

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

قالمة 1945 ماي 8 جامعة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science agronomiques

Spécialité/Option:Phytopharmacie et protection des végétaux

Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

**Thème : Etude de l'effet de la fertilisation chez le blé dur
(Triticum durum Desf.)(variété Vitron) dans la région de Guelma.**

Présenté par :

- ✓ Zoufoul Soulaf
- ✓ Zalani Dalila
- ✓ Zalani Amira

Devant le jury composé de :

Président : Mme Ouchtati N.	MCB	Université 8 mai 45 Guelma
Examineur : Mme Ibn cherif H.	MCB	Université 8 mai 45 Guelma
Encadreur : Mme Laouar H.	MCB	Université 8 mai 45 Guelma

Septembre 2020

Remerciements

**Tout d'abord, louange à «ALLAH» qui ma donné le courage, ma guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail et ma inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.*

**Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Mm. Laour H., mon encadreur, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

**Je remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail, mais aussi pour leurs remarques pertinentes et constructives.*

**Tous les responsables de laboratoire de biologie .*

** Tous les personelles de la bibliothèque de Biologie LA WILAYA DE ANNABA.*

**Mes remerciements vont également à :*

- Madame Sraidi Souad, la directrice de l'ITGC de Guelma, d'avoir accepté la réalisation de ce travail au niveau de la station et pour son aides et ses conseils.

** Aussi pour les travailleurs de L'ITGC de Guelma pour leurs aides.*

Nos remerciements

** Les étudiants de fin de cycle de biologie et physiologie végétale de *2019-2020*

** Enfin je remercie tous ceux qui ont collaborés et contribués de prés ou de loin à la réalisation de de ce modeste travail, nous disons merci*

merci a toutes et à tous.

Dédicace

Je dédiece travail à :

Mamère; Zahya. Sans son amour je ne serai pas arrivée.

Mon père; Khamessi.

Mon unique frère Boudjama et sa femmes

A mes très chères sœur; Aicha; Imen; Loubna

A mes très chères Amis: Aida; Asma; Dalila; Amira.

A mes adorable neveux ; Anas, Tawba

A Mon fiancé; Ayoub et Sa famille.

A toutes la famille Zoufoul.

SOULAF

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents Masouda et Draji pour leur amour et leur encouragement qu'ils trouvent le Témoignage de ma profonde affection et gratitude.

A mes frères Bedr adin

A mes sœurs Rima et Samiha ; Maisa.

A mon mari Mohamed.

A la fleur de la maison, ma très chère petite «Tayssir abd alwadood».

A toute la famille.

A tous mes amies

DALAL



Dédicaces

A Mes Parents Mabroka, et Ibrahim

Pour votre amour...

Pour tous vos sacrifices...

Pour toutes les valeurs que vous m'avez transmises...

En témoignage de mon éternelle reconnaissance.

Ma sœur Nadia et ces enfants : Abd elmouman, Djinan.

Mes frères Faicel, Djamel

A Mon Mari Rami

**qui a su éveiller en moi, une véritable passion pour la science et
les études, pour ses encouragements son soutien et sa patience
avec tout mon amour et toute ma reconnaissance.**

A mon binômes Soulaf ; Dalila

AMIRA

Sommaire

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1

Chapitre1 :Généralité sur le blé dur

1. Historique de blé	5
2. Importance du blé.....	5
2.1. Importance alimentaire	6
2.2. Importance économique.....	6
3. Classification et origine de blé dur.....	6
3.1. Classification botanique	6
3.2. Origine génétique	7
3.3. Origine géographique	7
4. Différents organes d'un plant de blé	7
4.1. L'appareil végétatif.....	7
4.1.1. Le système aérien.....	7
4.1.2. Le système racinaire	8
4.2. Appareil reproducteur.....	8
4.2.1. L'épi.....	8
4.2.2. Le grain	9
5. phénologie de blé dur	10
5.1. Phases de développement	10
5.1.1. La période végétative	11
5.1.2. La période reproductrice	12
5.1.3. La période de maturation.....	13

6. Les exigences de blé dur	16
6.1. Le climat	16
6.2. Le sol	16
7. Les principales maladies fongiques de blé dur.....	17

Chapitre 2 : Généralité sur la fertilisation

1. Définition de la fertilisation	26
2. Lois de la fertilisation.....	27
2.1. La loi de restitutions au sol.....	27
2.2. La loi des rendements moins que proportionnels	27
2.3. La loi du minimum	27
3.Éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante.....	28
4. Les engrais	28
4.1. Classification des engrais	28
4.1.1. D'après le nombre d'éléments fertilisants qu'ils comportent	28
4.1.2. D'après leur origine et leur forme.....	29
5. Les principaux éléments essentiels dans le sol	29
5.1. Les éléments majeurs	29
5.2. Les éléments secondaires.....	29
5.3.Les oligo-éléments	30
6.Les avantages des engrais composés.....	30
7. Fertilisation azotée	31
7.1. Définition de l'azote	31
7.2. Sources de l'azote	31
7.3. Formes de l'azote dans le sol.....	31
7.4. Rôle de l'azote dans la plante	32
7.5. Cycle de l'azote	33
7.5.1. Ammonification	33

7.5.2. Nitrification.....	33
7.6. L'assimilation de l'azote par la plante.....	34
7.7. Les besoins de blé en azote.....	34
8. Fertilisation phosphatée.....	35
8.1. Définition de phosphore	35
8.2. Source de phosphore.....	35
8.3. Forme de phosphore	35
8.4. Rôle de phosphore dans la plante	35
8.5. Cycle de phosphore	36
8.6. L'assimilation de phosphore.....	36
9. Fertilisation potassique.....	37
9.1. Définition de potassium.....	37
9.2. Sources du Potassium:	37
9.3. Forme de potassium.....	37
9.4. Rôle de potassium dans la plante	37
9.5. Potassium assimilable.....	38
10. Les carences d'engrais NPK	38
10.1. Carence en azote	38
10.2. Carence en phosphore.....	38
10.3. Carence en potassium	39

Chapitre 3 : Matériel et Méthode

1. Caractéristiques du site d'essai	41
1.1. Localisation	41
1.2. Caractéristiques climatique.....	41
1.2.1. La pluviométrie	41
1.2.2. Température	42
2. Matériel végétal.....	43

3. Engrais utilisés	44
3.1. Engrais de fond.....	44
3.1.1. Triple super phosphate	44
3.1.2. Caractéristiques du TSP	44
3.2. Engrais de couverture	45
3.2.1. Avec azote (type d'engrais urée 46%)	45
3.2.2. Caractéristiques technologiques.....	45
3.2.3. Formule	45
3.2.4. Composition.....	45
3.3. Sulfate de potassium K(52) S(45):	45
3.3.1. Description.....	45
3.3.2. Composition.....	46
4. Forme de produits utilisés pour traitement.....	46
4.1. Herbicide	46
4.1.1. Composition.....	46
4.1.2. Mode d'action	46
4.2. Fongicide	47
4.3. Contre les insectes (Decis E25)	47
5. Mise en place de l'essai.....	48
6. Protocole expérimental.....	48
6.1. Dimensions de la parcelle élémentaire	49
7. Les stades phénologiques	49
8. Paramètres étudiés.....	50
8.1. Sur le Sol	50
8.1.1. Préparation de l'échantillon.....	50
8.1.2. Texture du sol	51
8.1.3. Analyse de matières organiques.....	52

8.1.4. Analyse de pH.....	53
8.1.5. Analyse de la conductivité électrique	55
8.1.6. Carbonate	55
8.2. Sur la culture.....	57
8.2.1. Nombre de plante par m ²	57
8.2.2. Nombre d'épis par m ²	57
8.2.3. Nombre de grains par épis	57
8.2.4. Poids de 1000 grains	57
8.2.5. Rendement réel par hectare.....	58
8.2.6. Notation sur les maladies	58
8.2.7. Teneur en chlorophylle a et b.....	58
9. Analyse statistique.....	60

Chapitre 4 : Résultats et Discussions

1. Caractéristiques pédoclimatiques.....	62
2. Caractéristiques agronomiques.....	62
2.1. Analyse de la 1 ère variable : Nombre de plant /m ²	62
2.2. Analyse de la 2 ème variable : nombre d'épis par m ²	64
2.3. Analyse de la 3 ème variable : Nombre de grains /épi	65
2.4. Analyse de la 4 ème Variable : Poids de 1000 grains.....	67
2.5. Analyse de la 5 ème Variable : Analyse du rendement en grain	69
3. Caractéristique physiologique.....	70
3.1. Teneur des feuilles en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b.....	70
Conclusion	76

Références bibliographique

Résumés

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Morphologie et anatomie comparées de l'appareil reproducteur des céréales	09
02	coupe d'un grain de blé.	10
03	Cycle de développement du blé.	11
04	phase Levée-Début tallage	12
05	Culture de céréale au Stade de tallage.	12
06	Courbes caractéristiques du développement du grain de blé.	13
07	la profondeur d'enracinement des plantes, avec et sans fertilisation.	27
08	Cycle de l'azote	33
09	Cycle simple de phosphore	36
10	ITGC Guelma	41
11	Parcelle d'étude(ITGC-Guelma)	41
12	Variété de blé expérimentée (Vitron)	44
13	Emballage de l'herbicide cossack	46
14	Emballage d'AmistarXtra.	47
15	Dispositif expérimental de l'essai	48
16	Détermination de la texture de sol	51
17	Dosage de la matière organique	52
18	les étapes de mesure de ph de sol	54
19	les étapes de dosage de carbamate	56
20	1000 grains traitements étudiés	57
21	Symptômes de l'oïdium sur la tige et le criocère sur la feuille de blé dur	58
22	Dosage de La teneur chlorophylle a et b	60
23	Nombre de plants /m ² (levée)	63
24	Nombre d'épis /m ²	64
25	Nombre de grains /épi	66
26	Poids de 1000 graines	67
27	Le rendement en grain	69
28	Teneur en chlorophylle a	71
29	Teneur en chlorophylle b	72
30	Teneur en chlorophylle a+b	73

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification botanique du blé dur.	06
02	Composition chimique du grain du blé.	10
03	Stades de développement du blé.	14
04	Quelques maladies de blé dur en Algérie	18
05	Moyenne mensuelle des précipitations pour la région de Guelma durant la campagne : Septembre 2019- 20 juillet 2020	42
06	Température moyenne mensuelle de la région de Guelma durant la campagne septembre 2019- 20 juillet 2020.	42
07	Variété de blé expérimentée (Vitron).	43
08	Les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée <i>Triticum durum Desf</i>) Vitron	43
09	Protocole expérimental de notre étude	49
10	Dates de stades phénologiques de notre essai.	50
11	Caractéristiques pédologiques de notre parcelle	62

Liste des abréviations

L'abréviation	La signification
C°	Degré Celsius
Chlo	Chlorophylle
Chla	Chlorophylle Alfa
Chlb	Chlorophylle Beta
caco3	Carbonate de calcium
Cm	Centimètre
CO2	Dioxyde de carbone
EC	Concentré émulsionnable
FDPS	Ferme de démonstration et e production de semence
G	Gramme
H	Heure
Ha	Hectare
Hab.	Habitant
HCL	Acide chlorhydrique
h/ha	Heure par hectare
IPNI	international plant namas index
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
K	Potassium
K2O	Oxyde de Potassium
Kg	Kilogramme
kg/ha	Kilogramme par hectare
Km	Kilomètre
L:	Litre
M	Mètre
m2	Mètre carré
Mg	Milligramme
MI	Millilitre
Max	Maximum
Min	Minimum
Mm	Millimètre

Liste des abréviations

MO	Matière organique
Moye	Moyenne
N	Azote
NE	Nutrient Expert
nm	Nanomètre
P	Phosphore
P2O5	Acide phosphorique
pH	Potentiel hydrogène
PMG	Poids de Mille Grains
qx	Quintaux
T°	Température
U	Unité
U/ha	Unité par hectare
%	Pourcent



Introduction

Introduction

A travers le monde, les céréales ont une importance impérieuse pour les disponibilités alimentaires. Elles représentent l'aliment de base de toute l'humanité à travers la consommation des produits céréaliers et indirectement à travers la production animale. A cet égard, dans les pays de l'Afrique du nord, le régime alimentaire est composé de 206 Kg de céréale par tête d'habitant en Tunisie contre 200 Kg en Algérie et 175 Kg au Maroc (**Kamel et al., 2017**).

Vue leur importance économique, les céréales occupent une place de choix dans les échanges du commerce international. Néanmoins la production céréalière dans les pays en voie de développement est déficitaire, irrégulière et conjuguée à une population constamment croissant. Pour combler leurs besoins en céréales, ces pays disposent de deux alternatives : les importations, en croissance régulière et coûteuses, et/ou l'augmentation de leur production.

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (**Abdelkader, 2009**).

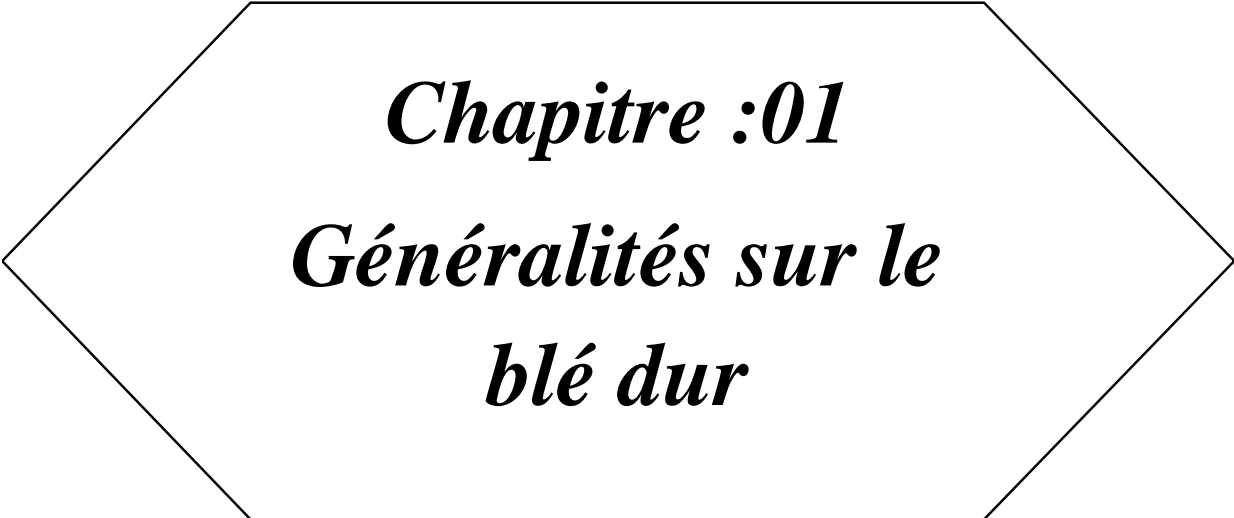
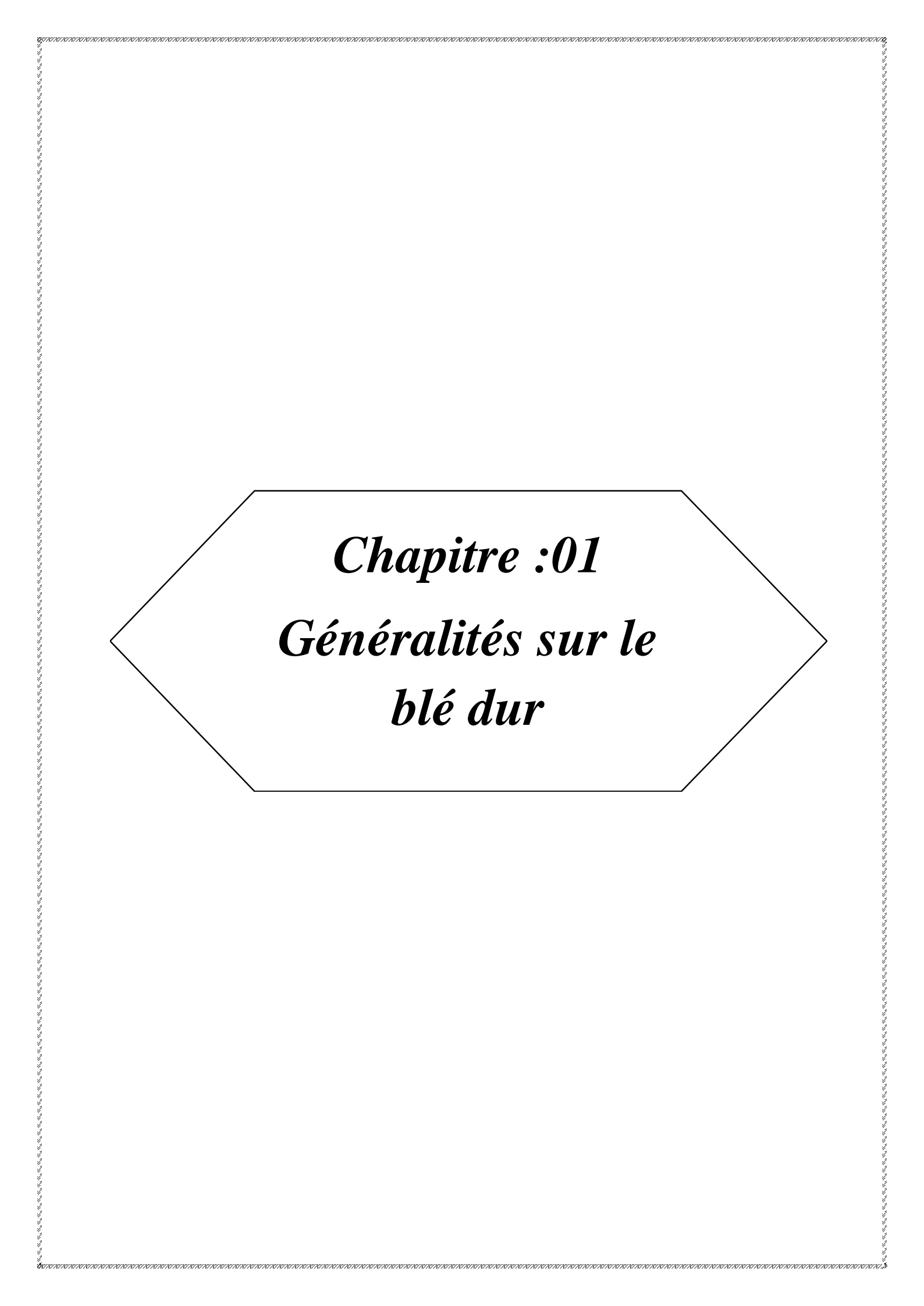
Les éléments nécessaires à la plante viennent de l'air et du sol. Si le sol est abondamment pourvu en éléments nutritifs, les plantes poussent bien et donnent des rendements élevés. Si le sol est pauvre en l'un seulement des éléments indispensables aux plantes, la croissance de celles-ci est limitée et leurs rendements réduits. Si nous voulons obtenir de bons rendements, nous devons fournir aux cultures les éléments dont le sol n'est pas suffisamment pourvu. Les engrais permettent souvent de doubler et même de tripler les rendements. Les résultats de plusieurs milliers d'essais et de démonstration effectués pendant plus de 25 ans chez les agriculteurs de 40 pays dans le cadre Programme Engrais de la FAO ont montré que la moyenne pondérée des rendements pour la culture du blé augmente de 60 % environ dans le cas du meilleur traitement. Cette augmentation varie évidemment d'une région à l'autre (due par exemple au manque d'eau), d'une culture à l'autre et d'un pays à l'autre (**FAO, 2003**). Par ailleurs, l'intégration de l'application des engrais dans un ensemble de bonnes pratiques agricoles permet de subvenir aux besoins des plantes en éléments nutritifs, en quantités suffisantes et dans des proportions équilibrées, sous des formes assimilables et au moment opportun quand les plantes en manifestent le besoin. Pour réaliser cet objectif, la méthode la plus convenable est d'utiliser les engrais complexes NPK qui ont la formule/la composition centésimale garantissant la présence des éléments nutritifs majeurs dans chaque granule. Ces engrais

permettent aussi une répartition uniforme des éléments nutritifs lors de chaque application grâce à la qualité stable et le calibre suffisamment uniforme de leurs granules (FAO, 2003).

Le blé a besoin d'éléments essentiels notamment l'azote, le phosphore, et le potassium, la fertilisation minérales, essentiellement la fertilisation azotée.

La fertilisation des céréales doit s'orienter d'après le niveau de rendement et la qualité à obtenir, en tenant compte des conditions de sol.

Cette étude qui entre dans le cadre d'un programme de collaboration avec l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C de Guelma) vise à étudier l'effet de la fertilisation NPK sur l'amélioration de la production de la culture du blé dur (variété de vitron) dans la région de Guelma et la mise en évidence de l'intérêt de la fertilisation NPK sur le principe des 4Rs (bonne source. Bonne dose. Bon moment et bon endroit d'application pour une zone donnée).



Chapitre :01
Généralités sur le
blé dur

1. Historique de blé

Historiquement le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, qui appartient au genre *Triticum*, de la famille des graminées ou « poaceae » (**Feuillet, 2000**). Est l'une des premières céréales cultivées dans le monde, où ça continue de dominer le commerce mondial de Céréales, devant le maïs. Le riz, à l'inverse, est surtout consommé sur place dans les zones de production. Les États-Unis sont le premier exportateur de céréales, rassemblant en 2012/2013 le quart du volume total. Les échanges mondiaux de céréales continuent de s'amplifier, parallèlement à la hausse de la production. Entre les campagnes 1990/1991 et 2012/2013 les exportations de céréales ont crû de plus de la moitié, atteignant 294 millions de tonnes (**Graphagri, 2013**).

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum Desf*), est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. 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 (**Abdelhamid et al., 2006**).

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 (**Abdelhamid et al., 2006**). Il est compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Melki et al., 2015**).

Le blé dur est utilisé principalement pour la fabrication des semoules. Le procédé de transformation du blé dur en semoule génère également la production d'issues et de coproduits de blé dur, qui sont des matières premières destinées à l'alimentation animale (**Anonyme, 2012**).

Pour le génome nucléaire, le blé possède l'un des génomes les plus complexes parmi les céréales et, au-delà, dans l'ensemble du monde vivant. De plus, le blé comporte non pas un « simple » génome nucléaire mais un génome nucléaire composite, une association de trois génomes de trois espèces différentes, regroupés dans la même cellule et formant par là-même une nouvelle espèce. Outre un génome nucléaire, le blé possède comme tout végétal un génome mitochondrial et un génome chloroplastique (**Hervé, 2013**).

Les céréales ont d'autre part joué un rôle capital dans le développement de l'humanité : la plupart des civilisations se sont développées autour d'une céréale (**Moule, 1971**).

2. Importance du blé

2.1. Importance alimentaire

Le blé constitue la première ressource alimentaire de l'humanité et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières (**Bonjean et Picard, 1991 cité in Nedjah, 2012**).

2.2. Importance économique

L'importance économique des céréales reste considérable. Au niveau mondial, la branche est un secteur économique important, car elle assure l'alimentation de base de milliards d'hommes (**Anonyme, 2015**).

3. Classification et origine de blé dur

3.1. Classification botanique

Le blé dur (*Triticum durum Desf*), est une monocotylédone de la famille des graminées, dont le fruit est sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. De la tribu des Triticeae et du genre *Triticum* (**A.C.I.A, 2006**). Une classification détaillée est illustrée dans le tableau ci-dessous (**Tableau N°1**) :

Tableau N°1 : Classification botanique du blé dur (A.C.I.A, 2006).

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

3.2. Origine génétique

Le blé dur appartient au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes.

Le groupe diploïde ($2n=14$ chromosomes), ou groupe *Triticum monococcum*, et le groupe tétraploïde ($2n=28$ chromosomes), ou groupe *Triticum dicococcum* dans lequel on trouve *Triticum durum* (blé dur).

Ces espèces forment une série allopolyploïde ayant pour base les génomes A et B et celles du groupe haploïde possèdent les génomes A B et D. Les trois génomes descendent vraisemblablement d'un ancêtre commun (**Feuillet, 2000**).

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x = 28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée. Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs (**Wall et al., 1971 cité in Abdellaoui, 2007**).

3.3. Origine géographique

Le blé a d'abord été récolté à l'état sauvage comme un produit de cueillette, dans le noyau levantin ou « croissant fertile » : actuels Afrique du nord, par un très grand nombre de variétés appartenant pour le presque totalité aux espèces *aestivum* L. et *durum* Desf, considérant tout le Pourtour de la méditerranée comme un centre d'origine secondaire (centre de différenciation) du blé dur (**Armand, 2020**).

Le Moyen-Orient désigne comme centre géographique d'origine où coexisteraient des espèces parentales. C'est à partir de cette zones d'origine que l'espèce s'est différenciée vers trois différentes régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de l'ex URSS et le proche orient. Chaque centre de différenciation donne des caractères morphologiques et physiologiques particuliers (**Grignac, 1978, cité in Bourahla et Torki, 2011**).

4. Différents organes d'un plant de blé

4.1. L'appareil végétatif

4.1.1. Le système aérien

La tige et les feuilles : La tige issue du développement d'un des bourgeons nés sur le plateau de tallage, n'est bien distincte qu'à partir de la montaison. Sa hauteur varie suivant les variétés et la vigueur de la plante.

Sur cette tige creuse, s'insèrent, à partir des nœuds, les feuilles engainantes et à nervures parallèles. Leur résistance permet d'utiliser pour le désherbage du jeune blé certains produits caustiques auxquels sont seulement sensibles les plantes adventices (**Gauthier, 1991**).

4.1.2. Le système racinaire

Les racines du blé sont fasciculées et pour la plupart, superficielles, certaines cependant s'enfoncent assez profondément dans le sol ameubli. Très ramifiées, elles explorent parfaitement la zone où elles se développent (**Gauthier, 1991**).

Toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs :

a) Le système de racines primaires ou séminales : fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit 5 racines : éventuellement se développe une sixième racine à partir de l'épiblaste (**Moule, 1971**).

b) Le système de racines secondaires ou de tallage (ou coronales) : apparaissant au moment où la plante émet ses talles (voir plus loin). Ce système se substitue alors progressivement au précédent. Il est de type fasciculé, son importance et sa profondeur variant avec l'espèce (**Moule, 1971**).

4.2. Appareil reproducteur

4.2.1. L'épi

L'axe de l'épi, ou rachis, port, alternativement à droite et à gauche, un épillet. Le nombre d'épillets est variable ; plus il est grand, plus fort est le rendement.

L'épillet comprend plusieurs fleurs disposées autour d'un axe secondaire très court. Deux enveloppes, ou glumes les entourent complètement. Chaque fleur se compose d'un ovaire surmonté de deux styles et de trois étamines. Ces organes, qui sont enfermés dans deux écailles, les glumelles, n'apparaissent à l'extérieur que lorsque la fécondation est terminée : il y a autofécondation. Cette particularité assure la conservation de la pureté variétale d'une génération à l'autre (**Figure N° 1**), (**Gauthier, 1991**).

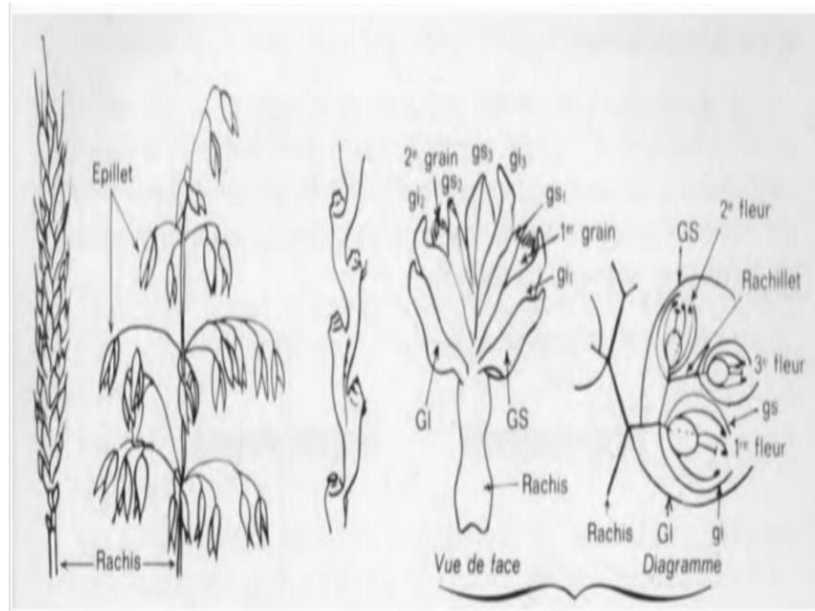


Figure N°01: Morphologie et anatomie comparées de l'appareil reproducteur des céréales
(Moule, 1971).

4.2.2. Le grain :

Un grain de blé (caryopse) est formé de trois régions (**Figure N° 02**) :

- L'albumen : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain).
- Les enveloppes de la graine et du fruit, formés de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).
- Le germe (3%) : composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (**Feuillet, 2000**).

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (5 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**tableau 2**), (**Feuillet, 2000**).

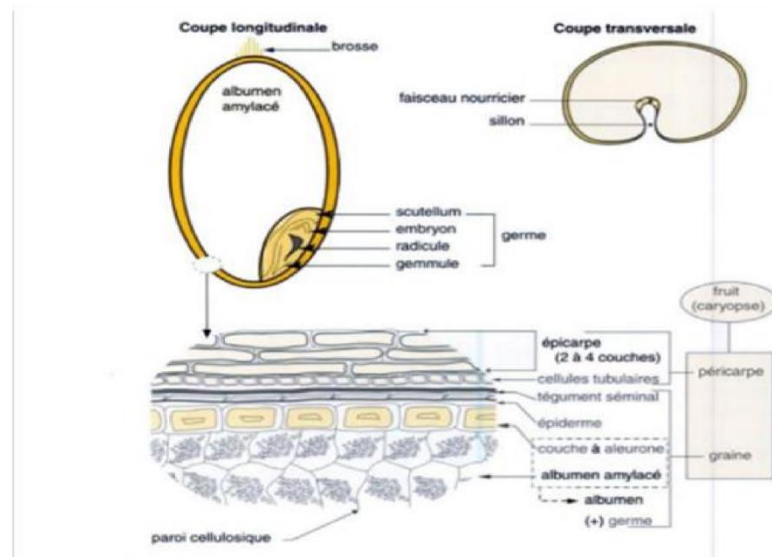


Figure N°02 : coupe d'un grain de blé (Feuillet, 2000).

Tableau N°2 : Composition chimique du grain du blé (Feuillet, 2000).

Nature des composants	Teneur (% ms)
Protéines	10
Amidon	67
Pentosanes	8
Cellulose	2
Sucres libres	2
Lipides	2
Matières minérales	1,5
Protéines	10
Amidon	67

5. phénologie de blé dur

5.1. Phases de développement

Le cycle de développement d'une céréale comprend trois grandes périodes (**Figure N°03**) :

- La période végétative qui va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire au début de la montée.
- La période reproductrice allant du début de la montée à la fécondation.

- La période de maturation allant de la fécondation à la maturité complète du grain (Moule, 1971).

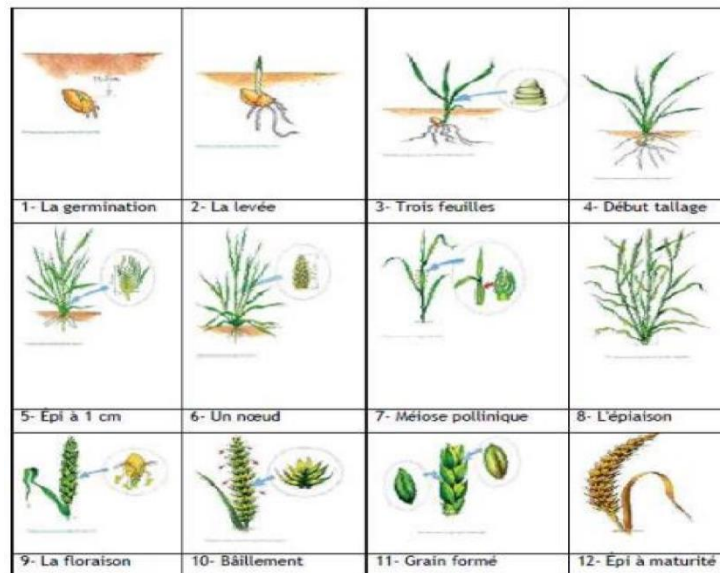


Figure N°03 : Cycle de développement du blé (Belaid, 1996).

5.1.1. La période végétative

□ La phase Semis-Levée

Suite au semis, au moment de la germination, le coléorhisze s'épaissit en une masse blanchâtre et brise les téguments du grain au niveau du germe. Les racines primaires ou séminales, garnies de poils absorbants, apparaissent l'une après l'autre à partir du coléorhisze.

A l'opposé, le coléoptile qui couvre la première feuille s'allonge vers la surface du sol. Après son émergence, il se laisse percer par la première feuille (Kamel et al., 2017).

L'apparition de la première feuille caractérise la levée, assez rapidement, on en voit une seconde, puis une troisième, le coléoptile jaunit et se dessèche progressivement, le grain se vide de sa substance, les racines primaires s'allongent tandis que le renflement qui est apparu à la partie supérieure du rhizome grossit pour former le plateau de tallage (Gauthier, 1991).

• La phase Levée-Début tallage

Dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celui-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche. Cette première feuille fonctionnelle s'allonge, puis apparaît une deuxième, puis une troisième, puis une quatrième feuille. Chacune d'elles est imbriquée dans la précédente, partant toutes d'une zone proche de la surface du sol et constituée de l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds : le plateau de tallage. Celui-ci est formé de 4 à 5 nœuds, sa hauteur ne dépassant pas 3 à 4 mm. Il est relié au grain par une petite tigelle ou rhizome constitué de deux entre-nœuds (Figure N°04), (Moule, 1971).

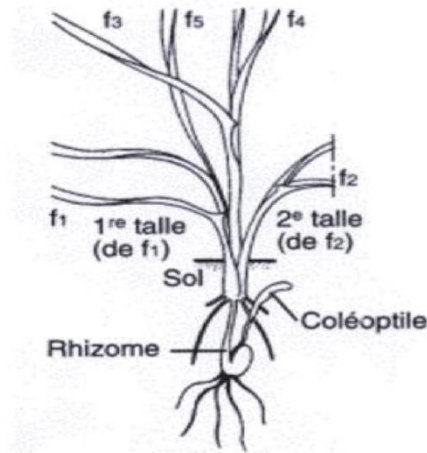


Figure N°04 : Phase Levée-Début tallage (Boyeldieu, 1997).

- La phase début tallage-début montée

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc d'un simple processus de ramification (Figure N° 05), (Boyeldieu, 1999).

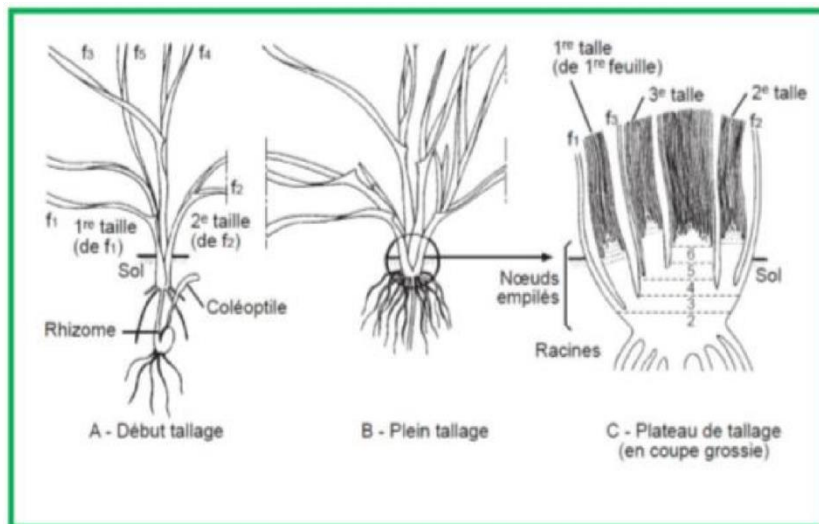


Figure N°05 : Culture de céréale au Stade de tallage (Boyeldieu, 1999).

5.1.2. La période reproductrice

La période reproductrice, qui désigne la formation et la croissance de l'épi pour le cas du blé de 123 à 167 jours (Soltner, 1982). D'après (Kamel et al., 2017), elle est traduite par la transformation du bourgeon végétatif en un bourgeon reproducteur. En fait, l'apex végétatif cesse de former des ébauches foliaires. Il s'allonge et se segmente en rides parallèles qui forment les ébauches des futurs épillets. Il va passer par les stades successifs suivants :

- **Initiation florale** : La période reproductrice débute par la différenciation et l'élongation des entre-nœuds de la tige principale (**Moule, 1971**).
- **La montaison et le gonflement** ; Les entre-nœuds d'un certain nombre de talles herbacées s'allongent très rapidement, tandis que sur le demie nœud s'élève l'épi continuant à se former. Les talles-épis entrent alors en concurrence avec celles n'ont pu monter faute de nourriture : ces dernières régressent et meurent (**Soltner, 1990**).
- **Le grossissement du grain** ; correspond à la croissance de l'ovaire. Il s'agit d'une phase d'intense activité de la photosynthèse. 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 de la réserve. Mais à la fin de cette courte phase de 15 à 18 jours, 40 à 50% seulement de ces 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 trouve encore dans les tiges et les feuilles, qui commencent bientôt à jaunir (**Soltner, 1990**).
- **Fécondation et floraison** : le blé est une plante autogame, c'est-à-dire le pollen d'une fleur assure la fécondation de l'ovaire de la même fleur (**Gauthier, 1991**).

5.1. 3. La période de maturation

- Durant cette période les substances de réserve (amidon, matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen, parallèlement l'embryon se forme. Cette période comprend trois phases principales (**Figure N°06**), (**Moule, 1971**).

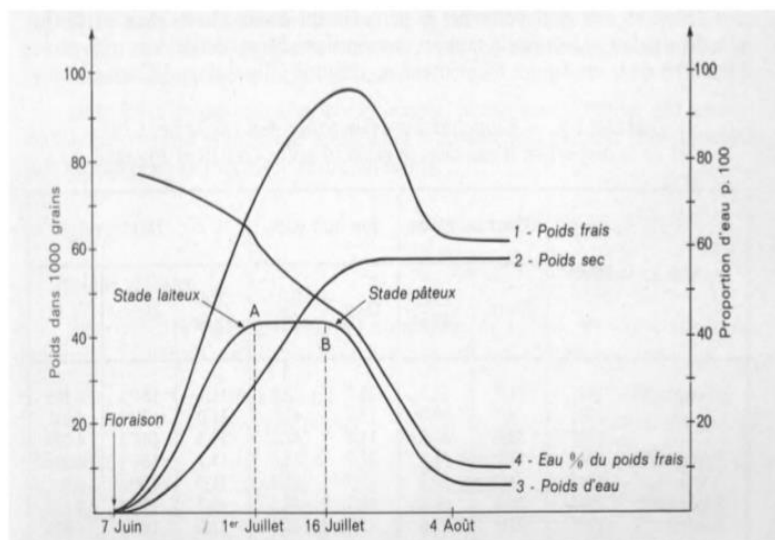


Figure N°06 : Courbes caractéristiques du développement du grain de blé (**Moule, 1971**).

- **Une phase de multiplication cellulaire intense (12-15 jours chez le blé) :** durant laquelle il y a accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain. A la fin de cette phase, l'amande encore verte a pris sa forme définitive, l'albumen est devenu laiteux : c'est le stade laiteux (**Moule, 1971**).
- **Une phase d'enrichissement en glucides et protides (10-12 jours chez le blé) :** au cours de laquelle le poids d'eau dans le grain demeure sensiblement constant : c'est le « palier » de poids d'eau.
- A la fin de cette phase, l'amande s'est colorée en roux pâle, ses enveloppes résistent bien à la pression du doigt mais se déchirent à l'ongle : c'est le stade pâteux. Il marque la fin de migration des réserves, la teneur en eau est alors de l'ordre de 40 % du poids frais. (**Moule, 1971**).
- **Une phase de dessiccation :** durant laquelle il y a seulement diminution rapide du poids d'eau. Le grain devient alors successivement demi-dur, puis dur ; à sur maturité, il est devenu cassant : c'est le stade propice au battage immédiat (moi sondage battage) (**Moule, 1971**).

Tableau N°3: Stades de développement du blé, échelles de **Feekes** et **Zadoks** (d'après **Soltner, 1998**).

	Stade	Jona D	Feekes	Zadoks	Caractéristique(brin maitre)
Levée	Levée			7	Sortie du coléoptile
	1 feuille			10	1 ^{ère} feuille traversant la coléoptile
	2 feuilles		1	11	1 ^{ère} feuille étalée
	3feuilles			12	2 ^{ème} feuille étalée
				13	3 ^{ème} feuille étalée

Tableau N°3: Stades de développement du blé, échelles de **Feekes** et **Zadoks** (d'après **(Soltner, 1998)** (suite) :

Tallage	Début tallage	A	2	21	Formation de la 1 ^{ère} talle	
	Plein tallage		3	22	2 à 3 talles	
	Fin tallage		4	23		
				24		
				25		
Montaison	Début montaison épi à 1 cm	B	5	30	Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage	
	1 nœud	C1	6	31	1 nœud	Elongation de la tige
	2 nœuds		7	32	2 nœuds	
	Gonflement l'épi gonfle la gaine de la dernière feuille	C2	8	37	Apparition de la dernière feuille	
			D	9	39	Ligule juste visible (méiose mâle) gaine de la dernière feuille sortie
	10	45				

Tableau N°3: Stades de développement du blé, échelles de **Feekes et Zadoks** (d'après **(Soltner, 1998)**(suite) :

	Epiaison	E	10-1	49-51	Gaine éclatée
			10-2	53	¼ épiaison
			10-3	55	¾ épiaison
			10-4	57	Tous les épis sortis
	Floraison	F	10-5-1	61	Début floraison
			10-5-2	65	Demi-floraison
			10-5-3	69	Floraison complète
		Mo	10-5-4	71	Gain formé
			11-1	75	Gain laiteux

6. Les exigences de blé dur

6.1. Le climat

Les sélectionneurs ont créé des variétés qui sont assez bien adaptées à la diversité des situations climatiques. Certaines sont relativement résistantes au froid, d'autres murissant tôt sont cultivées dans les régions où la sécheresse est précoce. Les différences dans les exigences en basses températures, la durée variable du cycle végétatif, allongent le temps pendant lequel les semailles sont possibles de l'automne jusqu'au début du printemps (**Gauthier, 1991**).

6.2. Le sol

Trois caractéristiques font la bonne « terre à blé »

- ❖ **Une texture fine limono-argileuse**, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition.
- ❖ **Une structure stable**, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps.

- ❖ **Une bonne profondeur**, et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire au gros rendement.

Les moins bonnes terres à blé, par contre, sont soit

- ❖ **Les terres très argileuses**, mal drainées, qui nitrifient mal au printemps.
- ❖ **Les terres très calcaires**, qui soulèvent sous l'effet du gel.
- ❖ **Les terres trop sableuses**, acides, à cause de leur pauvreté naturelle en éléments fertilisants (Soltner, 2005).
- ❖ La culture du blé dans ces sols n'est possible que dans la mesure où l'on peut corriger leurs défauts par les amendements, les travaux et la fertilisation appropriés (Soltner, 1990).

7. Les principales maladies fongiques de blé dur

Les maladies de blé dur peuvent être regroupées selon les symptômes qu'elles induisent et les parties qu'elles affectent dans ce (**tableau 4**), ces maladies causant des symptômes localisés sur feuillage, des pourritures racinaires et des maladies causant des symptômes sur les épis et sur les graines.

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015).

Maladies causant des symptômes localisés sur feuillage					
Maladies	Nom scientifique	Hôte alternatif	Transmission par semence	Symptômes	Moyens de lutte
Rouille brune	<i>Puccinia Recondit af.sp.tritici</i>	Ancbusa azurea		Petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores).	<p>-La lutte doit être essentiellement préventive afin de minimiser ou de retarder les infections des feuilles basales, ce qui constitue un gage de succès pour éviter l'infection des feuilles supérieures.</p> <p>-La rotation culturale vise à diminuer la quantité de l'inoculum ce qui diminue par conséquent les risques d'une infection hative ; l'utilisation de variété tolérantes telle que la variété Mohames Ben Bachir, et la lutte contre l'hôte alternatif se révèlent efficaces.</p> <p>-La lutte chimique en préventif par l'emploi de fongicides est aussi recommandée.</p>

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015)(suite) :

Rouille jaune	<i>Puccinia Striiformis</i>	absent		Feuilles et sur les épis et les graines. les pustules sont sous forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce .Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des et sur les épis et les graines.	
Rouille noire	<i>Puccinia Graminis f.sp.tritici</i>	Berberis vulgaris (épine vinette)		Les pustules sont plus longues que celles de la rouille brune, elles sont de couleur rouge-brique à marron foncé. Elles se développent sur les feuilles, les tiges et les épis.	

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015)(suite) :

Tache Septorienne	<i>Septoria Tritici</i>	Absent	Non	Ils commencent par de petites taches de couleur brun rougeatre irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement et prendre une couleur gris clair. Après l'apparition des nécroses sur le feuiiage, on observe des ponctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides.	
Septoriose des feuilles et l'épi	<i>Septoria Nodorum</i>	Absent	Oui	Ils se manifestent sur le feuillage et sur les glumes, la gaine des feuilles et les nœuds. Sur les feuilles on peut observer des taches ovales ou lenticulaires brunes, elles peuvent être entourées d'une chlorose ou d'un jaunissement périphérique. Lorsqu'elles sont abondantes elles se rejoignent et forment de grandes plages nécrotiques. Les pycnides sont de couleur brun clair moins apparentes que celles provoquées par la septoriose des feuilles. Sur les glumes la maladie se développe lorsque l'attaque est importante	Se fait par l'utilisation de variétés tolérantes, telles que les variétés très Ziad et Mohamed Ben Bachir, les rotations, la fertilisation équilibrée et l'enfouissement ou / et la destruction des résidus de culture permettent de réduire le développement de cette maladie. Les traitements fongiques en végétation pour les deux espèces, ainsi que le traitement de la semence pour <i>S.nodorum</i> , réduisent aussi le développement de la maladie.

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015)(suite) :

<p>Helminth - osporiose</p>	<p>pyrenopora tritici-repentis</p>	<p>Inconnu</p>	<p>Maladie très faiblement</p>	<p>La maladie apparait sous forme de taches chlorotiques au niveau du limbe des feuilles et des nécroses sont aussi observées sous forme de losanges bordés par des zones chlorotiques. On peut aussi observer au centre de lésion. Un petit point de couleur brun foncé les symptômes peuvent être confondus avec ceux de <i>S. nodorum</i>, cependant la présence de petites taches chlorotiques est un critère distinctif des lésions de <i>P.tritici-repentis</i>. L'utilisation de variétés tolérantes à la maladie, les rotations culturales pour minimiser la conservation dans les débris des céréales, le traitement de la semence et la lutte chimique par l'emploi de fongicides.</p>	
<p>Oïdium</p>	<p><i>Erysiphef.sp .tritici</i></p>	<p>Absent</p>	<p>Néant</p>	<p>Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pal sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs. En cas d'attaque sévère les</p>	

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015) (suite) :


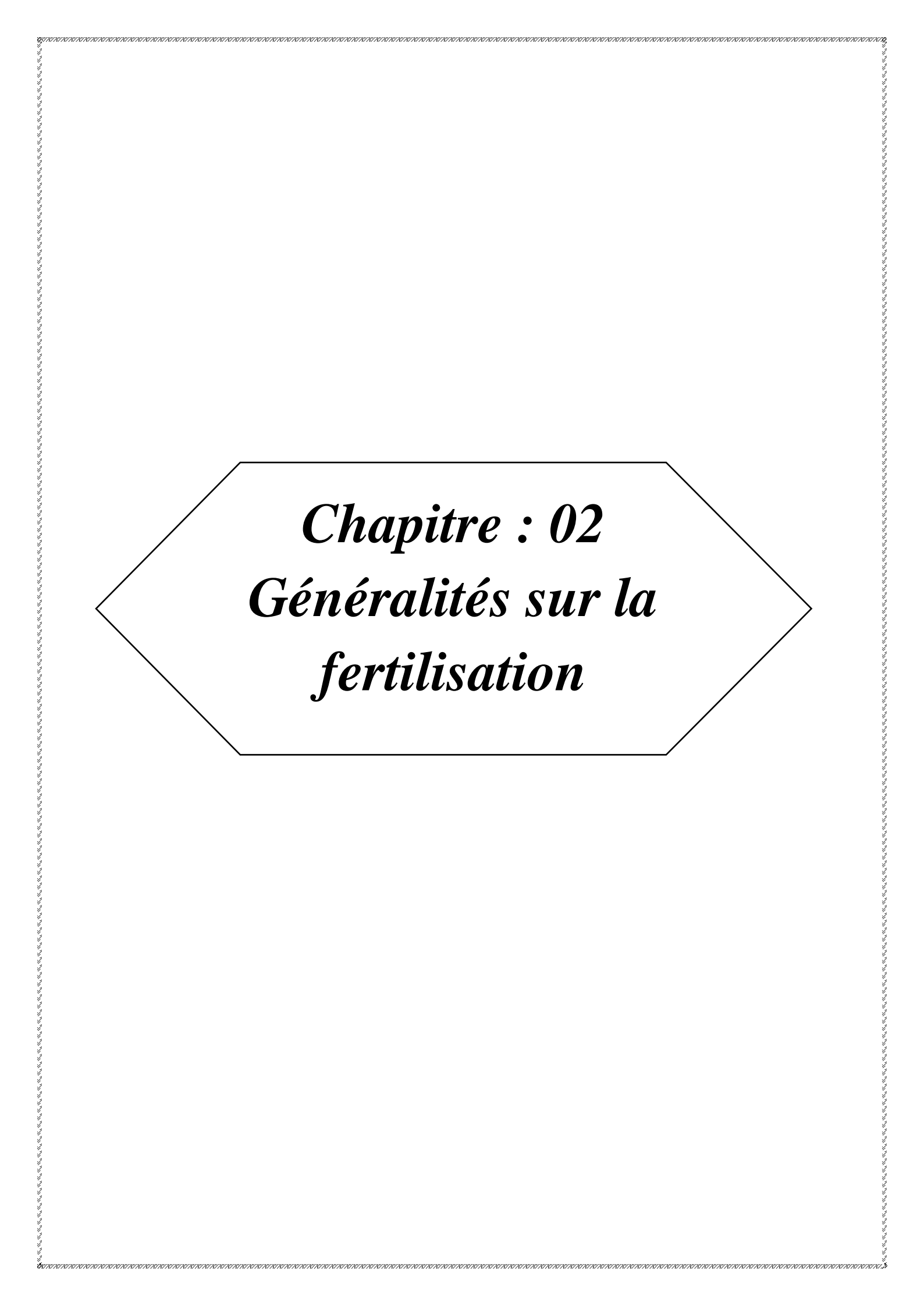
				<p>taches apparaissent aussi sur les graines de feuilles et les glumes des épis.</p> <p>L'utilisation de variétés tolérantes semble être le moyen le plus approprié pour lutter contre ce parasite. Les rotations culturales et les fertilisations équilibrées réduisent le risque de développement de l'agent causal. Plusieurs formules chimiques se sont révélées efficaces.</p>	
--	--	--	--	---	--

Maladies causant des symptômes sur les épis

Maladie	Nom scientifique	Symptômes
Charbon Nu	Ustilago tritici	<p>Les symptômes sont observables entre la floraison et la maturité. Les épis atteints sont noirs et apparaissent plus tôt que les épis sains. Les épillets des plantes malades sont transformés en amas de spores brun olive foncé à noir. Les enveloppes de la graine ainsi que leur contenu sont remplacées par une masse de spores noires.</p> <p>Le plus efficace et le plus indiqué pour lutter contre cette maladie est l'utilisation de semence certifiées et désinfectées ceci évite l'introduction du champignon dans les champs. Le traitement des semences par l'utilisation des fongicides à base de Carboxine et de Tébuconazole est aussi très indiqué.</p>

Tableau N°4 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El Yousfi, 2015) (suite) :

Maladies causant des pourritures racinaires					
Maladie	Nom scientifique	Hôte alternatif	transmission par semence	Symptômes	Moyen de lutte
Pourritures racinaires	Plusieurs agents fongiques: <i>Fusarium Culmorum,</i> <i>Fusarium Graminearum</i> <i>et Fusarium Avenaceum</i>	Inconnu	Oui	- On peut observer la fonte des semis, le dessèchement des jeunes plantes et l'apparition d'épis blancs prématurés et improductifs. En cas d'attaques sévère la pourriture se généralise à toute la partie basale du plant. - On peut aussi observer des taches nécrotiques noires sur le collet, le rhizome ou même les racines.	-L'utilisation de variétés tolérantes. Les pratiques culturales pour minimiser la conservation au sein des débris des céréales sont les plus indiquées, tels que le travail du sol ainsi que le semis précoce. -Eviter les semis profonds. - les rotations culturales par l'introduction des cultures non-céréalières. -L'application de fongicides systématique



Chapitre : 02
Généralités sur la
fertilisation

1. Définition de la fertilisation

La fertilisation regroupe toutes les actions réalisées sur le sol afin d'améliorer sa fertilité et apporter les éléments nutritifs nécessaires à la culture et donc sa productivité cependant, la fertilisation désigne surtout les apports d'engrais et de fumier (**Boulal *etal*,2007**). Les matières utilisées peuvent être organiques ou minérales. Cet apport de matière fertilisante doit être raisonné pour associer production agricole de qualité et protection des milieux naturels(**Bourgault, 2006**).

La fertilisation assure aussi une utilisation plus efficace de la terre et notamment de l'eau (figure 7). Ce sont des facteurs importants dans la région à faibles précipitations ou dans des situations où l'irrigation est nécessaire ; tel est le cas où le rendement par unité d'eau utilisée pourrait être plus que doublé (**Abdelmadjid,2013**).

Les Engrais sont à base de fumier, à base de produits chimiques et à base de minéraux qui fournissent un ou plusieurs éléments nutritifs végétaux essentiels. Une utilisation d'engrais au moment propice en utilisant des quantités adéquates peut augmenter de manière importante la croissance des plantes (**Draft, 2012**).

La fertilisation de culture a pour objectifs de :

- Fournir à la plante les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance, à son développement et à sa reproduction en quantité et en qualité élevées.
- Eviter l'épuisement du sol par le maintien de sa fertilité, notamment, en matière organique et en sels minéraux (**Kamel *etal.*, 2017**).
- Nourrir les êtres vivants du sol qui par leurs activités biologiques fourniront les éléments nécessaires aux plantes (**Kamel *etal.*, 2017**).
- Rendement très proche de l'optimum économique de reproduction.
- Production ayant une bonne qualité technologique.
- Culture valorisant au mieux les disponibilités en fertilisants (sol et apports) et donc respectueuse de l'environnement (**Boulal *etal.*, 2007**).
- Les engrais assurent aussi une utilisation plus efficace de la terre et notamment de l'eau. Ce sont des facteurs importants dans les régions à faibles précipitations ou dans des situations où l'irrigation est nécessaire ; tel est le cas où le rendement par unité d'eau utilisée pourrait être plus que double (**FAO, 2003**).

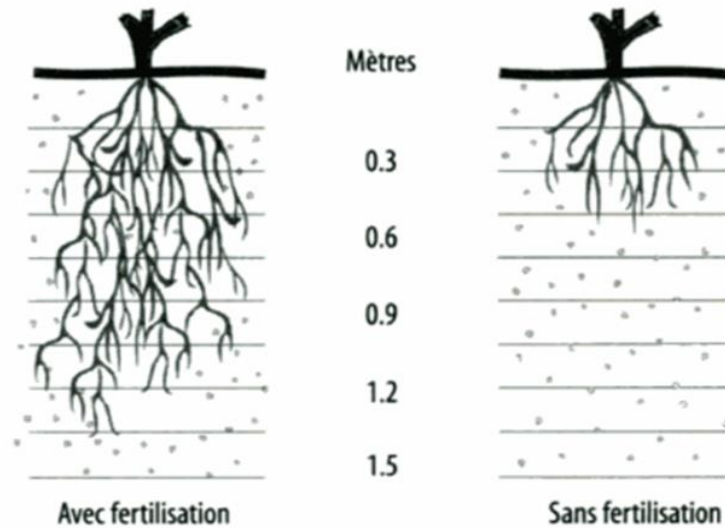


Figure N°07 : la profondeur d'enracinement des plantes, avec et sans fertilisation (FAO, 2003).

2. Lois de la fertilisation

Les principes actuels de la fertilisation sont issus de trois lois fondamentales : la loi des restitutions au sol, celle des accroissements moins que proportionnels et la loi d'interaction (Anonyme, 2010).

2.1. La loi de restitutions au sol

Elle est basée sur la compensation des exportations des éléments minéraux par les plantes, et ce par des restitutions pour éviter l'épuisement des sols.

2.2. La loi des rendements moins que proportionnels

Lorsqu'on apporte au sol des doses croissantes d'un élément fertilisant, les rendements ne croissent pas proportionnellement. En effet les augmentations de rendement qu'on obtient sont de plus faibles au fur et à mesure que les quantités apportées s'élèvent. Ainsi il existe une dose optimale d'éléments à apporter du fait que la dose maximale n'étant pas la plus économique (Anonyme, 2010). De plus la fertilisation doit tenir compte (Prévost, 1990) :

- du rythme d'absorption des éléments
- de la capacité d'échange du sol
- de la dynamique des éléments nutritifs

2.3. La loi du minimum

L'insuffisance d'un élément assimilable dans le sol réduit l'efficacité des autres éléments et par suite diminue le rendement de la culture (loi de Liebig) (Anonyme, 2010).

Tous les éléments nutritifs doivent être présents selon un certain équilibre variable avec la culture. Les éléments majeurs (NPK, etc.), doivent être nécessairement présents en plus grande quantités mais n'importe quel oligo-élément peut jouer le rôle de facteur limitant s'il y a carence en cet élément (Gauthier, 1991).

3.Éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante

Pour se développer, la grande majorité des plantes exigent 16 éléments nutritifs provenant de l'air et du sol qui les entourent. Les éléments ci-après proviennent :

- **De l'air** : Le carbone (C) sous forme de CO₂ (Anhydride carbonique).
- **De l'eau** : L'hydrogène (H) et l'oxygène (O) à l'état d'eau (H₂O) (Rabat, 2003).
- **Du sol et des engrais minéraux et organiques.**
- **Des éléments de base (macro éléments).**
- **Des éléments secondaires.**
- **Des oligo-éléments.**

4. Les engrais :

-Un engrais est une substance destinée à fournir aux plantes par l'intermédiaire du sol, un ou plusieurs éléments minéraux jugés insuffisamment abondants ou disponibles pour nourrir les cultures (Soltner, 2003).

-Un engrais est une substance contenant une certaine proportion d'éléments fertilisants qui, apportée au sol, est destinée à nourrir la plante cultivée (Prévoste, 1990).

4.1. Classification des engrais :

4.1.1. D'après le nombre d'éléments fertilisants qu'ils comportent

- ❖ **Les engrais simples** : n'apportent qu'un seul des éléments fertilisants dits **majeurs-P-K**.
- ❖ **Les engrais composés** : en apportent au moins deux, sinon les trois.

En plus des éléments N-P-K, les engrais simples et composés apportent souvent d'autres éléments dits **secondaires** (Ca, Mg, S, Na...) et des **oligo-éléments**. (Soltner, 2003).

Les engrais composés sont obtenus soit par mélange d'engrais simples, soit par réaction chimique (solubilisation nitrique des phosphates naturels, par exemple). Ce dernier procédé donne naissance aux dits « complexes » (Gauthier, 1991).

➔ **Engrais binaires** : Ils apportent généralement P₂O₅ et K₂O, aussi leur emploi est très simple, puisque ces deux éléments constituent une fumure de base épanchée à l'entrée de l'hiver. Leur choix est seulement guidé par la forme de phosphore que l'on désire utiliser

(scories potassiques, superphosphates potassiques, etc.). L'azote est apporté, s'il y a lieu, sous forme d'engrais simple au printemps ou associé à une fumure de complément.

➔ **Engrais ternaires** : L'épandage simultané des trois éléments n'est pas toujours une opération très rationnelle compte tenu de leur différence de mobilité dans le sol. On essaie de concilier les propriétés de l'azote, très mobile, avec celles de l'anhydride phosphoriques et de l'oxyde de potassium qui, au contraire, doivent être mis assez longtemps à l'avance dans le sol (**Gauthier, 1991**).

4.1.2. D'après leur origine et leur forme

Les engrais peuvent être classés en deux catégories :

- ❖ **Engrais Organiques** : Ils sont obtenus à partir de matières vivantes ou autrefois vivante tels que les déchets animaux (fumier), les résidus de culture (comme les feuilles, tiges), le composté, et de nombreux autres produits dérivés d'organismes vivants (**Draft, 2012**). Proviennent de la transformation de déchets végétaux et surtout animaux. Ils apportent sous des formes organiques, non seulement **N-P-K** mais aussi S, Mg, Ca, Na et la plupart des oligo-éléments. Ils peuvent donc être considérés comme des engrais composés (**Soltner, 2003**).
- ❖ **Engrais Inorganiques** : (également appelés : engrais minéraux et chimiques) : les produits proviennent essentiellement de sources non vivantes au travers de processus artificiels. La plupart des engrais commerciaux entre dans cette catégorie ont pour origine des roches éruptives (poudre de basalte), sédimentaires (phosphates naturels), ou salines (sels de potassium), soit des synthèses (ammoniac) soit des transformations industrielles (scories, phosphates issus de l'attaque des phosphates naturels) (**Draft, 2012**).

5. Les principaux éléments essentiels dans le sol :

Ces éléments sont classés en trois groupes selon leur importance quantitative dans la plante :

5.1. Les éléments majeurs :

Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K), Calcium (Ca). **Soltner, 2003**.

5.2. Les éléments secondaires

- Magnésium (Mg), Soufre (S) intervenant dans la plante en quantité moindre et souvent présents en quantité suffisante dans le sol (**Soltner, 2003**).
- Le Magnésium se trouve inclus dans les silicates. Il est surtout abondant dans les roches éruptives ainsi que dans les granites (**Diehl, 1975**).

- Le Soufre se trouve dans le sol sous des formes peu ou pas assimilables par les plantes comme les sulfures (terres asphyxiantes et lourdes) ou au contraire assimilables telles que les sulfates(**Joseph, 2000**).

5.3. Les oligo-éléments :

Ces derniers représentent une part très faible de la matière sèche mais leur présence reste indispensable au bon métabolisme de la plante (**Soltner, 2003**). Les six principaux oligo-éléments sont :

- Le fer(Fe) : se trouve sous plusieurs formes mais dans les analyses courantes on dose seulement le fer dis « libre », c'est-à-dire assimilable par les végétaux (**Joseph, 2000**).
- Le manganèse(Mn), favorise la présence de cet élément l'activité de microflore (**Diehl, 1975**).
- Le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B) sont généralement compris entre quelques millièmes (p.p.m) et 0.1 pour cent. La présence de bore a le droit d'être mentionnée dans certaines formules d'engrais qui apportent cet élément (**Gervy, 1970**).
- Le chlore : est généralement présent dans la nature sous la forme de chlorure (Cl⁻). Dans le sol, le chlorure est facilement soluble, très mobile et facilement prélevé par les végétaux (**Munroe, 2018**).

6. Les avantages des engrais composés

- Les engrais composés apportent en une seule livraison les éléments fertilisants nécessaires évitant ainsi les carences importantes dues à l'ignorance ou à la négligence.
- Ils permettent une simplification du travail et, surtout pour les engrais à haut dosage, une économie de main-d'œuvre et de transport l'épandage des trois éléments s'effectuant en un passage unique.
- Des procédés industriels bien étudiés permettent d'obtenir un dosage exact et l'homogénéité désirable ce qui évite les défauts et les pertes que les mélanges à la ferme pourraient parfois comporter.
- Par contre, ils sont légèrement plus chers à l'achat que les engrais simples, apportant la même quantité d'éléments utiles, mais ce dont il faut surtout tenir compte, c'est le prix de l'unité fertilisante épandue (**Gauthier, 1991**).

7. Fertilisation azotée

7.1. Définition de l'azote

Selon (**Pousset, 2000**), l'azote est un constituant très important des matières organiques. Indispensable à la croissance et au développement des plantes, il est à la base de la synthèse des acides aminés et des acides nucléiques dans le sol (**Boulaletal, 2007**). L'azote est un élément mobile qui s'adresse à la plante plutôt qu'au sol. Ce caractère peut dans certains cas amener le fractionnement, la fumure à apporter est égale à la différence entre les besoins globaux et l'azote disponible (**Gauthier, 1991**).

Le calcul de la quantité d'azote à apporter dépend de plusieurs paramètres. Les plus importants sont : le rendement objectif, le besoin de la culture en azote, la fourniture d'azote par le sol (minéralisation + reliquat de la culture précédente), et le coefficient apparent d'utilisation de l'azote (**Philippe, 1999**).

Dose d'azote (kg/ha) = (Rendement objectif - Rendement témoin) x (EUN/CUA)

Rendement témoin (qx/ha) : rendement grain du témoin estimé à partir de l'un des indices de disponibilité de l'azote. Le rendement du témoin peut être estimé à partir de la teneur du sol en matière organique :

Rendement témoin = $-2,3 + 27,1 \times \text{MO} (\%)$ 30

CUA = coefficient d'utilisation de l'engrais azoté, généralement compris entre 60 et 65%.

EUN = efficacité d'utilisation de l'azote, généralement compris entre 3,5-3,95 kg N/ql de grain de blé (**Bennasseur, 2003**).

7.2. Sources de l'azote

-fixation symbiotique

-fixation non symbiotique

-Minéralisation de la matière organique du sol

7.3. Formes de l'azote dans le sol

L'azote dans le sol se trouve sous trois formes :

Gazeuse : dans l'atmosphère du sol ou il représente en moyenne 80%. L'azote gazeux n'est utilisable que par certaines plantes : les légumineuses (ex. : luzerne, trèfle, soja) qui fixent l'azote de l'air grâce à une bactérie, le rhizobium (**Prévoste, 1990**).

Organique : constituant des protéines de la matière organique (**Prévoste, 1990**). Selon (**Diehl, 1975**), plus de 90% de cet azote est à l'état organique, engagé dans des combinaisons complexes : urée, matières albuminoïdes, etc., et entrant pour une certaine part dans la composition de l'humus.

Minérale : l'azote peut alors être sous forme ammoniacale (ion ammonium NH_4^+) ou nitrique (ion nitrate NO_3^-). La forme minérale nitrique est la plus assimilable représentent le plus souvent des réserves pour la plante car ils se transforment progressivement en azote nitrique (**Prévoste, 1990**). La forme ammoniacale NH_4^+ est en principe fixée par le complexe absorbant mais peut, éventuellement, être absorbée par certains végétaux (**Diehl, 1975**).

Forme mixte ammoniaco-nitrique : les difficultés qu'on rencontre pour assurer d'une manière régulière et continue l'alimentation azotée des végétaux peuvent être résolues, dans la majorité des cas, par l'utilisation des engrais ammoniaco-nitriques ou ammonitrates.

Les ammonitrates sont essentiellement constitués par du nitrate d'ammoniaque fixé sur un support minéral : argile ou calcaire (la proportion de ce dernier élément peut atteindre 35%).

Leur souplesse d'emploi et leur prix de revient assez bas en font les engrais azotés les plus utilisés. Les contre-indications sont rares et s'expliquent facilement : éviter les épandages d'automne sous climat humides et sol perméable (perte de la fraction nitrique) et d'été sous climat sec (inutilisation de la fraction ammoniacal).

Le nitrate d'ammoniaque pur n'est pratiquement employé que dans la fabrication des engrais composés (**Diehl, 1975**).

7.4. Rôle de l'azote dans la plante

- L'azote est un élément indispensable à la multiplication cellulaire, puisqu'il intervient dans la composition des noyaux. D'où son abondance dans tous les tissue jeunes.
- Ce rôle essentiel fait que l'azote est, la plupart du temps, le facteur déterminant du rendement. Il agit surtout en augmentant le volume des organes végétatifs, la quantité de chlorophylle, donc la photosynthèse (**Diehl, 1975**).
- L'azote est utilisé pour la synthèse d'acides aminés et nucléiques dans la formation de protéines, dans la formation de la chlorophylle, d'enzymes et de vitamines (**Christian et al., 2005**).
- Il est le moteur de la croissance végétatif de toutes les parties aériennes de la plante, feuilles, tiges et formation des graines d'où sa contribution à l'amélioration du rendement.

Attention : les excès d'azote ont plusieurs effets négatifs sur les végétaux dont : le développement du feuillage au détriment de la floraison et de la fructification, mauvaise résistance aux maladies et attire les pucerons sur les jeunes bien vertes (**Anonyme, 2010**).

7.5. Cycle de l'azote

Les processus qui déterminent la disponibilité en azote minéral sont pour la plupart sous le contrôle de la microflore du sol (**Figure 08**). Il en résulte une grande sensibilité de ces transformations aux facteurs du milieu (oxygène, température) et par conséquent une difficulté à en prévoir l'intensité (**Larrieu, 2008**).

7.5.1. Ammonification

Comme évoqué précédemment, c'est le processus par lequel les bactéries, les champignons et les actinomycètes peuvent libérer l'azote de leurs composants azotés. Par son manque de spécificité, ce processus peut avoir lieu dans une large gamme de température, d'humidité et de pH du sol (**Scheiner, 2005**).

7.5.2. Nitrification

La nitrification est le processus d'oxydation biologique de l'azote réalisé par des microorganismes du sol au cours duquel l'azote passe de la forme ammoniacale à la forme nitrique en deux stades successifs : la nitrification et la nitratisation. La nitrification est produite par des microorganismes hétérotrophes ou autotrophes ; ces derniers sont les plus importants. Les conditions optimales pour la nitrification sont plus restrictives que pour l'ammonification. Les sols neutres ou légèrement basiques favorisent la nitrification. La teneur en oxygène affecte la nitrification car il s'agit d'un processus aérobie. L'humidité constitue un autre facteur déterminant, l'optimum se situant autour de 60% de la capacité au champ (**Bonde et Lindberg, 1988** cité in **Scheiner, 2005**).

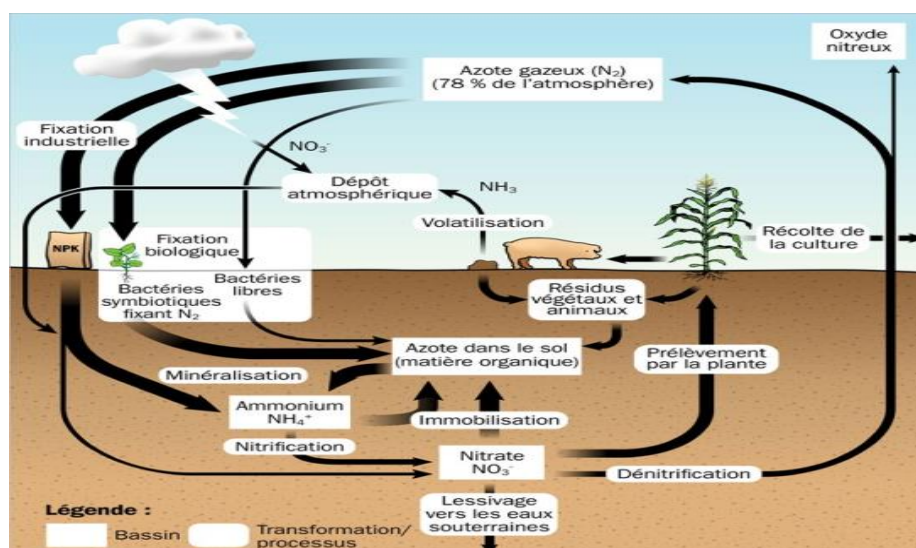


Figure N°08 : Cycle de l'azote (Munroe, 2018).

7.6. L'assimilation de l'azote par la plante

L'absorption de l'azote par les plantes se réalise sous forme ammoniacal et nitrique. Ce dernier est directement assimilable et il subit dans le végétal une série de transformation :

Nitrate → Nitrite →Hypo nitrite →Hydroxylamine →Ammonium.

Blanc (1971) a rapporté des informations plus précises sur les enzymes responsables de ces réductions. L'enzyme nitrate réductase assure la réduction des nitrates en nitrites et sous l'action du nitrite réductase ces derniers se transforment en hypo nitrites. Une hydroxylamine réductase transforme l'hydroxylamine en ammonium. Les basses températures influent défavorablement sur l'assimilation de l'azote chez les plantes. Cette réaction n'est toutefois pas irréversible. **Cottignies (1977)** confirme que les racines ne sont pas les seuls organes d'absorption d'azote. Les feuilles possèdent également la capacité d'absorption à travers leurs tissus superficiels (**Ghouar, 2006**).

7.7. Les besoins de blé en azote

Le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote pour produire quintal de grain à 13-14% de protéines. Le sol en fournit un peu mais l'essentiel doit être couvert par des apports d'engrais. L'absorption de l'azote suit la croissance du blé, faible pendant le tallage, elle croît pendant la montaison quand la plante pousse vite. L'engrais est d'autant mieux valorisé que les apports suivent ce rythme.

Les besoins en azote d'une culture de céréale varient au cours du cycle de la culture en fonction des différentes phases de développement. Ont pu évaluer les besoins en alimentation azotée des céréales sur différentes phases :

- **Phase levée-début tallage** : durant cette phase, les besoins en azote sont faibles. Les apports azotés au semis contribuent à augmenter la vigueur des plantes pendant cette phase.
- **Phase début tallage-début montaison** : la mise à la disposition des plantes de doses optimales d'azote pendant cette phase favorise l'émission et la croissance des talles.
- **Phase début montaison-floraison** : l'activité intense de croissance (élongation des entre-nœuds et accumulation de la biomasse) se traduit par une forte consommation d'azote. L'absorption azotée atteint son maximum à la fin de cette phase.
- **Phase floraison-début maturation** : l'absorption se ralentit de fait de l'arrêt de croissance des parties végétatives. L'absorption de l'azote à partir des fournitures du sol diminue progressivement, et on assiste à une translocation des composés azotés protéiques depuis les organes végétatifs vers les graines.

- **Phase maturation et sénescence des parties végétatives** : pertes d'eau, voire de matière sèche et de matière azotée (**Boulal *et al.*, 2007**).

8. Fertilisation phosphatée

8.1. Définition de phosphore

Le phosphore est une composante importante de la membrane cellulaire des végétaux et intervient aussi dans le processus de transfert de l'énergie cellulaire (ATP). Une bonne fertilisation phosphatée stimule également l'enracinement et accélère la maturité (**Abdelmadjid, 2013**).

8.2. Source de phosphore

Le phosphore se trouve dans le sol, dans compost, et dans les engrais chimiques ainsi qu'à l'état de phosphate naturel.

8.3. Forme de phosphore

Les formes du phosphore dans le sol sont :

- le P_2O_5 fixé sur le complexe argilo-humique grâce au pont calcique (**Prévoste, 1990**).
- Une forme ionique, libre dans la solution du sol et assimilable par la plante (**Kamel *et al.*, 2017**).
- Une forme moléculaire minérale ou organique plus ou moins assimilable par la plante. Le phosphore peut être piégé entre les feuilles d'argile avec un degré de fixation variable selon la teneur du calcaire dans le sol (**Kamel *et al.*, 2017**).

8.4. Rôle de phosphore dans la plante

Le phosphore est le deuxième élément après l'azote qui limite la production des céréales dans le Maghreb. Le phosphore intervient dans de nombreux métabolismes physiologiques de la plante : fixateur et transporteur dans le cycle de la photosynthèse, synthèse des protéines, ...ect. Au niveau du cycle de la culture, le phosphore favorise la croissance des plantes, le développement des racines et la résistance à la verse (**Boulalet *et al.*, 2007**).

Le phosphore est un élément nécessaire à la croissance et au développement des cultures. Il a comme avantages :

- À la levée, il favorise l'installation et le démarrage actif et accéléré de la culture.
- Aux stades tallage et montaison, il active le développement du système racinaire.
- Il est un facteur de précocité et de fructification.
- Il accroît la résistance au froid et aux maladies (**Kamel *et al.*, 2017**).

8.5. Cycle de phosphore

L'altération et l'érosion des roches ignées sous l'influence de divers facteurs climatiques et de l'eau ont probablement été les premiers moyens de diffusion du phosphore sur notre planète (**Figure 09**).

Les eaux des fleuves, des lacs et des océans se sont progressivement enrichies en cet élément jusqu'au point de rendre possible l'apparition de la vie (**Gervy, 1970**).

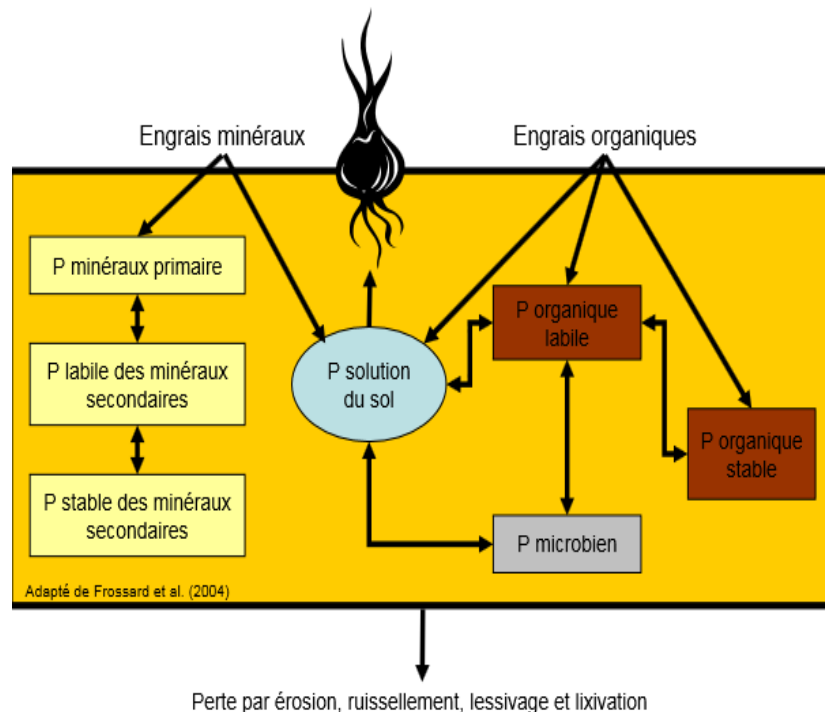


Figure N°09 : Cycle simple de phosphore (**Frossard et al., 2004**).

8.6. L'assimilation de phosphore

Le phosphore est généralement absorbé par les racines sous forme d'ions phosphoriques monovalents ou bivalents (H_2PO_4^- et HPO_4^{2-}). La proportion de ces deux formes varie avec l'augmentation du pH du substrat. Les plantes semblent absorber surtout la forme monovalente qui diminue avec l'augmentation du pH de la solution du substrat.

Le phosphore est facilement absorbé par les racines et entreposé dans la plantule. Son absorption est fortement influencée par la température et le pH du substrat. En dessous de 13 °C et avec un pH supérieur à 6, 5, son absorption est grandement diminuée. Le phosphore est fortement fixé par les particules de sols minéraux, mais il est facilement lessivé dans les substrats à base de tourbe. Sa disponibilité est souvent réduite, car il réagit avec plusieurs cations pour former des précipités solubles, plus ou moins solubles et insolubles. A forte

concentration ou lorsque le pH est élevé, il réagit avec le calcium pour former précipité insoluble (**Christian et al., 2005**).

9. Fertilisation potassique

9.1. Définition de potassium

Le potassium est un élément essentiel pour la vie sur terre. Il est nécessaire en grandes quantités pour toutes les plantes et les animaux et il est absorbé par les plantes depuis le sol (**French, 2013**).

Le potassium est un élément présent dans diverses roches comme les feldspaths potassiques, il se fixe facilement sur les argiles (**Joseph, 2000**).

9.2. Sources du Potassium:

Dans la nature, le potassium se trouve sous diverses combinaisons telle que les silicates, les végétaux. Une partie appréciable du potassium se trouve dans l'eau de mer. Les produits de la mer sont riches en potassium d'où l'utilisation par l'homme des gisements déposés (**Cottignies, 1977**).

9.3. Forme de potassium

Les formes du potassium dans le sol sont :

- sous forme d'ions K^+ adsorbés sur le complexe argilo-humique. Il constitue la fraction immédiatement échangeable, qui participe aux relations d'équilibre avec la phase liquide du sol.

- sous forme d'ions K^+ et de sels minéraux présents dans cette phase liquide (solution du sol).

- à l'origine, il se trouve dans de nombreuses roches : granite, schistes, car il entre dans la composition des feldspaths et micas. Les sols calcaires et tourbeux sont les plus pauvres. (**Diehl, 1975**). Le potassium rétrogradé à l'intérieur des molécules d'argile (la rétrogradation représente ici le passage de l'état utilisable à l'état inutilisable) (**Prévoste, 1990**).

9.4. Rôle de potassium dans la plante :

D'une façon générale, les espèces céréalières absorbent facilement l'élément (K). Ce dernier joue un rôle important dans :

- La formation des réserves, surtout les glucides et les protéines, et favorise le remplissage des grains.
- La résistance à la sécheresse, au gel et aux maladies cryptogamiques.
- L'augmentation du taux de matière sèche. Les besoins les plus élevés en (K) sont à partir du stade montaison.

- L'amélioration de la synergie azote/ potasse (**Kamel *et al.*, 2017**). Le potassium est un élément qui contribue à favoriser la floraison et le développement des fruits. Il a également une action de renforcement de la résistance aux maladies et au froid, la limitation de l'évapotranspiration, la rigidité de la tige et la constitution de la réserve nutritive (bulbes) (**Anonyme, 2010**).
- Action sur le bilan et les mouvements de l'eau par l'intermédiaire de la concentration cellulaire : plasmolyse, turgescence, transpiration. K peut devenir un économiseur d'eau et augmenter la résistance au froid ou à la sécheresse.
- Activité coenzymatique intervenants dans la synthèse et le transport des glucides ainsi que dans la synthèse des protéides (**Diehl, 1975**).

9.5. Potassium assimilable

Dans une proportion de 1 % à 2 %, le potassium du sol est immédiatement assimilable et est retenu dans la solution du sol ou se présente sous une forme échangeable avec la matière organique ou les argiles du sol. Dans la solution de sol, le potassium conserve un équilibre dynamique. Les ions potassium prélevés par les plantes sont rapidement remplacés par le potassium échangeable. L'apport d'engrais à base de potassium augmente énormément la teneur en potassium de la solution. L'adsorption du potassium sur l'argile et la matière organique rétablit rapidement l'équilibre (**Munroe, 2018**).

10. Les carences d'engrais NPK

10.1. Carence en azote

- Un retard général de la croissance.
- L'apparition d'une coloration verte pâle à jaune sur les feuilles de la base et qui est due au déplacement de l'azote vers les jeunes feuilles situées plus haut.
- Des plantes avec peu de feuilles et peu de tiges (**Abdelmadjid, 2013**).

10.2. Carence en phosphore

- La carence en phosphore entraîne une croissance rabougrie des plantes avec une présence des feuilles vert pâle et violacées ou cuivrées au bout et sur les bords. Pour certaines cultures, les feuilles deviennent vert-bleu foncé, sur tout en présence d'azote. Les plantes restent vertes, parfois allongées et fines. Les graines peu remplies avec une maturation lente et la maigre fructification conduit au faible rendement (**Aissa, 2010**).
- Un tallage faible et une croissance lente.
- Une coloration rouge pourpre des feuilles, chez certaines variétés.

- Un retard de maturité du grain et tout particulièrement en sols squelettiques et/ou à PH élevé (**Abdelmadjid,2013**).

10.3. Carence en potassium

- Les symptômes visuels de déficience se caractérisent par des nécroses sur les feuilles les plus âgées. Une carence en potassium se montre clairement par une couleur vert foncée et des troubles d'évaporation dus à un fonctionnement défectueux de la régulation stomatique. Sur les céréales, se remarquent par un jaunissement de la pointe des feuilles(**Bamouh,2007**).
- Se manifestent par un jaunissement des pointes des feuilles de la base qui, dans les cas graves, peut être suivi (le jaunissement) de nécroses.
- Des entre-nœuds courts et de la verse (**Abdelmadjid, 2013**).



***Matériels et
méthodes***

1. Caractéristiques du site d'essai

1.1. Localisation :

L'essai a été effectué durant la campagne agricole 2019-2020 au niveau de la station expérimentale et l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C) de la wilaya de Guelma (**Figure N°10**).

Cette station se situe au sud-ouest de la ville de Guelma à une altitude de 272 m, latitude 36° et longitude 7°4 (ITGC, 2018), la station s'étale sur 38ha, dont 34ha pour la multiplication de semences et 4ha pour les essais d'expérimentations, notre parcelle d'essai se situe au nord de la station sur une superficie de 6 417 m²(**Figure N°11**).

La mission de la ferme de démonstration et de production de semence:

- Production de semences (céréales, légumes sec, fourrages).
- Transfert de technologie en milieu de producteur.
- Encadrement de professionnels (agriculteurs) et d'étudiants (d'institut spécialisé et université)

(ITGC-Guelma, 2020).



Figure10 : ITGC Guelma

(Photo personnelle)



Figure11: Parcelle d'étude (ITGC Guelma)

(Photo personnelle)

1.2. Caractéristiques climatique :

La station est située dans l'étage bioclimatique Subhumide à hiver doux caractérisé par une saison pluvieuse allant d'Octobre à Mai. Suivi d'une saison sèche de juin à Septembre.

1.2.1. La pluviométrie:

En Algérie la production céréalière est étroitement liée aux quantités de pluies tombées et à leur répartition dans le temps. Dès la germination l'eau se comporte en facteur limitant de la croissance, les besoins en eau durant le cycle de développement sont en fonction des stades

végétatifs et des conditions climatiques (**Bouasla, 2001**).

Ce paramètre est déterminé par la quantité de pluie mensuelle accumulée et le nombre de jours de pluie mensuelle présenté dans le **tableau N°5**.

Tableau N°5 : Moyenne mensuelle des précipitations pour la région de Guelma durant la campagne : Septembre 2019- 20 juillet 2020 (**ITGC-Guelma, 2020**).

Année	2019				2020						Total
	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	
Précipitation (mm)	97	102	64	68	37	02	76	74,80	12.20	11.7	544.7
Moyenne de 20ans (mm)	36,65	42,14	81,10	79,31	71,58	70,23	61,53	62,54	50,26	11,81	567,15

1.2.2. Température :

Ce paramètre constitue un des facteurs déterminants du comportement des végétaux dans leur milieu surtout lorsqu'il s'agit d'espèce résistants à des conditions extrêmes telles que les céréales.

Le métabolisme de la plante ainsi que la respiration et la photosynthèse des céréales varient nettement en fonction de la température (**Bouasla, 2001**).

Les paramètres thermiques mensuels sont indiqués dans le **tableau N°06**:

- Température minimales m.
- Température maximales M.
- Température moyenne et l'amplitude thermique M - m.

Tableau N°6 : Température moyenne mensuelle de la région de Guelma durant la campagne septembre 2019- 20 juillet2020. (**ITGC-Guelma, 2020**).

Année	2019				2020						
	Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui
Température(°C)											
T. max	31,9	26,9	19,1	18,4	16,6	20,8	20,2	24,8	23,9	34,9	
T.Min	16,6	14	9,5	8,3	4,4	4	8,1	11,6	9,7	15,7	
T.Moy	24,25	20,45	14,3	13,35	10,5	12,4	14,15	18,2	16,8	25,3	
T.Max-Moy	7,65	6,45	4,8	5,05	6,1	8,4	6,05	6,6	7,1	9,62	

D'après le **tableau N°6**, les températures moyennes mensuelles sont relativement saisonnières avec un hiver doux (9 à 12 °C) qui se prolonge jusqu'au printemps.

2. Matériel végétal:

Notre étude a été portée sur une seule variété de blé dur (*Triticum durum* Desf) variété vitron, fourni par

(ITGC) de Guelma (**Figure N°6**), la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2018-2019.

Les **tableaux 7 et 8** exposent les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée (**Figure N°12**).

Tableau N°7 : Variété de blé expérimentée (Vitron) (ITGC-Guelma, 2020).

Variété	Dénomination locale	Obtenteur	Pedigree	Origine	Demandeur	Type de variété
Vitron	Hoggar	Semillas Batle S.A (Espagne)	JO"S"//fg"S' '-CM9799	Espagne	ITGC	Lignée

Tableau N°8 : Les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée (*Triticum durum* Desf) Vitron (ITGC-Guelma, 2020).

Caractéristiques morphologiques	Caractéristiques culturales	Caractéristiques qualitatives	Productivité
L'épi compact, blanc Hauteur de la plante à la maturité: 90-100 cm	Alternativité : hiver Cycle végétatif : semi-précoce Tallage : moyen Résistance : Au froid : Résistance Au chaud : Tolérante A la sécheresse : sensible	Poids de mille grains (PMG) : élevée Qualité semoulière : moyenne	Rendement en grain optimal : 60qx/ha



Figure N°12 : Variété de blé expérimentée (Vitron) (photos personnelle).

3. Engrais utilisés:

Dans le cadre de notre expérimentation trois types d'engrais fournis par l'FDPS de Guelma (ITGC –Guelma, 2020) sont utilisés :

3.1. Engrais de fond :

3.1.1. Triple super phosphate :

TSP 00-46-00, engrais granulé

❖Utilisation :

Le TSP est un engrais phosphaté concentré. Il peut être directement appliqué pour la fertilisation des sols.

3.1.2. Caractéristiques du TSP:

Engrais binaire riche en phosphore sa solubilité est très élevée

- ✓ Formule chimique : $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- ✓ Teneur en P : 45 % P_2O_5 (0-45-0)
- ✓ Teneur en Ca : 15 % de Ca
- ✓ Solubilité de P dans l'eau : en général > 90 %
- ✓ Ph de la solution : 1 à 3
- ✓ Etat physique : Granulé
- ✓ Couleur : Gris

3.2. Engrais de couverture :

3.2.1. Avec azote (type d'engrais urée 46%) :

Urée avec 46% d'azote sous forme ammoniacal, l'Urée est l'engrais sec le plus riche en azote et il est complètement soluble à l'eau. Il agit moins rapidement que les nitrates, et son effet dur plus longtemps, l'hydrolyse de l'Urée dépend de la température du sol. Elle ne nécessite que de trois à cinq jours en sol froid tandis que quelques heures suffisent en réchauffé. Son application est recommandée avant une pluie et il doit être enfoui d'éviter, d'éventuelles pertes par volatilisation.

3.2.2. Caractéristiques technologiques :

- ✓ Forme.....granulé
- ✓ Couleur.....blanche
- ✓ Azote total.....46%
- ✓ Humidité.....0, 5% max
- ✓ Biuret1% max
- ✓ Granulométrie.....1-4mm 90%
- ✓ Conditionnement.....sec polypropylène de 50 kg
- ✓ Domaines d'application.....polyvalents

3.2.3. Formule :

- ✓ NPK 46-0-0

3.2.4. Composition :

- ✓ Azote sous forme Urée(H_4CON_2)46%
- ✓ Phosphate.....0%
- ✓ Potasse.....0%

3.3. Sulfate de potassium K(52) S(45):

3.3.1. Description:

- Sulfate de potassium est un engrais de couverture concentré en potassium issu de sels bruts naturels.
- Sac de 25 Kg.
- Formulation : Cristaux solubles dans l'eau-Engrais CE

- engrais concentré en potassium issu de sels bruts naturels.
- engrais très pauvre en chlore (en moyenne 0,15%) est utilisable en traitements foliaires ou en fertirrigation (goutte à goutte).

3.3.2. Composition :

- ✓ K₂O52%
- ✓ SO₃.....45%

4. Forme de produits utilisés pour traitement (ITGC-Guelma, 2020) :

4.1. Herbicide (24/01/2020) :

On utilise Cossack OD, contre les mauvaises herbes graminées et dicotylédones annuelles.

4.1.1. Composition :

Cossack OD est la combinaison de mesosulfuron-méthyle (3%), iodosulfuron-méthyle-sodium (3%), et de mefenpyr-diethyl (safener) (9%), formulés en granulés à disperser dans l'eau (WG) (Figure N°13).



Figure N°13 : Emballage de l'herbicide cossack (photos personnelle).

4.1.2. Mode d'action:

Ces composants herbicides sont principalement absorbés par voie foliaire et en moindre mesure par voie racinaire. La croissance des mauvaises herbes est arrêtée en dans les premiers jours qui suivent le traitement.

La dose utilisée : 1 L/ha

4.2. Fongicide (01/03/2020) :

Composition : 200 g/lazoxystrobine 80 g/lcyproconazole

❖ **Famille chimique** : StrobilurinesTriazoles

❖ **Formulation** : SC Suspension concentrée

❖ **Mode d'action** : Curatif : Le cyproconazole apporte la curativité en particulier sur rouilles et septorioses. Préventif Contact Effet Antisporulant Pénétrant, Systémique : Systémie couvrante de l'azoxystrobine + systémie ascendante du cyproconazole Translaminaire.

Amistar Xtra est l'association de deux substances actives, l'azoxystrobine et le cyproconazole. L'azoxystrobine appartient à la famille chimique des strobilurines, le cyproconazole à celle des triazoles. L'association de ces 2 substances actives confère à Amistar Xtra une action préventive et curative, un haut niveau d'efficacité et une très longue persistance d'action vis à vis d'un grand nombre de maladies(**Figure N°14**).

❖ **La dose utilisée** : 0,5 l/ha



Figure N°14 : Emballage d'Amistar Xtra [01] .

4.3. Contre les insectes (Decis E25) : 07/05/2020

On utilise insecticide Decis E25 à base de deltaméthrine, substance active de la famille des pyréthrinoides de synthèse.

❖ **Mode d'action**

Possède un large spectre d'action et agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insecte suceurs et broyeur. Caractérisé par une action très rapide et un effet répulsif sur les insectes ravageurs.

Eviter le traitement près des points d'eau et en période de floraison.

•**Type de formulation** : concentré émulsionnable (EC)

•**La dose utilisée** : 0,5 l/ha

•**Délai avant récolte** : 7 j

5. Mise en place de l'essai : L'essai expérimental est un bloc aléatoire à 7 bandes d'une superficie de (9 x 93) m² (**Figure N°15**)

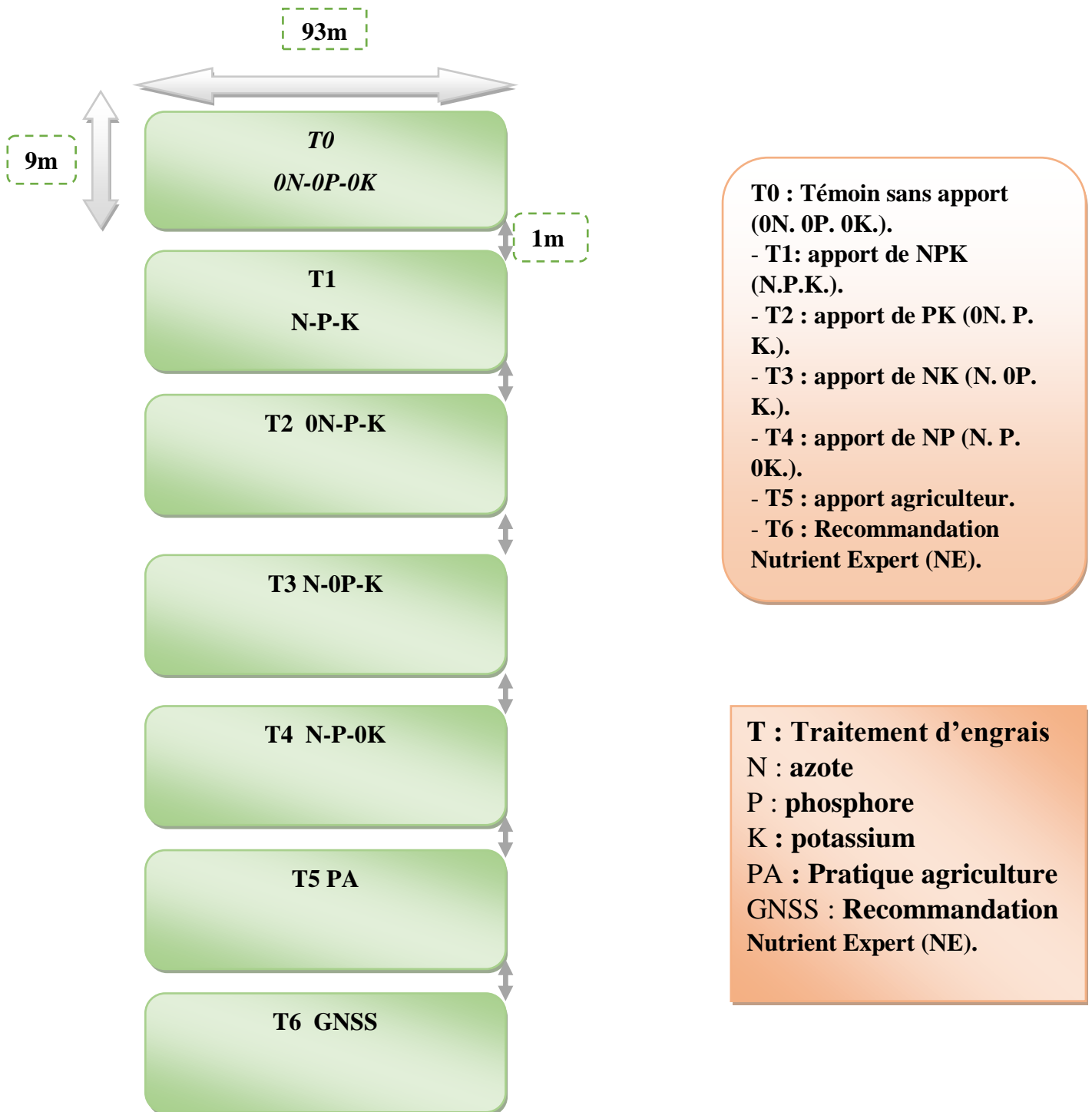


Figure N°15 : Dispositif expérimental de l'essai

6. Protocole expérimental : Le protocole expérimental est présenté dans le tableau suivant

Tableau N°9 : Protocole expérimental de notre étude

Traitement	FDPS (unité/ha)
Rendement objectif (qx/ha)	55
T0	0
T1:NPK	136,85 - 69 – 60
T2:PK	0 - 69 – 0
T3:NK	136,85 - 0 - 60
T4:NP	136,85 - 69 – 0
T5:PA	110 - 78 – 0
T6:GNSS	110 – 68 – 57

NB :

Les doses d'azote qui dépassent les 90 Unité doivent être fractionnées deux apports : un (1/3) de la dose totale au semi + deux tiers (2/3) de la dose totale au stade épis 1cm.

6.1. Dimensions de la parcelle élémentaire : 9m x 93m= 837m²(3 passages de semoir classique de 3 m sur une longueur de 93 m, plus l'inter parcelle de 1m)

La conduite culturale des essais doit être identique:

- Même précédent cultural (Jachère).
- Même période de semis.
- Protection phytosanitaire complète (mauvaise herbes, maladies, insectes) et ceci pour tous les traitements.

7. Les stades phénologiques:

Le tableau N°10 : montre les dates de différents stades phénologiques.

Tableau N°10: Dates de stades phénologiques de notre essai.

Les stades		La date
Date de semis		19/11/2019
Date de levée		27/11/2019
Stade 3 feuilles		03/12/2020
Stade mi tallage		05/01/2020
Fin tallage (épi 1 cm)		15/01/2020
Gonflement		30/03/2020
Epiaison		08/03//2020
Floraison		17/03/2020
Laiteux	Remplissage du grain	31/03//2020
Pâteux		13/05/2020
Durcissement		24/05//2020

8. Paramètres étudiés :

8.1.Sur le Sol:

8.1.1. Préparation de l'échantillon :

Les prélèvements de sol ponctuels sont recueillis dans un seau, puis étalé sur une feuille de papier journal ou de plastique, et sont mélangés par la suite à l'aide d'une pelle.

Un échantillon d'une masse de 500 à 800g de terre fine est à préparer comme suit :

* Diviser le tas de terre en quatre lots.

*Sélectionner les deux lots opposés.

*Poursuivre le mélange jusqu'à l'obtention d'une masse brute équivalente à 500-800g de terre fine <2mm, quantité suffisante pour les analyses à effectuer.

L'échantillon destiné au laboratoire doit être ensaché et étiqueté, l'étiquetage doit mentionner la date de prélèvement, le nom de la ferme, le thème de l'essai, le numéro de l'échantillon (le traitement et la répétition) indispensable pour le laboratoire et l'interprétation

NB :

- Si les échantillons prélevés sont très humides, un séchage à l'aire libre s'impose avant d'entamer l'opération de mélange et de réduction de la masse.

- L'envoi des échantillons au laboratoire doit se faire aussitôt que les échantillons sont préparés.

8.1.2. Texture du sol :

➤ **Protocole** : selon la méthode de (Dermech et *al.*, 1982).

Prendre une quantité de sol, ajouter l'eau à petit pour faire une pâte, puis essayé de former une corde avec cette pâte (**Figure N°16**).

➤ **L'identification** :

- La corde ne se forme pas → sable
- La corde se fragmente → sol sableux
- La corde se forme mais fragile → sol limoneux
- Formation de la corde mais non le cercle → sol limoneux sableux
- Formation de la corde mais le cercle se fragmente → sol limoneux sableux lourd
- Formation de la corde et le cercle → sol argileux

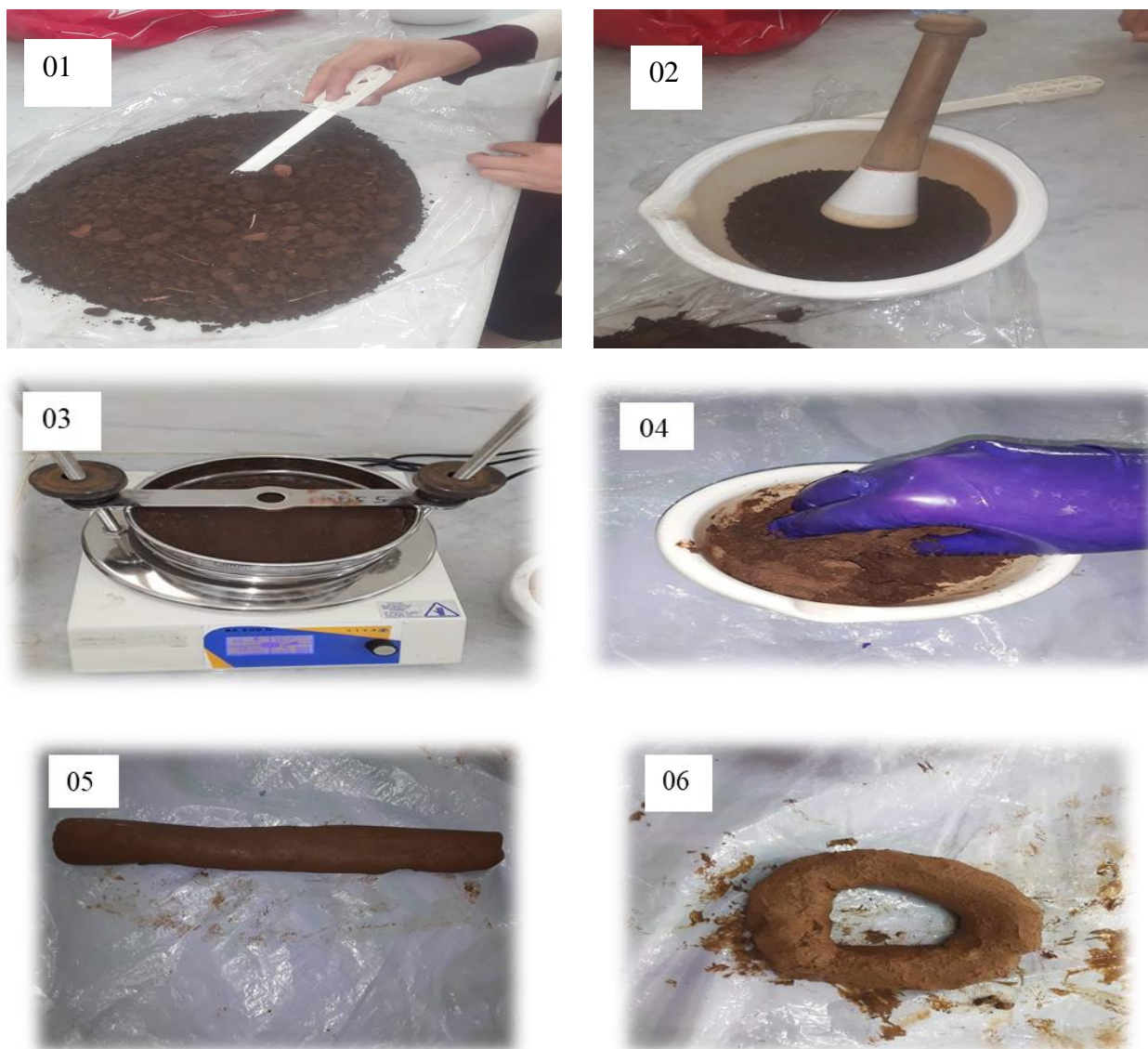


Figure N°16: Détermination de la texture de sol (photos personnelle).

8.1.3. Analyse de matières organiques :

- **Dosage de la matière organique:**

La teneur en MO peut s'obtenir par la méthode de la perte au feu. Cette méthode est déconseillée pour les échantillons possédants beaucoup de calcaire. Le domaine d'étalonnage de cette méthode varie de 1 à 50% de MO (Fournier, 2012), (Figure N°17).

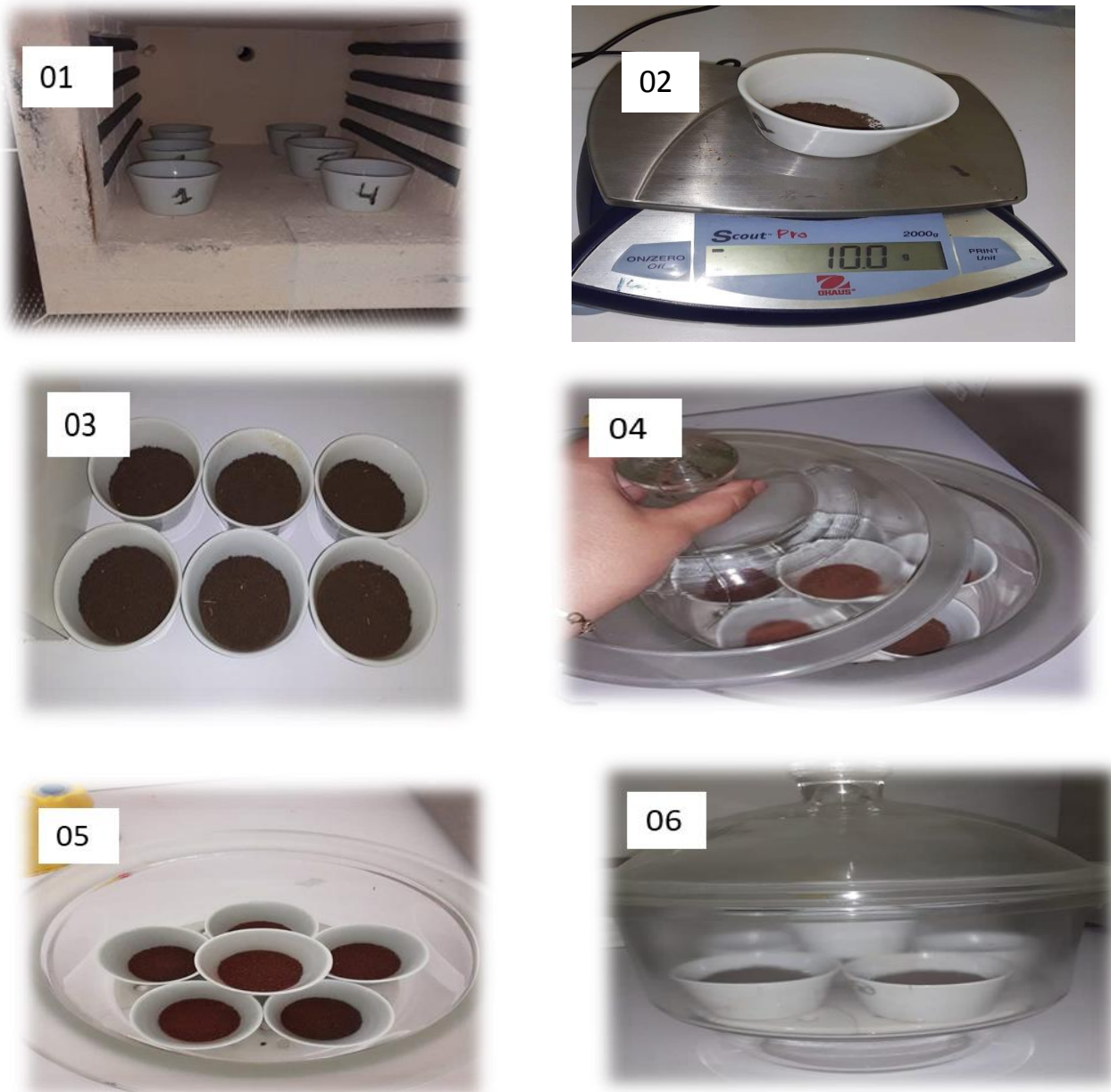


Figure N°17: Dosage de la matière organique (photos personnelle).

- **Mode opératoire :**

1-Le dosage de la matière organique s'effectue sur un échantillon de la terre fine « préalablement broyer et tamisée sur un tamis à maille de 2mm, pour éliminer les éléments grossiers, et les fragments de la matière organique particulaire ».

2-Sécher l'échantillon pendant 16 h à 150°C.

3-Nettoyer les nacelles de porcelaines, les chauffer au rouge et les laisser dans un dessiccateur.

4-Peser la nacelle à vide.

5-Ajouter l'échantillon (max 10 g) et peser à nouveau la nacelle remplie.

6-Calciner pendant 16 h dans un four à moufle à 375°C.

7-Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser la nacelle avec les cendres.

- **Calcul de la teneur en MO :**

Les résultats sont calculés à l'aide des équations suivantes :

$$\text{Calcul : } \%MO = \frac{\text{Poids sec(g)} - \text{Poids incinéré (g)}}{\text{Poids sec(g)}} \times 100$$

$$\%MO = \frac{(P1-P0) - (P2-P0)}{(P1-P0)} \times 100$$

Avec P0, la masse de la nacelle vide, P1, la masse finale, P2, la masse de la nacelle contenant les cendres.

Une régression permet l'équivalence entre les résultats par la méthode de la perte au feu (PAF) et celle de Walkley Black (WB) pour une étendue de 0 à 8% de MO.

$$\%MO(PAF) = 0,9932 \times MO(WB) + 0,587$$

8.1.4. Analyse de pH:

Elle s'effectue à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée (**Figure N°18**).

❖ Rincer l'électrode du pH mètre avec de l'eau déminéralisée, puis essuyer avec du papier absorbant.

❖ Mesurer 10 g de terre dans un bécher.

❖ Mesurer 25 ml d'eau déminéralisée avec une éprouvette graduée.

❖ Verser l'eau dans le bécher contenant la terre puis mélanger avec l'agitateur.

❖ Laisser décanter le mélange eau-terre.

❖ Plonger l'électrode du pH mètre dans le liquide décanté. Mettre en marche le pH mètre,

attendre la stabilisation et lire la valeur du pH.

❖ Éteindre le pH mètre et le nettoyer comme indiqué à l'étape 1.

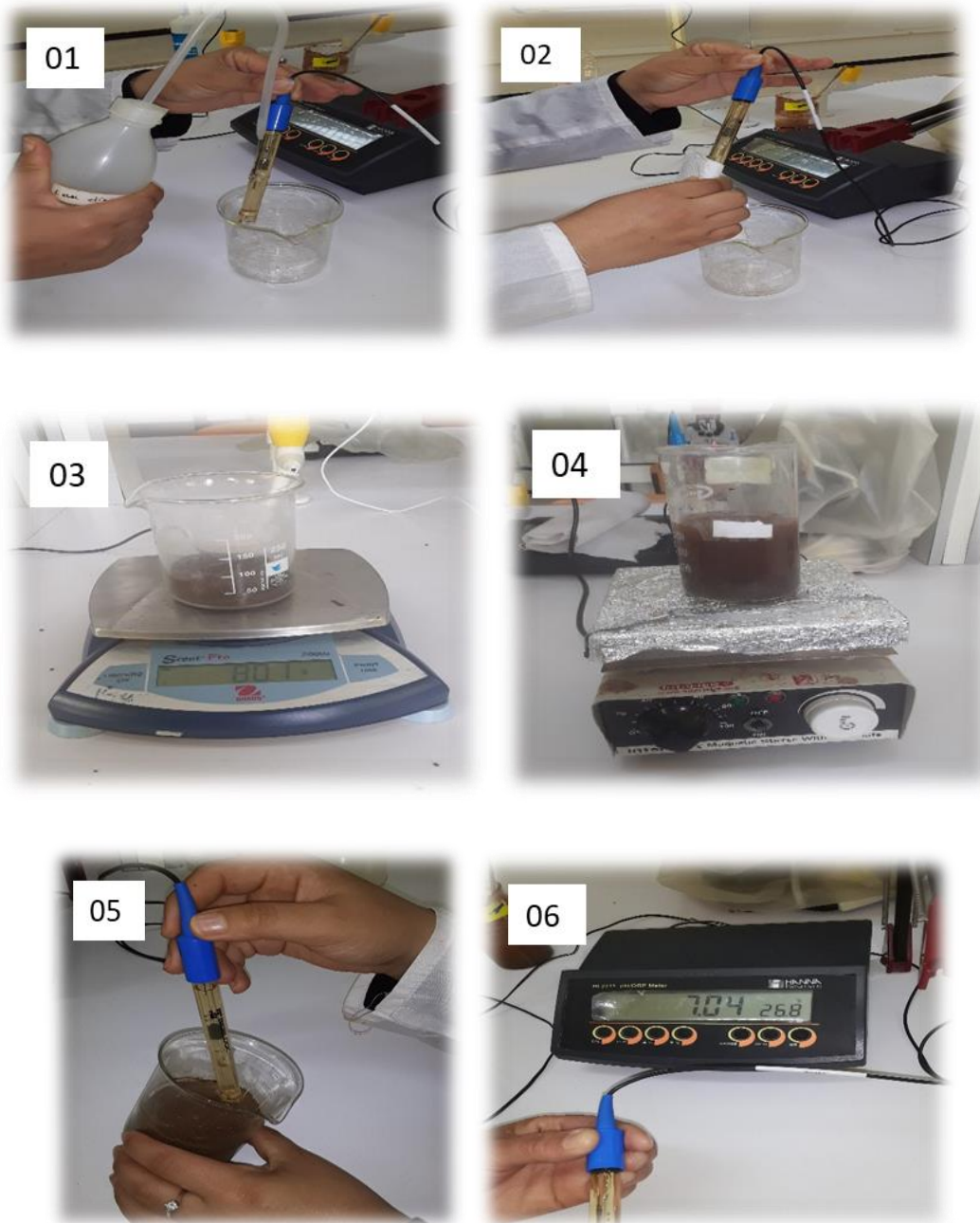


Figure N°18: les étapes de mesure de ph de sol (photos personnelle).

8.1.5. Analyse de la conductivité électrique :

Le même protocole expérimental du dosage du pH est utilisé pour la détermination de la conductivité électrique en remplaçant le pH mètre par un conductimètre.

8.1.6. Carbonate.**•Protocole d'analyse:**

- ❖ On prépare HCl diluée par : 1 mesure d'HCl + 3 mesures de l'eau distillé.
- ❖ On prend 10ml d'HCL diluée dans un bécher de 50ml.
- ❖ Peser le bécher avec HCl.
- ❖ Prendre 10g de terre fine, verser le sol petit à petit dans le bécher contenant l'HCl.
- ❖ Agiter le bécher de façon circulaire et laisser reposer quelques minutes puis agiter jusqu'à ½ h.
 - ❖ peser le bécher avec son contenu agiter le bécher laisser reposer quelque minutes puis repeser 2^{ème} fois et noter le poids (**Figure N° 19**).

On calcule le pourcentage de CaCo3 :

Poids de Co₂ = P + 10 - P'

$$\% CaCo3 = \frac{\text{Poids de Co}_2 \times 227.4}{\text{Poids du sol}}$$

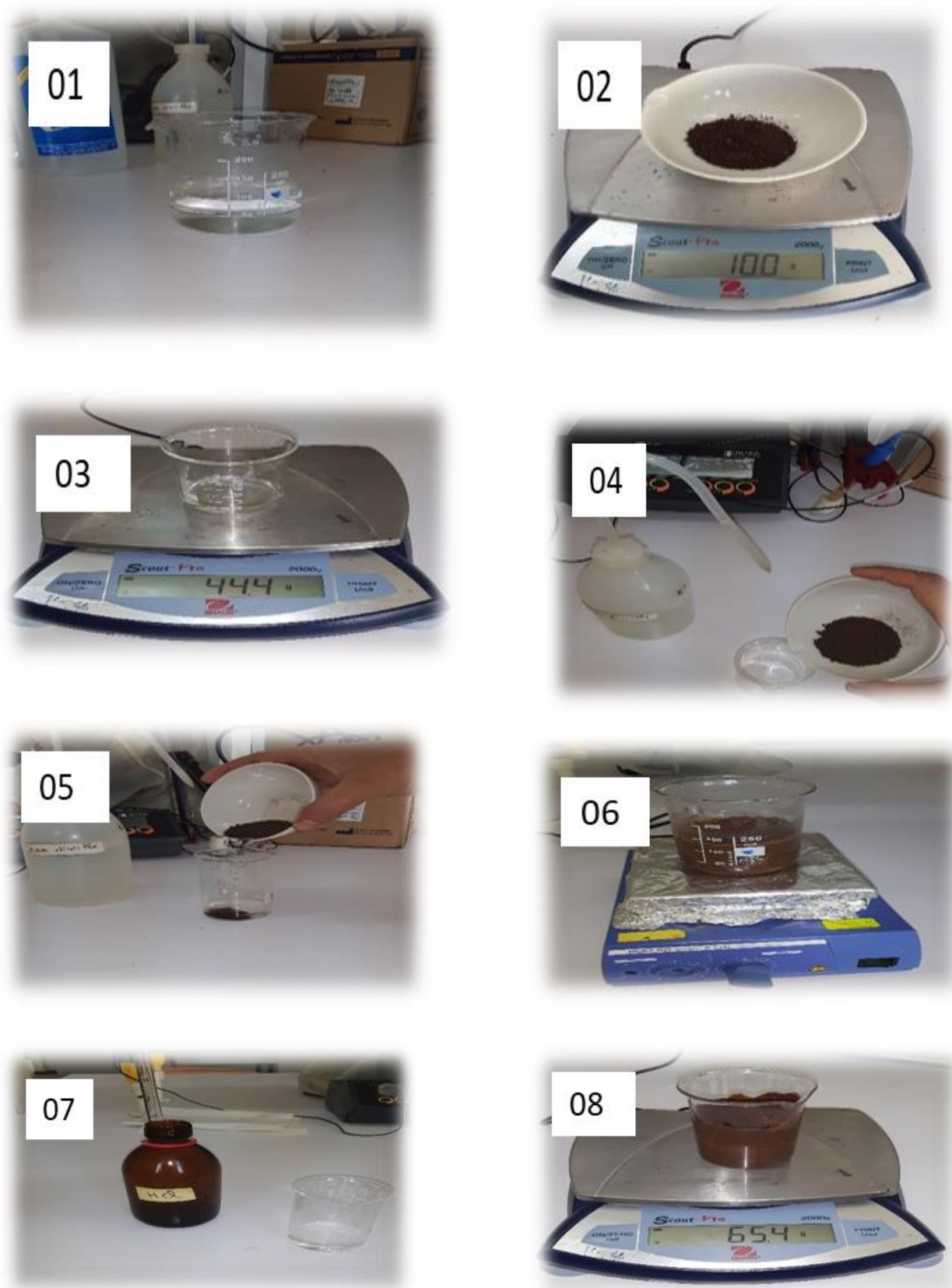


Figure N° 19 : les étapes de dosage de carbonate (photos personnelle).

8.2. Sur la culture :

8.2.1. Nombre de plante par m² : (le 09/02/2020)

Le nombre de plante par mètre carré a été évalué au stade de la levée (3feuille) par le comptage de toutes les plantes dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle.

8.2.2. Nombre d'épis par m²: (le 01/06/2020)

Le nombre d'épi par mètre carré pour les différents traitements a été déterminé au stade formation des grains, en comptant tous les épis de chaque plante se trouvant dans un cadran d'un mètre carré pour chaque parcelle d'essai.

8.2.3. Nombre de grains par épis: (le 01/ 06/2020)

Le nombre de grains a été évalué au stade maturité physiologique par le comptage des moyennes de grains d'un échantillon de 25 épis prise au hasard pour chaque parcelle.

8.2.4. Poids de 1000 grains : (le 12/ 07/2020)

Le poids de mille grains a été évalué au stade maturité physiologique, après l'isolement les épis choisis sont mis à sécher à l'air libre pendant 24 heures, puis on a pesé un échantillon de mille grains pour chaque parcelle d'essai avec une balance de précision (**Figure N°20**).



Figure N°20 : 1000 grains traitements étudiés (photos personnelle)

8.2.5. Rendement réel par hectare: (le 26/ 07/2020)

Le rendement réel par hectare a été obtenu après moisson battage des parcelles d'essai par une moissonneuse batteuse à sac

8.2.6. Notation sur les maladies :(27/02/2020)

nous avons noté l'apparition de deux maladie insecte criocère dans le stade montaison et l'oïdium (**Figure N°21**).



Figure N°21:Symptômes de l'oïdium sur la tige et le criocère sur la feuille de blé dur(**photos personnelle**).

NB :

- On n'a pas assuré une irrigation manuelle à cause du manque de moyen et de l'eau.

8.2.7. Teneur en chlorophylle a et b:

Le travail a porté sur la détermination de la teneur en chlorophylle de la dernière feuille au niveau de laboratoire de Botanique selon la méthode de **Mc Kimrey et Amon, (1949)**, cité in (**Aissani, 2013**).

On a pesé des échantillons de 1g (1/3 médian) de la feuille prélevée, sur les dernière feuilles. L'extraction est effectuée par broyage en présence de 25ml d'acétone à 80% auquel on ajoute CoCl_2 pour faciliter le broyage, l'extrait est filtré à l'aide d'un papier filtre, ensuite mis dans des boites noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière (**Figure N°22**).

Le dosage se fait par le prélèvement de 3ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre et la lecture se fait aux deux longueurs d'onde 645et 663 nm.

$$\text{Chl}_a = 12,7 \text{ D}_0 \text{ 663} - 2,69 \text{ D}_0 \text{ 645}$$

$$\text{Chl}_b = 22,9 \text{ D}_0 \text{ 645} - 4,68 \text{ D}_0 \text{ 663}$$

$$\text{Ch}_a + \text{Ch}_b = 8,02 \text{ D}_0 \text{ 663} + 20,20 \text{ D}_0 \text{ 645}$$

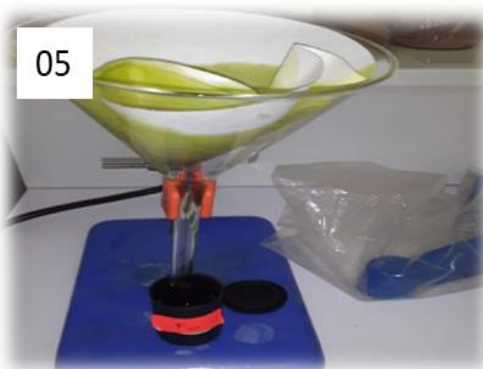
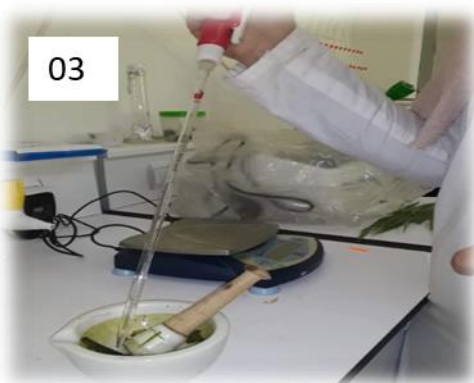




Figure N°22 : dosage La teneur chlorophylle a et b (photos personnelles).

9. Analyse statistique :

Les analyses statistique ont été effectuées à l'aide de logicielle Minitab 16, en étudiant l'analyse de la variance à un seul critère de classification (AV1).



Chapitre : 04

Résultats et

Discussions

1. Caractéristiques pédoclimatiques

La meilleure réponse culturale à la fertilisation s'obtient sur sol ayant un niveau de fertilité élevé. Les principaux facteurs qui déterminent la fertilité du sol sont : la matière organique du sol, la texture du sol, sa structure...ect.

Le tableau 11 présente les caractéristiques pédologiques dans notre parcelle d'étude.

Tableau 11 : Caractéristiques pédologiques de notre parcelle

Caractéristiques du sol	Valeurs
Texture du sol	sol argileux
Taux de la matière organiques	9,75% \pm 0,76
pH	7,84 \pm 0,27
Conductivité	298,67 μ S/cm \pm 5,31
Teneur en Carbonates de calcium	2,49% \pm 0,003

Les analysés physico-chimiques indiquent que la texture du sol est argileuse renfermant un taux de matière organique élevé de façon générale. Un taux de 4 à 8% de matière organique correspond à une bonne productivité et à une bonne capacité de minéralisation (Ghislain, 2020). Un pH neutre, le pH des sols normaux productifs se situe entre 4 et 8 et doit être considéré comme un caractère spécifique du sol (FAO, 2003). Une conductivité électrique faible qui n'a aucun effet sur le rendement et une teneur faible en carbonates de calcium (1% à 5% Sol peu calcaire).

2. Caractéristiques agronomiques

2.1. Analyse de la 1 ère variable : Nombre de plant /m²:

Le comptage du nombre de plantes par mètre carré est réalisé au stade 1 à 2 feuilles au niveau de chaque parcelle élémentaire sur 3 mètres linéaires. Les chiffres obtenus sont convertis au mètre carré. (Lakab, 2012), Les résultats obtenus sont présentés dans la (figure 23).

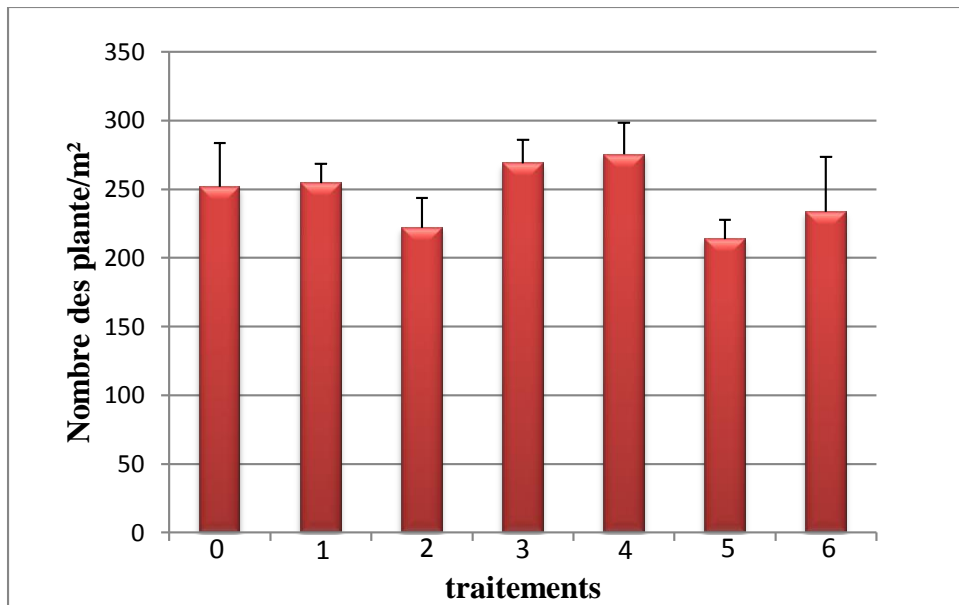


Figure N° 23 : Nombre de plants /m² (levée)

Les résultats de notre essai montrent que le traitement T4 a donné le meilleur résultat.

Analyse de la variance à un critère de classification :

One-way ANOVA: Nombre plants versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	9809	1635	2,68	0,060
Error	14	8535	610		
Total	20	18344			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements ($p > 0.05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

L'érosion hydrique des sols est directement proportionnelle aux précipitations, alors que l'éolienne augmente fortement au-dessus d'une vitesse seuil du vent. Ces

dégradations tendent à accentuer le stress hydrique et minéral des cultures, ce qui constitue une pression supplémentaire sur les régions déjà déficitaire (Philippe et al., 1986).

2.2. Analyse de la 2 ème variable : nombre d'épis par m² :

Est obtenu à partir du comptage des épis de station préparée précédemment de chaque parcelle élémentaire, puis ramené au mètre carré. (Lakab, 2012). Les résultats obtenus sont présentés dans la (figure 24).

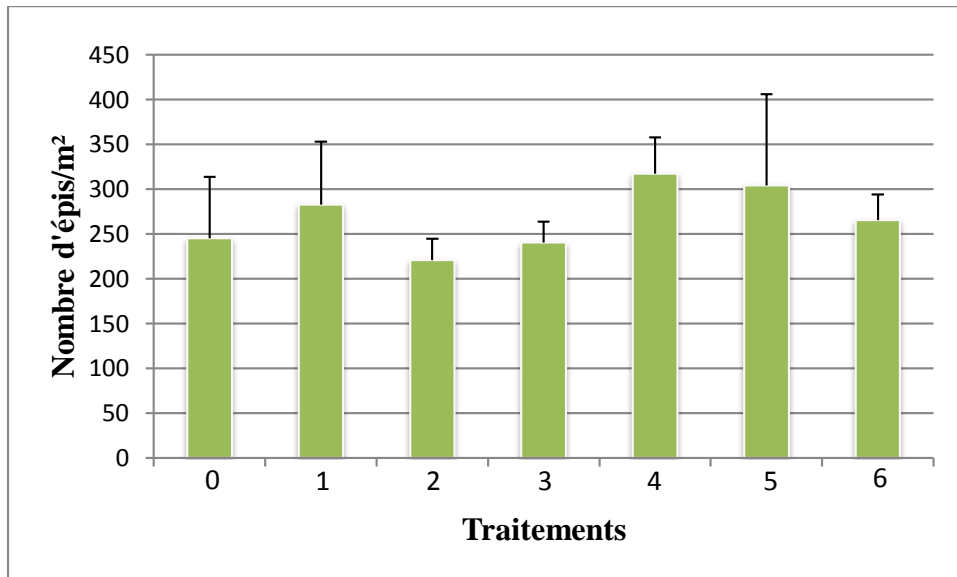


Figure N°24 : Nombre d'épis /m²

Les résultats de notre travail indiquent que le traitement T4 a enregistré la meilleure valeur.

Analyse de la variance :

One-way ANOVA: Nombre EPIS versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	35116	5853	1,83	0,165
Error	14	44783	3199		
Total	20	79900			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

Les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements ($p > 0.05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

L'apparition d'un déficit hydrique au début de la montaison a pu réduire d'environ 10 à 25% le nombre d'épis, ce qui peut être compensé par des composantes ultérieures. Cette compensation dépend du parcours d'élaboration du rendement et des processus physiologiques liés au génotype. **(Benbelkacem, 2000)**.

Un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m^2 , la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi. À la fin de la montaison, 10 à 15 Jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre des fleurs fertiles par épillet **(Debaeke et al., 1996 cité in Amor et al., 2005)**.

Selon **Grignae (1986) et Gâte (1987) cité in Bhourri et al., 2015**, le déficit hydrique en période de montaison affecte le nombre d'épis et surtout sa fertilité. Il indique aussi que les quelques jours qui suivent la floraison sont une phase délicate pour la réalisation du nombre de grains par épi.

Selon **Zair en 1994 cité in Bhourri et al., (2015)**, le nombre d'épis par mètre carré dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée, et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage. Alors qu'un manque d'eau au moment de la montaison cause un arrêt de croissance des talles et une réduction du nombre d'épis par unité de surface **(Kimurto et al, 2003 cité in Bhourri et al, 2015)**.

2.3. Analyse de la 3^{ème} variable : Nombre de grains /épi

Les épis de chaque parcelle récoltée sont battus individuellement, puis le nombre de grains est reporté au m^2 . La quantité de grains par épi est déduite par calcul (nombre total de grains par m^2 / nombre d'épis par m^2). Ce paramètre a été mesuré sur 10 épis pris au hasard. Après battage manuel le nombre total de grains est compté pour déduire la moyenne par épi. **(Melki et al., 2015)**. Les résultats obtenus sont présentés dans la **(figure 25)**.

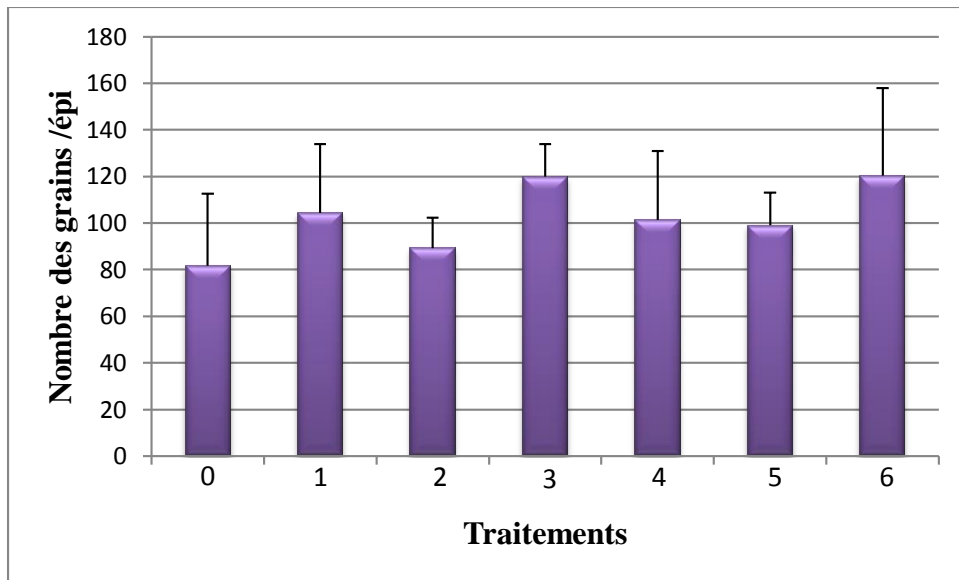


Figure N°25 : Nombre de grains /épi

Analyse de la variance :

One-way ANOVA: Nombre grains/ Epis versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	3745	624	0,94	0,500
Error	14	9335	667		
Total	20	13080			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

Pour ce paramètre, les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements ($p > 0.05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement.

Selon **Belaïd (1986)**, le nombre de grains par épis est influencé par des facteurs trophiques dont l'azote est l'un des principaux éléments. L'addition du phosphore influence tous les composants du rendement (**Boukhalfa, 2011 cité in Abdelliche et al., 2018**).

Selon **Jallaludine et al, 2009 cité in Aissoui, (2018)**, il est bien connu que le stress hydrique avant l'anthèse a une influence sur les caractéristiques de l'épi (le nombre et

la taille, affectant le nombre de grains par épi ce qui influence le rendement en grains par plante.

À la fin de la montaison, 10 à 15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre des fleurs fertiles par épillet (Debaeke et al, 1996 Cité in Bouchelaghem, 2020).

2.4. Analyse de la 4 ème Variable : Poids de 1000 grains

Est un paramètre qui décrit la capacité d'accumulation des substances de réserves en conditions environnementales optimales durant la phase du remplissage des grains et qui est dépend de la variété et des conditions de nutrition hydrique et minérale en fin de cycle. La masse de chaque grain est ensuite calculée comme le rapport entre la masse et le nombre des grains, sans toutefois pouvoir excéder la limite génétique (Echikr et al, 2019). Les résultats obtenus sont présentés dans la (figure 26).

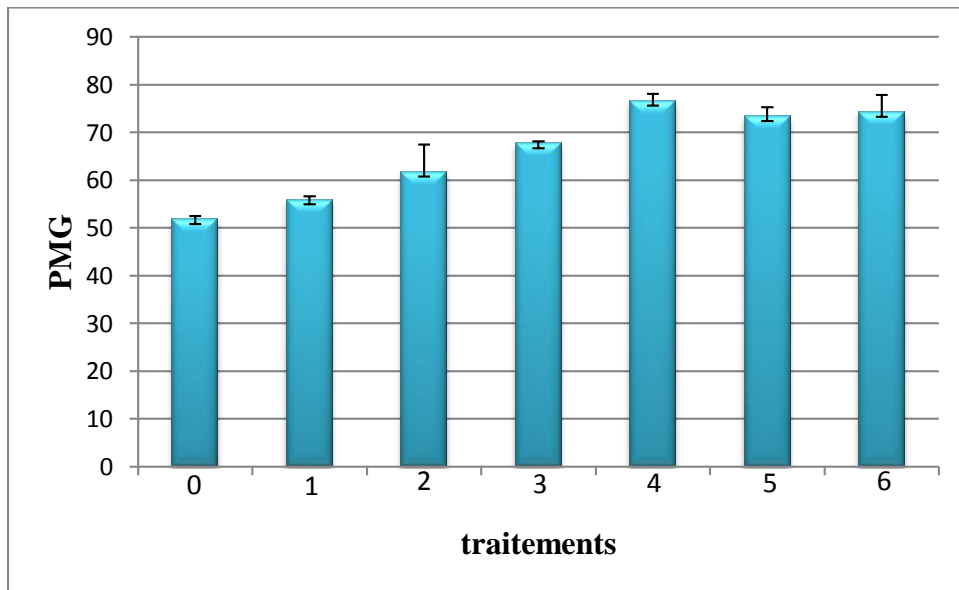


Figure N°26 : Poids de 1000 grains

Analyse de la variance :

One-way ANOVA: poids 1000 grains versus Traitement

source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	1649,38	274,90	36,87	0,000
Error	14	104,37	7,46		
Total	20	1753,75			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement	N	Mean	Grouping
4	3	76,667	A
6	3	74,267	A B
5	3	73,433	A B
3	3	67,733	B C
2	3	61,800	C D
1	3	55,933	D E
0	3	52,200	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les traitements, donc il y'a un effet du traitement T4 sur ce paramètre.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'augmentation du PMG provient sur tout de l'influence du potassium sur le remplissage des grains de céréales qui est presque toujours significative (**loué, 1982**).

Les pluies du mois de mai et de début juin ont favorisé le remplissage des grains (**C.R.F.A.B, 2008**). Le poids de 1000 grains est un paramètre influencé non seulement par les conditions de nutrition minérale et plus particulièrement phospho-potassique, mais également par les conditions climatiques (**Boukhalfa, 2011 cité in Abdelliche et al., 2018**).

L'utilisation du phosphore limite la chute du poids de 1000 grains, dus aux apports d'azote. L'azote en revanche, a un effet dépressif sur le poids de 1000 grains. La mise à disposition de la plante du potassium aisément métabolisable, entraîne une assimilation accrue d'azote et du phosphore disponibles du système sol-engrais et, par conséquent, assure un rendement plus élevé et une nette amélioration de la composition minérale des grains (**Boukhalfa, 2011 cité in Abdelliche et al., 2018**).

La fertilisation réalisée en une seule fois le fractionnement de la fumure azotée favorise le PMG.

Un résultat similaire a été observé par Mossede et Smith (1994) qui ont montré qu'un apport tardif d'azote augmente le nombre d'épis/m² mais réduit le poids de 1000 grains (Melki et al., 2015).

2.5. Analyse de la 5 ème Variable : Analyse du rendement en grain

Les rendements en grains considérés sont ceux réellement obtenus à partir trois lignes centrales de chaque parcelle (Melki et al., 2015), exprimé en gramme par mètre carré, puis ramené en q/ha (Lakab, 2012), Ce caractère est le produit de trois facteurs: le nombre d'épis/m², le nombre de grains/épi et le PMG doit provoquer un changement de rendement (Benbelkacem et al., 2000). Les résultats obtenus sont présentés dans la (figure27).

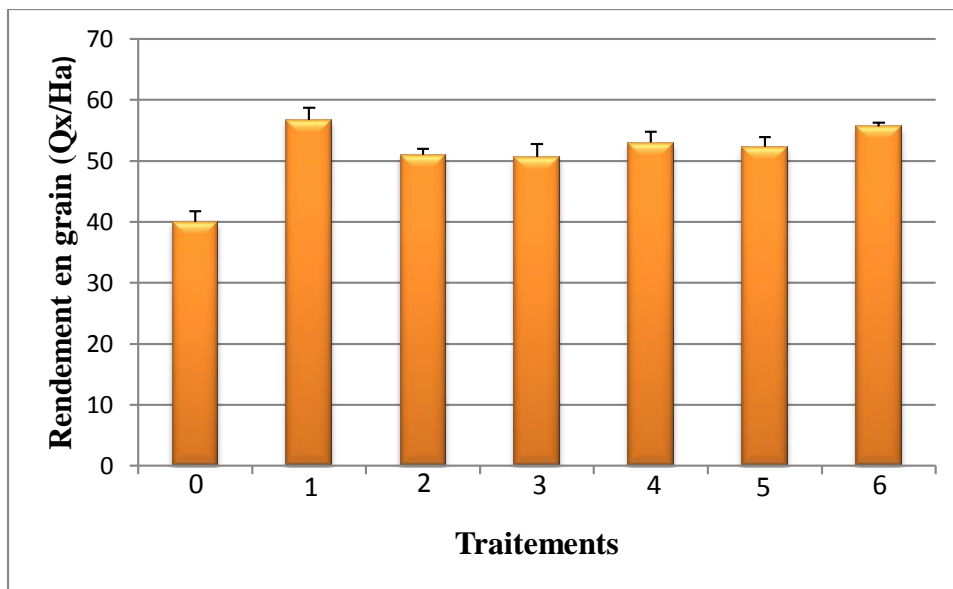


Figure N°27 : Rendement en grain

One-way ANOVA: Rendement versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	540,00	90,00	34,36	0,000
Error	14	36,67	2,62		
Total	20	576,67			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement	N	Mean	Grouping
1	3	56,667	A
6	3	55,667	A
4	3	53,000	A B
5	3	52,333	A B
2	3	51,000	B
3	3	50,667	B
0	3	40,000	C

Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les traitements, donc il y'a un effet du traitement T1 sur ce paramètre.

Les travaux ont montré que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer significativement le rendement doublé et on peut expliquer ceci par un bon développement racinaire du blé suite à une fertilisation azotée (**Wang et al, 2013**).

L'utilisation de doses croissantes de phosphore sans faire augmenter les doses d'azote et de potassium était à l'origine de la formation d'un seul groupe (a) par les trois doses de P_2O_5 . Sachant que l'alimentation minérale des végétaux nécessite un équilibre entre les éléments nutritifs, plusieurs travaux ont montré qu'il existe une synergie entre les différents éléments nutritifs N, P et K. Il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphatés, qui font augmenter le rendement et améliorer la solubilité et l'absorption du phosphore (**Boukhalfa, 2011 cité in Abdelliche et al., 2018**).

3. Caractéristique physiologique

3.1. Teneur des feuilles en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b

La chlorophylle est un pigment végétal responsable de la coloration verte des plantes. Est utilisé avec d'autres pigments par les plantes pour effectuer la photosynthèse. Il existe plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylle a, b, c, carotène, phycocyanine, xanthophylle) (**Hade, 2002**).

Les résultats sont montrés dans les figures 28, 39,30.

- **Teneur en chlorophylle a**

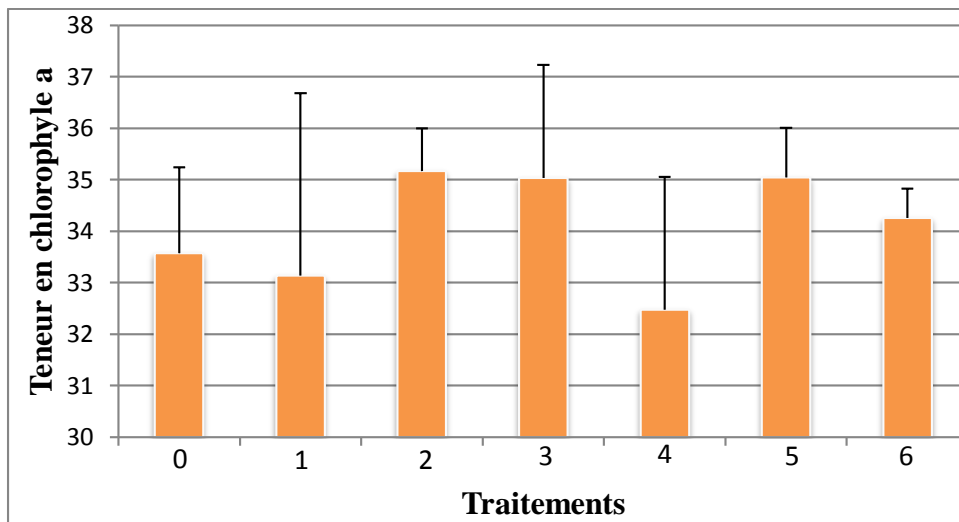


Figure N°28: Teneur en chlorophylle a

Analyse de la variance :

One-way ANOVA: Chlorophylle a versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	20,30	3,38	0,82	0,571
Error	14	57,55	4,11		
Total	20	77,85			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

$p > 0.05$ donc pour ce paramètre, les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements, donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement.

- **Teneur en chlorophylle b :**

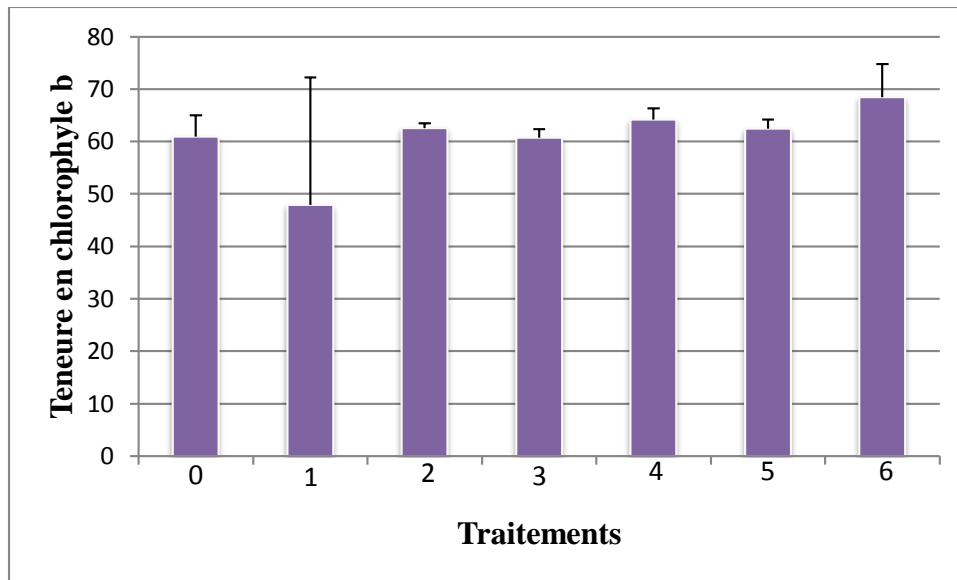


Figure N°29 : Teneur en chlorophylle b

Analyse de la variance :

One-way ANOVA: Chlorophylle b versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	725,6	120,9	1,28	0,327
Error	14	1322,8	94,5		
Total	20	2048,4			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de fichier

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il n'ya pas des différences significatives entre les traitements ($p > 0.05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

- **Teneur en chlorophylle a+b:**

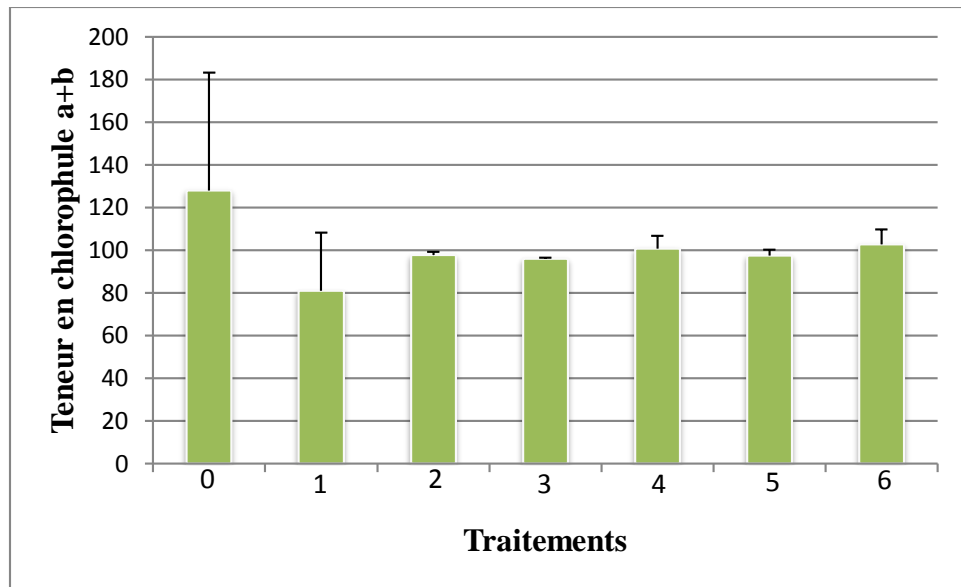


Figure 30 : Teneur en chlorophylle a+b:

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: CHL A+B versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	3546	591	1,07	0,424
Error	14	7719	551		
Total	20	11265			

DF : degré de liberté

SS : sommes des carrés des écarts

MS : moyenne des carrés

F : valeur observée de F de Fisher

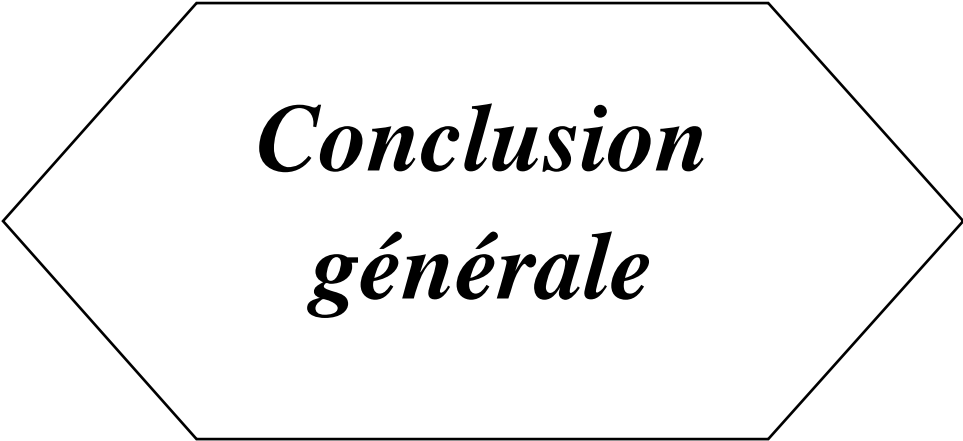
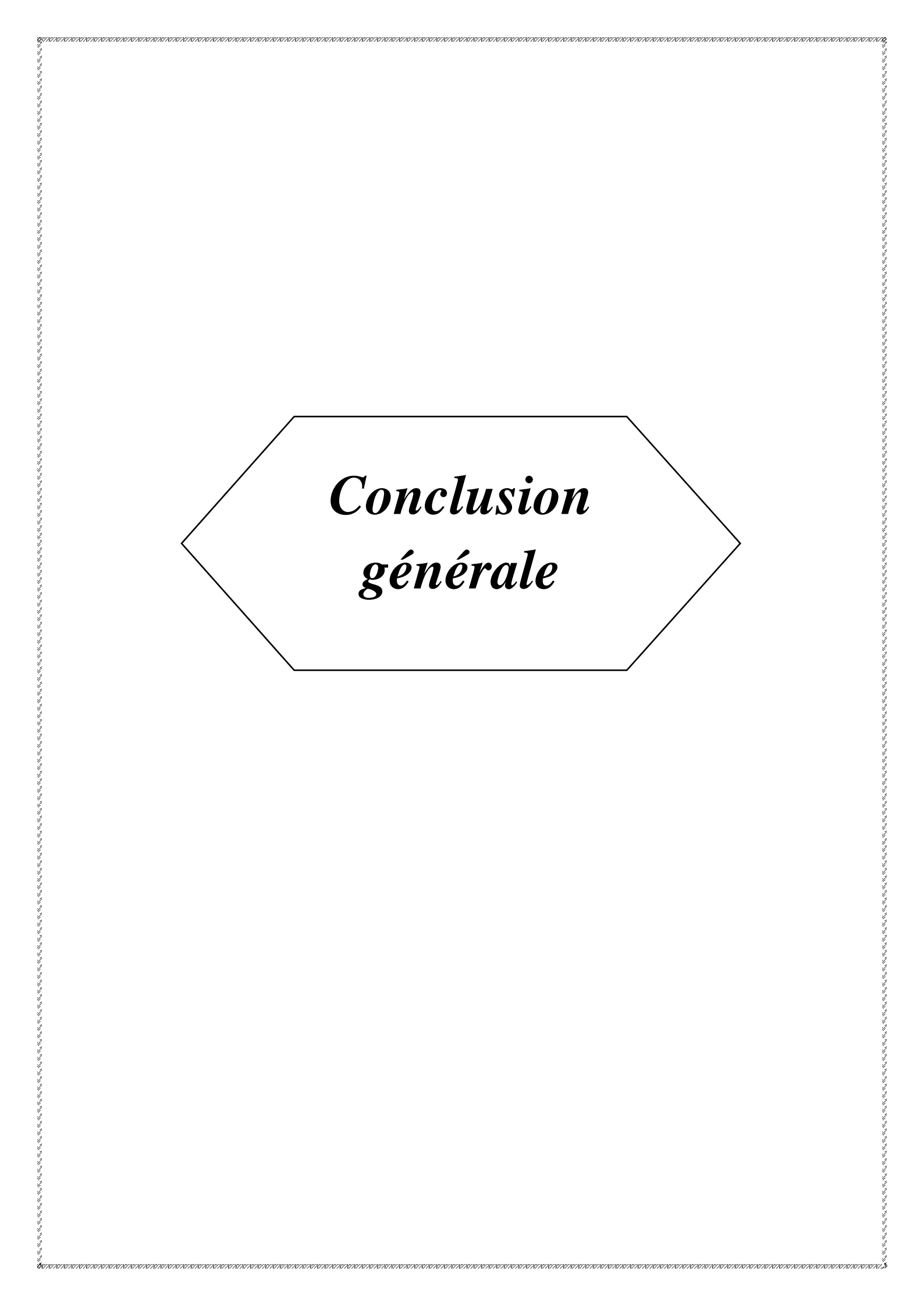
P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

Le résultat des analyses statistiques il n'y a pas de différences significatives entre les traitements ($p > 0.05$), donc on remarque qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). La fertilisation azotée stimule la synthèse de la chlorophylle mais non la photosynthèse. Selon **Ernez et Lannoye (1991)**, l'altération de l'état physiologique des plantes, causée par des conditions défavorables de l'environnement, se reflète rapidement au niveau des signaux

lumineux et thermiques émis par les feuilles. La diminution de l'activité photosynthétique, lors d'un stress hydrique, est en relation avec la fermeture des stomates (**Tabaeizadeh, 1998 cité in Bouchelaghem, 2020**).

Parallèlement à cette augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress, une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (chlorophylles a et b) (**Tahri et al., 1997**).



***Conclusion
générale***

Conclusion

Les engrais sont des facteurs et moyen déterminants pour le développement agricole en vue de promouvoir la sécurité alimentaire et de maintenir la productivité agricole des sols. A travers cet essai, nous avons mis en évidence l'effet de la fertilisation NPK sur les paramètres morphologiques, physiologique et l'amélioration de la production de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) variété Vitron dans la région de Guelma durant la campagne agricole 2019-2020.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement est non significatif pour les paramètres (nombre de plant /m², nombre d'épis par m², Nombre de grains /épi, Teneur en chlorophylle a et b), cela est à cause de l'effet des conditions climatiques c. à.dir la présence d'un stress hydrique à la fin de février 2020.

Les résultats relatifs obtenus du poids de 1000 grains ont montré une augmentation significative entre les traitements en présence d'engrais azotée et potassique (NK). La meilleure valeur obtenue est 76,66 grammes (T4: 76.6-78.1-75.3).Le rendement aussi est influencé par la présence du complexe d'engrais (NPK).

Au vu des résultats que nous avons obtenus, nous pouvons conclure que le traitement (T1 :55-56-59) a donné le meilleur rendement (56.67quintaux/ h).

L'ensemble des résultats obtenus ont montré l'importance de l'interaction NPK, et leur avantage pour améliorer le rendement de blé dur.

Les Références bibliographique

- **A.C.I.A., 2006.** Agence canadienne d'inspection des aliments. La biologie de (*Triticum turgidum ssp. Durum*) (blé dur. Bureau de la biosécurité végétal, 13p.
- **Abdelhamid M., Hamana B., Amar B., Abdelkarim H. S., Nadir H. 2006,** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Article scientifique. Sécheresse ; 17 (4) : 507-13, 508p.
- **Abdelkader D., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, Département d'Agronomie Université de Hassiba Benbouali de Chlef, Revue Nature et Technologie. N° 01. pp45 à 53.
- **Abdellaoui Z., 2007.** Étude de l'effet de la fertilisation azotée sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines de blé, Mémoire de magister en sciences agronomiques. Institut nationale El-Harrach-Alger, 126p.
- **Abdelliche M., Ferkhi A., 2018.** Contribution à l'étude et l'optimisation de la fertilisation minérale du blé dur (*Triticum durum* Desf), mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master, domaine sciences de la nature et de la vie biotechnologies et génomique végétale, université des frères Mentouri Constantine 1 faculté des sciences de la nature et de la vie.
- **Abdelmadjid H., 2013.** Grandes cultures éléments de pyrotechnie générale 1^{ère} ED. T1. Le blé, 256p.
- **Aissa K., 2010.** Les engrais minéraux. Sources incontournables pour accroître nos rendements agricoles. Bulletin trimestriel d'information du RECA-N°07, 8p.
- **Aissani S, 2013.** Effets du stress hydrique sur une variété du blé dur (*Triticum durum* Desf). Mémoire de mastère en biologie. Option phytopathologie et phytopharmacie, département de biologie université de Guelma Algérie, 26p.
- **André M., Christophe H., 2004.** Hydrologie : 1 une science de la nature. Première édition, 67p.
- **Anonyme., 2010.** Manuel utilisation des engrais, 96p.
- **Anonyme., 2012.** Industrie de la semoulerie de blé dur. Journal officiel du 10 mai 2012), N° 5912, version disponible sur : www.ladocumentationfrancaise.fr/, 5p.
- **Anonyme., 2013.** Calcul de la fertilisation azotée. Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales, Éditions COMIFER. p5-159.

- **Anonyme., 2015.** Importance de la culture des cereals. Disponible sur: <https://schweizerbrot.ch>app.5p>.
- **Aouali S et douici -khalfi A., 2009.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie. ITGC. El Harrache. Alger.pp 4-20
- **Armand G.,2020.** Origines du blé et histoire du pain. (Consulté le :27/03/20.), disponible sur : <als.univ-lorraine.fr>seances.pdf>.
- **Bamouh A., 2007.** Programme National de transfert de technologie en agriculture. Fertilisation minérale des cultures N°155.p1-4.
- **Belaid D., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne office des publications universitaires, Ben-Aknoun 1^{ère} édition, 206p.
- **Benbelkacem., et kellou k., 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) cultivées en Station ITGC, B.P. 35 El khroub, 25100 Algérie, ISN, Université de Constantine, 25000 Algérie ; article disponible en ligne <http://am.ciheam.org/aride.php?IDPDF=600011> . pp105-110.
- **Bennasseur A., 2003.** Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture du blé dur (*Triticum durum*), (consulté le : 08-03-2003)., disponible sur : <http://www.fellah-trade.com>, pp 24-38.
- **Bhourikh., Douh B., Mguidiche A., Boujelben A., 2015.** Effet de la contrainte hydrique et des changements climatiques sur la productivité du blé dur en conditions climatiques semi arides de Tunisie. Département du Génie Rural Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem Université de Sousse, Sousse, Tunisie, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°23,September,pp.69-85 © 2015Allrightsreserved, Legal Deposit 1266-2002, sami.khila@yahoo.fr;p17.).
- **Bouchelaghem S., 2020.** Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en Algérie (NPK) sur la croissance, le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétal : blé dur (*Triticum durum* Desf), THESE de Doctorat, faculté des sciences département de biologie, Université Badji Mokhtar Université Annaba. Toxicologie Cellulaire 157p.
- **Boulal H., ZaghouaneO., Mourid M., Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le maghreb (Algérie. Maroc. Tunisie), 176p.

- **Bourahla W., Torki K., 2011.** L'évaluation de L'efficacité d'utilisation de l'eau comme un critère de sélection chez le blé dur (*Triticum Durum Desf*). Université de Msila, 23p.
- **Bourgault G., ARTAS, 2006.** Bonnes pratiques agricoles en production de canne à sucre. Version 4, février. Disponible au CTICS, 23p.
- **Boyeldieu J., 1997.** Blé tendre. Techniques agricoles, éditions Techniques. Fascicule 2020.
- **Chabalié P., 1989.** Engrais, 12p.
- **Christian S., 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée. Grandes cultures et prairies. Edition France agricole, 407p.
- **Cottignies X., 1977.** Potasse et agriculture. Société commerciale des potasses et de l'azote, Mulhouse. 112p.
- **Diehl J.A., 1975.** Agriculture générale. pp 205-211.
- **Draft., 2012.** Manuel de Formation Statistiques sur les Engrais en Afrique, 19p.
- **Echikr A., Achour R., 2019.** Effet de la variabilité climatique sur le rendement de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la wilaya d'Ain Defla. Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Filière. Ecologie et l'environnement Spécialité : Bioclimatologie.69p.
- **El yousfi B., 2015.** Guide du diagnostic des principales maladies des céréales d'automne au Maroc.Inra. Crra De Settat. Laboratoire de Phytopathologie. Première Edition. 13p.
- **FAO., 2003.** Les engrais et leurs applications, quatrième édition, 77p.
- **Feuillet P., 2000.** Le Grain de blé: composition et utilisation. INRA. Ed Quae. 2000. Paris. France, 308p.
- **French V., 2013.** Le potassium un élément essentiel, pp3-18.
- **Gauthier J., 1991.** Notions d'agricultures. Rue Michel-Haidy, 575p.
- **Gervy R., 1970.** Les phosphates et l'agriculture 6^{ème} ED, 298p.
- **Ghislain J., 2020.** Guide pour l'interprétation d'une analyse de sol. Coures de fertilisation des sols en agriculture biologique /cégep de victoria ville (consulte cette page 04/09/2020) disponible sur blog.ac-versailles.fr/pdf
- **Ghouar W., 2006.** Effet du cumul de pluie hivernale sur la réponse du cultivar Waha (*Triticum durum Desf*) à la fertilisation azotée. Mémoire de magister, Institut Agronomique, Université de Batna, 45p.

- **Graphagri., 2013.**Céréales produit agroalimentaire, pp 121-126.
- **HADE A., 2002.** Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs – Réseau de Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.
- **Hervé L., et Jean-F., 2013.** Le blé, une plante domestiquée au génome polyploïde complexe,(consulté le 04-04-2013), disponible sur : <http://html.ENS-lyon.fr>>pdf.
- **Joseph S., 2000.** Engrais verts et fertilité des sols 1^{ère} ED, 287p.
- **Kamel B., Mohsen B., 2017.** Manuel de grandes cultures-les céréales, édition universitaires européennes, 230p.
- **Lakab R., 2012.** Effet de la fertilisation azotée sur la culture du blé dur (*Triticum durum Desf*). Variété « Bousselam »et sur la décomposition de la matière organique en semis direct dans la région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister en Agronomiques. Spécialité Production Végétale et Agriculture de Conservation, Département des Sciences Agronomiques, Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la vie.
- **Larrieu J.F., 2008.** Expérimentation entretien du sol en arboriculture fruitière biologique, pp 1-23.
- **Melki M., Samaali S., Mechri M., et Saidi W.,2015.** Étude qualitative et quantitative de la production du blé dur (*Triticum durum Desf.*) conduit sous différentes modalités defractionnement de nitrate d'ammonium. Journal of new sciences. Agriculture and Biotechnology. 20(6), pp810-817.
- **Moule C., 1971.** Céréales Tome II, la maison rustique. Paris, 1-40p.
- **Munroe J., 2018.** Manuel sur la fertilité du sol. 3^{ème} ED, 236p.
- **Nedjah I., 2012.** Changements physiologiques chez des plantes Blé dur (*Triticum durum Desf.*) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb), Thèse de doctorat 3ème cycle. Université badji Mokhtar-Annaba., 98p.
- **Philippe M., Mahdi N., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*).Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement, HAL Id: hal-00884913 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00884913> Submitted on 1 Jan 1986, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Chaire de Phytotechnie et L.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, 9, place Viala, 34060 Montpellier Cedex, 9p.

- **Philippe V., 1999.** Une 3^{ème} voie en grande culture Environnement Qualité Rentabilité. Paris.211p.
 - **Pousset J., 2000.** Engrais verts et fertilité des sols, ED agri-décisions. 287 p.
 - **Prévoste P., 1990.** Les bases de l'agriculture moderne. Rue Lavoisier. Paris.262p.
 - **Rabat., 2003.** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture association internationale de l'industrie des engrais, 4^{ème} ED. 77 P
 - **Richard I., Sawyer., 1987.** Influence de la densité de tiges sur la production de la pomme de terre, pp94-136.
 - **Scheiner D., 2005.** Spéciation du Carbone, de l'Azote et du Phosphore de différentes boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol, thèse de docteur institut national polytechnique de Toulouse, agronomie, N° d'ordre 2257, 1-218p.
 - **Soltner D., 2005.** La grande production végétale 20^{ème} ED. Paris.472p.
 - **Soltner D., 1982.** Les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles, 12^{ème} ED. 432p.
 - **Soltner D., 1990.** Les grandes productions végétales 17^{ème}ED. Paris. 464p.
 - **Soltner D., 1998.** Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
 - **Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale 23^{ème} ED. TI Le sol et son amélioration. Paris.464p.
 - **Tahri H., Abdelmajid B., Khadija S., 1997.** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum Durum Desf*), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 1997-1998, n°21, Article, Dépôt légal 36/1984 ISSN : 0253-3243. p81-87.
 - **Uexkull H., 1989.** Emploi rationnel des engrais sur les sols acides en zones tropicales humides, édition FAO Amazon France, p21-57.
 - **Wong Y., Abe T., Andsasahara T., 1998.** Concentration of grains of rice (*orynzasativa* L) cultivatesunderorganic and austomarg farming practices. Japanese Journal of corp science, 67 :(3), pp307-311.
- ✓ **Les sites web :**
- [01] <https://www.syngenta.fr> consulté le mois 09/2020.

Résumé

Les plantes ressemblent aux humains, elles ont besoin d'un régime alimentaire équilibré et ne peuvent se contenter d'un excédent d'un type unique d'aliments. La fertilisation azotée phospho-potassique apportent aux céréales cultivées les éléments nutritifs dont elles ont besoin. Ils permettent d'augmenter la production et d'améliorer la qualité des cultures vivrières et celle des cultures de rente. La présente étude a été conduite au cours de la campagne agricole 2019/2020 au niveau de la station expérimentale de FDPS de Guelma qui dérive de l'ITGC Guelma. Elle a pour objectif d'étudier l'effet de quelques doses des engrais phospho-azotée-potassique (NPK) sur le comportement et la productivité d'une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf) (variété Vitron). Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement est significatif sur le rendement en présence de l'azote (NPK), ainsi qu'une augmentation du poids 1000 graines (PMG) en présence d'engrais azotée et potassique (NK).

Mots clés: La fertilisation azotée phospho-potassique, Céréales, Blé Dur, Vitron, I.T.G.C. de Guelma.

Abstract

Plants That a Person needs a balanced diet, and he cannot be satisfied one type of food. Nitrogen fertilisation and phosphobotassium provides the growers with the nutrients they need .It makes it possible to increase production, improve financial incomes. This study was conducted during the 2019/ 2020 agricultural season at the model station (FDPS) of Guelma with the technical institute of major crops (ITGC). Its aim is to study the effects of some concentration of phosphorus fertilizer on the status and productivity of the (*Triticum durum* Desf) species (vitron).The results of the analyzes and their variables proved that the treatment effects are evident of yield, the weight of 100 grains of wheat in the presence of nitrogen and potassium.

Keywords : nitrogen and potassium fertilisation, cereals, durum wheat, (vitron), Technical institute for major crops (I T G C) Guelma.

المخلص

النباتات التي يتناولها الإنسان تحتاج إلى نضام غذائي متوازن و متكامل و لتمكينه الاكتفاء بنوع واحد من الغذاء. يوفر التسميد بالنيتروجين و بالفوسفوبوتاسيوم للمزروعات بالعناصر الغذائية التي تحتاجها. إنها تجعل من الممكن زيادة الإنتاج و تحسين المحاصيل الغذائية و المداخيل المالية. هذه الدراسة قد أجريت خلال الموسم الفلاحي 2020/2019 و على مستوى المحطة النموذجية (FDPS) لقائمة وهي فرع تابع للمعهد الوطني للمحاصيل الكبرى (ITGC). و الهدف منها دراسة تأثيرات بعض تراكيز الأسمدة الفوسفوازوتية (NPK) على وضعية و إنتاجية أنواع القمح (*Triticum durum Desf*) نوعية (Vitron). نتائج التحليل و متغيراتها أثبتت أن تأثيرات المعالجة تكون ظاهرة على المردودية بتواجد الازوت و أيضا على وزن 100 حبة قمح بتواجد الازوت و البوتاسيوم.

الكلمات المفتاحية: التسميد الازوتي و الفوسفوبوتاسيوم , الحبوب، القمح الصلب، فيترون، المعهد التقني للزراعات الواسعة قائمة.