les cartes ci-dessous montrent la répartition spatiale des stations climatiques des données Prec, Tmoy, Tmin et Tmax.

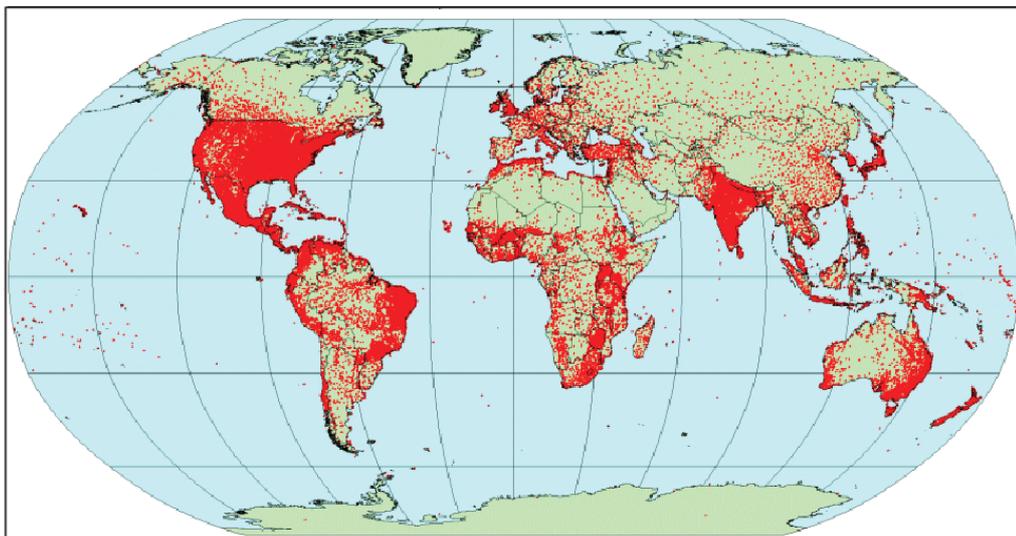


Figure 07: Emplacement des stations climatiques de Précipitations

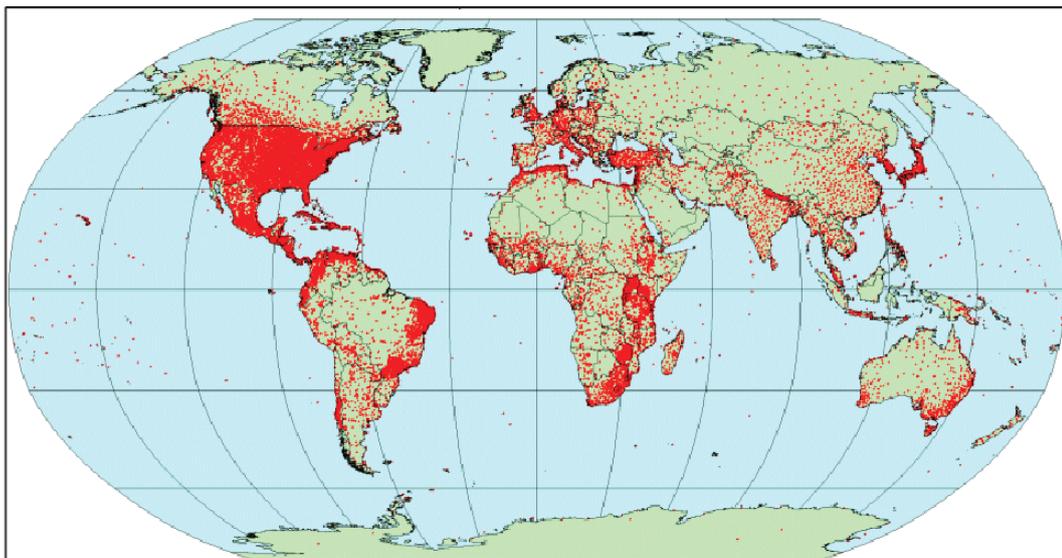


Figure 08: Emplacement des stations climatiques de Températures moyennes

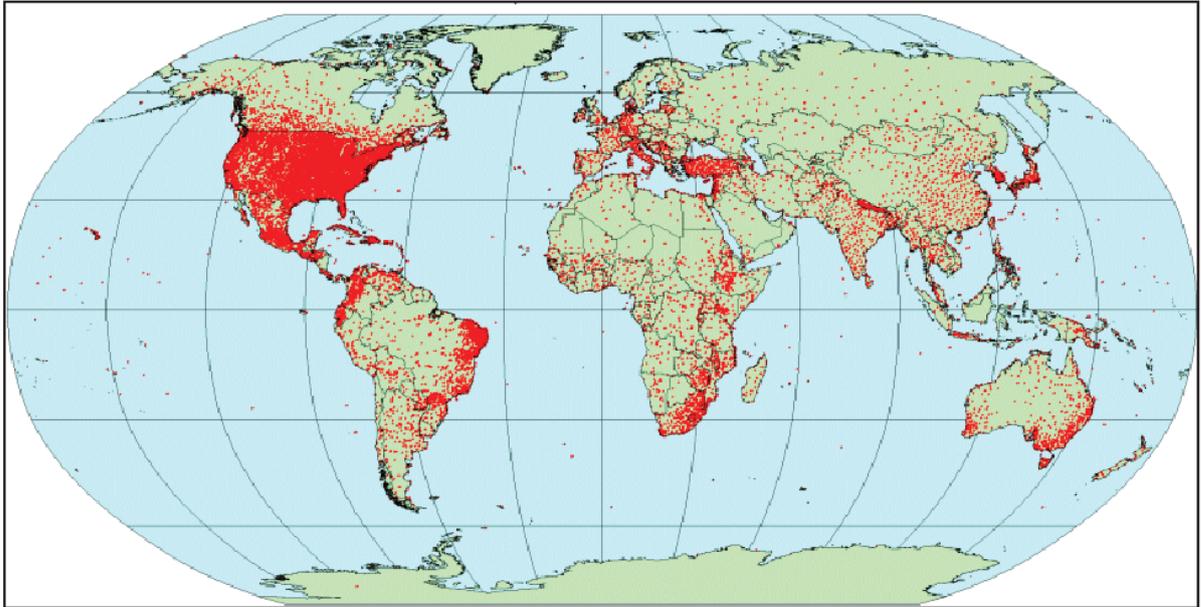


Figure 09: Emplacement des stations climatiques de Température max et Température min

2.2. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation numérique spatialisée de l'altitude. Le modèle numérique de terrain utilisé dans notre étude est le GDEM (Global Digital Elevation Model) du satellite ASTER « Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer », qui couvre le monde entier (entre 83° Nord et 83° Sud). Il est coproduit par le METI (ministère de l'économie, commerce et de l'industrie du Japon) et la NASA (administration nationale de l'aéronautique et de l'espace).

Ce MNT gratuit a une résolution d'une seconde d'arc soit environ 30 mètres à l'équateur. Il a donc une résolution 3 fois plus fine que celle du SRTM. Sa distribution est faite en format GeoTiff de (1° x 1°) avec le système de coordonnées géographiques WGS84.

A partir du MNT on peut créer une représentation 3D de la surface de la zone d'étude. Ce MNT permet ainsi :

- Extraction des paramètres du terrain.
- Tracés des profils topographiques.
- Modélisation de l'écoulement de l'eau ou de la masse du mouvement.
- Création de cartes en relief (pente, exposition...).

2.3. Les images Esri Sentinel-2 Land Cover

Cette couche d'information représente une carte globale de l'utilisation des terres/couverture des terres (LULC) dérivée de l'imagerie ESA Sentinel-2 à une résolution de 10 m, générée à partir du modèle de classification des terres d'intelligence artificielle (IA) avec d'apprentissage en profondeur qui utilise un ensemble de données d'entraînement massif de milliards de pixels d'image étiquetés par l'homme et développé par *National Geographic Society (NGS)*.

Le modèle d'apprentissage en profondeur sous-jacent utilise 6 bandes de données de réflectance de surface Sentinel-2 : bleu visible, vert, rouge, proche infrarouge et deux bandes infrarouges à ondes courtes. Pour créer la carte finale, le modèle est exécuté à plusieurs dates d'imagerie tout au long de l'année, et les sorties sont composées dans une carte représentative finale pour chaque année.

Les données Sentinel-2 L2A/B ont été consultées via l'ordinateur planétaire de Microsoft et mises à l'échelle à l'aide de Microsoft Azure Batch. Les cartes mondiales d'occupation / d'utilisation des terres fournissent des informations sur la planification de la conservation, la sécurité alimentaire et la modélisation hydrologique, entre autres. Cet ensemble de données peut être utilisé pour visualiser les changements spatio-temporels.

L'algorithme génère des prédictions LULC pour 09 classes: Plan d'eau, Forêts, Végétation inondée, Cultures, Parcours, Bâtie, Sol nu, et Neige/Glace (fig.10)

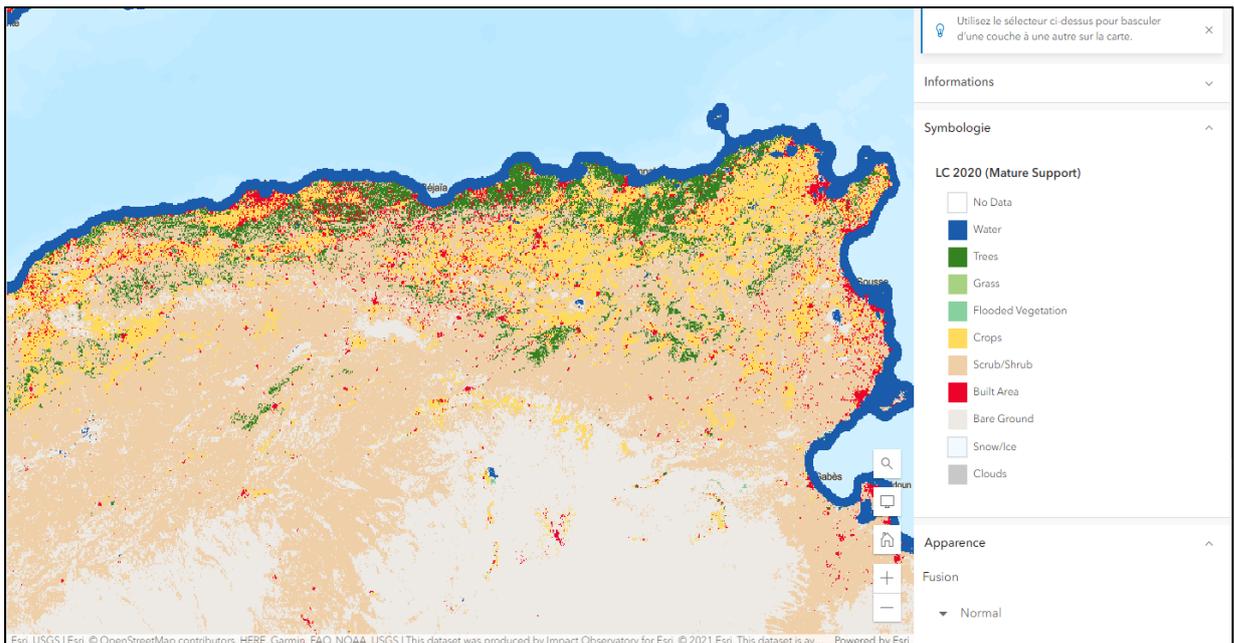


Figure 10 : Carte d'occupation du sol (Esri 2021) dérivée de l'imagerie Sentinel-2

3. Outils de Géo- traitement

3.1. ArcGIS

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 10.8, 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).

3.2. Excel

Excel est un tableur développé et distribué par Microsoft, il fait partie de la famille Microsoft Office. Il possède plusieurs fonctionnalités dont les principaux sont le calcul, la présentation des résultats des calculs sous forme de graphiques et l'analyse des résultats.

Excel a été utilisé dans ce travail pour les objectifs suivants :

- L'organisation des données utilisées dans la spatialisation ;
- La création des graphes et des courbes à partir des résultats de calcule.
- Calcule du critère d'évaluation (Coefficient de corrélation) lors de l'analyse des résultats finals.

Chapitre III :

Résultats et

discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Cartographie numérique des précipitations

Dans ce chapitre on s'intéresse à reproduire les propriétés observées des précipitations à travers le system d'information géographique (SIG). La cartographie numérique des précipitations, à l'échelle annuelle et mensuelle, est basée sur l'approche géostatistique. Les résultats nous permettront d'estimer la moyenne annuelle et les moyennes mensuelles des précipitations en n'importe quel point de l'espace de la région d'étude, ainsi que de faire ressortir les plages ou les aires potentielles pour la culture du blé dur en tenant compte des précipitations et d'autre facteurs physiques.

1.1. Prétraitement

Les prétraitements permettent de préparer les images pour l'analyse spatiale afin d'extraire les informations nécessaires. Ces opérations préliminaires s'appliquent à travers des améliorations numériques et visuelles des données.

Après le téléchargement de l'ensemble de couches du climat mondial (grilles climatiques), il est nécessaire de les projeter dans le système de coordonnées UTM WGS 84 zone 31 Nord. Après la projection, on procède au découpage des grilles en utilisant le vecteur qui limite la zone d'étude (fig.11). A partir des grilles projetées et découpées, On peut déduire la moyenne annuelle et les moyennes mensuelles des précipitations sur l'ensemble de la région d'étude.

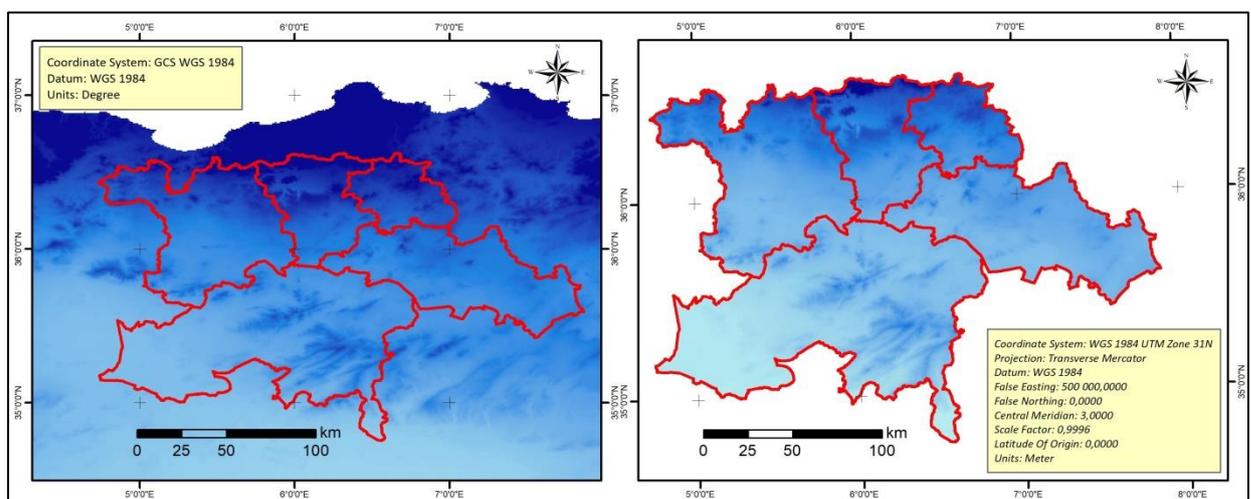


Figure 11 : Grille de précipitations finale (projetée et découpée) de la région d'étude.

1.2. Précipitations annuelles

Il est important de bien comprendre plus sur le comportement des précipitations annuelles d'une région donnée, pour faire une analyse agronomique. La figure 12 montre répartition spatiotemporelle des champs de précipitations annuelle entre 1970-2000.

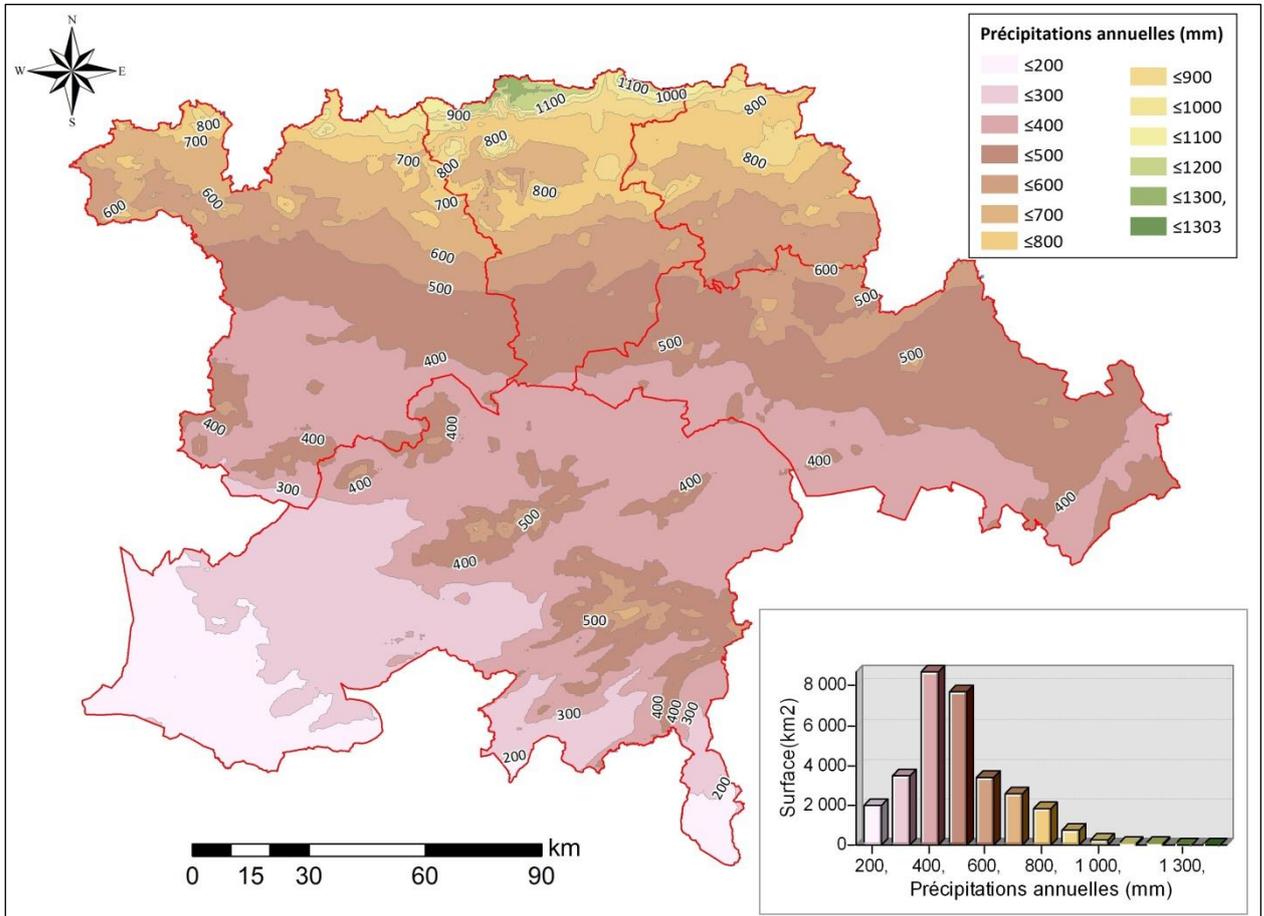


Figure 12 : Carte de répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles

L'analyse de cette carte montre globalement une répartition décroissante des précipitations du Nord vers le Sud, et que l'effet de la latitude a bien marqué le comportement des précipitations.

On peut dire aussi que les isohyètes comprises entre 300 mm et 400 mm/an domine la région d'étude, avec une superficie de 8702 Km² (28.21%), elle occupe une partie importante de la wilaya de Batna, elle traverse le sud des wilayas de Sétif, et Om El Bouaghi. La seconde isohyète importante est celle comprise entre 400 mm et 500 mm/an avec une superficie de 7698 Km² (24.96%), elle occupe la partie Sud de la wilaya de Mila, et traverse le centre des wilayas de Sétif, et Om El Bouaghi. Par contre, les isohyètes dont les précipitations sont

supérieures de 600 mm/an, occupent la partie nord de la région d'étude avec une superficie totale de 5605 Km² soit (18.17%) de la région d'étude. (tab.02)

Tableau 02 : répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles

Précipitations annuelles (mm)	Surface (km ²)	Surface (%)
<200	2005.15	6.50
200≤P<300	3475.24	11.27
300≤P<400	8702.71	28.21
400≤P<500	7698.46	24.96
500≤P<600	3358.44	10.89
600≤P<700	2553.42	5.90
700≤P<800	1821.42	5.90
800≤P<900	708.48	2.30
900≤P<1000	248.34	0.81
1000≤P<1100	120.59	0.39
1100≤P<1200	114.79	0.37
1200≤P<1300	38.52	0.12
P≥1300	0.01	0.00

Sur le plan agronomique et comme nous l'avons évoqué dans la partie bibliographique, la production des blés durs est conditionnée par les quantités de pluie précipitées durant la campagne. Le blé dur a besoin d'une quantité de pluie supérieure ou égale à 450 mm durant son cycle de développement.

La carte de répartition des précipitations annuelles de la région d'étude montre que les plages où les besoins en eau du blé dur sont satisfaits se localisent au nord de la région d'étude, ou il existe une bande (supérieur de 500mm/an). Cette bande constitue l'endroit idéal pour la production des blés dur en pluviale avec le respect de l'itinéraire technique de cette céréale.

Aussi, la bande (350 mm - 500 mm), constitue elle aussi un endroit favorable à la mise en place de blés durs, avec des apports d'irrigations de compléments modérés. En effet, durant une année pluvieuse les apports d'irrigations peuvent être minimes ou nuls, et durant les années sèches les apports peuvent atteindre les 100 mm d'eau d'irrigation.

Par ailleurs, sur la bande (300 mm - 350 mm), la production du blé dur sans irrigation complémentaire n'a aucun sens. Sur ces plages, les quantités d'eaux d'irrigations peuvent être très importantes et atteindrait durant les années sèches 200 mm, dans ces plages il faut revenir à la notion de rentabilité de la culture du blé dur en irriguée.

Selon Baldy (1992), les endroits où la pluviométrie est inférieure à 300 mm il est conseillé de mettre en place des cultures céréalières adaptées qui seront tolérantes au stress hydrique comme les orges. Donc le blé dur n'a pas sa place dans ces régions.

1.3. Précipitations mensuelles

1.3.1. La saison automnale

Nous avons réalisé des cartes de répartitions de précipitations à l'échelle mensuelle sur dix mois en commençant par le mois de septembre (début de campagne) et terminant par juin (fin de campagne). Aussi, nous essayer de donner une interprétation agronomique par rapport au cumul pluviométrique et sa répartition spatiale.

Les figures (13), (14) et (15) représentent la répartition des précipitations dans la région d'étude, respectivement pour les mois d'automne : septembre, octobre et novembre. On peut dire qu'en général la saison automnale est caractérisée par de faibles précipitations.

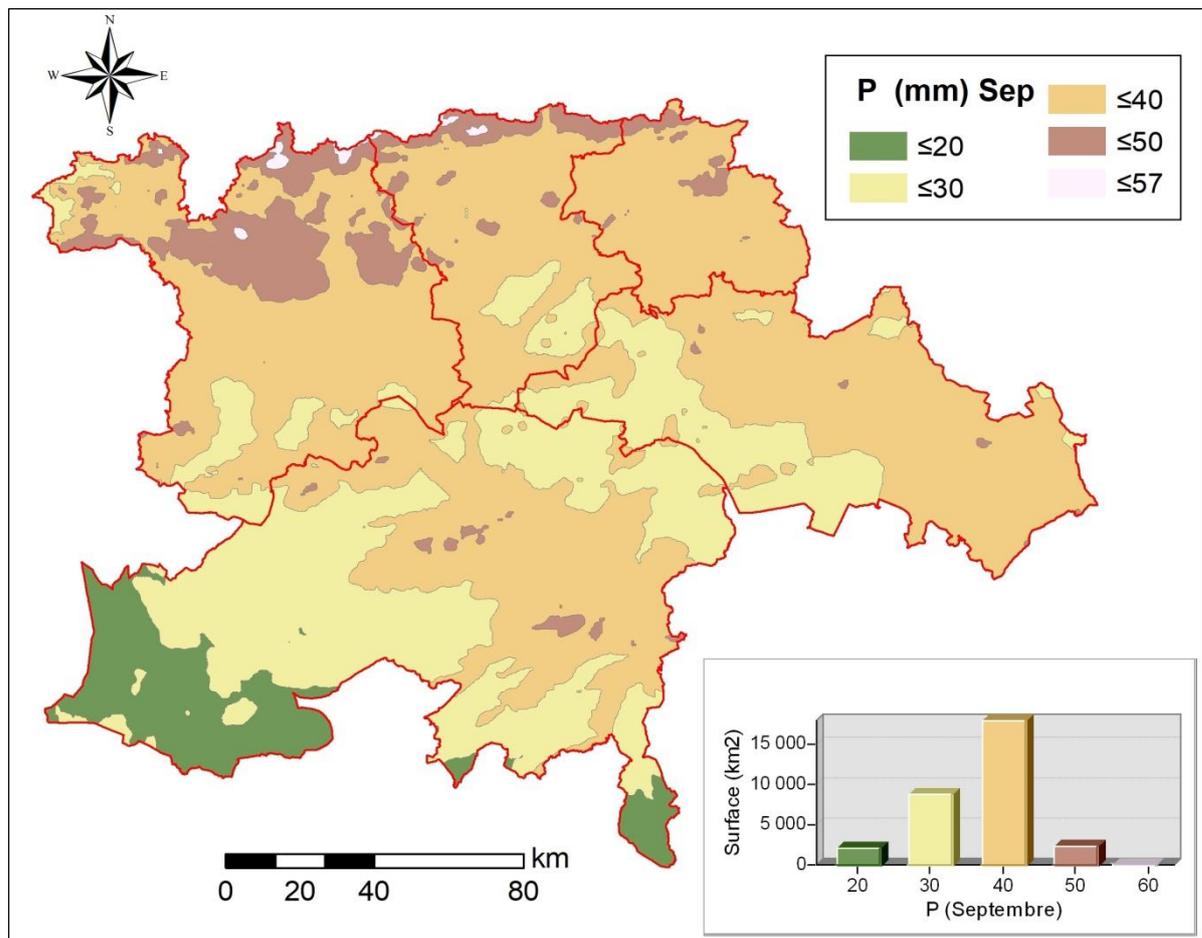


Figure 13 : Répartition des précipitations du mois de septembre de la région d'étude

D'après la figure (13), les wilayas de Sétif, Mila, Constantine, et la partie Nord de Oum El Bouaghi, bénéficient d'une pluviométrie comprise entre 30 mm et 40 mm ; ces pluies sont souvent sous formes d'averses qui permettent une réhumectation de la couche superficielle après les mois chauds et secs de l'été.

Selon (Bachir, 2011), cette situation permet le lancement des travaux du sol dans ces parties de la région d'étude. Par contre, dans les régions où les pluies sont inférieures à 30 mm, les céréaliculteurs attendent le mois d'octobre pour commencer leurs travaux du sol, sauf pour les années humides et pluvieuses.

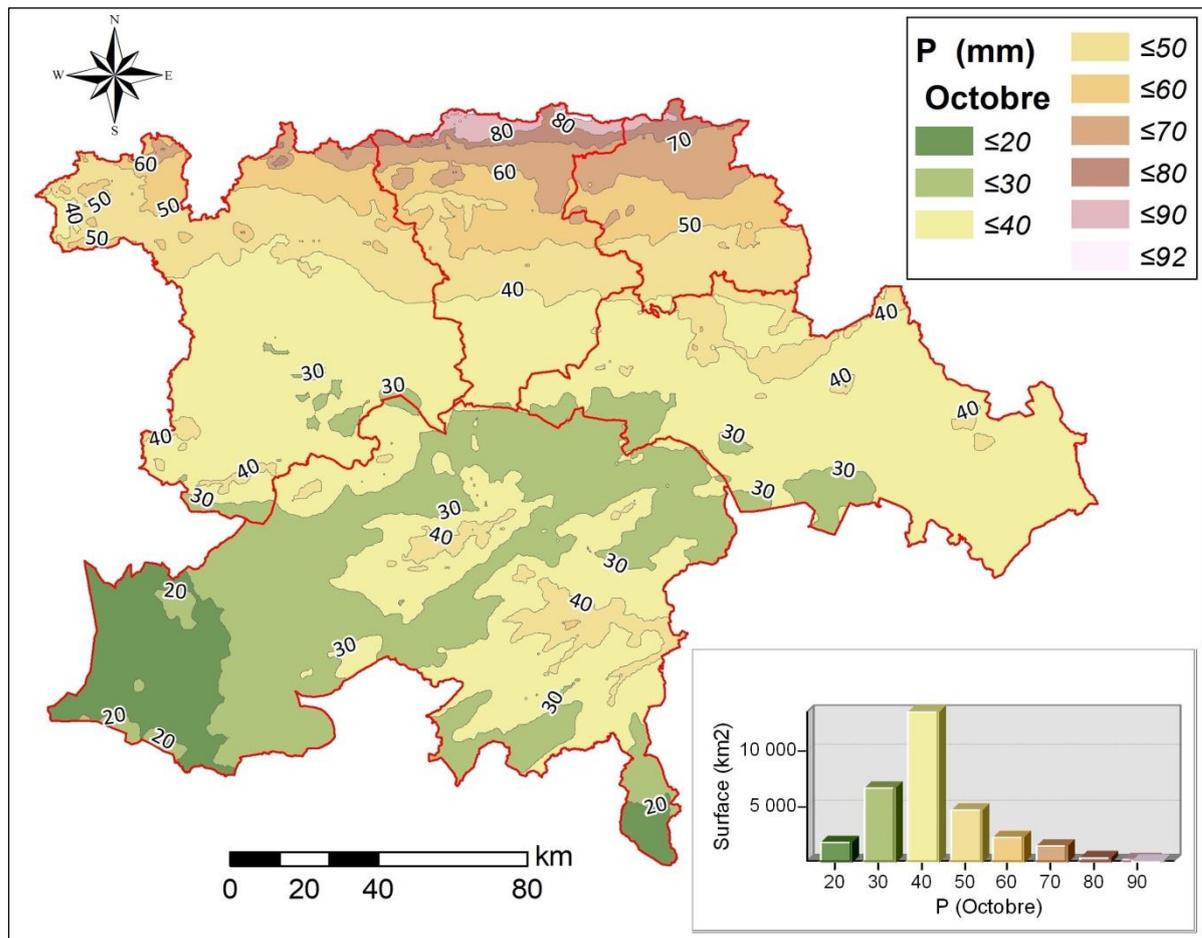


Figure 14 : Répartition des précipitations du mois d'Octobre de la région d'étude.

La figure (14), montre que des petites parties situées au nord des wilayas de Sétif, de Mila et de Constantine reçoivent des quantités de pluies comprises entre 60mm et 80mm, mais le reste de la région d'étude reçoit une quantité de pluie moyenne inférieure à 40mm. Donc, On peut dire aussi que le mois d'octobre est considéré comme un mois sec pour la plus grande partie de la région d'étude.

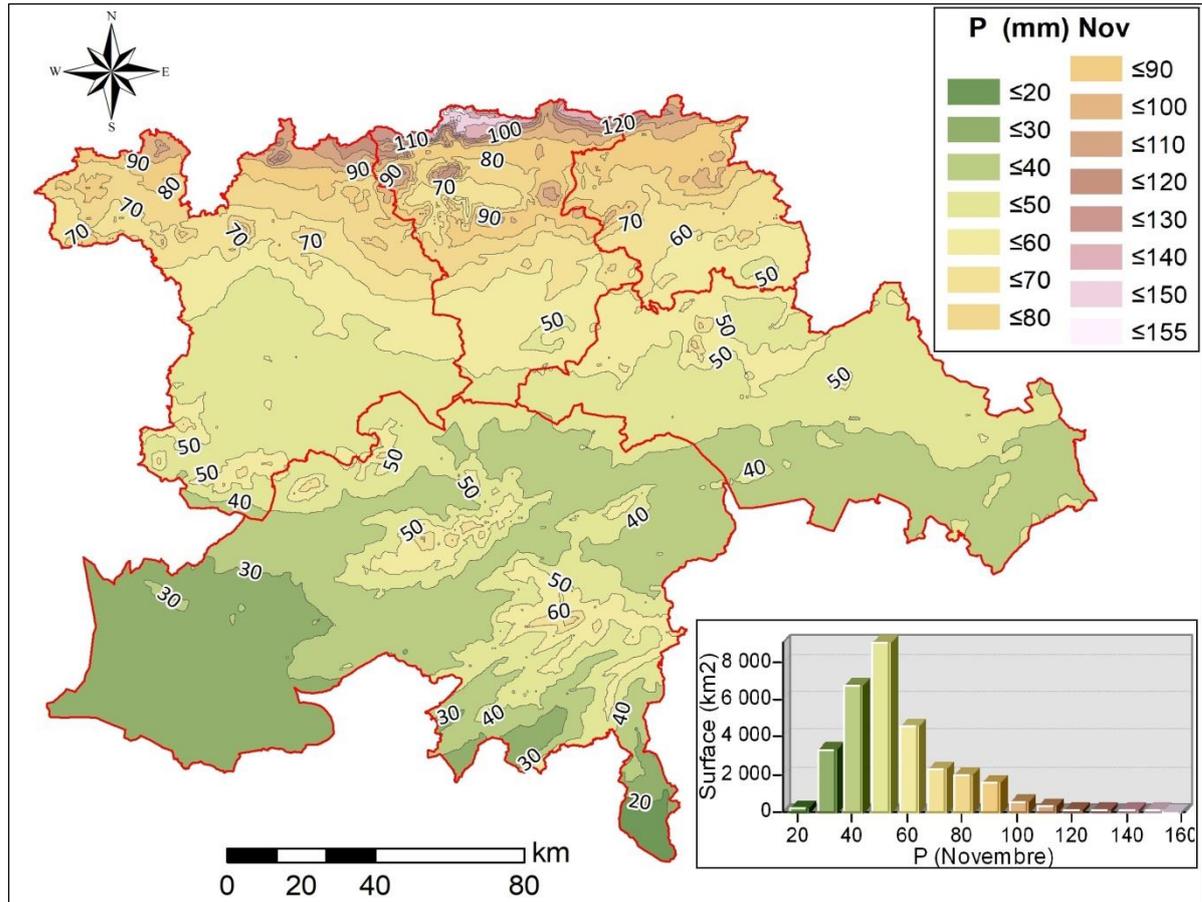


Figure 15 : Répartition des précipitations du mois de Novembre de la région d'étude.

La figure (15), montre qu'une bonne partie de la région nord reçoit des précipitations significatives comprises entre 60 mm et 150 mm, ces quantités de pluie permettent d'irriguer les surfaces emblavées, pour les semis précoces. Les quantités de pluies de la bande 30 mm à 50 mm permettent de poursuivre les travaux culturaux et la fertilisation de fond dans de bonnes conditions.

1.3.2. La saison hivernale

Les figures 16, 17 et 18 représentent la répartition des précipitations dans la région d'étude, respectivement pour les mois d'hiver : décembre, janvier et février.

On peut dire qu'en général la saison hivernale est caractérisée par des précipitations importantes dans la partie dite apte à la production du blé dur.

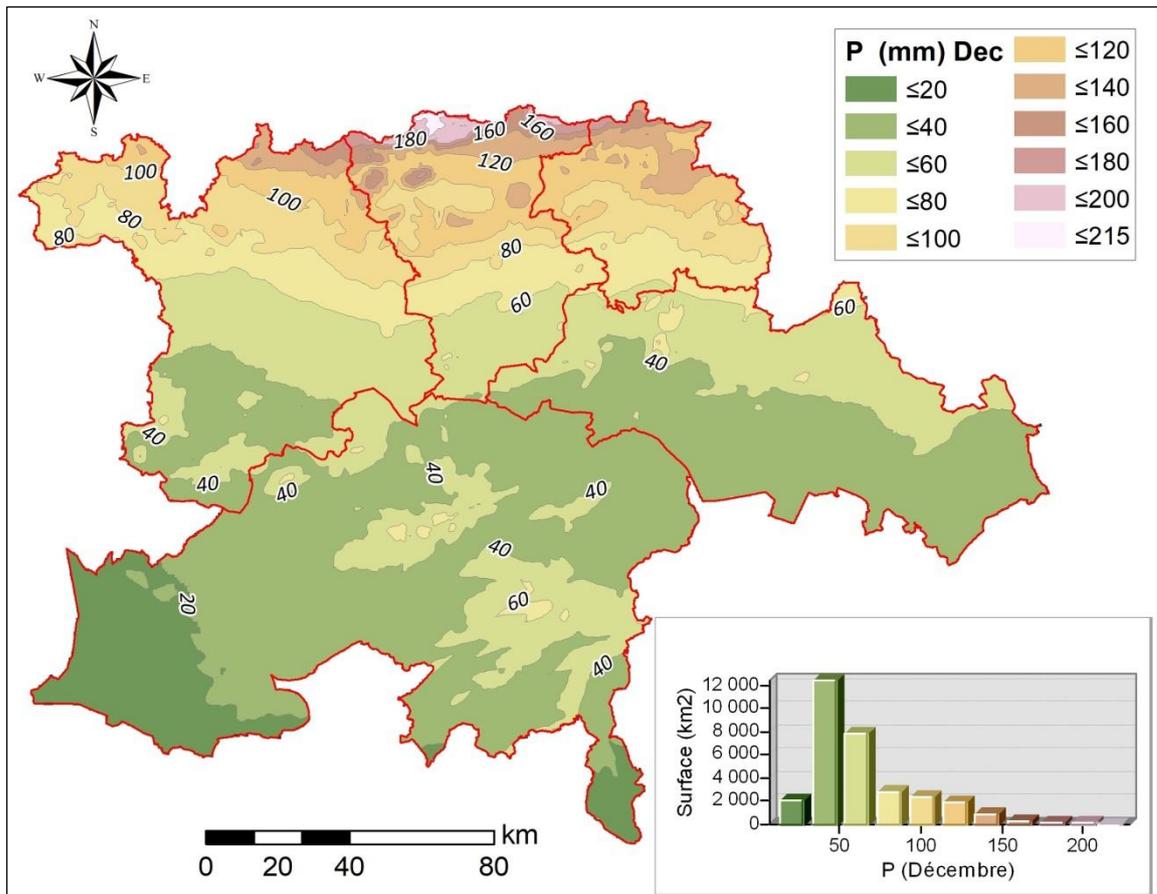


Figure 16 : Répartition des précipitations du mois de Décembre de la région d'étude

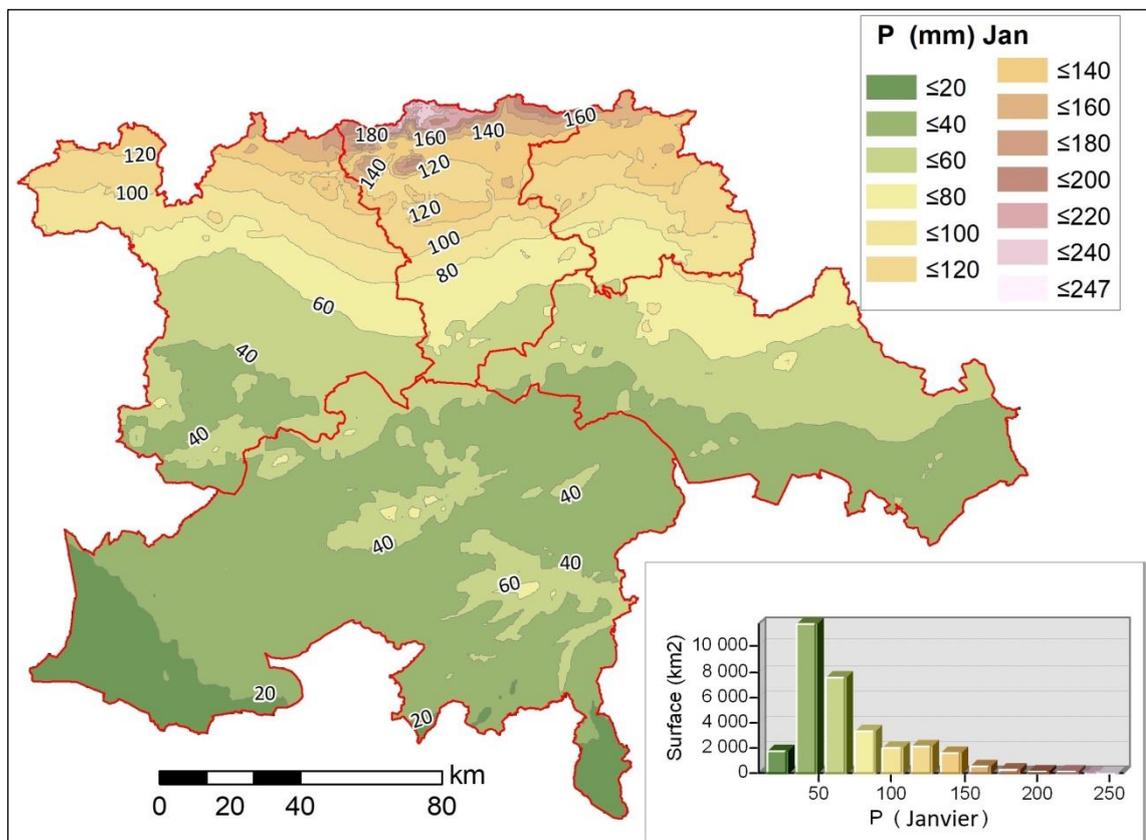


Figure 17 : Répartition des précipitations du mois de Janvier de la région d'étude

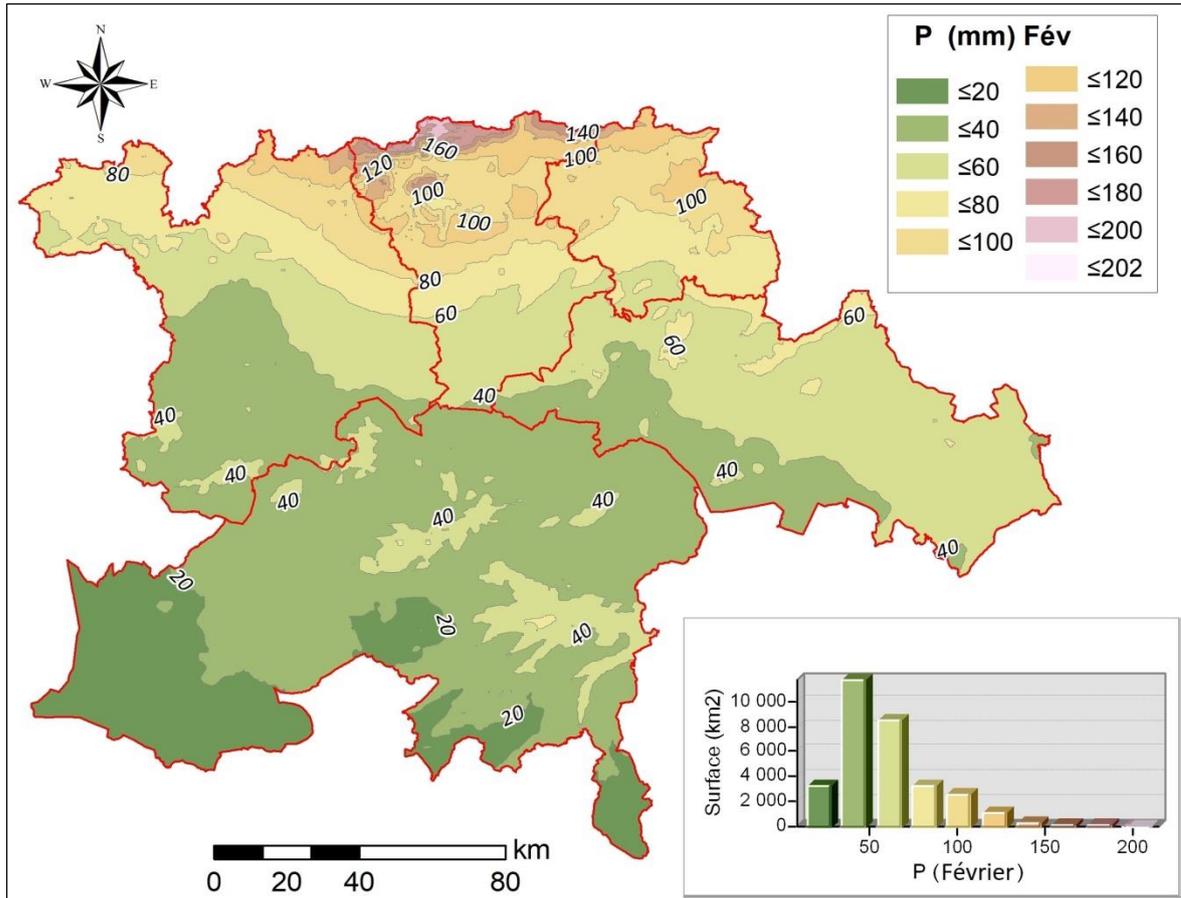


Figure 18 : Répartition des précipitations du mois de Février de la région d'étude

D'après la figure 16 et, on remarque que la partie nord est irriguée par des quantités de précipitations importantes, ces quantités permettent une bonne levée du blé dur emblavé sur cette partie de la région d'étude, ainsi que de recharger la réserve en eau.

Par contre, le mois de février est caractérisé par une sécheresse au sud de la région d'étude (inférieur de 40mm). A cette période de l'année les températures commencent à augmenter et le blé dur commence à prendre du volume, c'est la période des besoins en eau pour le développement du végétal, car les besoins de blé dur deviennent importants du stade début tallage au stade fin tallage de la plante.

1.3.3. La saison printanière

Les figures 19, 20 et 21 représentent la répartition des précipitations dans la région d'étude, respectivement pour les mois de printemps : Mars, Avril et Mai. Cette saison est considérée comme la saison des grands besoins en eau des blés durs.

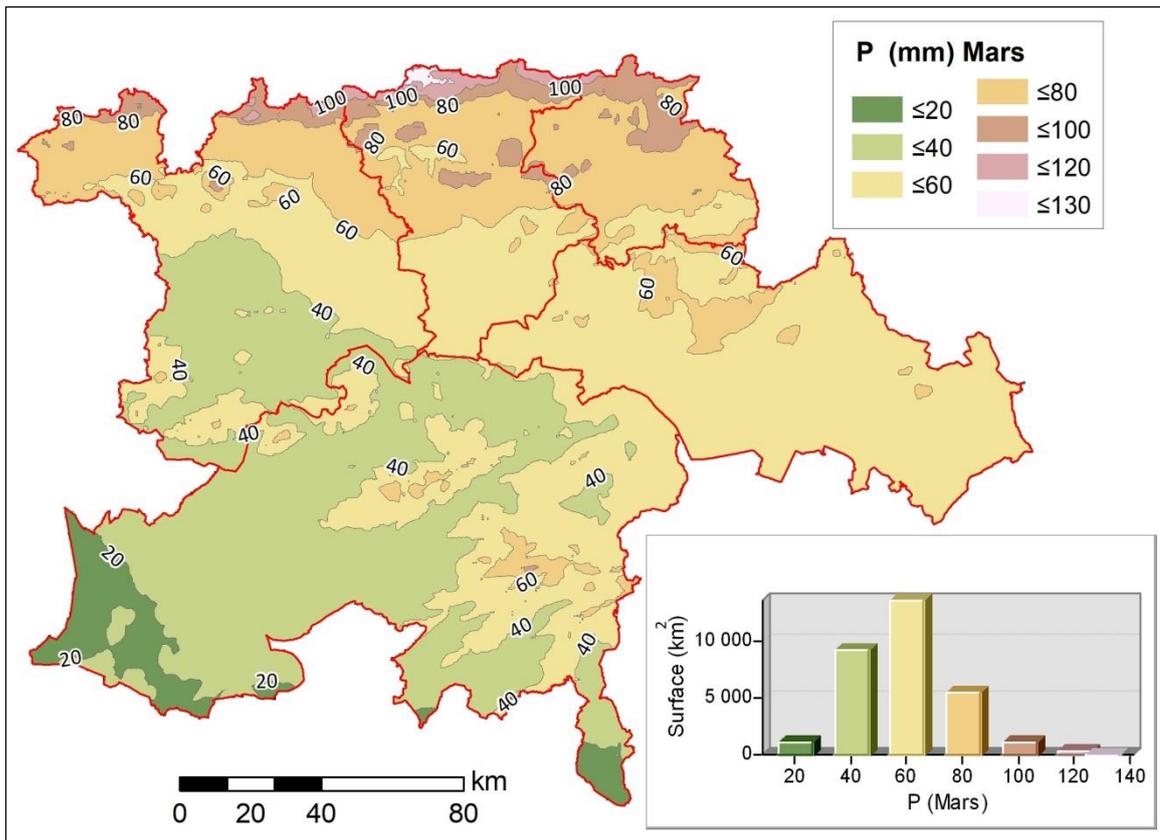


Figure 19 : Répartition des précipitations du mois de Mars de la région d'étude

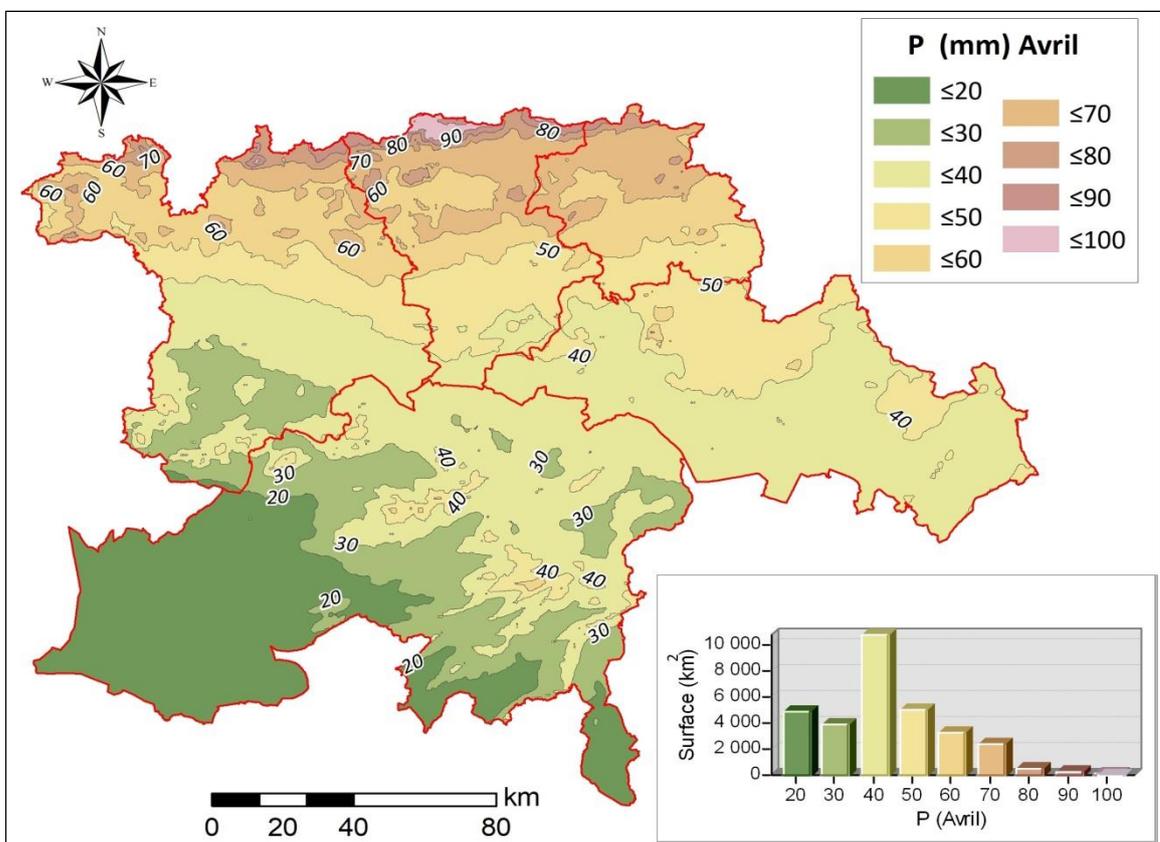


Figure 20 : Répartition des précipitations du mois d'Avril de la région d'étude

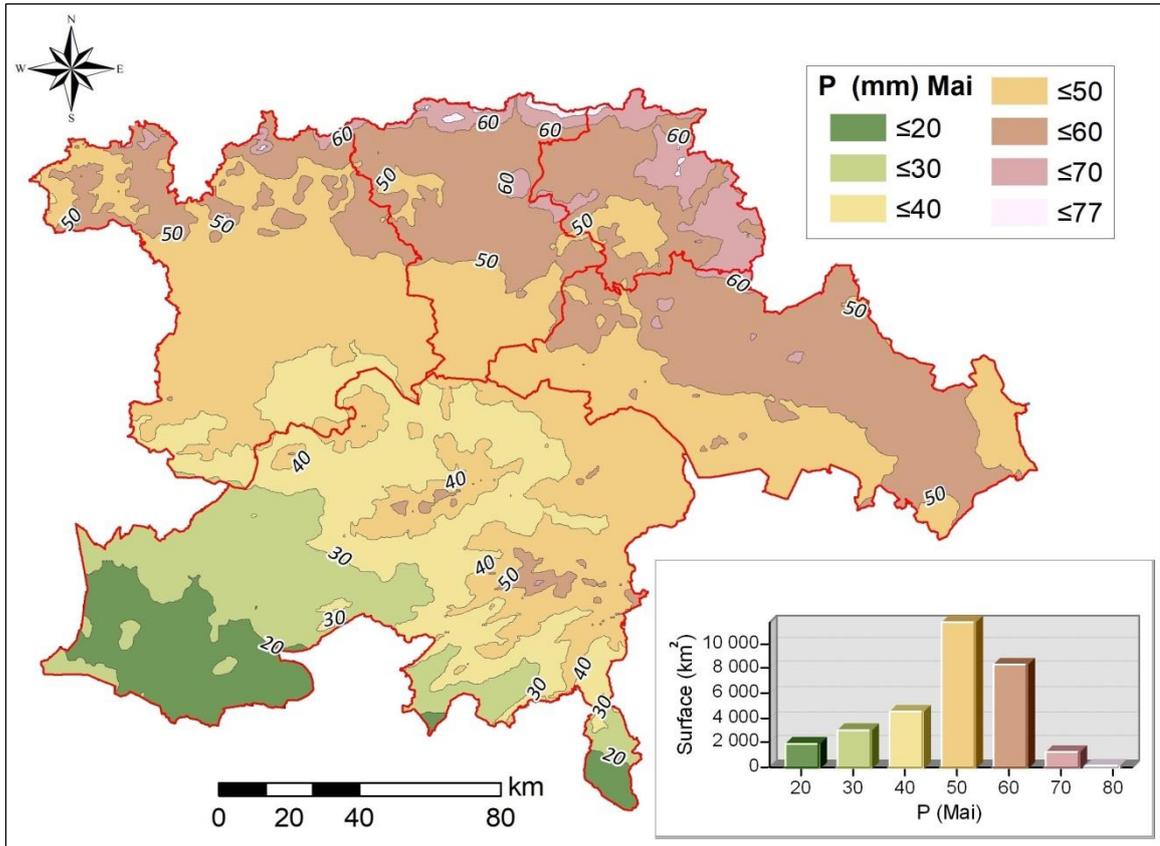


Figure 21 : Répartition des précipitations du mois de Mai de la région d'étude

La figure 19, montre qu'il existe deux isohyètes dominantes en ce mois de la campagne, à savoir 20 mm à 40 mm et les isohyètes 40 mm à 60 mm qui occupent la plus grande partie de la zone d'étude. Au nord de la région d'étude, l'isohyète dominante est celle possédant une pluviométrie comprise entre 60 mm et 80 mm. Alors que certaines zones possèdent une bande pluviométrique supérieure à 100 mm située à l'extrême nord de la wilaya de Constantine, Mila, et Sétif.

Le stade phénologique des cultures mises en place durant octobre et novembre coïncide avec le stade fin tallage à début montaison. A ce stade le nombre de grain par épis se développe, un stress hydrique survenu à cette période peut affecter le nombre des grains par épis et donc la production. La situation pluviométrique au nord de la région d'étude laisse dire que les cultures de blé dur auront leurs doses de pluies.

La figure 20, montre qu'au nord de région d'étude les isohyètes inférieurs à 40 mm touchent une bande un peu plus large qu'au mois de mars. En effet, ces isohyète touchent presque la quasi-totalité de la wilaya de Batna.

Le stade phénologique des cultures mises en place durant octobre et novembre coïncide avec la fin du stade montaison à début épiaison, ce dernier stade phénologique précède la floraison d'où un stress à ce stade provoquant l'avortement, et affecte la production.

La situation pluviométrique au nord de la région d'étude indique que les cultures de blé dur auront leurs doses de pluies contrairement à ce qui est observé dans la partie sud. Néanmoins durant les années sèches une irrigation d'appoint est recommandée à la montaison, Car la réhumectation du sol à cette époque permet une meilleure fécondation.

La figure 21, montre qu'en mois de mai, les isohyètes 30 mm à 50 mm couvrent l'intégralité de la partie Sud de la région d'étude. Par ailleurs, la partie du Nord bénéficie d'une pluviométrie mensuelle supérieure 50 mm.

Le stade phénologique des cultures mises en place durant octobre et novembre coïncide avec la fin du stade épiaison et floraison à remplissage du grain. A cette période les besoins en eau du blé sont à leurs extrêmes comptes tenus la demande climatique qui deviens importante et la demande en eau pour les besoins de remplissage des grains de blé. A cet effet les besoins en eau des cultures mise en place, doivent être satisfaites par l'eau de pluie et/ou par irrigation.

La situation pluviométrique au Sud de la région d'étude indique que les cultures de blé dur auront des quantités de pluies non suffisantes pour assurer des rendements importants sauf durant les années où la pluviométrie mensuelle dépasse les 50mm. Il est recommandé d'apporter une irrigation d'appoint durant ce mois pour améliorer la productivité des blés et obtenir des rendements acceptables.

La figure 22, montre qu'en mois de juin, la plus grande partie de la région d'étude reçoit des quantités de pluies inférieures à 30 mm. Le stade phénologique des cultures mises en place durant octobre et novembre coïncide avec le stade phénologique remplissage du grain « laiteux pâteux ». A cette période le grain commence à durcir et les besoins en eau du blé ne sont pas importants (fig.22).

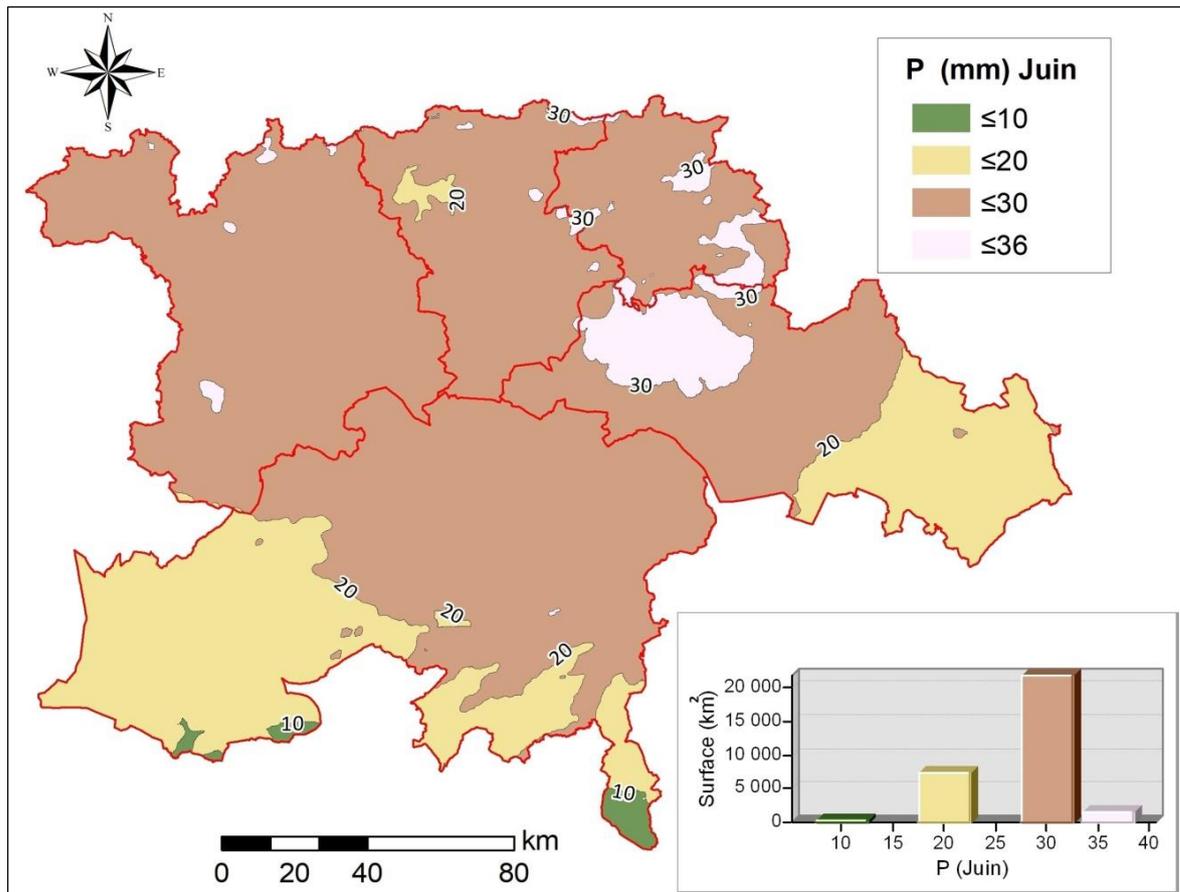


Figure 22 : Répartition des précipitations du mois de Juin de la région d'étude

2. L'Occupation du sol

Les cartes d'occupation du sol constituent de véritables outils de planification et d'aide à la décision surtout en matière de gestion et de préservation des ressources naturelles.

L'occupation du sol dans la zone d'étude est dominée par les terrains de parcours qui occupent 16935 km², soit (54.91%), les terres agricoles (27.67%), les forêts (4.91%), alors que le bâti représente environ 6.11 % de la surface totale de la zone d'étude (fig.23 et 24).

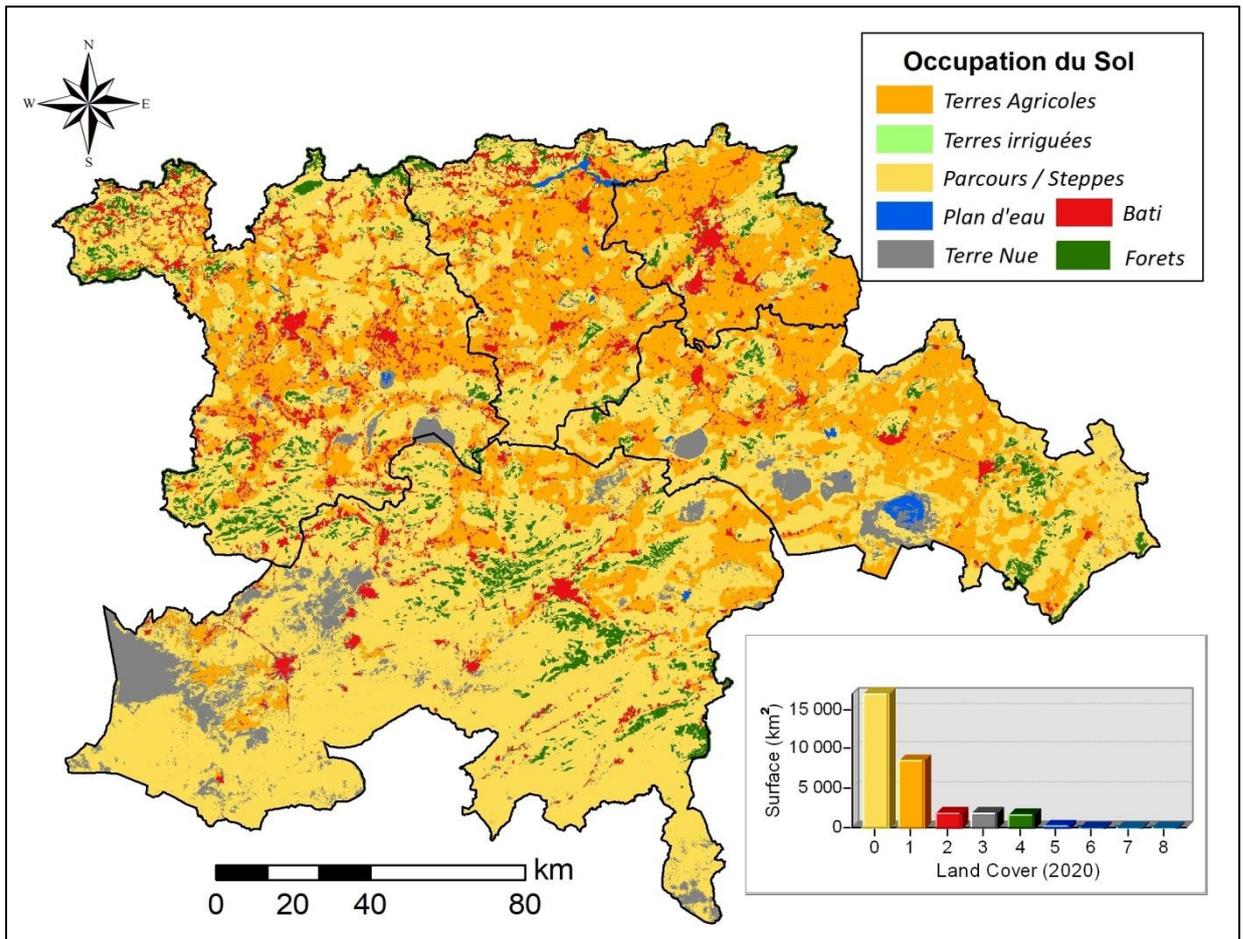


Figure 23 : La carte d'occupation du sol de la zone d'étude

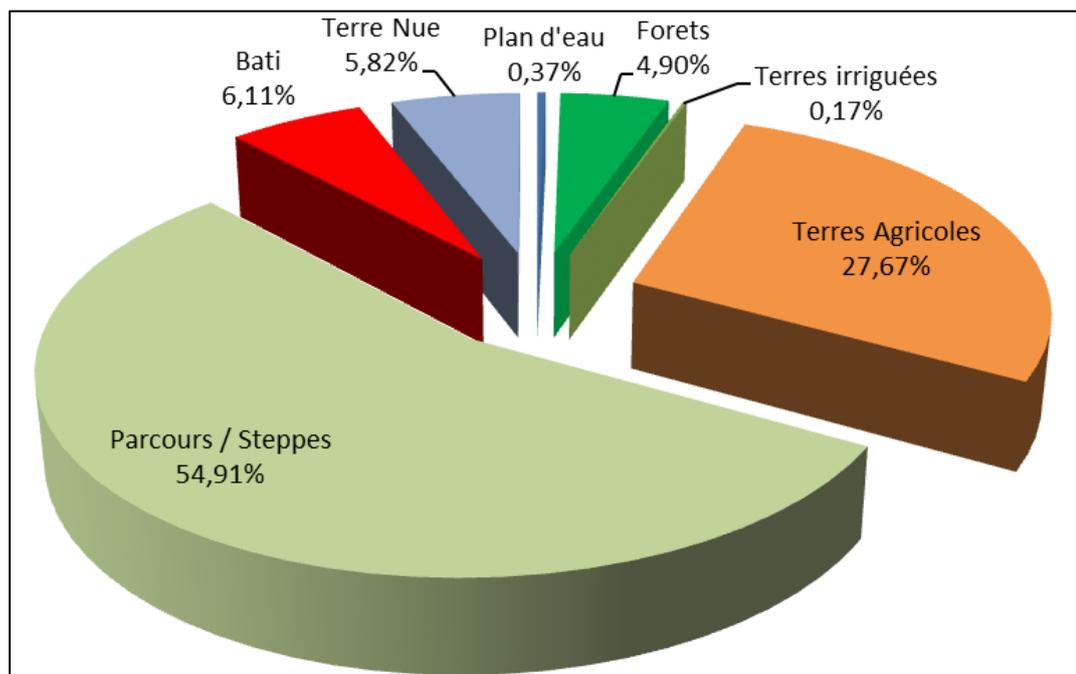


Figure 24 : Répartition des terres dans la zone d'étude

3. Les zones potentielles pour la production du blé dur

Tenant compte les précipitations annuelles et de l'occupation du sol dans la région d'étude, et après avoir superposée les cartes thématiques, nous avons réalisé la carte des plages potentielles pour la production de blé dur pour l'ensemble de la zone d'étude (fig. 25)

La figure (25), montre la répartition des zones dites potentielles pour la production du blé dur, ainsi la partie intermédiaire qui nécessite des apports d'eaux supplémentaires.

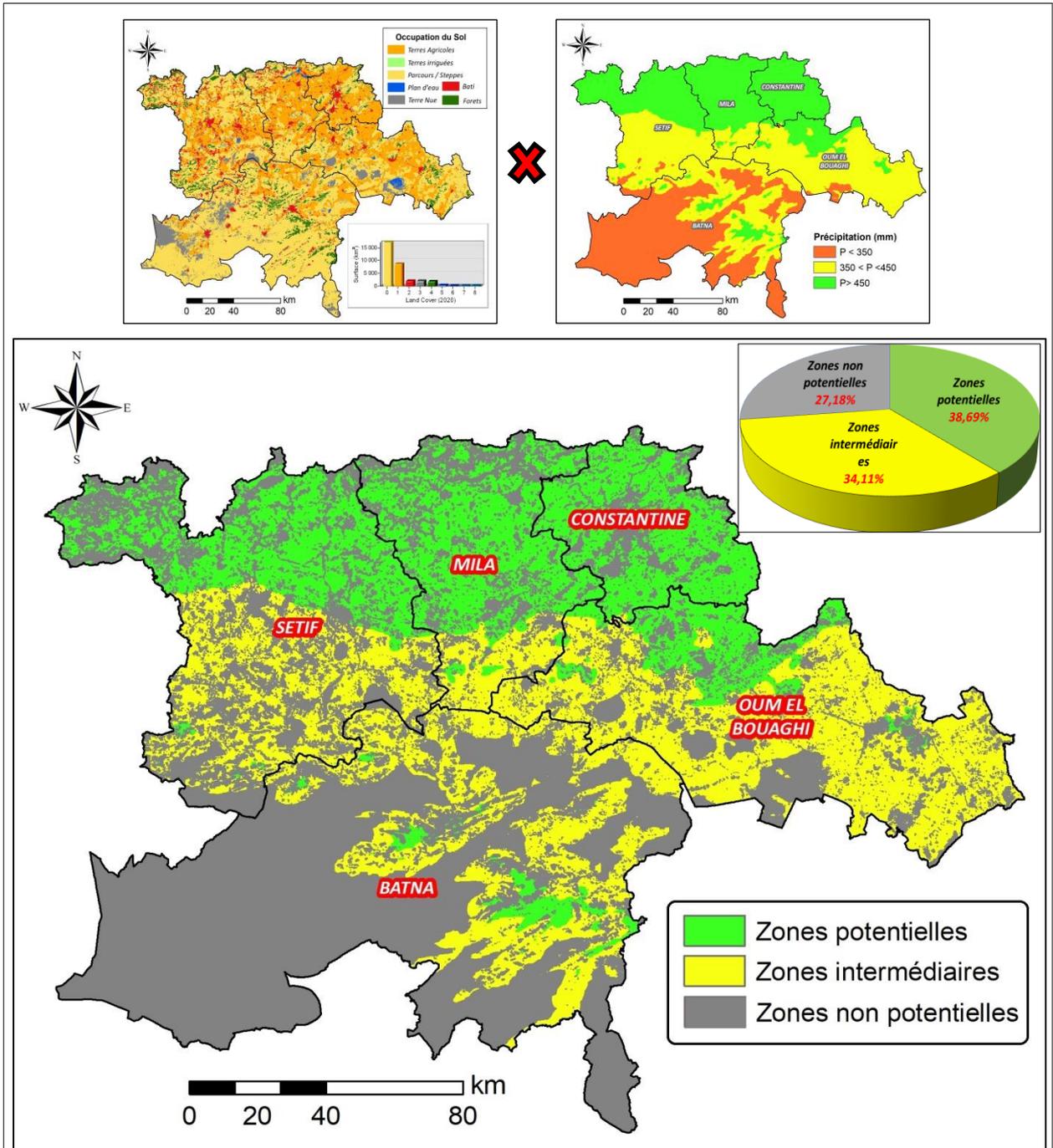


Figure 25 : Répartition des zones potentielles, intermédiaires, et non potentielles pour la production de blé dans zone d'étude

L'analyse de cette carte montre que les zones hautement prioritaires pour la production de blé dur occupent une superficie de 11935 ha (38.69% de la surface totale de la zone d'étude (après avoir soustrait les plages non potentielles pour la mise en place des blés comme les forêts, les zones artificialisées, les plans d'eau ...etc). Située essentiellement dans la partie Nord, avec une précipitation supérieure de 450 mm/ans,

Les zones d'aptitude moyenne (zones intermédiaires) occupent 10524 km², soit (34.11%) de la surface totale de la zone d'étude. Ces zones sont moins productives, avec des précipitations comprises entre de 350 et 450 mm/ans et nécessitent des apports d'eau supplémentaires, alors que les zones d'aptitude faible (zones non potentielles) occupent 8387 km² soit (27.18%) de la surface totale de la zone d'étude avec une précipitation inférieure de 350 mm/ans, et comprenait également des roches, plan d'eau, bâti, et les zones protégés.

Globalement, et selon Baldy (1992), cinq zones d'adaptation des cultures de blé peuvent être distinguées en se basant sur la pluviométrie:

- **Les zones très pluvieuses** : Elles reçoivent plus de 800 mm/an en moyenne ; l'excès des pluies d'hiver provoque des engorgements des sols, quand ils sont mal drainés. Le rendement du blé en est d'autant plus affecté que les pluies sont plus faibles au printemps. On trouve généralement peu de céréaliculture dans ces zones, et surtout du blé tendre.
- **Les zones pluvieuses** : Elles se situent entre 500 et 800 mm en moyenne. Les années où les pluies de printemps sont satisfaisantes, la situation est favorable, car les besoins en eau sont bien assurés pour des variétés adaptées. Si les pluies d'automne sont trop faibles, les semis sont effectués trop tard.
- **Les zones à pluviométrie limitée** : Elles sont situées entre 350 et 500 mm en moyenne. Les situations locales peuvent devenir inférieures aux besoins en eau. Le choix de techniques et de successions culturales, mais aussi des variétés adaptées, devienne essentiels. Les blés durs peuvent avoir leur place, mais l'orge est plus adaptée à ces situations.
- **Les zones à faible pluviométrie** : reçoivent moins de 300 mm et ne peuvent produire des céréales qu'à l'aide de techniques permettant l'accumulation des pluies sur une partie des surfaces. Les effets de certains éléments « secondaires » du climat peuvent devenir prédominants : brumes ou rosées, hivers très doux permettant l'emploi de variétés à cycles très courts. Ces zones sont aussi marginales pour la céréaliculture.

Sans irrigation, l'orge à cycle court constitue la moins mauvaise solution pour les agriculteurs, qui peuvent aisément les faire pâturer en cas de stress hydrique trop grand.

- **En dessous de 300 mm** : la céréaliculture n'est plus possible sans irrigation.

Tableau 03 : Répartition de Blé en fonction des pluies

Précipitation (mm)	> 600	600-450	450-350	350-300	300 <	Irrigation totale
Localisation	Plaines littorales, et sublittorales et le nord de hauts plateaux		Sud des de hauts plateaux		Ecosystème fragile	Sahara

Cependant, la localisation géographique et la diversité des facteurs de l'environnement (pente, relief, exposition) font que le climat peut présenter des dimensions, non seulement spatiales, mais aussi temporelles, donc il peut exercer un effet très distinct sur le fonctionnement des cultures au cours de leurs cycles phénologiques dans le temps. Aussi, on ne peut référer la variation des rendements seulement à un paramètre climatique, il est fréquent qu'un ou plusieurs paramètres interviennent dans la fluctuation des rendements.

4. Risques d'accidents climatiques et l'irrigation d'appoint

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 (ITGC, 2019).

- **Phase semis-levée** : Les besoins en eau sont faibles et généralement satisfaits par les pluies. Cependant, la sécheresse peut entraîner un retard dans la germination ou dans la levée.
- **Phase tallage** : Les besoins en eau deviennent importants du stade début tallage au stade fin tallage de la plante.
- **Phase montaison** Les besoins en eau sont très importants. L'épi 1 cm marque la fin du tallage herbacé et le début de l'élongation des entre-noeuds de la tige principale. A partir de cette phase, le blé devient sensible aux variations de la température et surtout à la sécheresse qui affecte considérablement les principales composantes du

rendement. Au stade gonflement, les températures supérieures à 25°C peuvent pénaliser la fertilité du pollen et la sécheresse peut handicaper la formation des fleurs, donc le nombre de grains par épi (ITGC, 2019).

- **Phase épiaison-floraison :** Les besoins en eau sont considérables durant cette période. A l'épiaison, le stress hydrique affecte la croissance des épis alors qu'à la floraison, il peut provoquer l'avortement des épis et inhiber le remplissage des grains d'où un grand risque d'échouage (ITGC, 2019).
- **Phase formation du grain :** Les besoins en eau sont très élevés à ce stade. Un déficit en eau, au stade grain laiteux, ainsi que les brusques élévations de températures entraînent un dessèchement de la feuille étendard qui provoque le ralentissement de la migration des réserves vers le grain et un grand risque d'échouage. (fig.26 et 27).

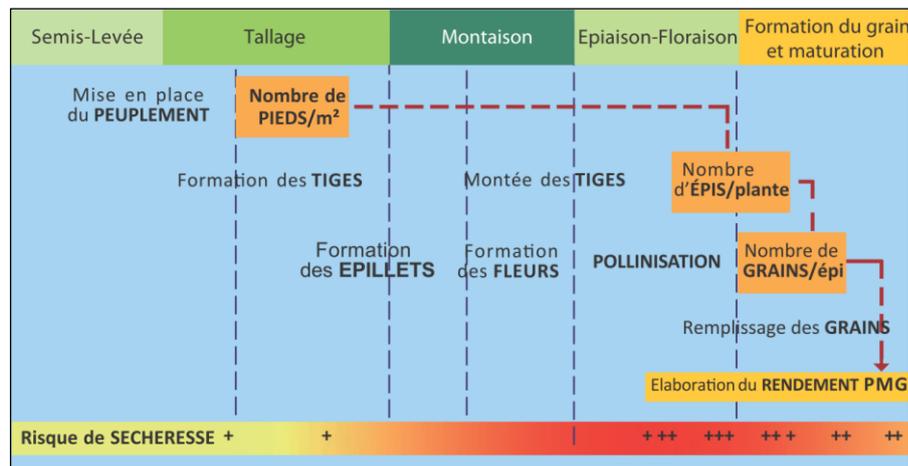


Figure 26 : Risques d'accidents climatiques (Source : ITGC, 2019)

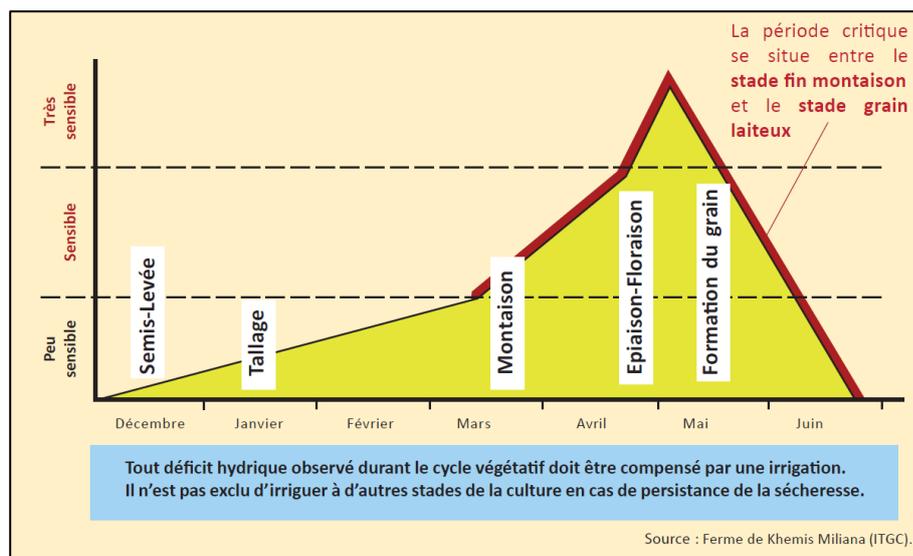


Figure 27 : Sensibilité à la sécheresse et période critique. (Source : ITGC, 2019)

A cet égard , l'irrigation d'appoint permet de combler le déficit pluviométrique pour répondre aux besoins de la plante. Cette pratique permet d'augmenter sensiblement le rendement du blé et d'assurer la stabilité de la production même sous des conditions climatiques variables durant la campagne agricole. Le recours à l'irrigation d'appoint reste cependant lié au bon respect de l'itinéraire technique de la culture.

Durant tout le cycle végétatif, la consommation totale en eau du blé pour un rendement attendu de plus de 60 q/ha est de 450 à 600 mm. En année sèche, les besoins en eau d'irrigation dépassent les 200 mm. Tenir compte des besoins en eau du blé à chaque stade de son développement ainsi que des réserves en eau du sol. Les besoins en eau les plus élevés apparaissent autour de la floraison. Le premier apport en eau débute à partir du stade 2 nœuds. Pour assurer le remplissage des grains et limiter l'échaudage, une bonne alimentation hydrique à partir du stade floraison jusqu'au stade grain pâteux est obligatoire. Si le risque de stress hydrique perdure (sécheresse prolongée), il faut réaliser un apport d'eau avant l'épiaison et un autre après la floraison pour garantir le remplissage des grains. Durant le stade floraison à la pollinisation, il faut attendre 8 jours après le début de sortie des étamines pour irriguer. Pour favoriser l'absorption d'azote, il est important d'apporter un tour d'eau, en cas d'absence totale de pluie en début montaison.

La sensibilité à la sécheresse peut concerner tout le cycle de la plante, du semis au stade maturité. La période végétative (semis à début montaison) est moins sensible que la période reproductrice. C'est à partir de la fin montaison que la plante commence à souffrir de la rigueur du climat sec.

Conclusion

Conclusion

La cartographie des champs pluviométriques, s'appuyant sur la géostatistique permet d'optimiser l'estimation de la pluviométrie en tout point d'une zone considérée, et de fournir une interpolation nettement meilleure que celle effectuée à partir des méthodes d'interpolation classiques.

La carte de répartition des précipitations annuelles de la région d'étude montre que les plages où les besoins en eau du blé dur sont satisfaits se localisent au nord de la région d'étude, où il existe une bande supérieure de 500 mm/an. Cette bande constitue l'endroit idéal pour la production des blés dur en pluviale avec le respect de l'itinéraire technique de cette céréale.

Aussi, la bande (350 mm - 500 mm), constitue elle aussi un endroit favorable à la mise en place des blés durs, avec des apports d'irrigations de compléments modérés. En effet, durant une année pluvieuse les apports d'irrigations peuvent être minimes ou nuls, et durant les années sèches les apports peuvent atteindre les 100 mm d'eau d'irrigation.

Par ailleurs, sur la bande (300 mm - 350 mm), la production du blé dur sans irrigation complémentaire n'a aucun sens. Sur ces plages, les quantités d'eaux d'irrigations peuvent être très importantes et atteindrait durant les années sèches 200 mm, dans ces plages il faut revenir à la notion de rentabilité de la culture du blé dur en irriguée.

Vu l'étendu de la région d'étude qui se caractérise par une diversité géomorphologique et même pédologique, les résultats obtenus nous conduisent à réfléchir sur l'importance du renforcement et l'extension du réseau climatique actuel en adoptant les méthodes modernes basées essentiellement sur les SIG et la télédétection spatiales.

Au terme de cette étude, la chambre d'agriculture pour chaque wilayas 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.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- ✚ **Acevedo E, Silva P et Silva H, (2009).** Wheat Growth and Physiology, FAO. Corporate Repository, pp. 1-24.
- ✚ **Alaoui S, (2005).** Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture du blé dur (*Triticum durum*). 15p.
- ✚ **Auzel, H. Gaonac'h, F. Poisson, R. Siron, S. Calmé, M. Belanger, M.M. Bourassa, A. Kestrup, A. Cuerrier, A. Downing, C. Lavallée, F. Pelletier, J. Chambers, A.E, Gagnon, M.C. Bedard, Y. Gendreau, A. Gonzalez, M. Mitchell, J. Whiteley & A. (2012).** Larocque. Impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec : Résumé de la revue de littérature. 2012. CSBQ, MDDEP, Ouranos. 29 p.
- ✚ **Bahlouli F, Bouzerzour H, et Benmahammed A. (2008).** Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, (1), pp 31-39.
- ✚ **Baldy C. (1993).** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en Méditerranée occidentale. Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA, Paris (les colloques, n°64), 433 p.
- ✚ **Belaid D. (1986).** Aspect de la céréaliculture algérienne. Collection le cours d'agronomie office des publications universitaires. 207p
- ✚ **Belaid D, (1996).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Office des publications universitaires. Alger, 208 p.
- ✚ **Bessaoud O, Pellissier JP, Rolland JP, Khechimi W. (2019).** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM., pp.82. hal-02137632
- ✚ **Boufenar F et Zeghouane O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC. 154 p

- ✚ **Boulal H, Zaghouna O, El Mouradi M, (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) :175p
- ✚ **Boufenar-Zaghouane F., & Zaghouane O, (2006) :** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine).
- ✚ **Clement-Grandcourt, M et Prats, J ., (1970) .**Céréales . Paris, Baillière, 14-25p.
- ✚ **Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Revue nature et technologie, 01: 45-53.
- ✚ **FAO stat, (2018).** Organisation Mondiale des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. The Impact of Natural Hazards and Disasters on Agriculture and Food and Nutrition Security – A Call for Action to Build Resilient Livelihoods. FAOSTAT
- ✚ **FAOSTAT (2021).** http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity
- ✚ **Gerald C. Nelson, Mark W. Rosegrant, Jawoo K, Richard R, Timothy S. (2009).** Changement climatique. Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires IFPRI Washington, D.C.PP:32
- ✚ **Hennouni N. (2012).** Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330). Mémoire de Doctorat, université Badji Mokhtar Annaba. 142p.
- ✚ **Kaabache R . Badaoui B. (2022).** Impact Du Changement Climatique Sur La Sécurité Alimentaire Et La Santé Des Individus, Cas De L'algerie. etudes economiques .Volume 22, Numéro 2, Pages 422-447
- ✚ **Makhlouf M et Montaigne E. (2017).** Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières. NEW MEDIT N. 1/2017.pp :05
- ✚ **Gallagher JN et Biscoe PV (1978).** A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. Agric. Prog., 53: 51-70.
- ✚ **Gate P (1995).** Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Paris, Lavoisier Tec&Doc – ITCF

- ✚ **Kirby EJM (1993).** Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crops Res.*, 35: 101-111.
- ✚ **Le Stum H. Bounjean A. Ruch O. Bouquery J.M. Soppelsa C. Grecourt B. Mathieu J. et Valluis B. (2017).** Le blé. Editions France agricole. Paris, 260p.
- ✚ **Loue A (1982).** Le potassium et les céréales Dossier K2O n°02, pp 1-41.
- ✚ **Masle-Meynard J (1980).** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse Docteur Ingénieur. INA-PG. Paris
- ✚ **Mian M et Nafziger ED (1994).** Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Sci.* 34: 169-. 171
- ✚ **PNC. (2019).** Le plan National Climat. Cadre stratégique de la Stratégie Nationale de l'Environnement et du Développement Durable (SNEDD) 2017-2035 et son PNAEDD <https://www.me.gov.dz/telechargements/changements-climatiques/>
- ✚ **Soltner D, (1990).** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairie. Coll. Sciences et techniques agricoles. 17ème Ed.464p.
- ✚ **Soltner D, (1999).** Les grandes productions végétales, 19 éditions, sciences et techniques agricoles : 464p.
- ✚ **Soltner, (2005).** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20ème Ed, collection sciences techniques agricoles.
- ✚ **Spilde LA (1989).** Influence of seed size and test weight on several agronomic traits of barley and hard red spring wheat. *J. Prod. Agric.*, 2: 169-172.
- ✚ **Tabet S (2008).** Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. Thèse de Magister. Université Mentouri de costantine.
- ✚ **Yahiaoui D (2015).** Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oran. Thèse de Magister en biologie. Université d'Oran.

Résumé

Actuellement, l'Algérie est soumise à l'influence des changements climatiques et la forte pression anthropique. Les recherches et les analyses faites sur le climat et zones potentielles pour la production du blé forment une base d'information nécessaire et indispensable pour la gestion durable des terres et la mise en valeur optimale de l'espace.

Cette étude a pour ambition d'améliorer les connaissances thématiques sur les précipitations, en se basant sur les outils géomatiques, différentes cartes ont été réalisées à l'échelle mensuelle et annuelle des hautes plaines telliennes de l'Est de l'Algérie. La cartographie de cette variable nous a permis de détecter les périodes qui coïncident avec les stades les plus sensibles au stress hydrique et de déterminer les zones potentielles pour la production du blé dur dans la région d'étude.

À cet égard, nous avons cartographié les zones potentielles pour la production du blé dur dans la région d'étude. Sous réserve d'étude complémentaire visant à préciser les zones potentielles par rapport à d'autres facteurs. Les résultats montrent que les zones hautement prioritaires pour la production de blé dur occupent une superficie de 11935 km² (38.69% de la surface totale de la zone d'étude). Située essentiellement dans la partie Nord, avec une précipitation supérieure de 500 mm/ans, les zones d'aptitude moyenne (zones intermédiaires) occupent 10524 km² (34.11%). Ces zones sont moins productives, avec des précipitations comprises entre de 350 et 450 mm/ans et nécessitent des apports d'eau supplémentaires, alors que les zones non potentielles occupent 8387 km² soit (27.18%) de la surface totale de la zone d'étude avec une précipitation inférieure de 350 mm/ans.

Les mots clés : *Blé dur ; Précipitation ; S.I.G ; Zone potentielle*

ملخص

تخضع الجزائر حاليًا لتأثير تغير المناخ والضغط البشري القوي. تشكل الأبحاث والتحليلات التي أجريت حول المناخ والمناطق المحتملة لإنتاج القمح قاعدة معلومات ضرورية ولا غنى عنها للإدارة الأراضي وتنمية المحيط

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين المعرفة الموضوعية حول هطول الأمطار ، بناءً على الأدوات الجيوماتيكية ، وقد تم إنتاج خرائط مختلفة على المستوى الشهري والسنوي للهضاب العليا في شرق الجزائر. وهو ما سمح لنا باكتشاف الفترات التي تتزامن مع المراحل الأكثر حساسية للإجهاد المائي وتحديد المناطق المحتملة لإنتاج القمح الصلب في منطقة الدراسة.

في هذا الصدد، قمنا بتحديد المناطق المحتملة لإنتاج القمح الصلب في منطقة الدراسة. و التي يلزمها المزيد من الدراسة بهدف توضيح التأثيرات المحتملة فيما يتعلق بالعوامل الأخرى. بينت النتائج أن المناطق ذات الأولوية العالية لإنتاج القمح الصلب تشغل مساحة 11935 كم مربع (38.69٪ من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة). تقع بشكل أساسي في الجزء الشمالي ، مع هطول أعلى من 500 مم / سنة ، وتحتل مناطق متوسط الكفاءة (المناطق المتوسطة) 10524 كم مربع (34.11٪). هذه المناطق أقل إنتاجية ، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار فيها بين 350 و 450 ملم / سنة وتتطلب مدخلات مائية إضافية ، بينما تشغل المناطق غير المحتملة 8387 كم مربع أو (27.18٪) من إجمالي مساحة منطقة الإنتاج مع هطول للأمطار أقل 350 مم / سنة.

الكلمات الأساسية: قمح صلب؛ التساقطات ؛ S.I.G ؛ المنطقة المحتملة

Summary

Currently, Algeria is subject to the influence of climate change and strong anthropogenic pressure. The research and analyzes carried out on the climate and potential areas for wheat production form a necessary and indispensable information base for the sustainable management of land and the optimal development of space.

This study aims to improve the thematic knowledge on precipitation, based on geomatic tools, different maps have been produced at the monthly and annual scale of the high Tellian plains of eastern Algeria. The mapping of this variable allowed us to detect the periods that coincide with the stages most sensitive to water stress and to determine the potential areas for the production of durum wheat in the study region.

In this regard, we have mapped the potential areas for the production of durum wheat in the study region. Subject to further study aimed at clarifying the potential areas in relation to other factors. The results show that the high priority areas for durum wheat production occupy an area of 11935 km² (38.69% of the total area of the study area). Located essentially in the northern part, with a higher precipitation of 500 mm/year, the zones of average aptitude (intermediate zones) occupy 10524 km² (34.11%). These areas are less productive, with rainfall between 350 and 450 mm/year and require additional water inputs, while the non-potential areas occupy 8387 km² or (27.18%) of the total area of the production area. study with a lower precipitation of 350 mm/year.

Key words: *Durum wheat; Precipitation; S.I.G; Potential area.*

Thème : L'apport des outils géomatiques pour cartographier les zones potentielles de production de blé dur.

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

Résumé

Actuellement, l'Algérie est soumise à l'influence des changements climatiques et la forte pression anthropique. Les recherches et les analyses faites sur le climat et zones potentielles pour la production du blé forment une base d'information nécessaire et indispensable pour la gestion durable des terres et la mise en valeur optimale de l'espace.

Cette étude a pour ambition d'améliorer les connaissances thématiques sur les précipitations, en se basant sur les outils géomatiques, différentes cartes ont été réalisées à l'échelle mensuelle et annuelle des hautes plaines telliennes de l'Est de l'Algérie. La cartographie de cette variable nous a permis de détecter les périodes qui coïncident avec les stades les plus sensibles au stress hydrique et de déterminé les zones potentielles pour la production du blé dur dans la région d'étude.

À cet égard, nous avons cartographié les zones potentielles pour la production du blé dur dans la région d'étude. Sous réserve d'étude complémentaire visant à préciser les zones potentielles par rapport à d'autres facteurs. Les résultats montrent que les zones hautement prioritaires pour la production de blé dur occupent une superficie de 11935 km² (38.69% de la surface totale de la zone d'étude). Située essentiellement dans la partie Nord, avec une précipitation supérieure de 500 mm/ans, les zones d'aptitude moyenne (zones intermédiaires) occupent 10524 km² (34.11%). Ces zones sont moins productives, avec des précipitations comprises entre de 350 et 450 mm/ans et nécessitent des apports d'eau supplémentaires, alors que les zones non potentielles occupent 8387 km² soit (27.18%) de la surface totale de la zone d'étude avec une précipitation inférieure de 350 mm/ans.

Mots clés : *Blé dur ; Précipitation ; S.I.G ; Zone potentielle.*

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA .A.M.T

Rapporteur : GANA .M

Examineurs : MELIANI .A

MCB – UFM Constantine 1

MCB – UFM Constantine 1

MAB – UFM Constantine 1

Année universitaire

2022– 2023