



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

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

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 : Protections des écosystèmes

Intitulé :

Analyse cartographique de l'impact des engrais et produits phytosanitaires sur la production de blé dur : cas de la wilaya de Constantine.

Présenté et soutenu par : AZIZI Haider Abdelouadoud

ZELLAGUI Adib Louai

Le : /09/2020

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA Azzedine Mohamed Touffik MCB – UFM Constantine 1

Rapporteur : GANA Mohamed MCB – UFM Constantine 1

Examineurs : BENDERRADJI Mohamed El Habib Prof – UFM Constantine 1

*Année universitaire
2020 – 2021*

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout Puissant de nous avoir donnés la force et le courage de mener à bien ce modeste travail et notre grand salut sur notre prophète MOHAMED, également nous remercions infiniment nos parents, qui nous encouragés et aidés à arriver à ce stade de notre formation.

En premier lieu, nous exprimons nos sentiments de gratitude à notre encadreur, Mr GANA MOHAMED qui a bien voulu diriger ce mémoire de fin d'étude. Nous le remercions d'avoir suivi notre travail avec beaucoup d'intérêt.

Nous exprimons notre gratitude à tous les membres de jury Pr Benderradji Mohamed El habib et Dr Arfa Azzedine Mohamed Touffik qui ont bien accepté d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier nos Enseignants : Mr Bazri, mlle Hana Alatou, Mme Touaba , Mr Meliani, Mme Mouri, Mlle Hamla, et les enseignants de cycle primaire, moyen, secondaire, et du cycle universitaire pour leurs conseils et leurs encouragements pour aller de l'avant.

Et enfin, nous remercions nos amis et collègues de master pour l'ambiance amicale et les échanges d'idées profitables qui règnent en permanence ainsi que les étudiants de master 2 de l'année passée pour leurs conseils.

Je dédie ce mémoire ...

À MES CHÈRES PARENTS

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel
et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour
mon instruction et mon bien être.*

*Puisse Dieu, le plus puissant, vous accorder santé, bonheur et longue
vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

A mes chers frères TAREK ET MOHAMED

A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES

ET MES GRAND-MERES

J'aurais tant aimé que vous soyez présents.

Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde

*A mon professeur et encadreur Monsieur GANA MOHAMED qui m'a
soutenu et orienté durant cette humble recherche et a contribué à ma
formation.*

A toutes ma famille et mes amis

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus
profond et mon affection la plus sincère.*

*À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ DE PRES OU DE
LOIN A L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL*

HAIDER ABDELOUADOUD AZIZI

Cette mémoire est dédiée...

À mes chers parents

À mon frère Kossai labib

À mes soeurs Dina rawane et Aridje tiziri

À tous mes amis et collègues

À toute la famille

□ *...Louai Adib*

Liste des illustrations

Tableaux

Tableau 01 : Classement des pesticides par mode d'action (Bonney, 2013).....	03
Tableau 02 : Les gradients thermiques mensuels de l'extrême Nord Est algérien.....	10
Tableau 03 : Types d'engrais et définitions.....	12
Tableau 04 : Répartition générale des terres en hectares (ha)	27
Tableau 05 : Evolution de la production du blé dur dans la wilaya de Constantine.....	28

Figures

Figure 01: Processus et voies de dispersion des pesticides dans l'environnement.....	6
Figure 02 : Estimation des rendements mondiaux moyens selon l'utilisation ou non de produits phytosanitaires, par rapport au rendement maximal (FAO, 2010).....	8
Figure 03 : Evaluation de la demande mondiale en produits végétaux agricoles (En milliards de tonnes) (USDA, 2010).....	9
Figure 04: Répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégories de produits utilisés.....	9
Figure 05 : Répartition du chiffre d'affaires par région du monde en 2010 (UIPP, 2010)...	10
Figure 06 : Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007 (Douane Algérienne, 2010).....	11
Figure 07 : Estimation de la production mondiale de blé en million de tonnes.....	15
Figure 08 : Stades repères du cycle de développement du blé.....	17
Figure 09 : Situation géographique et administrative de la Wilaya de Constantine.....	19
Figure 10 : Carte du relief de la wilaya de Constantine (MNT: ASTER GDEM V.2).....	21
Figure 11 : Données attributaires enregistrées sous format CSV.....	24
Figure 12 : Table attributaire (découpage administratif) de la zone d'étude.....	24
Figure 13 : Les outils utilisés pour la jointure attributaire (ArcToolbox).....	25
Figure 14 : Résultat de la jointure.....	25
Figure 15 : Carte d'occupation du sol de la Wilaya de Constantine (2020).....	26
Figure 16 : Répartition de la SAU en (%).....	27
Figure 17 : Evolution des surfaces consacrées au blé dur dans la wilaya de Constantine	29

entre (2000-2019).....	
Figure 18 : Fluctuations du rendement de blé dur dans wilaya de Constantine entre (2000-2019).....	29
Figure 19 : Production et rendement de blé dur dans la wilaya de Constantine.....	30
Figure 20 : Répartition des surfaces consacrées au blé dur par commune (%).....	31
Figure 21 : Production de blé dur par commune.....	31
Figure 22 : Rendement de blé dur par commune.....	31
Figure 23 : Quantités d'engrais apportées en (qx).....	32
Figure 24 : Quantités des engrais apportées par commune en (%).....	33
Figure 25 : Evolution de la consommation des engrais dans la wilaya de Constantine en (qx) (2015-2020).....	33
Figure 26 : Répartition des pesticides utilisés en litre (l).....	34
Figure 24 : Quantités des pesticides utilisées pour chaque commune en (%).....	35
Figure 28 : Evolution de la consommation des pesticides dans la wilaya de Constantine en (l) (2015-2020).....	35
Figure 29 : Coefficient de corrélation entre le rendement de blé dur et la quantité des engrais dans la wilaya de Constantine.....	36
Figure 30 : Coefficient de corrélation entre le rendement de blé dur et la quantité des produits phytosanitaires dans la wilaya de Constantine.....	36

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des illustrations	
Introduction.....	01
CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Les pesticides	02
1.1.1. Définition	02
1.1.2. Classification des pesticides	02
1.1.2.1. Classement par cible	02
1.1.2.2. Classement par groupe chimique	02
1.1.2.3. Classement par mode d'action	02
1.1.3. Les facteurs influençant la toxicité des pesticides	04
1.1.4. Effets des pesticides sur l'environnement	04
1.1.4.1. Pollution des sols	04
1.1.4.2. Pollution de l'air	05
1.1.4.3. Pollution de l'eau	05
1.1.4.4. Effets sur la biodiversité	05
1.1.4.5. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement	06
1.1.5. Les effets toxiques des pesticides sur la santé	07
1.1.6. Effets bénéfiques des pesticides	08
1.1.7. Marché international des pesticides	08
1.1.8. Utilisation des pesticides en Algérie	10
I.2. généralités sur les engrais.....	11
I.2.1 Définition des engrais	11
I.2.2. Classification des engrais	11
I.2.3. Effets des engrais	12
I.2.3.1. Sur l'Homme	12
I.2.3.2. Sur l'environnement	13
a. Dépendance des sols.	13
b. Stérilisation des sols	13
c. La couche d'ozone	13
d. Les nappes phréatiques	14
I.3. Importance de la culture du blé dur	15

I.3.1. Sur le plan mondial	15
I.3.2. Sur le plan national	15
I.3.3. cycle biologique du blé dur	16
I.3.4. Éléments conditionnant la croissance	17
I.3.4.1. La température	17
I.3.4.2. La lumière	18
I.3.4.3. L'eau	18
I.3.4.4. Le sol	18
I.3.4.5. Fertilisation.....	18

CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude.....	19
II.1.1. Situation géographique et administrative	19
II.1.2. Topographie	20
II.1.3. Le climat	21
II.2. Sources des données utilisées	22
II.2.1. La carte d'occupation du sol	22
II.2.2. Les données récoltées auprès des institutions locales.....	22
II.2.3. Outils de Géo- traitement	22
II.2.3.1. ArcGIS	22
II.2.3.2. Excel	23
II.3. Import de données attributaires suivi d'une jointure.....	23

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Répartition des terres dans la wilaya de Constantine	26
III.2. Evolution de la production du blé dur	28
III.3. Quantités des engrais apportées.....	32
III.4. Quantité de pesticides utilisés.....	34
III.5. L'impact des engrais et produits phytosanitaires sur le rendement de blé dur.....	36
III.6. Discussion des résultats.....	37
Conclusion.....	39
Références bibliographiques.....	40
Résumés	

Introduction

Introduction

Aujourd'hui, la production céréalière dans le monde est devenue un enjeu important pour nourrir l'humanité. La quasi-totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains produits par les principales cultures céréalières comme le blé qui constituent la première ressource d'alimentation humaine, et couvrent environ 60% des terres cultivées.

En Algérie, le blé dur représente une part importante de SAU, sa production connaît de très fortes variations interannuelles. Cette variabilité interannuelle des rendements se superposent, dans une région et pour un scénario climatique donné, des variations intra-annuelles dont l'ampleur et les déterminants sont moins connus comme l'influence d'éléments du milieu, les dates de semis, la fertilisation azotée, le type de sol, et les variétés.

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

L'objectif du présent mémoire est de cartographier les types de cultures et analyser l'effet des engrais et des produits phytosanitaires sur la production de blé dur dans la wilaya de Constantine. En se basant sur la spatialisation de ces dernières par le SIG après les avoir récoltés auprès des institutions locales.

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

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 engrais et des produits phytosanitaires sur l'environnement. Le deuxième chapitre est consacré aux sources des données utilisées et les outils de géo-traitement. Alors que le dernier chapitre se focalise sur l'impact des engrais et des produits phytosanitaires utilisés entre 2015-2020 sur la production de blé dur dans la wilaya de Constantine.

Chapitre I: Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Les pesticides

1.1.1. Définition

Un pesticide est défini comme « une substance ou une association de substances destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, ou toutes autres espèces végétales ou animales nocives ou gênantes au cours de la production, la transformation ou l'entreposage des produits agricoles » (FAO, 2003)

Considérés comme "tueurs de fléaux" par certains étymologistes, ce sont des molécules dont les propriétés toxiques permettent de lutter contre des organismes nuisibles à l'homme et/ou à son environnement (Aprifel, 2004).

1.1.2. Classification des pesticides

1.1.2.1. Classement par cible

Les pesticides sont le plus souvent classés en fonction du ravageur visé : insecticides (insectes), acaricides (acariens), aphicides (pucerons), ovicides (œufs), larvicides (larves), herbicides (plantes indésirables), fongicides (champignons), molluscicides (mollusques), hélicides (escargots), rodenticides (rongeurs), taupicides (taupes), corvicides (oiseaux), termicides (termites), et les produits répulsifs (Rousseau *et al.*, 2007).

1.1.2.2. Classement par groupe chimique

Les pesticides sont parfois aussi classés en fonction de leur substance active, autrement dit leur groupe chimique. On peut ainsi parler de pesticides organochlorés, de pesticides organophosphorés, de carbamates, de pyréthrinoides ou encore de triazines.

Parler de pesticides organochlorés ou organophosphorés permet de regrouper sous un même vocable des substances aux comportements et propriétés similaires (Garcia *et al.*, 2012).

1.1.2.3. Classement par mode d'action

Un dernier type de classement des pesticides peut être opéré à partir du mode d'action du pesticide considéré sur l'organisme indésirable visé. Les modes d'action des

pesticides sont ainsi très variés et évoluent au gré des innovations de l'industrie phytosanitaire (Bonnefoy, 2013).

Le classement par mode d'action des pesticides en herbicides, fongicides et insecticides sont bien illustré dans le tableau (01). Ils représentent les principales familles de pesticides utilisées en agriculture.

Tableau 01 : Classement des pesticides par mode d'action (Bonnefoy, 2013).

Herbicides	
De contact	Agit sur les parties de la plante avec lesquelles il entre en contact.
Systémique	Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci.
Sélectif	Ne contrôle que certaines plantes traitées.
Non sélectif	Contrôle toutes les plantes traitées.
Résiduaire	Se dégradent lentement et contrôle les plantes sur une longue période.
Non résiduaire	Est rapidement inactif après son application et ne contrôle les plantes que sur une courte période.
Fongicides	
Préventif	Protège la plante en empêchant que la maladie ne se développe.
Curatif	Réprime une maladie qui est déjà développée.
Insecticides	
De contact	Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit.
D'inhalation	Agit lorsque l'insecte respire le produit.
D'ingestion	Agit lorsque l'insecte se nourrit du produit.

I.1.3. Les facteurs influençant la toxicité des pesticides

De manière générale, la répartition d'une substance entre les compartiments physiques (air, eau, sol) et biologiques de l'environnement dépend du composé (solubilité, pression de vapeur, ...) ainsi que du milieu (température de l'air, de l'eau, structure du sol, humidité du milieu, etc ...). Les facteurs influençant la toxicité des pesticides sont :

- La dose.
- Les modalités de l'exposition.
- Le temps pendant lequel la personne est exposée.
- Le degré d'absorption.
- La nature des effets de la matière active et de ses métabolites.
- L'accumulation et la persistance du produit dans l'organisme.
- La "sensibilité" personnelle (antécédents, patrimoine génétique, etc.)[Anonyme, 2019].

I.1.4. Effets des pesticides sur l'environnement

Dès qu'ils ont atteint le sol ou la plante, les pesticides peuvent être absorbés par les plantes ou des organismes du sol, les substances actives peuvent se volatiliser, ruisseler ou être lessivées, voire même rester dans le sol. Ainsi, l'ensemble des compartiments environnementaux peuvent être potentiellement touché et impacté par les pesticides, en plus des cibles contre lesquelles ils sont théoriquement dirigés.

Les effets toxiques indésirables pour les espèces non cibles des trois compartiments environnementaux sont liés et il est illusoire de vouloir les distinguer. En effet, une même substance active pourra avoir des répercussions sur l'ensemble des espèces constitutives des différents compartiments de l'environnement.

I.1.4.1 Pollution des sols

La contamination des sols par les polluants est souvent raisonnée par rapport à une cible. Mais il est important de ne pas oublier que les sols sont en soi une ressource difficilement renouvelable et la présence des polluants pesticides peut affecter leur utilisation dans une perspective de développement durable.

La manifestation du caractère polluant des pesticides est étroitement liée à leur devenir dans le sol. Outre, la toxicité propre du polluant, qui dépend de sa concentration et de la nature de la cible considérée, sa rétention par le sol et sa persistance sont les deux facteurs

fondamentaux conditionnant le caractère polluant et/ou sa manifestation. La rétention d'une molécule organique par le sol est le résultat global d'un ensemble de phénomènes, impliquant des interactions avec les constituants organiques et minéraux des sols. De même, la persistance est la résultante d'un ensemble de processus de dissipation, physico-chimique et biologique, qui font diminuer la concentration du polluant et du milieu (Hateb *et al.*, 2012).

I.1.4.2. Pollution de l'air

Lors d'un traitement, une certaine proportion de la substance active épanchée passe directement dans l'atmosphère. Ce passage est important lors d'applications effectuées par hélicoptère ou par avion, et reste plus limité lors d'applications terrestres classiques.

Des résidus de pesticides peuvent passer des cultures vers le compartiment aérien par des phénomènes d'évaporation et autres. La volatilisation est l'une des causes principales de fuites de pesticides hors de la zone cible, notamment quand les traitements visent la surface du sol ou celle des végétaux (Aprifel, 2004).

I.1.4.3. Pollution de l'eau

L'eau peut entraîner la dispersion des pesticides dans le milieu par lavage des feuilles, ruissellement et lixiviation. Le ruissellement contribue à la pollution des eaux de surface, tandis que la lixiviation contribue surtout à celle des eaux profondes.

L'importance de la pollution des eaux souterraines après transfert par lixiviation des molécules de pesticides dans le sol, dépend de certaines de ses propriétés ainsi que celles du sol (hydrosolubilité, vitesse de filtration, passage de racines, etc.)

I.1.4.4. Effets sur la biodiversité

Libérés dans l'environnement, les pesticides vont évidemment éliminer les organismes contre lesquels ils sont utilisés. Mais, la plupart de ces produits vont également toucher d'autres organismes que ceux visés au départ, tels que les vers, bactéries et autres champignons qui améliorent la fertilité des sols.

À moyen terme, leurs usages provoquent la résistance des espèces nuisibles et l'empoisonnement par bioaccumulation de toute la chaîne alimentaire.

En milieu aquatique, devenu de nos jours une réserve des pollutions qui s'accumulent, la présence de pesticides compromet le cycle de vie des organismes qui y vivent. Chez certains poissons, on observe le développement de tumeurs, la perturbation des systèmes hormonaux, ou encore l'inhibition plus ou moins complète des fonctions vitales comme la respiration, la croissance et la reproduction (Van der Werf, 1997).

Les conséquences directes et indirectes de ces perturbations sur la biodiversité et la dynamique des populations (notamment sur la flore et la faune terrestres et aquatiques) sont donc indéniables.

I.1.4.5. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement

Lors de l'utilisation des produits phytosanitaires, une certaine quantité de ces substances se retrouve dans l'environnement, principalement dans l'air par dérive sous forme de gouttelettes ou sur le sol (Fig.01) (Pimentel, 1995).

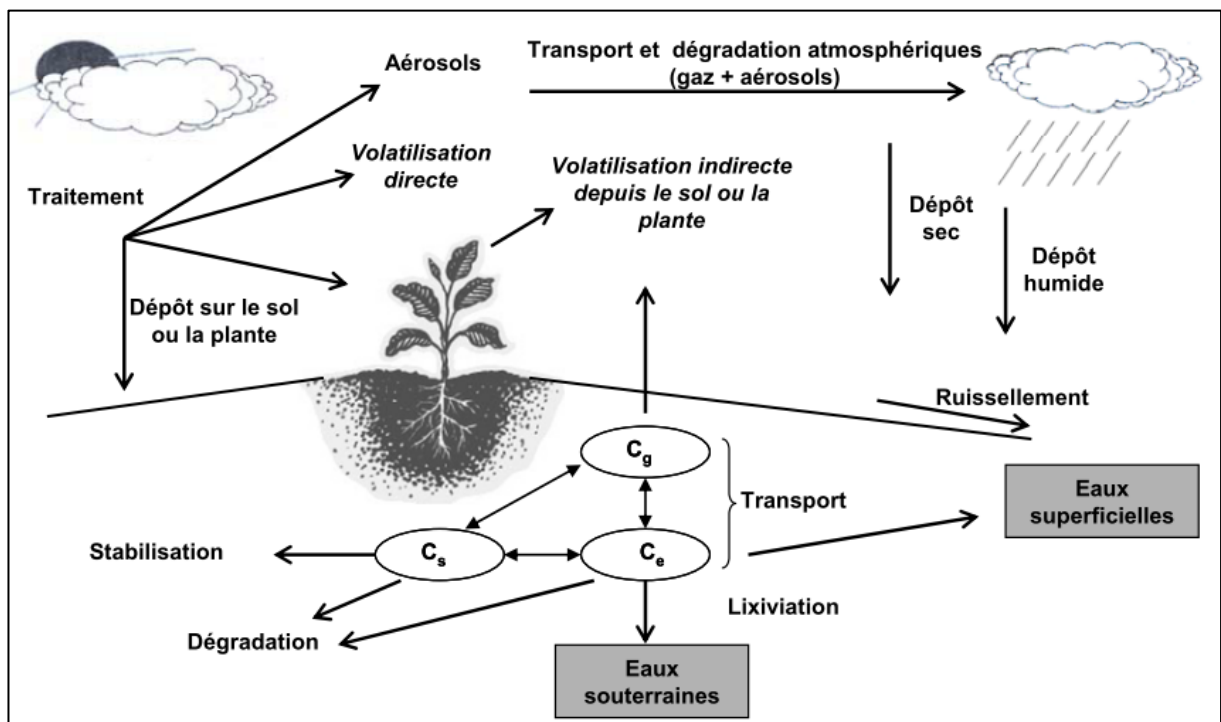


Figure 01: Processus et voies de dispersion des pesticides dans l'environnement.

I.1.5. Les effets toxiques des pesticides sur la santé

Plusieurs études ont démontré les risques d'effets aigus et chroniques pour les agriculteurs exposés aux pesticides (problèmes d'ordre respiratoire, cutané, neurologique, reproductif, de développement et bien d'autres).

Selon certains chercheurs, les agriculteurs qui utilisent des pesticides ont une densité de spermatozoïdes moins élevée que les agriculteurs possédant des fermes biologique. D'autres chercheurs indépendants affirment que 36% des femmes qui manipulent des pesticides qui sont soumis à une période moyenne de 2 250 heures par année ont eu des fausses couches à la vingtième semaine de grossesse comparé à 12% chez les femmes qui sont exposées aux pesticides sur une période plus courte, soit sur une moyenne de 250 heures par année (Gagné, 2016). En plus, les pesticides pourraient être responsables de malformations chez les nouveau-nés de parents agriculteurs exposés aux pesticides.

Il reste maintenant à convaincre les autres agriculteurs et les gouvernements à tout simplement abolir ces pratiques ou du moins à restreindre leur utilisation.

I.1.6. Effets bénéfiques des pesticides

Dans la nature, de nombreuses agressions peuvent faire obstacle au bon développement des plantes : insectes ravageurs, maladies (champignons, bactéries, virus), mauvaises herbes... Les produits phytopharmaceutiques sont utiles car ils permettent de lutter, si besoin :

- Contre les maladies des plantes avec des fongicides,
- Contre les mauvaises herbes avec des herbicides,
- Contre les insectes ravageurs avec des insecticides.

La FAO (Organisation Mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture) a réalisé des estimations de l'impact de l'absence de traitements phytosanitaires sur différentes productions. Le graphique ci-dessous fait apparaître les rendements mondiaux moyens calculés par la FAO avec ou sans produits phytosanitaires (Fig.02).

Ainsi au fur à mesure que la population mondiale augmente, la proportion de terres cultivables diminue, d'où la nécessité d'accroître les rendements des cultures pour répondre à l'accroissement des besoins alimentaires, ce qui incite à accroître l'utilisation de produits (FAO, 2003).

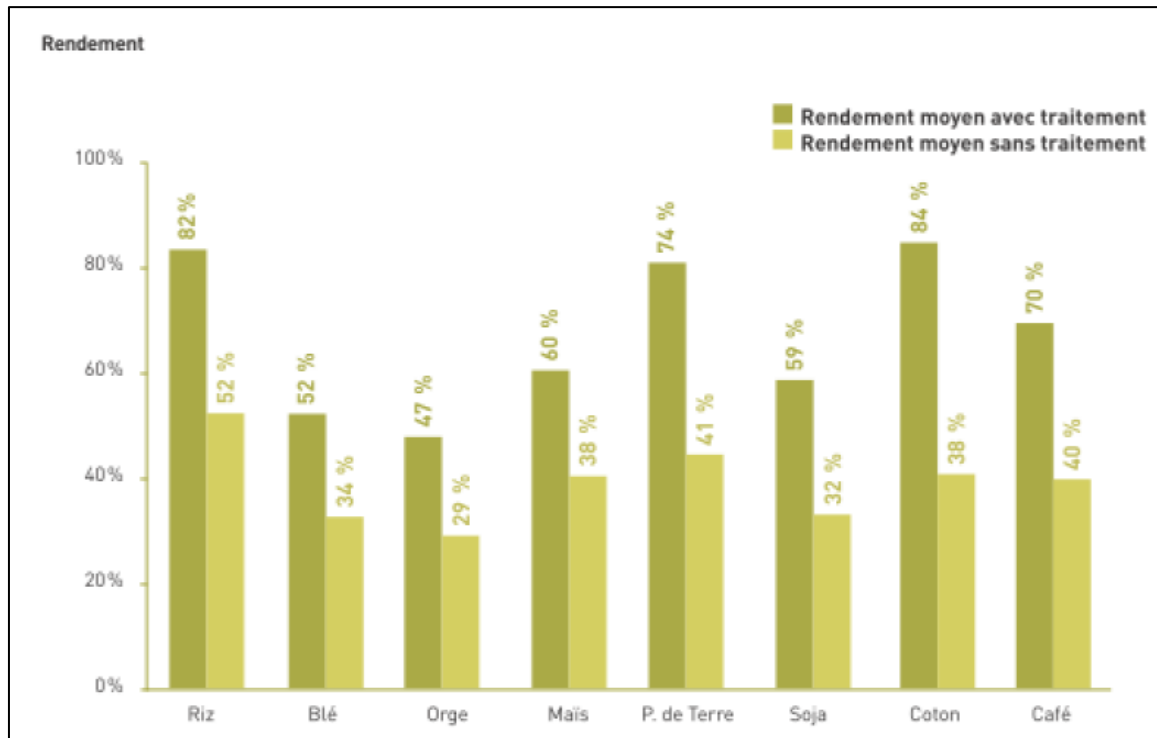


Figure 02 : Estimation des rendements mondiaux moyens selon l'utilisation ou non de produits phytosanitaires, par rapport au rendement maximal (FAO, 2010).

I.1.7. Marché international des pesticides

Toujours selon la FAO, les besoins alimentaires mondiaux vont augmenter de 50 % d'ici à 2030. Les stocks alimentaires sont en baisse, d'autant que les pratiques alimentaires se diversifient, avec une consommation de viande en croissance et une hausse corrélative des besoins en récoltes végétales pour l'alimentation animale.

Par ailleurs, aux débouchés alimentaires, textiles et industriels s'ajoutent les utilisations énergétiques des productions agricoles (Fig.03). En conséquence, les stocks de céréales ont diminué de plus de 40 % depuis 2000.

D'après les données de l'UIPP(2010), les herbicides sont les pesticides les plus utilisés dans le monde toutes cultures confondues (45.2 % du tonnage mondial en 2010). Apparaissent ensuite, à utilisation égale, les insecticides (26.1%) et les fongicides (25.9%) (Fig.4). Cette même année, le marché européen était de 10584 millions de dollars, devant le marché asiatique (9994 millions de \$) et derrière l'Amérique du nord (7945 millions de \$) (Fig.05).

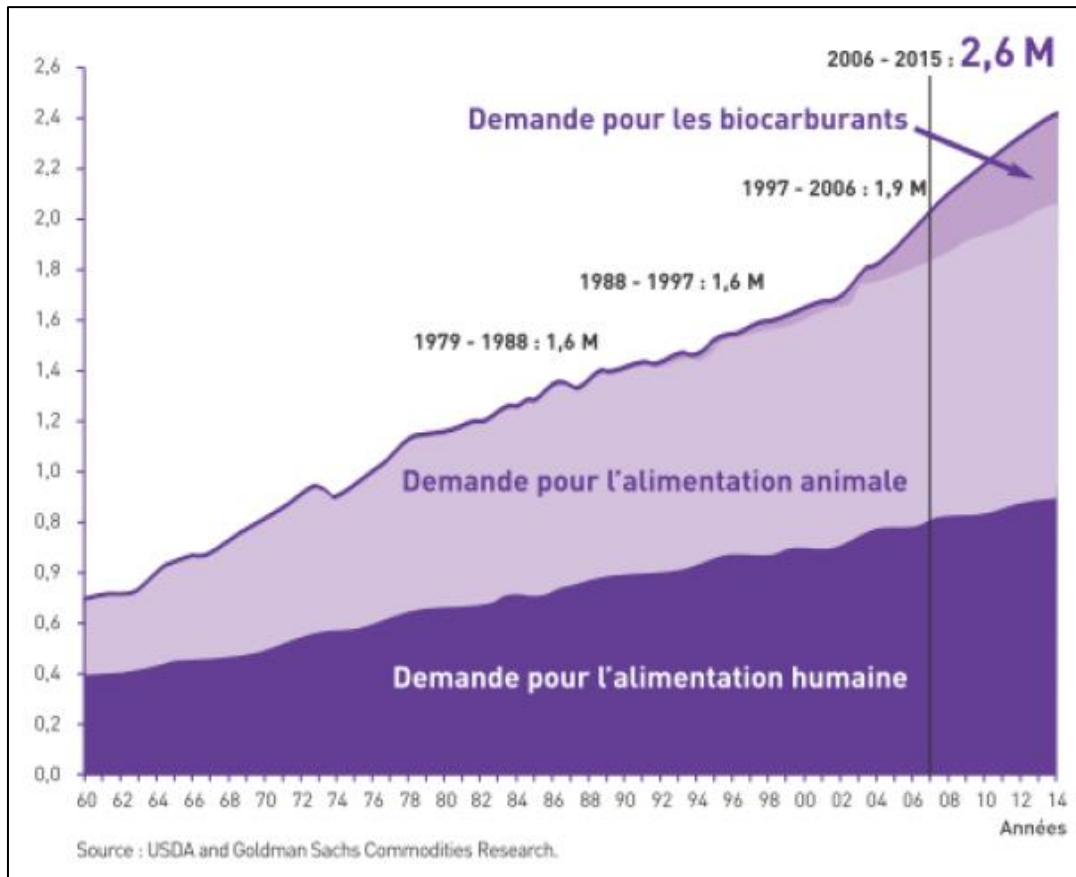


Figure 03 : Evaluation de la demande mondiale en produits végétaux agricoles (En milliards de tonnes) (USDA, 2010).

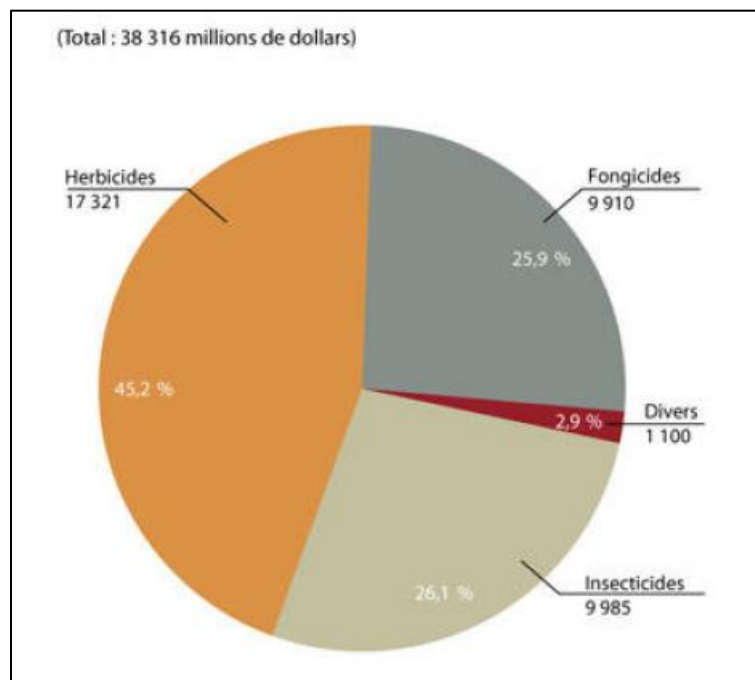


Figure 04: Répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégories de produits utilisés

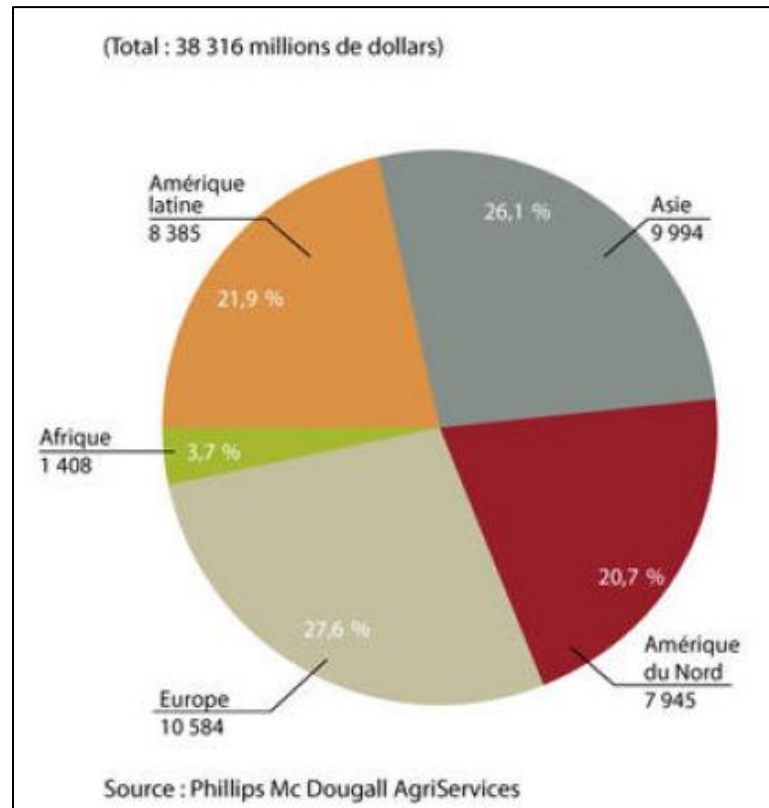


Figure 05 : Répartition du chiffre d'affaires par région du monde en 2010 (UIPP, 2010).

I.1.8. Utilisation des pesticides en Algérie

Le marché algérien en pesticides ne cesse d'augmenter ; en 2010 l'Algérie a importé pour 91.76 millions USD de pesticides en 2011, 81.67 million USD contre 29.78 millions en 2006 (Tab.02) (FAOSTAT, 2016).

Pour la seule année de 2006 la quantité de pesticides importés a dépassé les 25000 tonne une nette augmentation par rapport aux années précédentes (Douane Algérienne, 2010)(Fig.6).

Tableau 02 : Marché des pesticides en Algérie en million de dollars entre 2006 et 2012 (FAOSTAT, 2016).

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Valeurs (M\$)	29,788	49,376	77,092	65,856	59,648	81,672	91,76

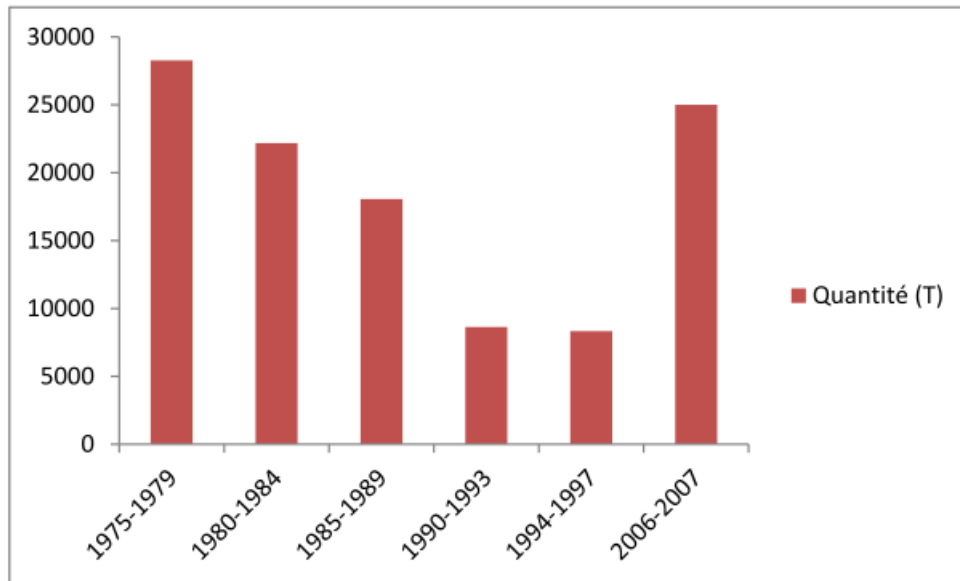


Figure 06 : Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007 (Douane Algérienne, 2010).

I.2. Généralités sur les engrais

I.2.1 Définition des engrais

Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, pour améliorer leur croissance, et augmenter le rendement et la qualité des cultures. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation.

La fertilisation représente l'ensemble de techniques agricoles mettant en œuvre des matières fertilisantes. L'objectif de la fertilisation est de satisfaire les besoins nutritionnels des plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions économiquement rentables (Hacini, 2014)

I.2.2. Classification des engrais

Les engrais sont généralement classés en trois grands types selon leurs proportions en éléments nutritifs qui les composent et leur nature (tableau 03). (N'Goné A, 2014)

Tableau 03 : Types d'engrais et définitions.

Type d'engrais	Définition
Engrais minéraux ou engrais chimiques	Engrais d'origine minérale destinés à favoriser la croissance des plantes cultivées, produit par synthèse chimique ou par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse. La notion d'engrais minéral s'oppose à celle d'engrais organique produits à base de matière organique d'origine animale ou végétale.
Engrais organiques ou engrais biologiques	Mélange de déchets d'origine animale ou végétale qui contiennent de l'azote, du phosphore et de la potasse mais dans des proportions parfois moins importantes que dans un engrais minéral.
Engrais organo-minéraux	Résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Ils doivent contenir au moins 1% d'azote organique.

I.2.3. Effets des engrais

I.2.3.1. Sur l'Homme

Tout d'abord, l'Homme peut souffrir des engrais soit directement, soit indirectement. Les plus touchés par les dégâts directs sont évidemment les agriculteurs. Des effets incertains sont constatés : ils pourraient être la cause de nombreuses maladies (maladie de parkinson, cancer, leucémie, etc...)

Les dégâts indirects que causent les engrais nous concernent tous. En effet, lors de l'infiltration dans le sol, les nitrates rendent l'eau des nappes phréatiques impropre à la consommation. Le danger est ici une intoxication par consommation et par accumulation d'éléments dangereux pour l'homme (nitrates, azotes, etc..).

La consommation d'animaux intoxiqués par ces mêmes éléments est aussi un danger supplémentaire pour l'homme. L'emploi intensif d'engrais azotés peut aussi causer des catastrophes écologiques pouvant être mortelles pour l'homme (Ria *et al.*, 2016).

I.2.3.2. Sur l'environnement

Pour favoriser la qualité et la croissance de sa récolte un agriculteur est aujourd'hui obligé d'utiliser des engrais. Le plus souvent, (sauf pour l'agriculture bio), les engrais utilisés sont les engrais minéraux car leurs prix sont moins élevés que les autres types d'engrais. De plus, ils augmentent le rendement par hectare, beaucoup plus que tout autre engrais. Leur teneur en azote, nitrate et potasse étant très élevée, ils peuvent donc nourrir les plantes jusqu'à leur capacité d'absorption maximum. (Ria *et al.*, 2016)

La plante absorbe 89% des nutriments nécessaires à sa croissance, mais les 11% restants n'atteignent pas la plante et ont des effets destructeurs sur le biotope :

a. Dépendance des sols.

Les éléments qui ne sont pas absorbés sont néfastes à tout l'écosystème entourant la plante, réduisant la quantité de micro-organismes (bactéries, champignons...) dans le sol, qui sont essentiels à la croissance de la plante. Cette destruction entraîne alors une dépendance aux engrais : plus le sol est pauvre en matière organique, plus les cultures ont besoin d'apports externes (Ria *et al.*, 2016).

b. Stérilisation des sols

Couplé à un mauvais drainage, l'emploi intensif d'engrais risque la salinisation des zones trop arrosées, provoquant ainsi la stérilisation des sols et leur désertification (Ria *et al.*, 2016).

c. La couche d'ozone

La couche d'ozone est aussi affectée par ce problème, car les phénomènes de dénitrification et de volatilisation de l'ammoniac contenu dans les engrais azotés génèrent des gaz à effet de serre environ 150 fois plus actifs que le CO₂. Viennent ensuite les engrais de

synthèse qui seraient irrémédiablement convertis en N_2O , causant une attaque importante de la couche d'ozone (Ria *et al.*, 2016)

d. Les nappes phréatiques

Les nappes phréatiques, qui sont situées seulement à une centaine de mètres de profondeur, sont les principales réserves d'eau que nous consommons. Elles sont alimentées par l'eau de pluie qui s'infiltré dans le sol. L'eau de pluie emporte avec elle des particules de terre de sels minéraux, d'engrais ou de produits chimiques répandus sur le sol. Ainsi lorsque les terres agricoles sont saturées en engrais, l'eau emporte donc les NKP (azote, potassium et phosphate), qui polluent donc ces réserves en eau, la rendant impropre à la consommation (Ria *et al.*, 2016).

Les fleuves et rivières, étant alimentés par les nappes phréatiques, peuvent aussi être pollués. Les nitrates et les phosphates provoquent la prolifération des végétaux aquatiques. Lorsque ceux-ci meurent, leur décomposition consomme le dioxygène contenu dans l'eau, entraînant la mort de la plupart des animaux: c'est le phénomène d'eutrophisation, cette pollution touche au final plusieurs écosystèmes : les mers, les océans, les fleuves, les forêts.

Plus généralement les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques, sont les suivantes :

- Effets sur la qualité des sols, leur fertilité;
- Effets liés au cycle de l'azote ;
- Effets sur l'érosion ;
- Effets liés à la dégradation des engrais inutilisés;
- Effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments ;
- Eutrophisation des eaux douces et marines ;
- Effets sur la qualité des produits ;
- Utilisation d'énergie non renouvelable ;
- Pollution émise par l'industrie de production des engrais ;
- Effets indirects sur l'environnement, par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages (Ria *et al.*, 2016).

I.3. Importance de la culture du blé dur

I.3.1. Sur le plan mondial

Chaque année, plus de 600 millions de tonnes de blé sont récoltées dans le monde ce qui fait du blé la céréale la plus cultivée au monde. Selon (Charvet, 2004), « le blé demeure la principale clef de voûte du système alimentaire mondial ».

La production mondiale de blé est insuffisante pour faire face à la consommation directe ou indirecte du blé. La diminution des stocks des cinq principaux pays exportateurs a eu des répercussions inévitables sur les marchés. En outre, selon l'avis des experts, la consommation du blé vers l'année 2050 augmentera de 30-40%, et cela signifie que la communauté mondiale n'est pas protégée contre la récurrence des nouvelles spirales de la crise alimentaire dans le futur (Muryel, 2014). La production mondiale de blé pour l'année 2019-2020 (fig.07), pourrait atteindre 777 millions de tonnes selon le Département de l'Agriculture des Etats-Unis.

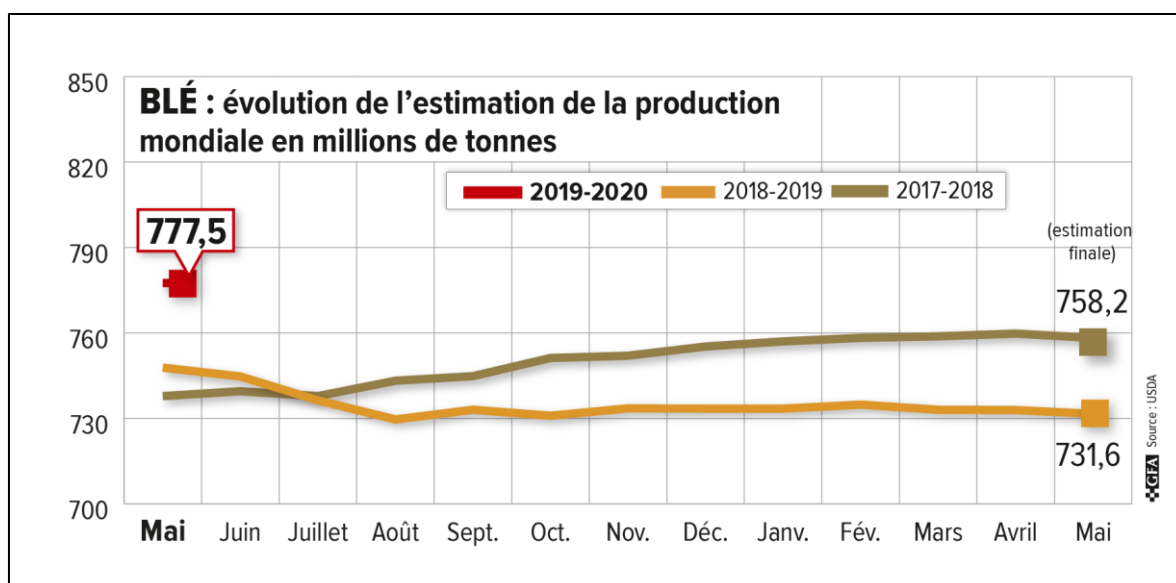


Figure 07 : Estimation de la production mondiale de blé en million de tonnes.

I.3.2. Sur le plan national

Le blé occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. L'importance économique est appréciée à travers trois principaux paramètres : La production, la consommation et les importations. La production de blé dur est très variable, comme dans tout le Maghreb, est due aux travaux de recherches et d'amélioration peu développés, rajoutant les conditions climatiques non stables particulièrement la sécheresse.

L'Algérie ambitionne à travers le programme quinquennal 2015-2019 de réduire ses importations de céréales. L'objectif est de réaliser l'autosuffisance en blé dur (Aknouche et Laib, 2017).

Les céréales demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale, de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (Boulai *et al.*, 2007).

La production blé dur en Algérie entre 1961 et 2014 présente 2 phases distinguant :

- **1^{er} phase** : de 1961 à 1990: Malgré l'instabilité dans les superficies emblavées en faveur d'une évolution, les rendements affichés montre une progression.
- **2^{eme} phase** : de 2000 à 2014: Nous remarquons une évolution dans le programme des superficies réservées au blé dur allant de 2 millions et à 3.4 millions de tonnes, et aussi les rendements ont considérablement augmenté jusqu'à atteindre 23q/ha (Aknouche et Laib, 2017).

I.3.3. cycle biologique du blé dur

On peut diviser le cycle de développement du blé dur en 2 périodes :

- **La période végétative**: durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines et comprend : La germination, la levée, et le tallage (Fig.08).
- **La période reproductrice** : dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain.

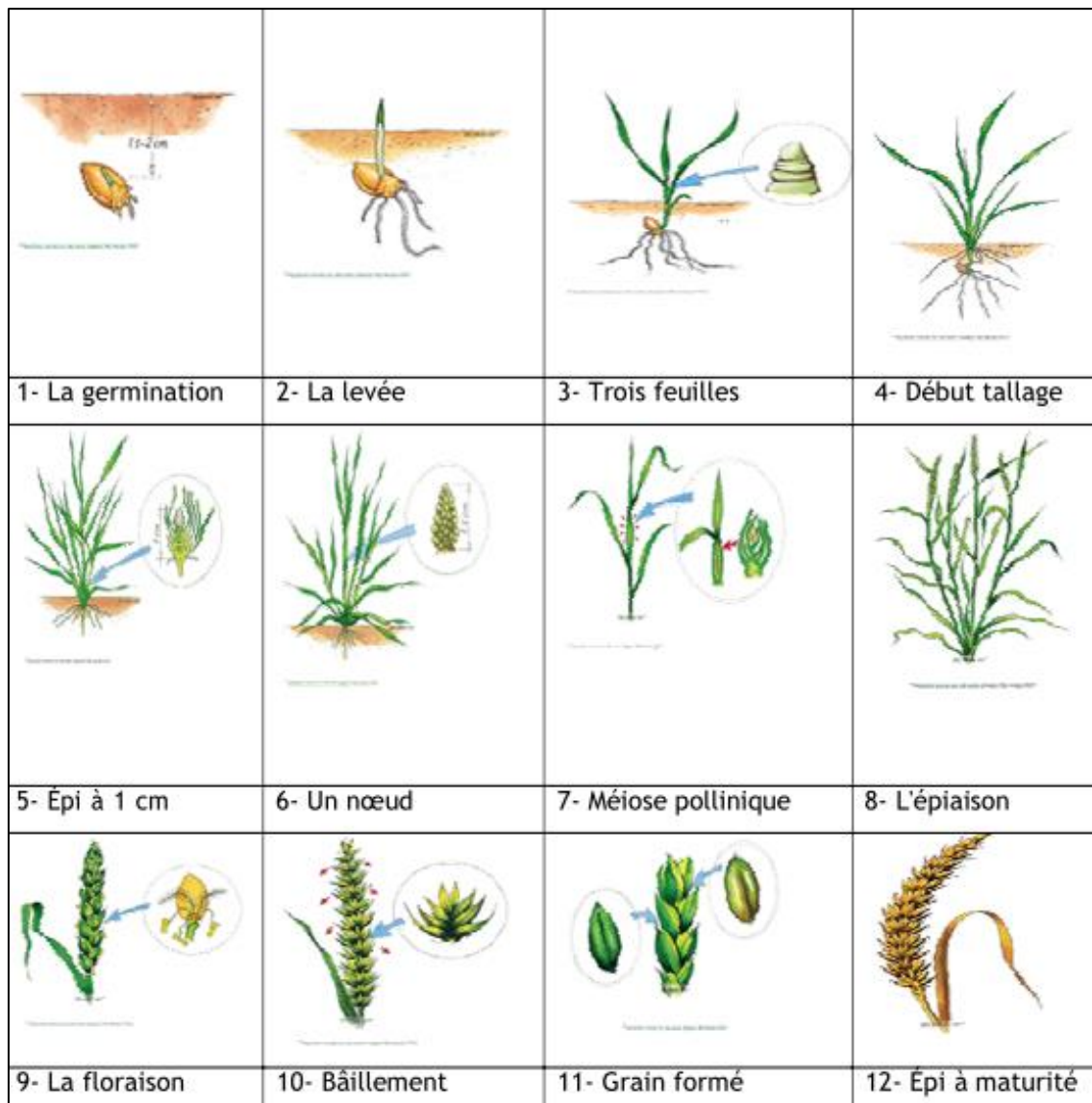


Figure 08 : Stades repères du cycle de développement du blé.

I.3.4. Eléments conditionnant la croissance

I.3.4.1. La température

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé, selon (Ruel ,1996), la vitesse de développement du blé est proportionnelle à la température. (Soltner ,2005) indique que le blé peut germer dès que la température dépasse 0 °C. Des températures trop faibles peuvent causer des dégâts en fonction des stades de développement du blé ; une chute brutale de température entre le stade de germination et le début tallage occasionne de graves dégâts en raison de la faible résistance du blé au froid durant cette phase.

I.3.4.2. La lumière

Le blé est le type de plante de jours longs. Sa floraison est en effet favorisée par l'allongement du jour (Soltner, 2005) ; 12 à 14 heures selon l'espèce et la variété ; sont nécessaires pour permettre le démarrage de la phase reproductrice.

I.3.4.3. L'eau

La quantité d'eau influe sur l'élaboration de la matière sèche, l'eau peut constituer un facteur limitant de la croissance du blé (Moule, 1980), ce dernier a des besoins en eau d'environ 550 mm en moyenne au cours de son cycle de développement, cette quantité doit être bien répartie durant les différentes phases de son cycle. S'il faut environ 500 grammes d'eau pour élaborer 1 gramme de matière sèche de blé, donc pour une récolte de 50qx/ha, il faut environ 4.250 mètres cubes d'eau, soit une pluviométrie de 425mm/an, et en comptant les pertes par évaporation du sol, 580 mm environ par an. (Soltner, 2005).

I.3.4.4. Le sol

Le blé prospère sur une gamme assez variée de sols, les meilleures terres de blé sont les terres de limon argilo-calcaires et argilo-siliceuses (Moule, 1980).

I.3.4.5. Fertilisation

L'azote c'est un élément très important pour le développement du blé, estime qu'il faut 3Kg d'azote pour produire 01 quintal de blé dur. Jusqu'au début de la montaison, Les besoins en azote de la culture lors de gonflement et à la floraison sont en effet extrêmement importants ; c'est à ce moment que la matière végétale augmente le plus vite et que se détermine le nombre d'épis.

Le phosphore favorise le développement des racines, sa présence dans le sol en quantités suffisantes est signe d'augmentation de rendement. Les besoins théorique en phosphore sont estimés à environ 120kg/ha. Alors que les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs à 30 à 50 kg /ha (Bebba, 2011).

Chapitre II :

Matériel et

méthodes

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation géographique et administrative

La Wilaya de Constantine constitue une unité géographique importante, située à l'est du pays, comprise entre 36°05'25" et 36°37'22" de latitude Nord et entre 06°18'15" et 07°02'40" Est des longitudes. Elle s'étend sur une superficie de 225 548 ha et compte six daïras et douze communes (Fig.09).

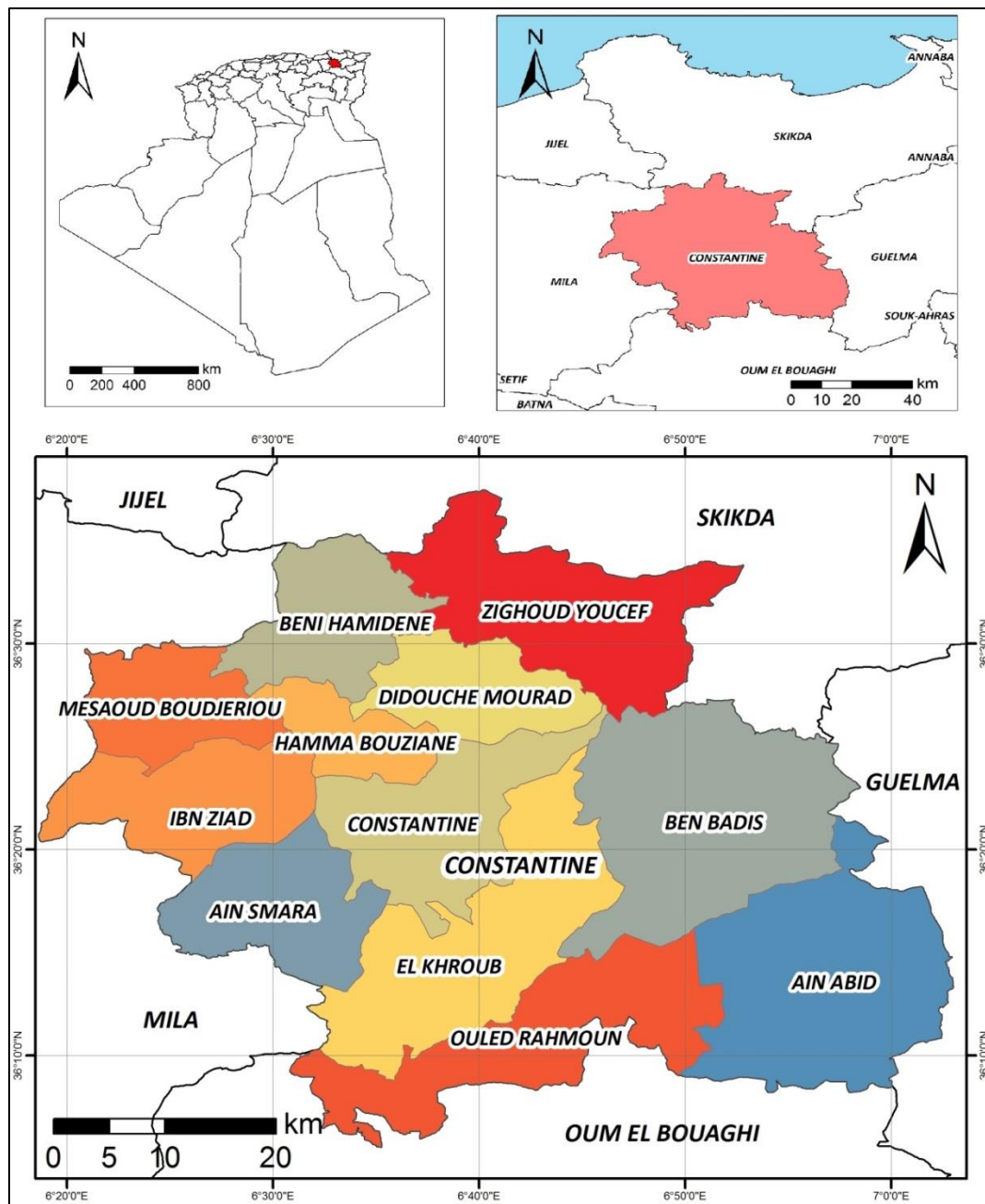


Figure 09: Situation géographique et administrative de la Wilaya de Constantine.

La Wilaya de Constantine est limitée :

- Au Sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- A l'Ouest par la wilaya de Mila.
- Au Nord par la wilaya de Skikda.
- A l'Est par la wilaya de Guelma.

Cette situation géographique privilégiée procure à la ville de Constantine un rôle prépondérant dans les mouvements de populations. Elle est également la métropole de l'Est du pays et la plus grande métropole intérieure du pays, De plus, elle dispose des potentialités naturelles, culturelles, et industrielles importantes.

II.1.2. Topographie

La wilaya de Constantine est caractérisée par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de montagnes, de hautes plaines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes donnant ainsi un site hétérogène, (Boussouf, 2012).

La wilaya est subdivisée en trois zones géographiques (Fig.10) :

- **La zone montagneuse** : située au nord de la wilaya qui fait partie de l'Atlas tellien. est dominée par le mont de Chettaba et le massif de Djebel Ouahch, et composé principalement de chaînes calcaires et marno-calcaires dont les principaux sont : Djebel Ras Kalaa (1160 m), Djebel El Ouahch (1280 m), Sidi Chagref (1289 m), et le mont Sidi Driss à l'extrême Nord de la wilaya (1364 m) qui présente une morphologie à pentes abruptes. Parallèlement à ces montagnes, une série d'envergure moins importante, sillonne la région, il s'agit de : Djebel Djenane El Lobba (1000m), Djebel Rgueb El Djemel (960m), Djebel Ouled Selem (921m), Djebel Kelal (941m), et Djebel Houssin (934m).
- **Les bassins intérieurs** : constitués d'une série de dépressions qui s'étend de Ferdjioua (wilaya de Mila) à Zighoud Youcef et limitée au Sud par les hautes plaines ; cet ensemble est composé de basses collines entrecoupées par les vallées du Rhumel et de Boumerzoug, les cuvettes intérieures sont occupées par la céréaliculture et les terrains de parcours avec des pentes comprises entre 3 et 25%.

- **Les hautes plaines :** situées au sud de la wilaya entre les chaînes de l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, dont l'altitude varie entre 750 et 950 mètres, elles s'étendent sur les communes de Aïn Abid et Ouled Rahmoune. Les hautes plaines sont occupées essentiellement par la céréaliculture avec des pentes comprises entre 3 et 20%.

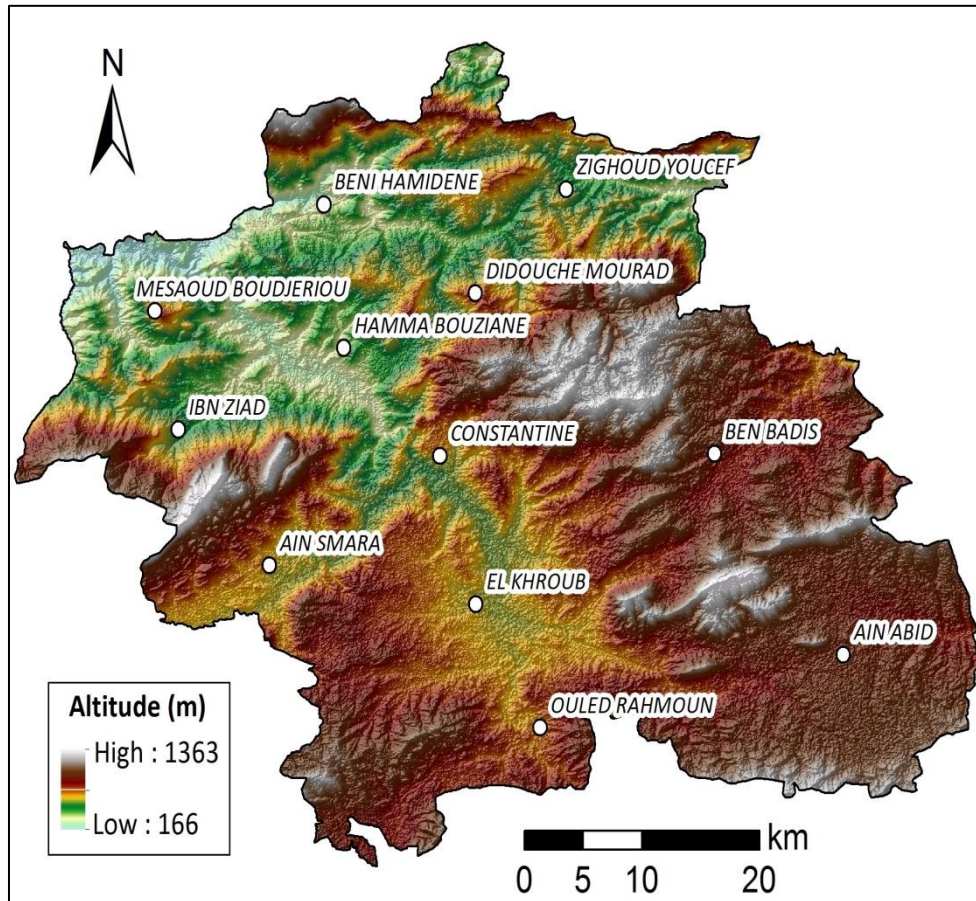


Figure 10 : Carte du relief de la wilaya de Constantine (MNT: ASTER GDEM V.2)

II.1.3. Le climat

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

La moyenne pluviométrique annuelle varie de 500 à 600 mm/an, les précipitations sont très variables en allant du Nord au Sud. Elles ont un rôle principal dans la régénération des réserves d'eau. La moyenne annuelle des jours pluvieux est de 40 à 60 jours. Elles sont caractérisées par leur répartition irrégulière dans l'espace et dans le temps, souvent elles sont sous forme de grandes averses avec des inondations instantanées.

II.2. Sources des données utilisées

II.2.1. La carte d'occupation du sol

L'occupation du sol est une description physique de l'espace, elle est définie comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées, c'est-à-dire ce qui recouvre le sol. On distingue ainsi plusieurs catégories biophysiques : la végétation (arbres, buissons, champs, pelouses), les sols nus (même s'il s'agit d'un manque de couverture), les surfaces dures (roches, bâtiments), les surfaces humides et les plans d'eaux intérieures.

Par conséquent, L'occupation des sols est « observée », c'est-à-dire scrutée par différentes « sources d'observation » situées à plus ou moins grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les photographies aériennes, les sondes satellites (FAO, 2011).

Dans cette étude, nous avons utilisé la base de données géographique, qui a été réalisée préalablement par (Gana, 2018), afin d'extraire les classes d'occupation du sol (sous format vecteur), cette base de données est tout ensemble de connaissances classées sous forme de fichiers (brutes ou traitées) et consultables à partir de critères précis.

II.2.2. Les données récoltées auprès des institutions locales

Les données statistiques ont été récoltées auprès des institutions et services agricoles comme l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) et la chambre d'agriculture de la wilaya de Constantine, afin de construire une base de données multi-thèmes. Cette étape représente une phase importante dans la réalisation de ce travail. Nous avons utilisé aussi les travaux de recherche effectués sur le périmètre de notre zone d'étude.

II.2.3. Outils de Géo- traitement

II.2.3.1. 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 créer un environnement pluri-secteurs. Il

réunit un environnement de visualisation performant et une puissante infrastructure d'analyse et de modélisation spécialement adaptée à la géographie.

Dans ce projet, tous les traitements des données spatiales ont été effectués à l'aide du Système d'Information Géographique ArcGIS 10.3, qui constitue une famille de logiciels développés par la compagnie américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute) leader mondial des SIG. Il comprend une suite d'applications intégrées les unes aux autres qui sont ArcMap, ArcToolbox et ArcCatalog.

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

II.2.3.2. 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 calcul.
- Calcul du critère d'évaluation (Coefficient de corrélation) lors de l'analyse des résultats finals.

II.3. Import de données attributaires suivi d'une jointure

La jointure attributaire permet de joindre une table attributaire (ne comportant pas d'objets géométriques, par ex. un fichier .CSV) avec une couche vectorielle géographique déjà chargée dans ArcGIS.

Nous avons importé les données attributaires contenus dans le fichier CSV (qui contient le rendement de blé dur par commune et la quantité des engrais et des pesticides apportée entre 2000 et 2020) (Fig.11) et de le joindre à la couche de découpage administratif de la zone d'étude (Fig.12) pour faciliter l'analyse spatiale des données (Fig.13)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	x	y	COMMUNE	type	Superficie(ha)2000	production (Qx)2000	Rendement (Qx/Ha)2000	Superficie (ha)2001	production (Qx)2001
1	6,944938	36,228957	AIN ABID	blé dur	3650	34000	9,315068493	3471	43000
2	6,505397	36,286461	AIN SMARA	blé dur	550	9200	16,72727273	877	13000
4	6,846263	36,358434	BEN BADIS	blé dur	1100	11800	10,72727273	1913	24800
5	6,54702	36,519584	BENI HAMIDENE	blé dur	1480	18000	12,16216216	1296	20000
6	6,635867	36,357108	CONSTANTINE	blé dur	500	4800	9,6	254	3000
7	6,663194	36,462036	DIDOUCHE MOURAD	blé dur	1700	22000	12,94117647	1596	22500
8	6,663439	36,261579	EL KHROUB	blé dur	1800	27400	15,22222222	1999	29560
9	6,562463	36,426869	HAMMA BOUZIANE	blé dur	580	8100	13,96551724	595	7800
10	6,435344	36,374294	IBN ZIAD	blé dur	1600	19500	12,1875	1799	
11	6,41763	36,450652	MESAOU DBOUDJERIOU	blé dur	1390	15200	10,9352518	1291	
12	6,712709	36,181727	OULED RAHMOUN	blé dur	1150	15800	13,73913043	1799	
13	6,732777	36,529198	ZIGHOUD YUCEF	blé dur	2900	36500	12,5862069	2790	

Figure 11 : Données attributaires enregistrées sous format CSV

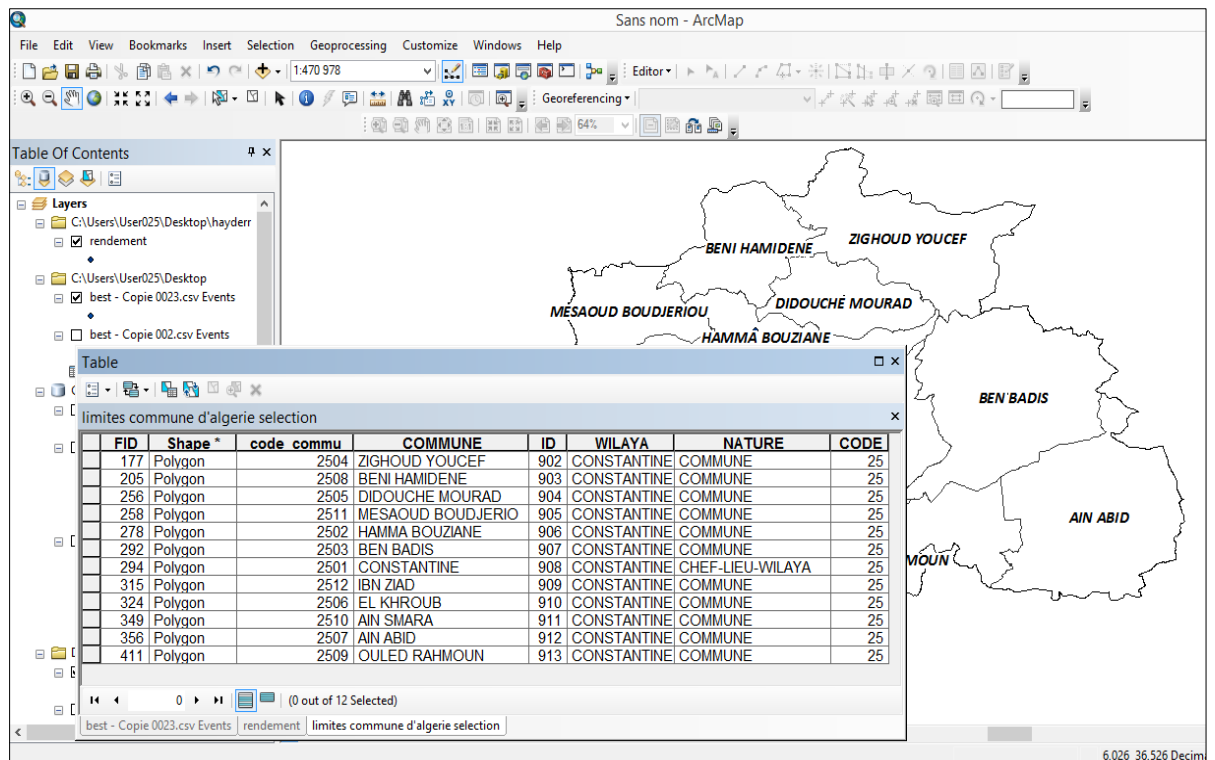


Figure 12 : Table attributaire (découpage administratif) de la zone d'étude

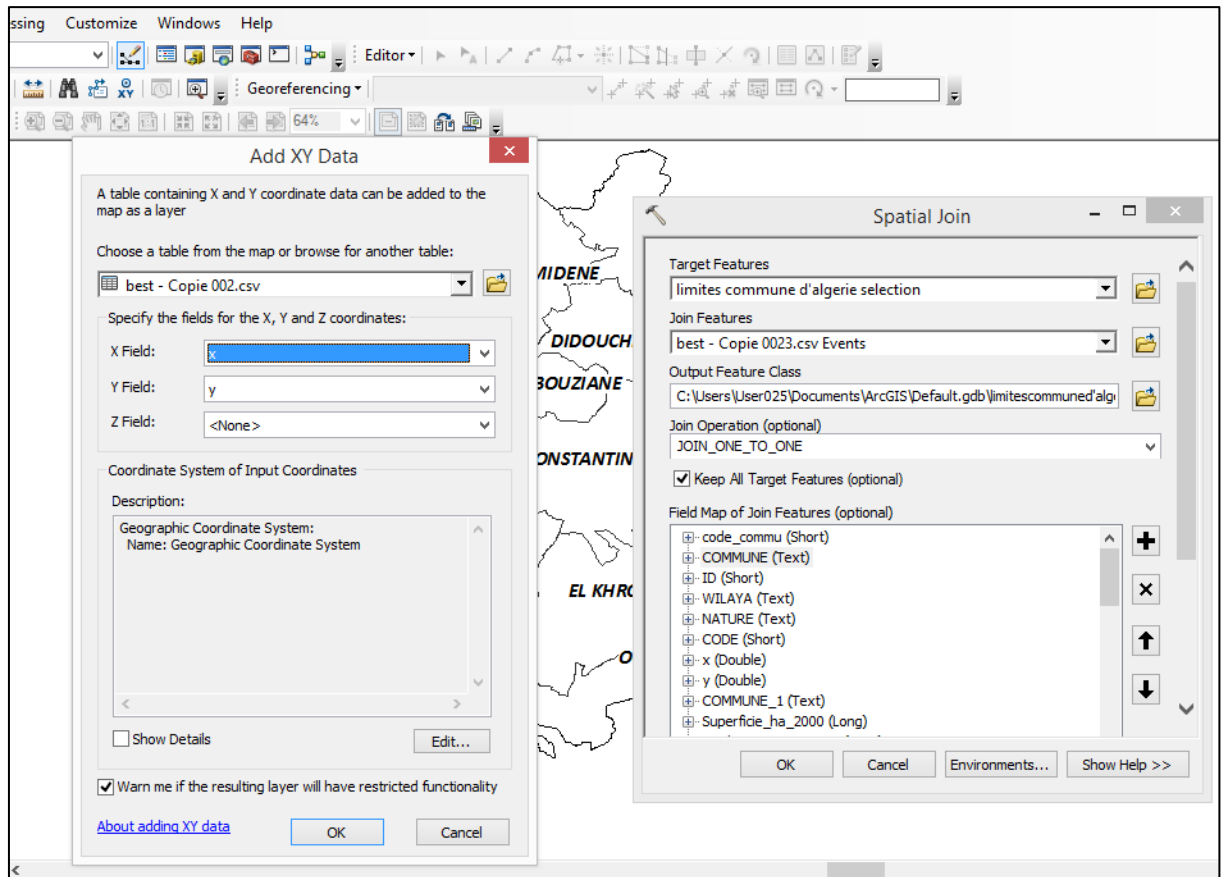


Figure 13 : Les outils utilisés pour la jointure attributive (ArcToolbox)

Table initiale

Données jointes

COMMUNE	type	Superficie(ha)2000	production (Qx)2000	Rendement (Qx/Ha)2000	Superficie (ha)2001	production (Qx)2001	Rendement(Qx/Ha)2001
AIN ABID	blé dur	3650	34000	9,315068	3471	43000	12,388361
AIN SMARA	blé dur	550	9200	16,727273	877	13000	14,823261
BEN BADIS	blé dur	1100	11800	10,727273	1913	24800	12,963931
BENI HAMIDENE	blé dur	1480	18000	12,162162	1296	20000	15,432099
CONSTANTINE	blé dur	500	4800	9,6	254	3000	11,811024
DIDOUCHE MOURAD	blé dur	1700	22000	12,941176	1596	22500	14,097744
EL KHROUB	blé dur	1800	27400	15,222222	1999	29560	14,787394
HAMMA BOUZIANE	blé dur	580	8100	13,965517	595	7800	13,109244
IBN ZIAD	blé dur	1600	19500	12,1875	1799	24000	13,340745
MESAOUUD BOUDJERIOU	blé dur	1390	15200	10,935252	1291	16700	12,935709
OULED RAHMOUN	blé dur	1150	15800	13,73913	1799	23000	12,78488
ZIGHOUDJ	blé dur	2900	36500	12,586207	2790	33440	11,985663

Figure 14 : Résultat de la jointure

Chapitre III :

Résultats et

discussion

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1. Répartition des terres dans la wilaya de Constantine

A partir de base de données géographique déjà élaborée par (Gana, 2018) et de SIG, nous avons mis en évidence les grandes recompositions spatiales des différents types d'occupation du sol ainsi que leur surface pour l'ensemble d la zone d'étude.

L'occupation du sol de la wilaya de Constantine est dominée par les zones agricoles, la figure (15) illustre les résultats obtenus :

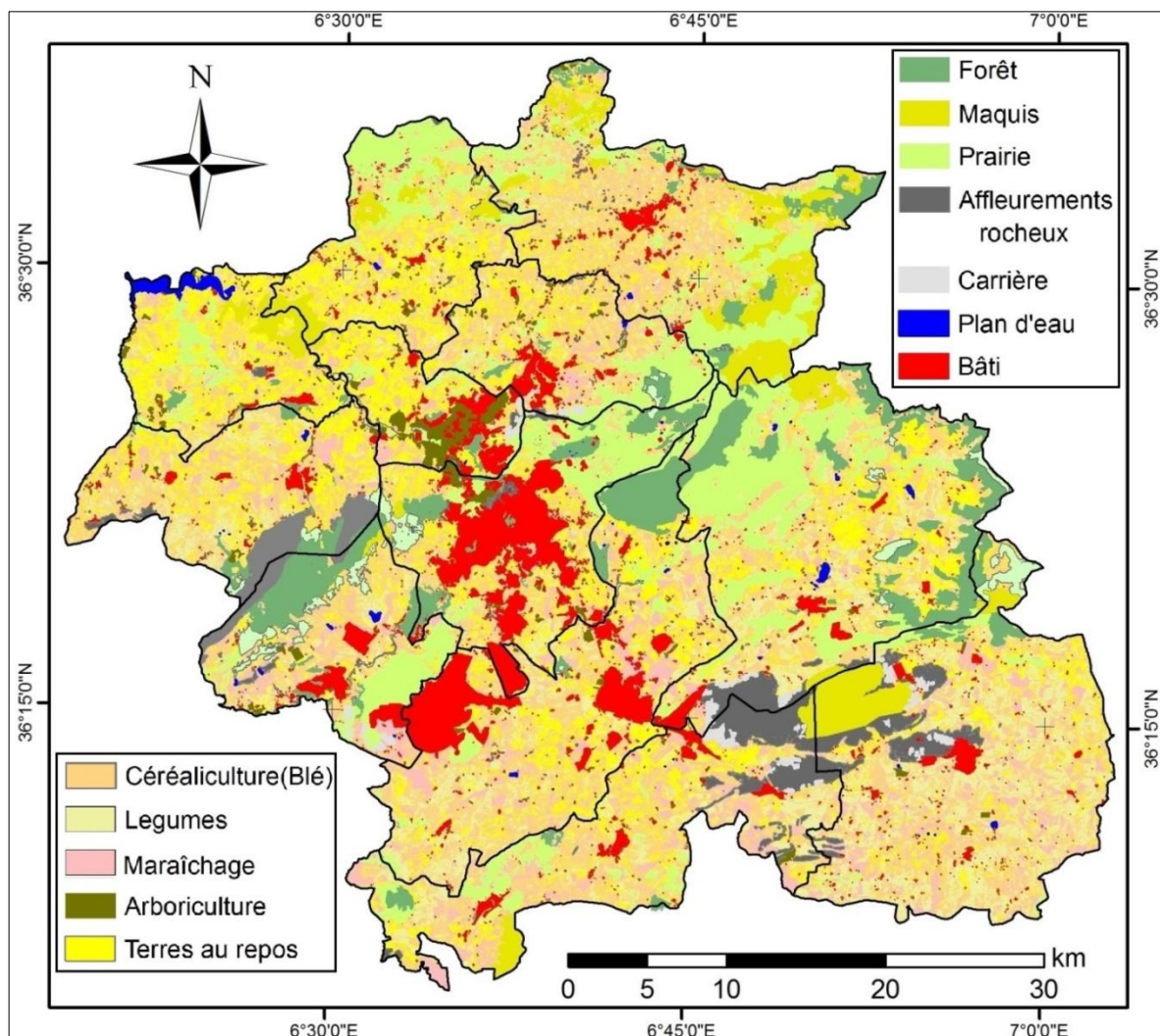


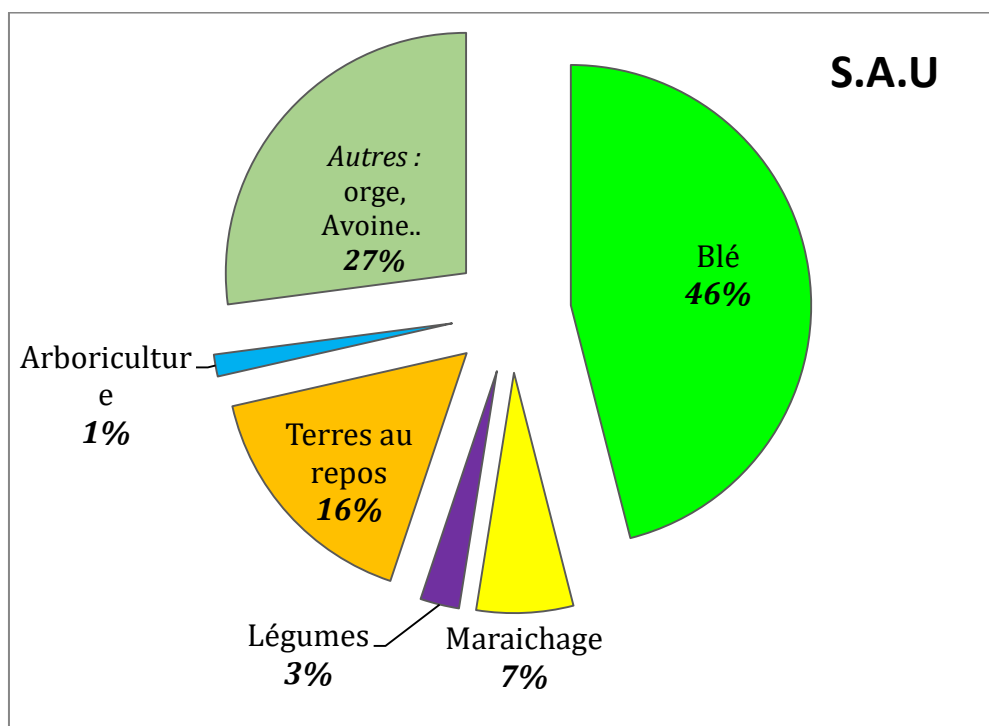
Figure 15 : Carte d'occupation du sol de la Wilaya de Constantine (2020)

La répartition générale des terres dans la wilaya de Constantine se caractérise par l'importance de la surface agricole utile (SAU) qui représente une superficie totale de 141.828 ha, soit 64.85% de la surface totale de la wilaya (tableau 04)

Tableau 04 : Répartition générale des terres en hectares (ha)

Occupations		Surface (ha)	Surface (%)
S.A.U.	Blé	65264	29,84
	Maraichage	9229	4,22
	Légumes	3718	1,70
	Terres au repos	23124	10,57
	Arboriculture	2089	0,96
	Autres	38404	17,56
Prairie		26997	12,34
Forêts		24354	11,14
Maquis		4578	2,09
affleurement rocheux		5872	2,68
Carrière		1102	0,50
Plan d'eau		584	0,27
Terrains Urbains		13385	6,12
Surface totale		218700	100

Le blé occupe 46% de la SAU avec environ 65 264 ha, ce qui confirme la vocation céréalière de la wilaya (Figure 17), alors que les maraichages, légumes et l'arboriculture occupent des surfaces très réduites : 4.22%, 1.7%, et 0,96% respectivement (Figure 16).

**Figure 16** : Répartition de la SAU en (%)

III.2. Evolution de la production du blé dur

Les superficies consacrées au blé dur dans la wilaya de Constantine ont augmenté de près de 275 % entre 2000 et 2019 (de 18.400 ha en 2000 à 50.550 ha en 2019) (Fig.17). L'analyse de la production du blé dur fait apparaître une importante variation d'une année à l'autre. La production est généralement supérieure de 01 millions de quintaux depuis le début des années 2012, contre seulement 104.950 qx au début des années 2000 (tableau 05).

Le rendement le plus faible est toujours enregistré durant l'année (2002), qui est de 8.93 qx/ha. Alors que le meilleur rendement est obtenu en 2018 avec plus de 35 qx/ha (Fig.18).

Tableau 05 : Evolution de la production du blé dur dans la wilaya de Constantine

Années	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2000	18400	222300	12,08
2001	19680	260800	13,25
2002	11746	104950	8,93
2003	17368	306750	17,66
2004	17398	290330	16,69
2005	27470	368400	13,41
2006	30955	521950	16,86
2007	29235	627040	21,45
2008	30520	624550	20,46
2009	32200	700157	21,74
2010	39539	882540	22,32
2011	41342	935150	22,62
2012	42964	1028692	23,94
2013	43832	1043700	23,81
2014	44903	1083100	24,12
2015	46490	824179	17,73
2016	46290	1207325	26,08
2017	50550	763977,73	15,11
2018	53897,4	1907807,6	35,40
2019	60234,9	1780624	29,56

Source : Chambre d'agriculture de la wilaya de Constantine : 2020

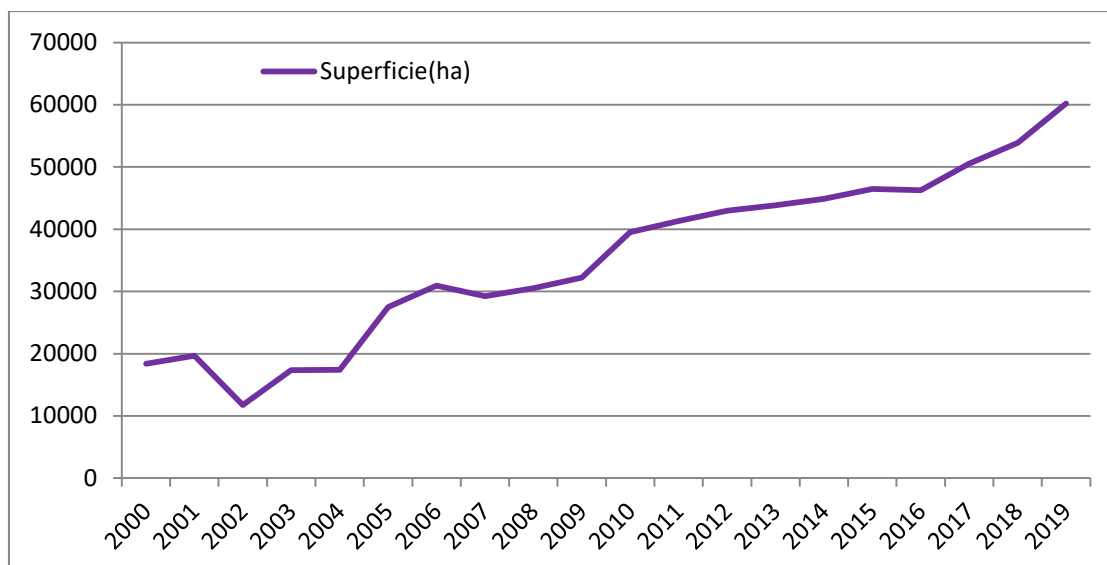


Figure 17 : Evolution des surfaces consacrées au blé dur dans la wilaya de Constantine entre (2000-2019)

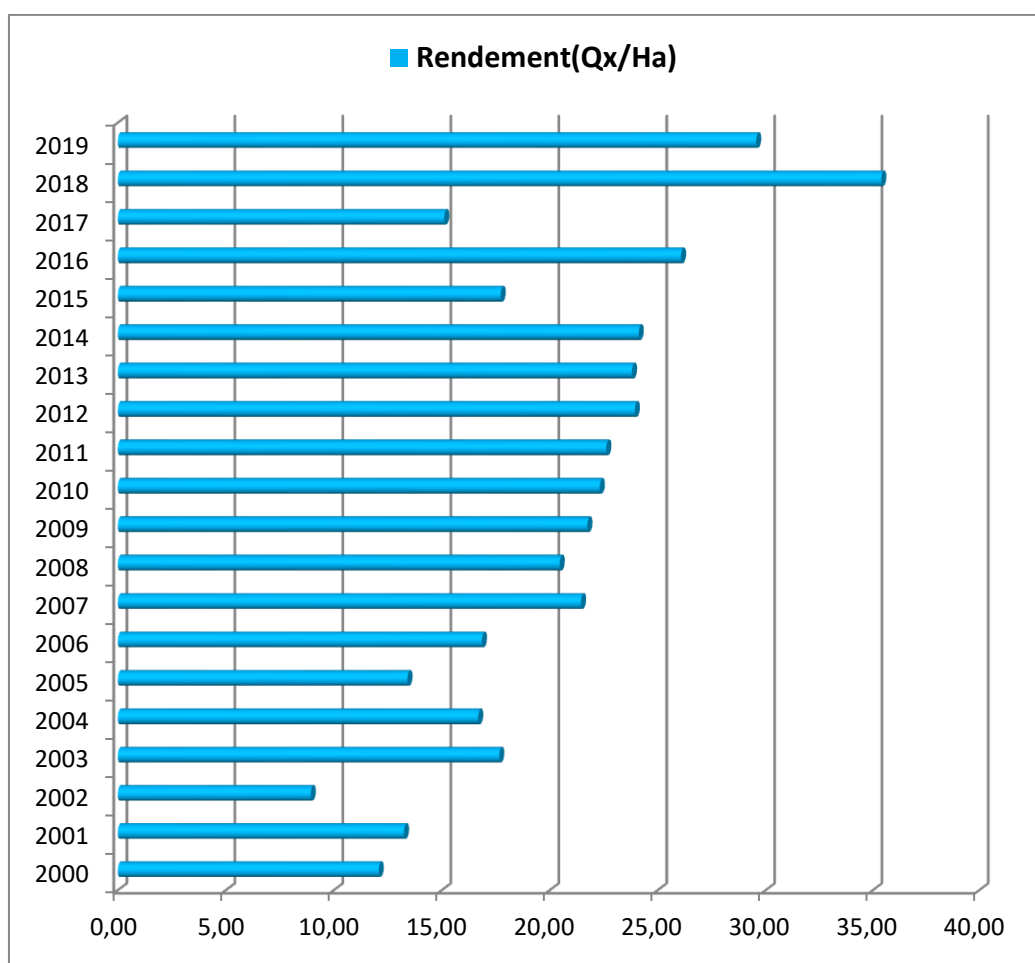


Figure 18 : Fluctuations du rendement de blé dur dans wilaya de Constantine entre (2000-2019)

La région sud de la zone d'étude recèle un potentiel agricole énorme, elle occupe plus de 51% de surfaces consacrées au blé dur dans wilaya (Fig.19), répartis entre la commune de Ain Abid (12.089 ha), El khroub (7.052 ha), Ouled Rahmoune (6.282 ha) et Ben badis (4.945 ha).

Les superficies emblavées en blé dur dans ces régions connaissent une augmentation notable, cette augmentation est traduite par une hausse des productions (Fig.19,20). Les rendements sont bons, compte tenu du climat et de la nature pédologique du sol dans ces régions (Fig.22)

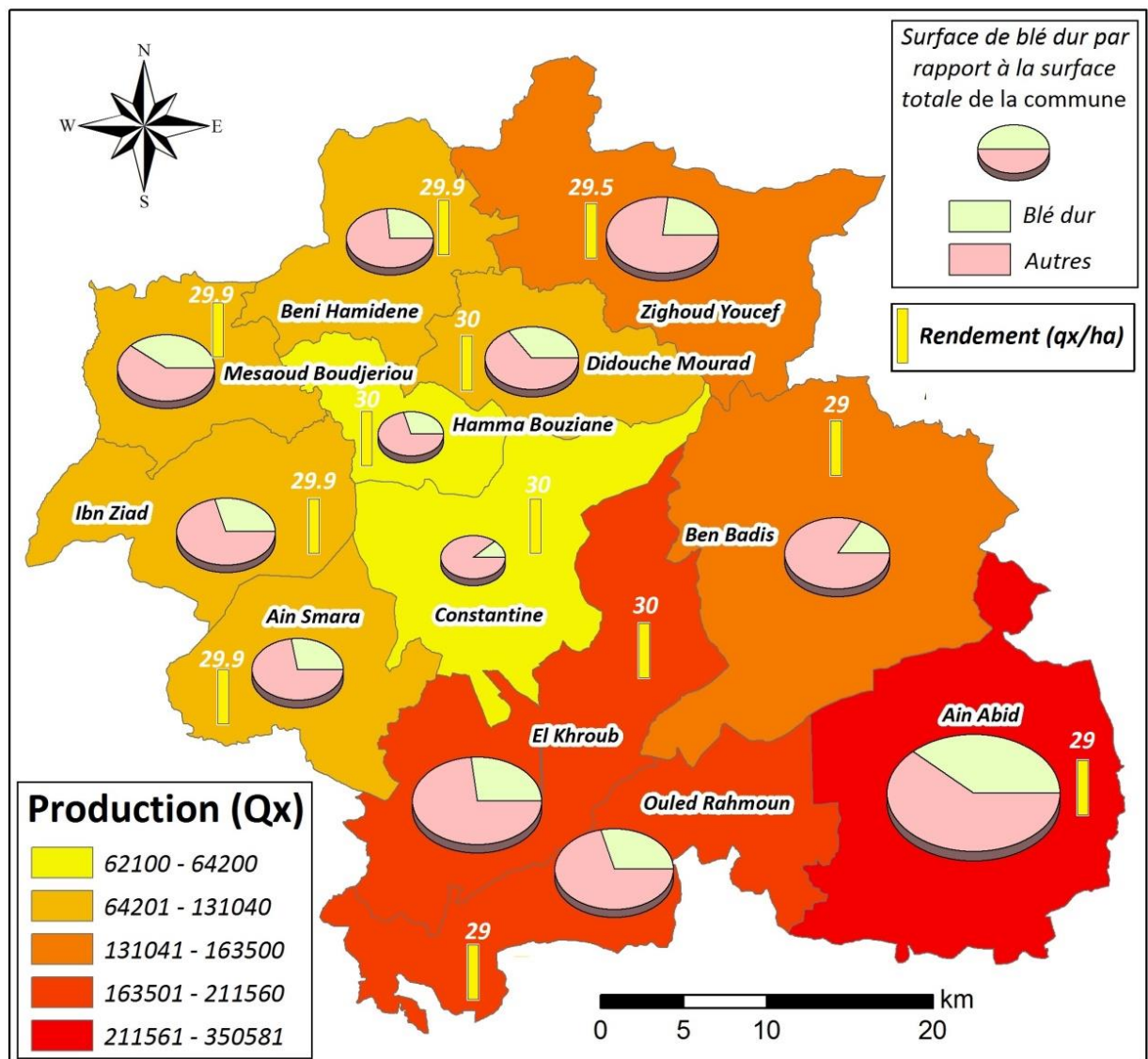


Figure 19 : Production et rendement de blé dur dans la wilaya de Constantine

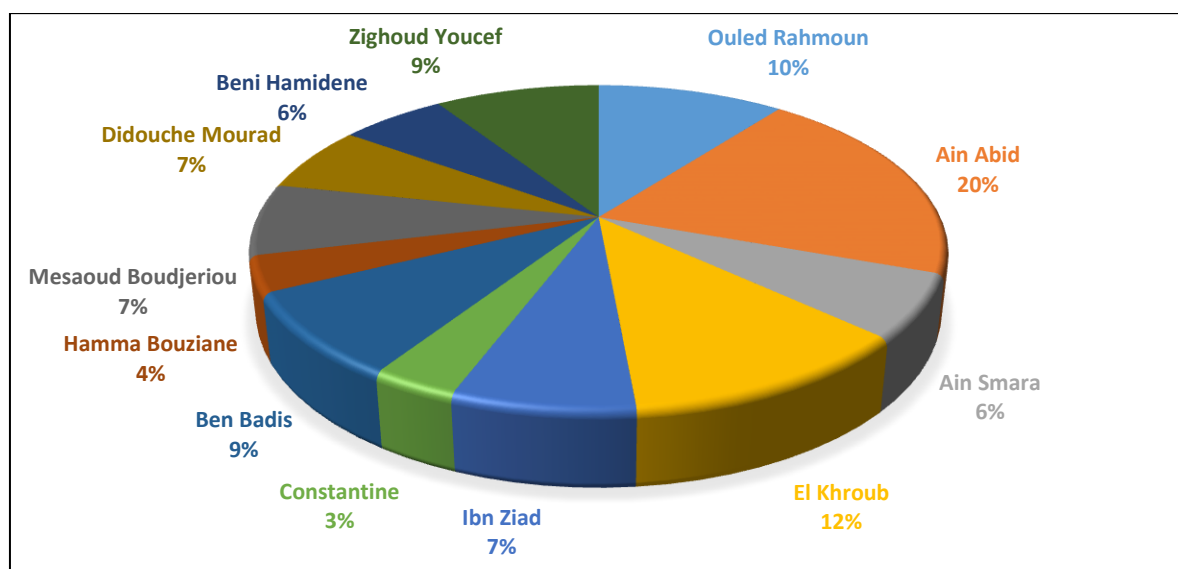


Figure 20 : Répartition des surfaces consacrées au blé dur par commune (%)

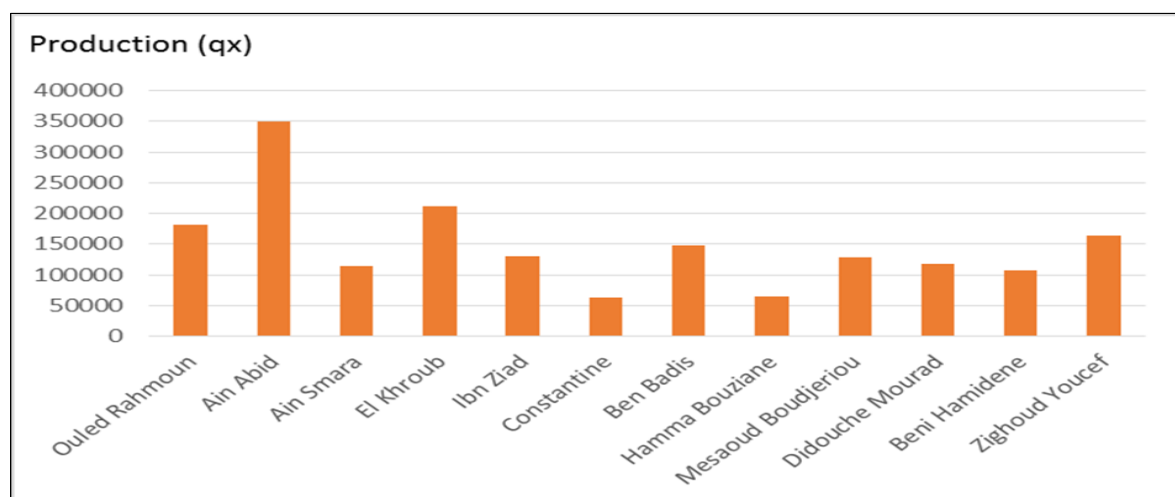


Figure 21 : Production de blé dur par commune

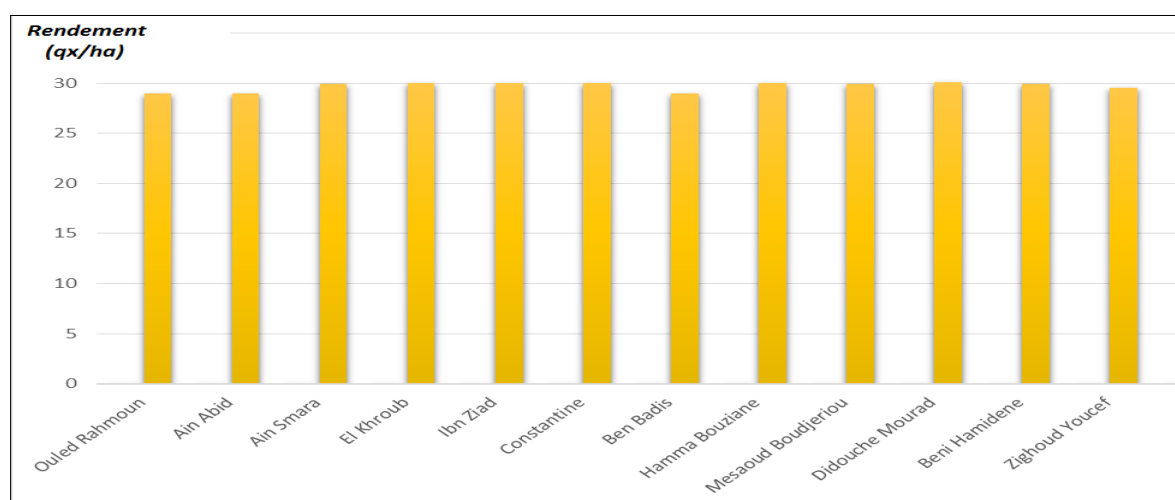


Figure 22 : Rendement de blé dur par commune

III.3. Quantités des engrais apportées

Selon les données disponibles et collectées pour la période 2015-2020, les engrais les plus utilisés sont les engrais minéraux simples Azotés (N) et engrais Minérales Composés (NPK). Pour des raisons de disponibilité sur le marché et d'autres raisons (dont le prix, le transport, etc.),

Les quantités d'engrais apportées sont variables aussi bien dans le temps que dans l'espace (Fig 23, 24). La quantité est généralement supérieure de 30.000 quintaux à Ain Abid et Ben Badis, contre seulement 7.100 quintaux dans la commune de Constantine.

Il faut noter que ces quantités n'étaient, en aucun cas, définies ni en fonction des quantités d'éléments présentes dans le sol, ni en fonction des propriétés des sols, notamment leur possibilité de stockage et leur pouvoir fixateur.

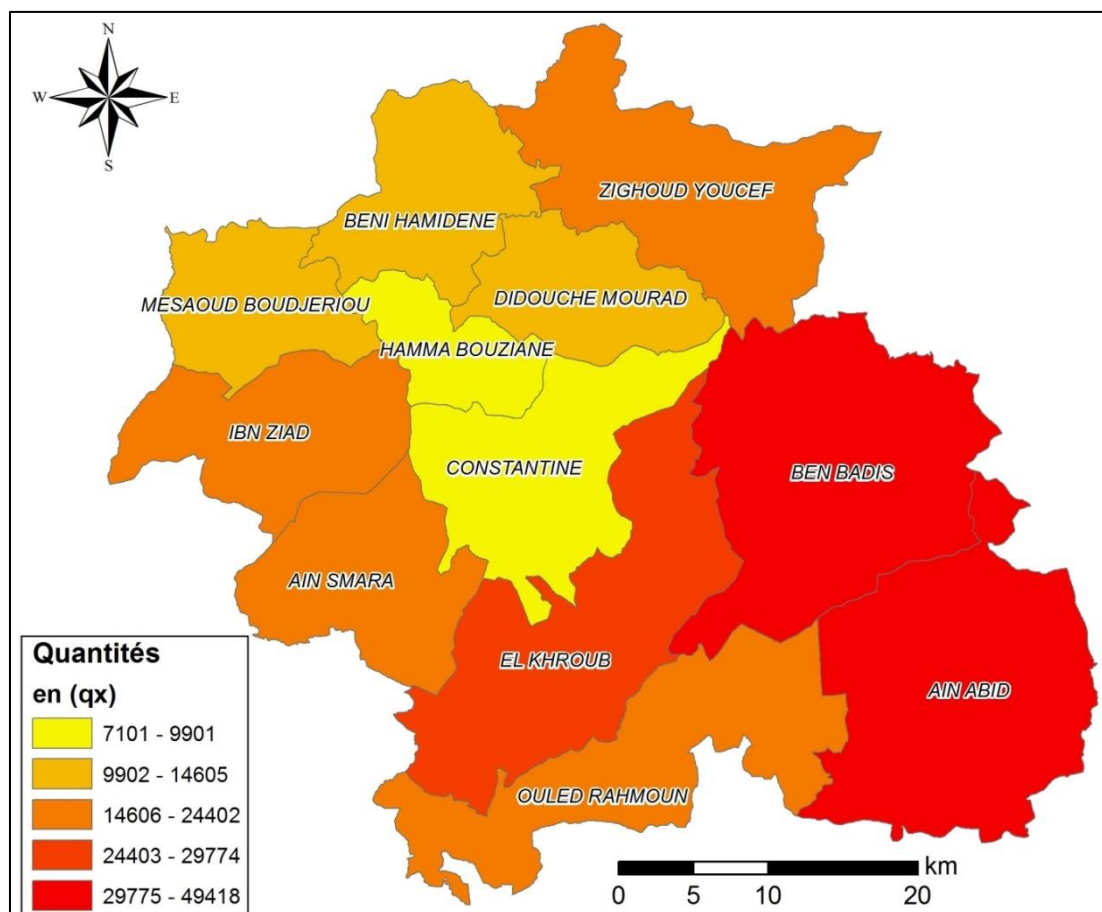


Figure 23 : Quantités d'engrais apportées en (qx)

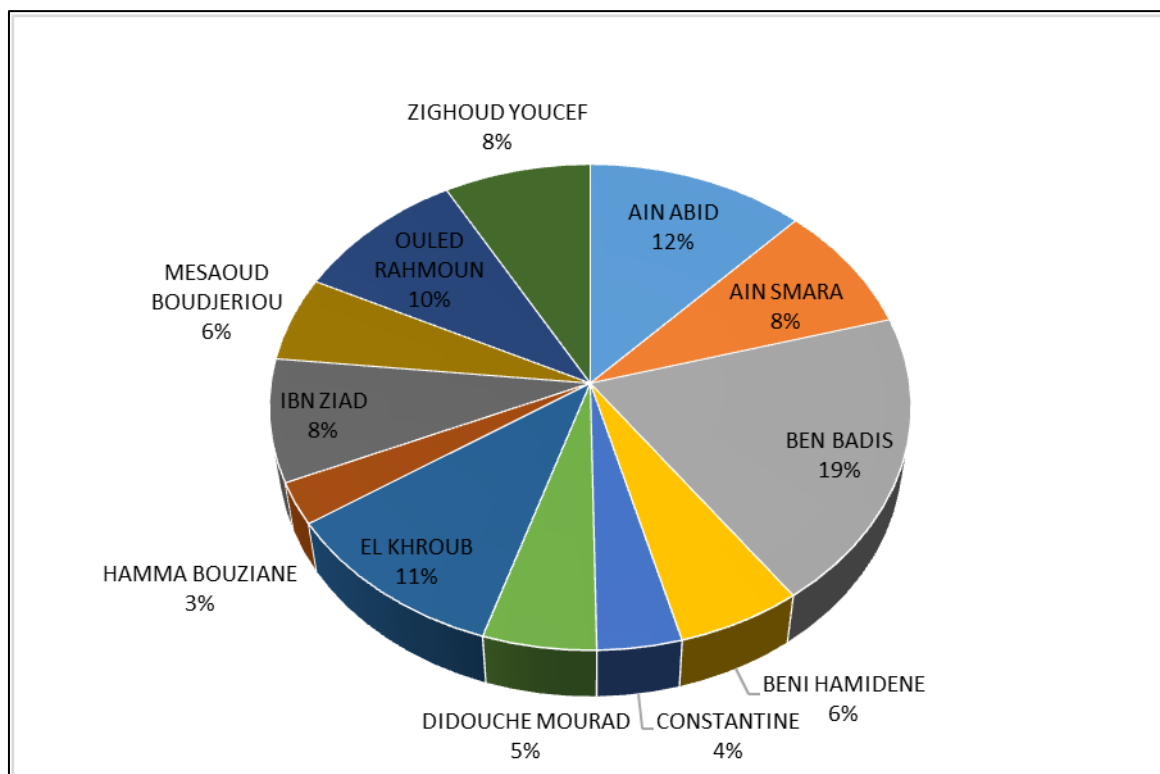


Figure 24 : Quantités des engrais apportées par commune en (%)

La production de céréales varie fortement d'une année à l'autre, surtout à cause des conditions climatiques, mais, suivant les statistiques de la chambre d'agriculture de la wilaya, la tendance vers une augmentation des engrais apportées est claire (Fig.25).

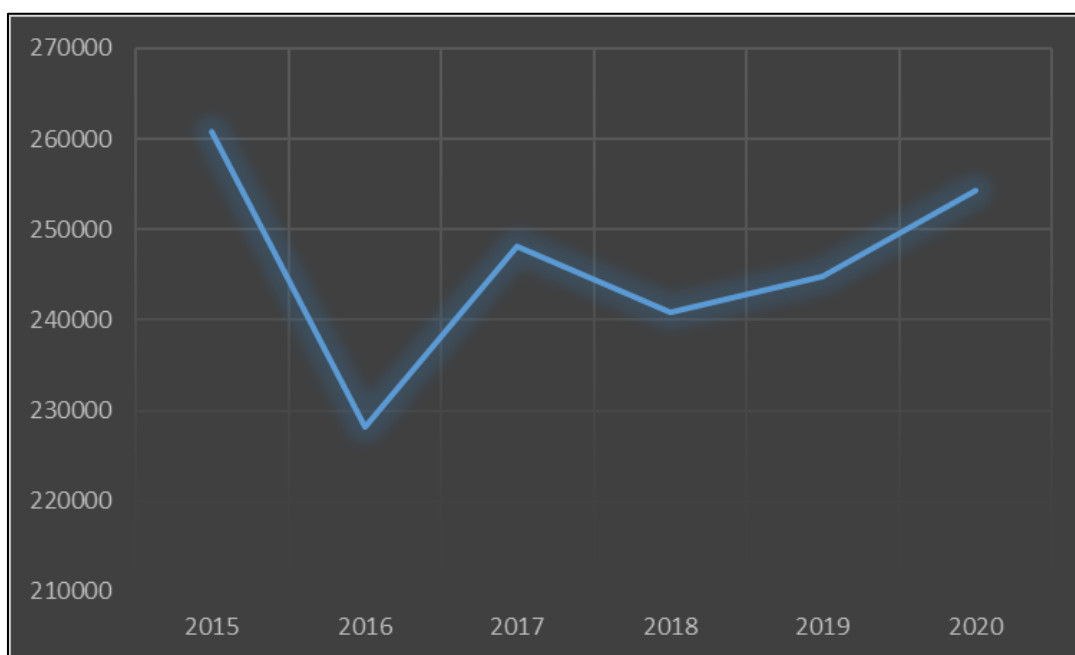


Figure 25 : Evolution de la consommation des engrais dans la wilaya de Constantine en (qx) (2015-2020)

III.4. Quantité de pesticides utilisés

La fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides: Asmidal, Moubydal. Mais avec l'économie de marché actuelle, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et divers produits apparentés. Ainsi, environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs.

Ces pesticides ne sont pas appliqués au hasard mais selon certaines conditions où chaque pesticide est caractérisé par la dose et la période de son utilisation et leur durée avant la récolte .

Les régions les gourmandes en produits phytosanitaires varient considérablement d'une communes à l'autre selon les propriétés physico-chimiques du sol.

Les résultats montrent que la commune de Ain Abid représente le 1er consommateur de pesticides avec environ 27% de la consommation annuelle de la wilaya .Suivi par El Khroub (12%) et Ouled Rahmoune (10%) (Fig.26 et 27)

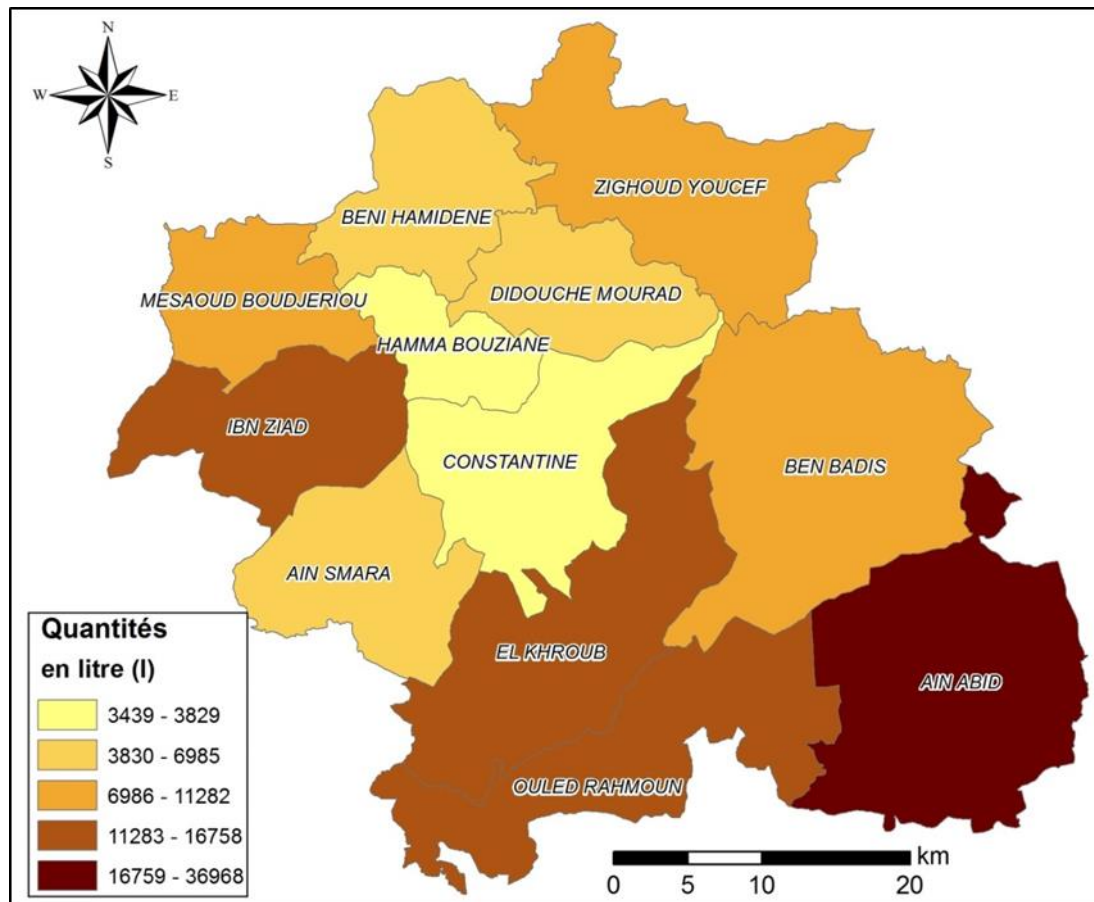


Figure 26 : Répartition des pesticides utilisés en litre (l)

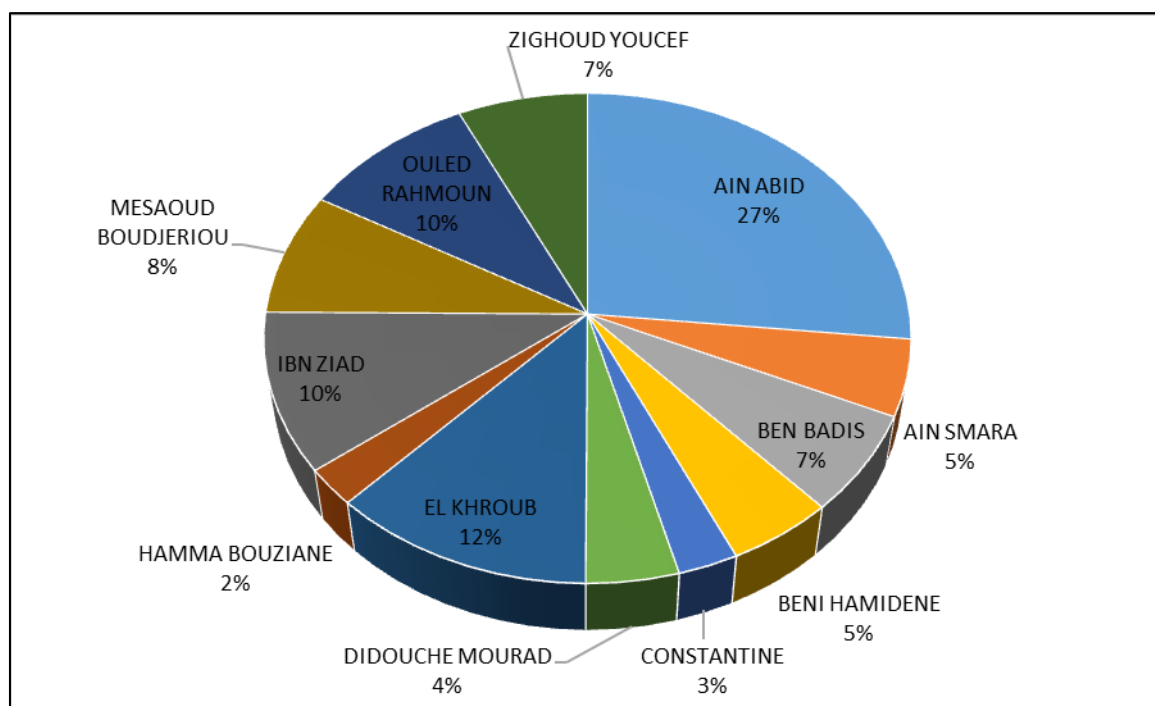


Figure 27 : Quantités des pesticides utilisées pour chaque commune en (%)

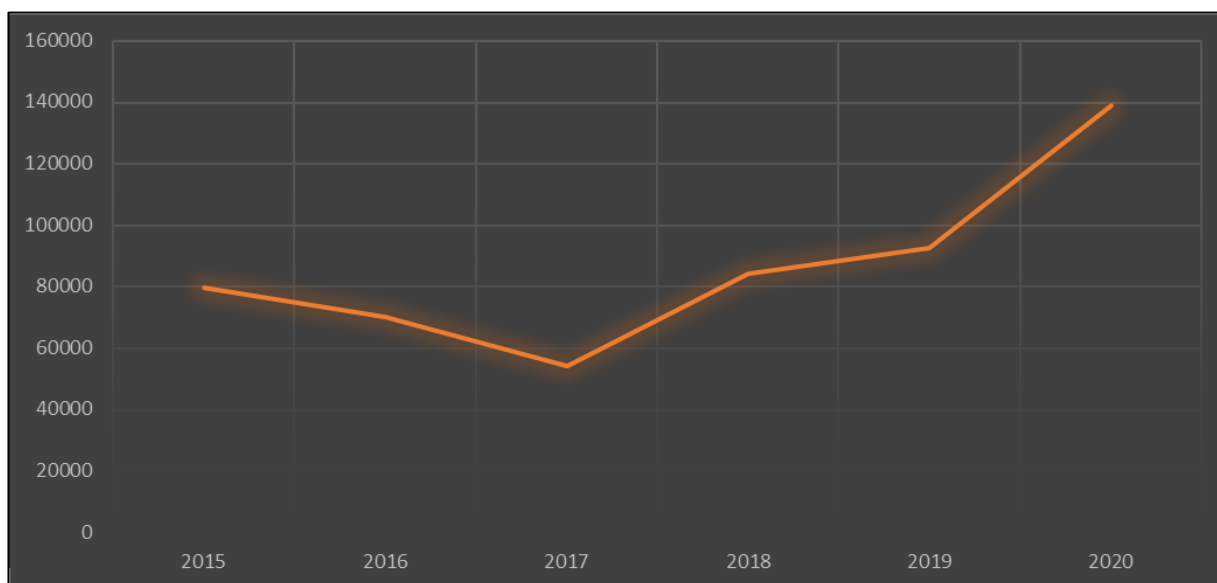


Figure 28 : Evolution de la consommation des pesticides dans la wilaya de Constantine en (l) (2015-2020)

III.5. L'impact des engrais et produits phytosanitaires sur le rendement de blé dur

Les figures (28 et 29) nous apporte l'impact des engrais et produits phytosanitaires sur le rendement de blé dur dans la wilaya de Constantine durant la période (2015-2020)

La relation entre la quantités des engrais apportées et la production de blé dur est exprimée par le calcul du coefficient de corrélation. Elle est traduite par une valeur moyenne du coefficient de corrélation de l'ordre de (0.34). La liaison entre les deux paramètres n'est formulée que par seulement 12.18% ($R^2 = 0,12$), les 87.92% restant sont indépendants. La figure 29 illustre bien cette relation.

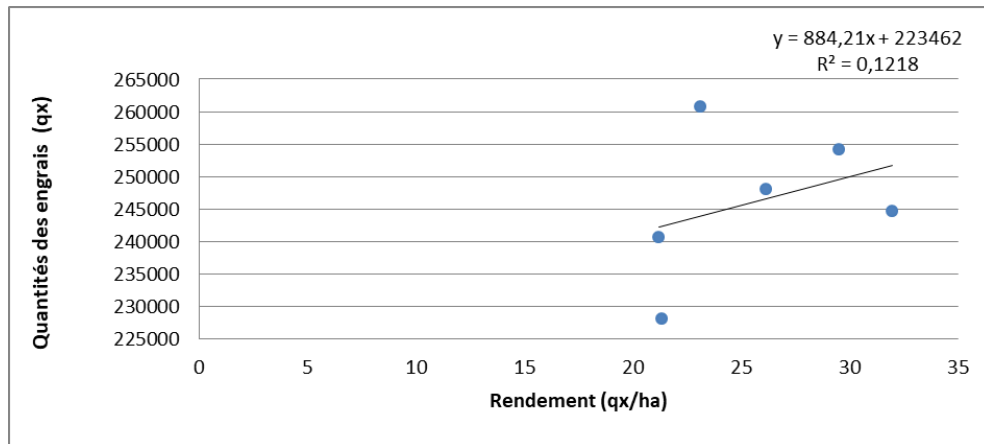


Figure 29 : Coefficient de corrélation entre le rendement de blé dur et la quantité des engrais dans la wilaya de Constantine

Pour les produits phytosanitaires. La liaison entre les deux paramètres est 25 % ($R^2 = 0,25$), les 75% restant sont indépendants. L'observation des courbes de la figure (30) permet de se rendre compte de cette relation entre les deux paramètres.

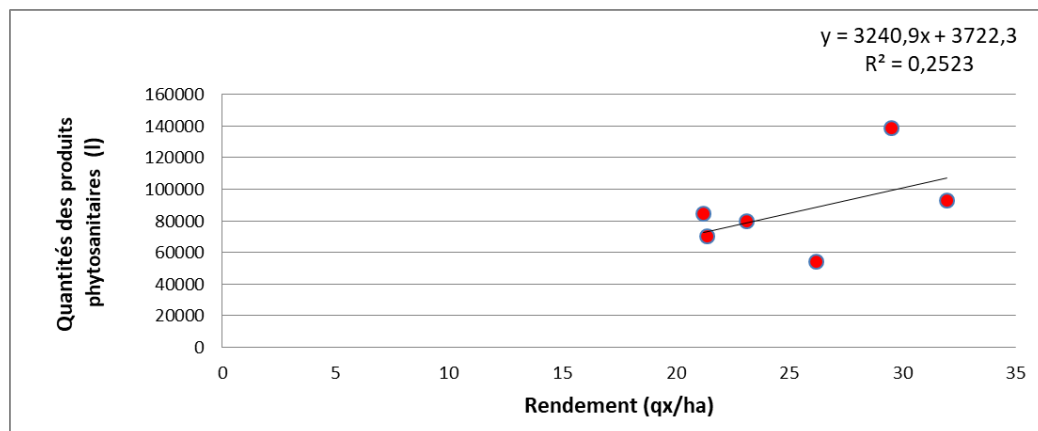


Figure 30 : Coefficient de corrélation entre le rendement de blé dur et la quantité des produits phytosanitaires dans la wilaya de Constantine

III.6. Discussion des résultats

La culture de blé dur est présente dans la quasi-totalité des exploitations agricoles dans la wilaya de Constantine, et sa production connaît de très fortes variations d'une année à l'autre.

L'Algérie, malgré ses richesses, ses potentialités et ses capacités, utilise peu d'engrais comparativement aux autres pays. L'utilisation semble se stabiliser autour de 45 unités d'éléments nutritifs/ha, mais reste en deçà des normes d'intensification des cultures et d'amélioration de la productivité.

Au long des années, ce manque n'est expliqué que par la pluviosité, certes un facteur prépondérant, mais mal mise à profit par la faiblesse d'utilisation des engrais, paramètre essentiel de productivité et de qualité. Actuellement l'agriculture algérienne ne consomme que 100 000 tonnes d'éléments fertilisants environ par an alors que, selon la moyenne mondiale, la consommation devrait se situer à 850 000 tonnes par an (ASMIDAL, 2004)

D'autre part, et dans le but de protéger de blé dur vis-à-vis des bio-agresseurs qui sont en constante évolution, et d'assurer le meilleur rendement en quantité et en qualité pour pouvoir répondre aux exigences du marché, les agriculteurs font recours à l'utilisation d'une gamme assez large de produits phytosanitaires.

De manière générale, le choix des pesticides est fortement lié aux parasites à combattre, au prix, à la formulation ainsi qu'à la disponibilité sur le marché. Malgré les enjeux environnementaux, les produits phytosanitaires se sont révélés très efficaces et fiables pour améliorer le rendement.

A partir des résultats obtenus et les différentes analyses réalisées on peut dire aussi que les variations des rendements de blé dur ne sont pas fortement influencées par les engrais et produits phytosanitaires mais plutôt la pluviométrie.

Selon Messadi, (2009), la pluie est le facteur déterminant des rendements, le blé nécessite entre 400 et 600 mm d'eau de pluie par an, mais celle-ci doit être répartie uniformément durant le développement de la céréale. L'eau a une action indirecte sur les rendements du blé mettant les éléments nutritifs à la disposition de la plante. Elle peut constituer un facteur limitant important dès la germination du blé, ce dernier passe par deux périodes critiques principales à l'égard de l'eau : dans les 20 jours qui précèdent l'épiaison, et l'autre au moment de la maturation. C'est peut-être ce qui explique, dans

notre cas, les mauvais rendements de quelques années malgré des pluies annuelles excédentaires .

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

Le fumier est très recherché en Algérie compte tenu du besoin important mais aussi des techniques d'élevage, qui ne permettent pas souvent une production importante de fumier, une grande partie du cheptel bovin est quasi en permanence dans les maquis et au niveau des forêts, où l'accumulation ou la récupération du fumier est pratiquement très faible (Echab, 2012)

Dans ce contexte, La rotation des cultures présente un procédé par lequel on utilise une succession de cultures sur une même partie de terrain dans le but d'améliorer le rendement et la qualité des récoltes, tout en favorisant une meilleure conservation du sol. Selon Petit et Jobin (2005), la rotation des cultures est une pratique très importante dans l'agriculture moderne. Les grandes cultures après une rotation, bénéficie de plusieurs avantages :

- ✓ Apportées la bonne quantité des éléments nutritifs pour la plante (recyclage des éléments provenant des résidus laissée par les cultures précédentes) ;
- ✓ Importer de l'azote dans le sol après une implantation de culture fixatrice d'azote comme les légumineuses ;
- ✓ Protéger les sols contre l'érosion et le lessivage des éléments fertilisants solubles dans le sol notamment les reliquats d'azote et de potasse ;
- ✓ Augmenter la matière organique dans le sol ;
- ✓ Aide à la gestion des mauvaises herbes et réduire l'incidence des maladies et insectes.

Pour assurer une rotation efficace est rentable il faut prendre en compte les aspects suivants (Bonte, 2010) :

- ✓ Le choix de la culture (l'interaction entre la culture et le milieu) ;
- ✓ La prise en compte de la spécificité de chaque culture ;
- ✓ Respecter quelque règle d'alternance des cultures exemple : rotation par légumineuse et culture exigeante en azote comme le blé dur, cultures d'hiver et d'été pour rompre le cycle des bio-agresseur, culture salissante et nettoyante, culture d'enracinements pour améliorés la gestion des nutriments et la structure de sol.

Conclusion

Conclusion

Le blé dur est un secteur de production important dans l'économie de notre pays, Au cours des dernières années, l'Algérie a connu des variations climatiques spatiales et temporelles qui limitent le rendement. Ces fluctuations engendrent des importations conséquentes, qui peut atteindre jusqu'à 60% des céréales consommées annuellement.

A travers cette étude, nous avons essayé, en utilisant plusieurs sources de données, de cartographier et de spatialiser la quantités des engrais et des produits phytosanitaires apportées pour chaque commune de la wilaya de Constantine sur une superficie totale de 225 548 ha. Les principaux objectifs ont été réalisés à savoir d'une part, réaliser des cartes représentatives , et d'autre part, démontrer l'impact des engrais et des produits phytosanitaires sur les rendements de blé dur dans la wilaya . Toutes ces données ont été structurées sous forme de couches thématiques et stockées au niveau d'une base de données géographiques,

les différentes analyses réalisées indiquent que les variations des rendements de blé dur dans la wilaya de Constantine ne sont pas fortement influencées par les engrais et les produits phytosanitaires utilisés, mais plutôt par la pluviométrie saisonnière (mars, avril, et mai).

La constitution de bases de données a référence spatiale pour l'ensemble des facteurs intervenants dans le rendement de blé dur selon la spécificités de chaque commune est un passage obligatoire dans la gestion des terres agricoles, la masse de données générées par ces nouvelles technologies doit être contrôlée et validée; donc, toutes les données collectées doivent être stockées et archivées pour mieux comprendre la variabilité spatio-temporelle. ce qui permettre aux décideurs de disposer d'informations précises et actualisées pour la gestion rationnelle des terres agricoles de la wilaya de Constantine.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- ✚ **Aknouche D, Laib R, 2017.** Amélioration de la production du blé dur : cas de la zone sud de Constantine. Mémoire de Master .Spécialité : Biologie et génome végétale Université des frères Mentourie Constantine 1. p.23.

- ✚ **Aprifel, 2004.** <https://www.aprifel.com/fr/> (consultée le 02 mai 2021)

- ✚ **Bebba S, 2011.**Essai de comportement de deux variété de blé dur (*Triticum durum* L.var.Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla.

- ✚ **Bonnefoy, 2013.** Encyclopédie de L'Agora pour un mode durable. In Agora Québec. Brève histoire de l'utilisation des pesticides du soufre au glyphosate en passant par le DDT .Economie et écologie http://agora.qc.ca/documents/breve_histoire_d_utilisation_des_pesticides_du_soufre_au_glyphosate_en_passant_par_le_ddt (Page consultée le 17 mai2014)

- ✚ **Boussouf R, 2012.** Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive. Laboratoire d'Aménagement du territoire, Université de Constantine, Algérie.

- ✚ **FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2003.** Les perspectives à long terme. Perspectives agricoles. In : Agriculture mondiale : horizon 2015/2030 (Rapport abrégé)

- ✚ **FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2001.** "Global Forest Resources Assessment 2000: Main Report". Rome, Food & Agriculture Organization of the United Nations, 512 p.

- ✚ **FAOSTAT en ligne. 2016.** <http://faostat.fao.org/>.(consultée le 28 mai 2021)

- ✚ **Garcia F, Cortes S, Oyarzun J, Ceruelo A, et Vazquez P, 2012.** Pesticides : Classification, Uses and Toxicity. Measures of Exposure and Genotoxic Risks , Article, Journal of Research in Environmental Science and Toxicology.p.05

- ✚ **Gagné C, 2016.** L'utilisation des pesticides en milieu agricole : Mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire Québécois P7

- ✚ **Hacini N, 2014.** Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet del'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudesadaptatives et qualitatives. Mémoire de master .Universite Badji Mokhtar – Annaba. p .58.

- ✚ **Hateb A, Mbengue M, Noubatare N, Faye S, et Niang Y, 2012 :** Pollution du Sol par les Pesticides et les Engrais, Rapport, p.14 .

- ✚ **Petit J et Jobin P. 2005.** La fertilisation organique des cultures. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 24p

- ✚ **Moule C, 1980.** Les céréales. Ed. Maison rustique. Paris. 318p.

- ✚ **Muryel J, 2014.** https://www.lesechos.fr/12/09/2014/LesEchos/21770-121ECH_cereales---l-ampleur-des-stocks-mondiaux-fait-plonger-lescours.html (consulté le 07 mai 2021).

- ✚ **N'Goné A, 2014.** Etude sur l'utilisation des engrais biologiques dans l'agriculture au sudbenin: cas du produit agro bio. Memoire pour l'obtention du master en ingenierie de l'eau et de l'environnement option: eau et assainissement. p.04

- ✚ **Pimentel D, 1995.** Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8, 17- 29

- ✚ **Ria F, Mesté L, Dizier M, 2016.** Les conséquences des intrants sur l'environnement <https://lesintrants.wordpress.com> (consulté le 11 mai 2021).

- ✚ **Rousseau A, Grenier L, et Quilbe R, 2007.** Classification des Pesticides à l'aide de Cartes Auto-organisatrices de Kohonen en vue du Développement de Normes de Performance Agro-environnementale Atteignables (NPA) à l'Echelle des Bassins Versants ,Rapport N° R-932, Centre Eau, Terre et Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-ETE), Québec, Canada, p.4 .

- ✚ **Ruel T, 1996.** La culture du blé. Collection parcours multimédia. Edition Educ Agri.

- ✚ **Soltner, 2005.** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20ème Ed, collection sciences techniques agricoles.464p

- ✚ **UIPP (Union des industries de la protection des plantes données), 2010.** Brochure : l'utilité des produits phytopharmaceutiques. www.uipp.org (consulté le 17 mai 2021).

- ✚ **USDA (United States Department of Agriculture), 2010.** Production, Supply and Distribution online (PSD), <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdhome.aspx> (15.05.2021), USDA, USA .

- ✚ **Van Der Wef H, 1997.** Evaluer l'Impact des Pesticides sur l'Environnement, p.06.

Résumé

Actuellement, le secteur agricole est soumis à l'influence des changements climatiques et anthropiques. Les recherches et les analyses faites sur la production de blé dur forment une base d'information nécessaire et indispensable pour la gestion durable de l'environnement et la mise en valeur optimale de l'espace agricole.

Les données statistiques et les outils de géo- traitement, ont été utilisés pour cartographier et d'analyser l'impact des engrais et des produits phytosanitaires sur les rendements de blé dur dans la wilaya Constantine.

Après avoir réalisé les cartes de différentes cultures, nous avons essayé de montrer les fluctuations des engrais et des produits phytosanitaires, et leurs impacts sur la production de blé dur dans la wilaya de Constantine entre 2015 et 2020.

Pour l'ensemble de la période étudiée, nous avons trouvé que le coefficient de corrélation indique une corrélation peu insignifiante entre la quantité des engrais et des produits phytosanitaires et le rendement du blé dur dans la wilaya Constantine ($R^2 = 0.12$ pour les engrais et $R^2 = 0.25$ pour produits phytosanitaires). Cela signifié que les variations des rendements de blé dur ne sont pas fortement influencées par les engrais et les produits phytosanitaires utilisés, mais plutôt par la pluviométrie saisonnière (mars, avril, et mai).

Mots-clés: *Engrais, Produits phytosanitaires, blé dur, rendement, SIG.*

Abstract

Currently, the agricultural sector is subject to the influence of climatic and anthropogenic changes. The research and analyzes carried out on durum wheat production form a necessary and indispensable information base for the sustainable management of the environment and the optimal development of agricultural land.

Statistical data and geo-processing tools were used to map and analyze the impact of fertilizers and phytosanitary products on durum wheat yields in the province of Constantine.

After making the maps of different crops, we tried to show the fluctuations in fertilizers and phytosanitary products, and their impacts on durum wheat production in the province of Constantine between 2015 and 2020.

For the entire period studied, we found that the correlation coefficient indicates small significant correlation between the quantity of fertilizers and phytosanitary products and the yield of durum wheat in the wilaya Constantine ($R^2 = 0.12$ for fertilizers and $R^2 = 0.25$ for phytosanitary products). This meant that variations in durum wheat yields are not strongly influenced by the fertilizers and phytosanitary products used, but rather by the seasonal rainfall (March, April, and May).

Keywords: *Fertilizers, Phytosanitary products, durum wheat, yield, GIS.*

الملخص

يخضع القطاع الزراعي حاليًا لتأثير التغيرات المناخية والبشرية. تشكل الأبحاث والتحليلات التي أجريت على إنتاج القمح الصلب قاعدة معلومات ضرورية لا غنى عنها للإدارة المستدامة للبيئة والتنمية المثلى للأراضي الزراعية.

تم استخدام البيانات الإحصائية وأدوات المعالجة المعلوماتية لرسم الخريطة الوصفية وتحليل تأثير الأسمدة ومنتجات الصحة النباتية على محصول القمح الصلب في ولاية قسنطينة.

بعد عمل خرائط المحاصيل المختلفة ، حاولنا إظهار نسب التغيرات في الأسمدة ومنتجات الصحة النباتية ، وتأثيرها على إنتاج القمح الصلب في ولاية قسنطينة بين عامي 2015 و 2020 .

طوال فترة الدراسة ، وجدنا أن معامل الارتباط يشير إلى وجود علاقة غير قوية بين كمية الأسمدة ومنتجات الصحة النباتية ومردودية القمح الصلب في ولاية قسنطينة ($R^2 = 0.12$ للأسمدة و $R^2 = 0.25$ لمنتجات الصحة النباتية). وهذا يعني أن الاختلافات في محاصيل القمح القاسي لا تتأثر بشدة بالأسمدة ومنتجات الصحة النباتية المستخدمة ، بل تتأثر بالأحرى بهطول الأمطار الموسمية (مارس ، أبريل ، مايو).

الكلمات المفتاحية: الأسمدة ، منتجات الصحة النباتية ، القمح الصلب ، المحصول ، نظم المعلومات الجغرافية.

