



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre
Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Science agronomie

Spécialité : science de sol

Thème

**Contribution à l'étude de la fertilisation minérale (NPK) sur la
culture de blé dur variété (Mansourah)**

Présenté par :

Melle. TRAD Nesrine
Melle. SENOUCI Houria

Soutenu le: 09/07/2024

Devant e jury compose de:

Nom et prénom:

Mme. MEBDOUA Samira grade MCB

Univ.de Bouira

Président

Mm.MAHDI Kadidja grade professeur

Univ.de Bouira

Examineur

Mm.MESSAOUDI Hanane MAA

Univ.de Bouira

Promoteur

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mm MESSOUDI Hanane, pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury, Mm MEBDOUA Samira qui nous fait l'honneur de présider ce jury, au Mm MAHDI Khadidja pour avoir accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à remercier tous les superviseurs de l'administration de notre faculté et les ingénieurs de laboratoire pour leur soutien.

Nous tenons à remercier aussi les ingénieurs de deux fermes pilots Mr MEZIAN Brahim, BRAHIMI Khalile (Boubakeur saidi) et Mme ABAS Sadia (Boucheraine) et à tous qui en responsables, du agent aux directeur.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin et contribuer à réaliser ce mémoire.

Dédicace

On dit qu'une distance de mille kilomètres commence par un pas, et aujourd'hui nous faisons un autre pas, qui aboutit à ce mémoire, fruit de trois années de travail acharné.

Je dédie ce travail à celle qui est plus proche de moi qu'une veine, au battement de mon âme et au pouls de mon cœur, ma mère (*GHALI Fatiha*).

À mon soutien dans la vie et à ma forteresse face aux obstacles, mon père de famille (*TRAD Djamal*).

À mes frères et mes soeurs (*rafik, lamia, hamdi, yousra et ayouya*), qui ont partagé avec moi tous les moments doux-amers de cette vie.

A mes amies qui étaient les meilleures sœurs (*sonia, amina, asma, khadidja et monira*).

Et surtout à *charafo et Monsieur BOUDJEMAA*).

À mon collègue dans ce travail, qui m'a accompagné pas à pas, *SENOUCI Houria*.

À tous ceux qui ont contribué et aidé à la réalisation de ce travail, même si c'est par la prière À eux tous, je dédie le fruit de la réussite.

TRAD Nesrine

Dédicaces

Je dédie ce mot d'abord à ma famille, car une bonne famille est un soutien et une belle maison est une force

Je dédie ce travail à mon cher père, qui m'a donné des efforts et du temps tous les jours pendant des années en général, et j'ai eu la bénédiction du soutien, et j'ai eu le meilleur compagnon dans la préparation de ce Mémoire en particulier. Mon père, les mots ne sont parfois pas Assez pour décrire ma joie pour toi, Il me suffit de te voir fier pi aujourd'hui

Alors je dédie ce Mémoire à ma tendre mère, qui m'a comblée de tous les sentiments d'amour et de tendresse et m'a inspirée avec confiance pour être la femme que je suis aujourd'hui. Merci, ma mère, tu mérites de voir mon succès compenser un peu ce qu'elle m'a donné.

Je me souviens aussi avoir dédicacé mon Mémoire à mes chères sœurs avec qui j'ai vécu ma vie. Certaines d'entre elles sont maintenant chez elles.

Et après la famille, je dédie mon binôme *nesrine* et à mais meilleure *amies samia , asma manal malika* que je considère comme des soeurs pour moi..

Je dédie également à chaque enseignant, professeur, mentor, et à tous ceux que j'ai connus pendant cette période, à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à mon succès, à tous ceux qui ont contribué à affiner ma personnalité au fil du temps, à tous ceux qui m'ont incité à atteindre ce que je veux, merci à tous.

Senouci Houria

Liste des abréviations

FAO: Food Agriculture Organisation

K: Potassium

MO : Matière organique

N : Azote

P : Phosphore

P₂O₅ : Acide phosphorique

pH: Potentiel hydrogène

T: Traitement

U/ha : Unité par hectare

%: Pourcent

ML: Mètre linéaire

Qx/ha: Quintaux par hectare

RDE: Rendement estimé

T.H.S: Très Hautement Significative

T.S.P: Triple Super Phosphate.

U.S.D.A: United States

Department of Agriculture

Les listes des figures

Figure 01 : Généalogie du blé dur	6
Figure 02 : Plante de blé au stade tallage	9
Figure 03 : Les différents stades de développement du blé	13
Figure 04 : organigramme montrant les différents types d'engrais	20
Figure 05 : Cycle de l'azot dans la biosphère.	24
Figure 06 : Cycle de phosphore.	26
Figure 07 : Courbe d'absorption de K ₂ O chez les céréales.	31
Figure 08 : Photo satellite montrant la localisation du site d'expérimentationferme pilote (Boucharaine)	37
Figure 09 : Photo satellite montrant la localisation du site d'expérimentationferme pilote (Boubakeur saidi)	37
Figure 10 : échantillonnage de sol	38
Figure 11 : La texture de sol	39
Figure 12 : Détermination de l'humidité	39
Figure 14 : les étapes de mesure du ph du sol	41
Figure 15 : les étapes de mesure du conductivité du sol	41
Figure 16 : détermination de carbonations	42
Figure 17 : Variété de blé expérimentée (Mansourah)	45
Figure 18 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai	48
Figure 19 : les parcelles études	49
Figure 20 : la texture de sol	54
Figure 21: Effet de trois fertilisants sur la hauteur de la tige de blé dur	58
Figure 22 : Effet de trois fertilisants sur la longueur des épis de blé dur	59
Figure 23 : Le nombre Talles épis et talles végétatifs	60
Figure 24 : Effet de trois fertilisants sur le Nombre de grains / épis de blé dur	62
Figure 25 : biomasse racinaire de blé dur	63
Figure 26 : la biomasse aérienne sèche	64
Figure 27 : Indice de récolte	65
Figure 28 : Précocité à l'épiaison, à la floraison et à la maturation	67
Figure 29 : % de l'épiaison floraison maturation	68
Figure 30: Rendement REEL et Rendement ESTIME	70

La liste des tableaux

Tableau 01 : Classification botanique de blé dur	07
Tableau 02 : Répartition des matières minérales dans le grain de blé	11
Tableau 03 : Stases de développement de blé dur	12
Tableau 04 : Durée des différents stades de la croissance du blé	14
Tableau 05 : Besoins spécifiques en NPK du blé dur	24
Tableau 06 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm (oct 2023-mai2024)	43
Tableau 07 : les moyennes des températures maximales, min et moye en C° (oct2023-mai2024)	44
Tableau 08 : Les composition et les caractéristique des engrais utiliser	46
Tableau 09 : Dates repères des différents stade phénologiques de la culture	50
Tableau 10 : Les analyses chimiques de sol	55

Tableau des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur	1
1 /Histoire et développement du blé	5
2/Génétique de blé dur	5
3/Classification botanique du blé dur	7
4/Description générale de blé dur	7
4.1. L'appareil racinaire	8
	8
4.1.1. Les racines	
4.2. L'appareil aérien	9
	9
4.2.1 .La tige	9
	10
4.2.2. Les feuilles	11
	11
4.2.3 .L'appareil reproducteur	14
5/Stades de développement de blé dur	
5.1/Durée des différents stades de la croissance du blé	
6/Les exigences de blé dur	14
	14
6.1/ Exigences climatiques	14
	14
6.1.1/Température	
6.1.2 La lumière	14
6.2/Exigences hydrique	15

6.2.3/ L'eau	15
6.3/Exigence édaphique	15
6.4/Exigences culturales	15
6.4.1 / Préparation du sol	15

Chapitre 2 : la fertilisations

1. Fertilisation	18
2. La notion de substances nutritives	18
2.1. Nutriments primaires	18
3. Les engrais	19
3.1 Les types engrais	20
4. La Fertilisation azotée	21
4.1. Sources de l'azote	21
4.2. Rôle physiologique de l'azote	21
4.3. L'azote dans le blé	22
4.4 Répartition des besoins en Azote pendant le cycle de blé	22
4.4.1 Phase Croissance-Tallage	22
4.4.2 Phase Gonflement – Floraison	22
4.4.3 Phase Maturation	23
5. La Fertilisation phosphatée	24
5.1. Définition de phosphore	24
5.2. Source de phosphore	24
5.3. Rôle physiologique du phosphore	25
5.4. Forme de phosphore absorbée par la plante	25
5.5. Cycle de phosphore	25
5.6. L'assimilation de phosphore	26
5.7. L'assimilation de phosphore dans les régions semis arides	26
5.7.1 Disponibilité du Phosphore dans le Sol	27

5.8 L'apport des engrais phosphatée dans les régions semis-arides	27
5.8.1 Types d'Engrais Phosphatés	27
6. La Fertilisation potassée	28
6.1. Le potassium dans plante	28
6.2 Rôle du potassium	29
6.3 Besoins en potassium du blé	30
6.4 Apport de potassium au blé	30
6.5 les formes Absorption de potasse	31
6.6 Transport et Distribution	31
6.7 L'assimilation de potasse dans les régions semi-arides	32
6.7.1 Disponibilité du potassium	32
6.7.2 Stratégies d'assimilation	32
6.8 Le cycle de potassium	32
7. Besoins spécifiques en NPK du blé dur SONT	33
7.1 Azote (N)	33
7.2 Phosphore (P)	33
7.3 Potassium (K)	34

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

1. Le but de l'étude	36
2. Présentation des sites de l'essai	36
2.1 .Localisation du 1 er site	36
2.2. Localisation du 2 ème site	36
3. Données pédoclimatiques	38
3.1 . Sur le Sol	38
3.1.1. Préparation de l'échantillon	38

4. Les analyses physiques de sol	38
4.2. Texture du sol	38
4.3. L'humidité du sol	39
5. Les analyses chimiques de sol	40
5.1 Dosage de la matière organique	40
5.2 Analyse de pH	41
5.3 Analyse de la conductivité électrique	41
5.4 Carbonate	42
6. Climat	42
6.1 La pluviométrie	42
6.2 Température	44
7. Matériel végétal	45
8. Installation et conduite de l'essai	47
8.1 Le semis	48
8.2 Méthodologie d'étude	48
8.2.1 Suivi des sites expérimentaux	49
Observation et mesure effectuées	50
9.1 Caractères phénologique	50
9.1.1 Précocité au montaison	50
9.1.2 Précocité à la floraison	50
9.2.3 Précocité à la maturation	50
10 Caractères phénologiques	51
11 Caractères agronomiques	51
12 Caractères morphologiques	52
13 Méthodes d'analyse statistique	52

Chapitre 04 : Résultats et discussions

1. Données pédoclimatiques	54
1.1 Climat	54
1.2 Le sol	54
2. Analyse physique chimique du sol	55
2.1 La texture	56
2.2 pH (eau)	56
2.3 Conductivité électrique (CE)	56
2.4 Teneur en Carbonates	56
2.5 Matière organique	56
2.6 pH Rhizosphérique	57
3/ Étude des caractères morphologiques	57
3.1 La Hauteur de La Tige (cm)	57
3.2 La longueur des épis (cm)	58
3.3 Le nombre Talles épis et talles végétatifs	59
3.4 Nombre de grains / épi	61
3.5 La biomasse racinaire	62
3.6 La biomasse aérienne sèche	63
3.7 Indice de récolte	65
3.8 Précocité à l'épiaison, à la floraison et à la maturation	66
3.9 Le personnage de l'épiaison floraison maturation	67
3.10 Rendement réel Et Rendement estimé	69
Conclusion	71
Résumé	
Références bibliographiques	
Liste des annexes	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les céréales, cultivées depuis des milliers d'années, jouent un rôle essentiel dans le système agricole mondial. Elles forment le fondement de notre alimentation (**Mouellef, 2010**). En plus de leur rôle dans la nourriture, leur importance économique est considérable car elles sont essentielles à la sécurité alimentaire, à l'économie mondiale et à l'innovation.

Le *triticum durum* (blé dur) Les habitats de cette espèce sont principalement situés dans le bassin méditerranéen, où desf est la principale source d'alimentation du genre Triticum (**Clerget, 2011**).

La culture des céréales couvre une superficie de 3,3 millions d'hectares en Algérie. 40 % de ces terres sont utilisées pour cultiver du blé dur, ce qui représente 1,35 millions d'hectares (**Selmi, 2000**).

Aujourd'hui, la plupart de ces céréales sont venues de l'étranger et l'écart entre l'offre et la demande grandit. La dépendance alimentaire vis-à-vis de l'étranger est très importante, en particulier pour les céréales (**Chabane et Boussard 2012**).

Les engrais sont souvent employés afin d'accroître les rendements, voire de les doubler. Pendant plus de 25 ans, de nombreux essais et démonstrations réalisés chez des agriculteurs de 40 pays dans le cadre du programme engrais de la FAO ont montré que la moyenne pondérée des rendements pour la culture du blé augmente d'environ 60 %. lorsque le traitement optimal est utilisé. Cette augmentation n'est évidemment pas la même dans une région, dans une culture et dans un pays (**FAO, 2003**).

Il faut noter que la culture des céréales en Algérie est toujours confrontée à diverses contraintes, tant climatiques, techniques qu'économiques et sociales, même si l'État apporte son soutien à l'activité (**Chabane et Boussard 2012**).

La fertilisation joue un rôle crucial dans l'amélioration En utilisant différentes méthodes, moyens et produits, il est possible d'améliorer ou de maintenir la productivité des cultures de manière optimale. Il est donc essentiel d'évaluer soigneusement ces pratiques afin d'atteindre un optimum économique.

- Dans le cadre de la campagne agricole, notre but est d'étudier l'effet de la fertilisation azotée, phosphatée et potassique sur l'amélioration de la production de

INTRODUCTION

la culture de blé dur (variété mansourah) dans la région de Bouira. 2023-2024.

- Analyser les conséquences de l'application de divers fertilisants sur la culture de blé dur (variété mansourah) dans la région de Bouira pendant la campagne agricole 2023-2024.
- Sélectionner le traitement fertilisant le plus efficace pour optimiser les rendements sur la culture de blé dur (variété mansourah) dans la région de Bouira pendant la campagne agricole 2023-2024.

Nous avons structuré notre travail en quatre chapitres distincts :

Dans les deux premiers chapitres, une revue bibliographique générale sur le blé et les engrais est présentée, dans le troisième chapitre, le matériel et la méthodologie utilisés.

- Les résultats obtenus sont exposés dans le quatrième chapitre, suivis d'une discussion approfondie.

En conclusion, une synthèse globale des résultats est proposée.

**Chapitre 01 : Généralité
sur le blé dur**

1. Histoire et développement du blé

L'agriculture et la civilisation sont étroitement liées au développement du blé, une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La première agriculture néolithique en Europe remonte à environ 8000 ans. La culture du blé dur, apparue dans le croissant fertile de la Mésopotamie, apparaît comme l'une des premières pratiques (**Feillet, 2000**).

Le blé s'est développé à partir du croissant fertile (**Doussinault et al., 1992**). Il s'est ensuite progressivement déplacé de la Grèce vers d'autres régions de l'Europe. C'est de là qu'est venu le blé en Afrique, en Asie et dans certaines régions d'Europe. L'une des méthodes les plus anciennes pour exporter les céréales vers les pays européens.

Les différentes variétés de blé cultivées en Algérie ont été décrites :

- **les blés durs** (avec et sans barbes), les blés de Pologne, le Poularde. L'épeautre.
- **les blés tendres** (avec et sans barbes, des oasis) et les blés tendres, (**Léon et al, 1878-1937**).

Ces écrivains mettent en évidence la grande diversité des ressources génétiques des blés, non seulement en termes de nombre de variétés ou de populations cultivées, mais surtout en termes de grande diversité génétique au sein de chaque population (**Abdelguerfi et Laouar M., 2000**).

Léon Ducellier (1878-1937) à été l'un des pionniers de l'exploration du blé en Algérie au début du siècle. Il a mené une étude approfondie d'une flore très méconnue, repérant et étudiant de nombreuses espèces présentes dans les champs cultivés.

D'après (**Abdelguerfi et al, 2000**), l'introduction massive de cultivars étrangers considérés comme ayant un haut potentiel génétique a entraîné en Asie et dans quelques parties d'Europe. Une des plus anciennes formes d'exportation des céréales vers les pays européens.

2. Génétique de blé dur

On a donné des descriptions des variétés de blé cultivées en Algérie : les blés durs (avec et sans barbes), les blés de Pologne, le Poularde. Les blés tendres (avec et sans barbes, des oasis) et les blés tendres.

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Ces auteurs soulignent la richesse des ressources génétiques des blés, non seulement en nombre de variétés ou de populations cultivées, mais surtout en termes de richesse génétique au sein de chaque population, qui a été l'un des premiers.

Le blé constitue le genre *Triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et d'espèces cultivées que l'on peut classer en fonction de leur numéro de chromosome. De manière génétique, ils peuvent être divisés en diploïde, tétraploïde et hexaploïde. Le nombre de bases de chromosomes est de 7. Trois centres d'origine seraient identifiés pour les trois groupes du genre *Triticum* :

Le groupe diploïde : originaire du foyer Syrien et du nord de la Palestine, possède un génome de 4,7 Gb pour l'espèce diploïde *T. urartu* (AA). **Le groupe des blés tétraploïdes** : l'Abyssinie est le centre d'origine.

Le groupe hexaploïde : est un groupe originaire du foyer Afghano-Indien, avec un génome de 16,7 Gb pour le blé tendre hexaploïde *T. aestivum* ssp. *Aestivum* (BBAADD).

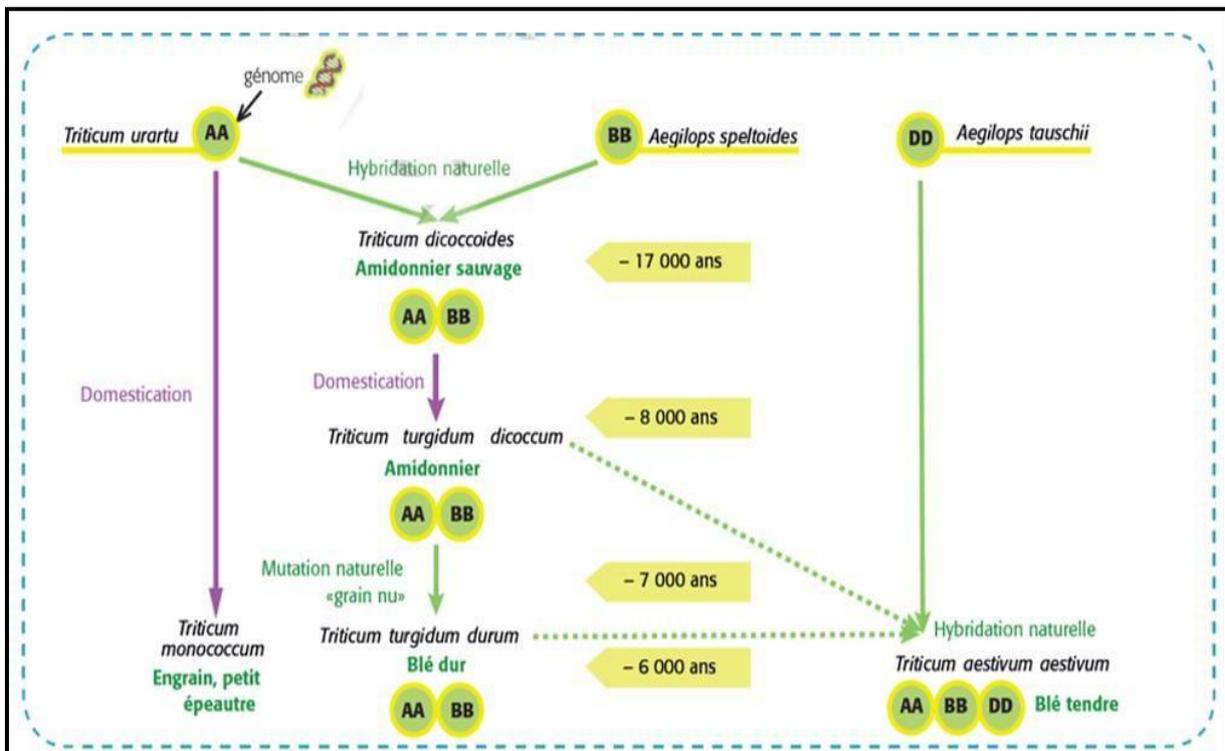


Figure 01 : Généalogie du blé dur ©ARVALIS Institut du végétal

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

3. Classification botanique du blé dur

Selon Clément *et al* (1971), Le blé est une plante herbacée monocotylédone de la famille des graminées, elle fait partie de la famille des graminées, dont la classification botanique suivante :

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (A.C.I.A, 2006)

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Classe	<i>Monocotylédones</i>
Ordre	<i>Glumi florales</i>
Super ordre	<i>Commélini florales</i>
Famille	<i>Gramineae = Poaceae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

4. Description générale de blé dur

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est un genre de plantes monocotylédones de la famille des graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. Il s'agit d'une plante herbacée annuelle de taille moyenne à feuilles plates. Sa fleur terminale est constituée d'une inflorescence de fleurs parfaites (**Bozzini, 1988**). Des variétés de blé dur demi naines existent tout comme pour le blétendre. Les racines du blé se divisent en racines séminales (associées à la graine) et adventives (associées au collet).

4.1 L'appareil racinaire

4.1.1 Les racines

Il s'agit d'organes qui fixent la plante au sol, les racines assurent également l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, (figure0)

a) Les racines primaires (système séminal)

Les racines primaires ou séminales qui se forment lors de la germination comprennent la radicule qui débouche la première ; puis la première paire de racines qui sort simultanément ; et la deuxième paire de racines. Les racines composées uniquement de tissus primaire vont alimenter la plante jusqu'à ce qu'elle atteigne le stade de tallage (avec 3 à 4 feuilles).

a) Les racines secondaires (système nodal)

Parallèlement à la réalisation de la quatrième feuille et à la pointe de la première taille, de nouvelles racines apparaissent à la base du plateau de tallage : les racines secondaires, qui sont formées à partir de bourgeons présents sur le plateau de tallage. Un système racinaire assez développé, comprenant des racines adventives ou coronaires, qui sont générées par l'apparition de nouvelles talles. Elles peuvent s'élever jusqu'à 1m50 (Gate.P,&Castillon.P.,2010).

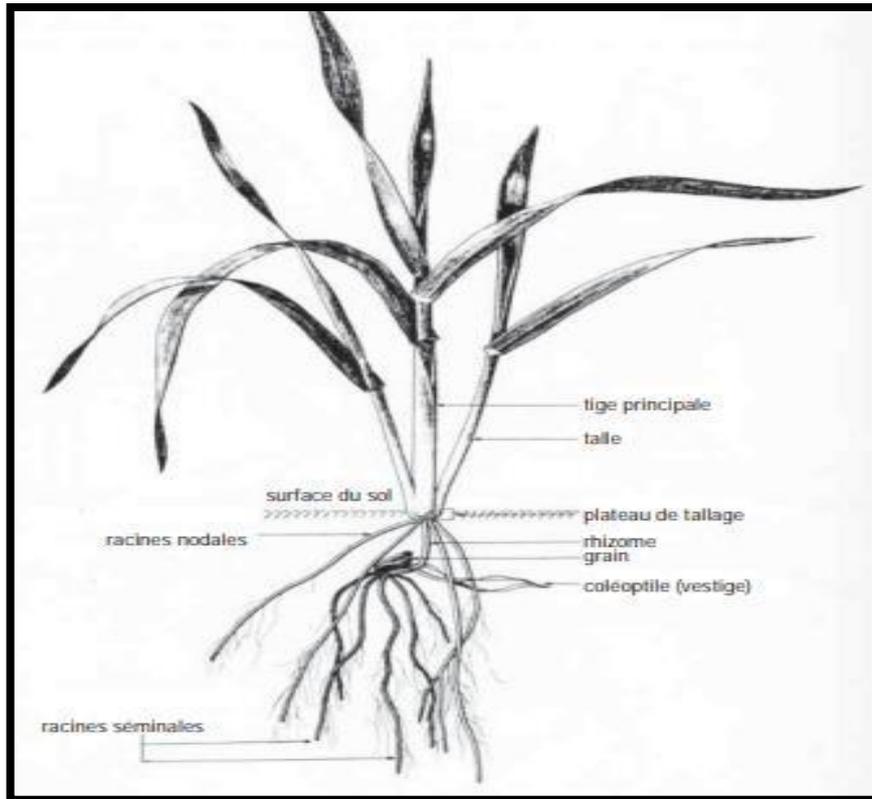


Figure 02 : Plante de blé au stade tallage (PERSPECTIVES AGRICOLES - N°363 - JANVIER 2010)

4.2 L'appareil aérien

4.2.1 La tige

La tige est de forme cylindrique, élevée, généralement creuse et divisée en entrenœuds, également connue sous le nom de chaumes. Les blés durs ont des tiges solides grâce aux faisceaux conducteurs de sève renfermant des fibres à parois épaisses (Clarke et al., 2002).

4.2.2 Les feuilles

Comme pour les autres graminées, les feuilles du blé dur sont composées d'une partie basale (la gaine foliaire). La tige est enveloppée par une partie terminale, qui est linéaire et présente des nervures parallèles et un apex aigu. Une membrane fine et transparente (ligule) est attachée à la gaine foliaire et possède deux petits appendices latéraux, les auricules. Une inflorescence terminale est produite par la tige principale et chaque chaume.

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Selon **Prats et al. (1971)**, Les oreillettes, aussi connues sous le nom de stipules, sont des organes membranaires dépourvus de chlorophylle dont le rôle n'est pas encore clairement défini (elles forment des joins qui empêchent l'eau de pluie ou de rosé de pénétrer dans la gaine) ; la ligule est un organe membranaire qui se forme à l'intersection du limbe dans la gaine. L'espèce est déterminée par la présence et la forme des oreillettes ou stipules et de la ligule chez toutes les graminées avant l'apparition de l'épi (**Soltner, 1990**).

4.2.3 L'appareil reproducteur :

a) L'épi de blé

Le blé dur a une inflorescence en épi avec un rachis à épillets séparés par de courts internodes. (**Bozzini, 1988**). Deux glumes (bractées) entourent deux à cinq fleurons dans chaque épillet, tous portés de manière disticueuse sur un rachis. Chaque fleur est entourée de structures ressemblant à des bractées, appelées lemme et palea. Chaque fleur est une fleur parfaite, contenant trois étamines avec des anthères biloculaires et Deux styles avec des stigmates plumeux sur le pistil. Le pollen mature est constitué de trois noyaux et est généralement fusiforme. Toutes les fleurs peuvent donner naissance à un fruit à graine, le caryopse.

b) Le grain de blé

Le grain de blé est constitué de différentes parties, de nature différente, et peut être divisé en trois groupes :

Les enveloppes : est compris entre 13 et 15 % du poids du grain.

L'amande : également appelée albumen amylicé, constitue entre 82 et 85 % du poids du grain.

Le germe : dont le poids représente environ 3 % du grain. La graine est constituée de l'embryon, ou germe, qui permet à la plante de se reproduire : en se développant, elle devient une jeune plante.

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

On présente la structure et la distribution des minéraux présents dans le grain de blé dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Répartition des matières minérales dans le grain de blé (ScienceDirect.com)

Constituants du blé	% de matières minérales par rapport à matière sèche	Structure schématique d'un grain de blé (coupe longitudinale)
Enveloppes (Sons fins et gros)		
<ul style="list-style-type: none"> • Péricarpe • Tégument séminal • Assise protéique 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 à 4% • 12 à 18% • 6 à 15% 	
Germe	<ul style="list-style-type: none"> • 5 à 6% 	
Amande	<ul style="list-style-type: none"> • 0,35 à 0,60% 	
Grain de blé entier	<ul style="list-style-type: none"> • 1,6 à 2,1% 	

Les grains de blé dur se caractérisent par une texture dure, translucide et silex. Lorsqu'ils sont moulus, l'endosperme peut être transformé en un produit granuleux appelé semoule. Une autre caractéristique importante de l'endosperme du blé dur est sa couleur jaune vif. Le blé dur est particulièrement adapté à la fabrication traditionnelle de pâtes sèches en raison de sa capacité à supporter les contraintes physiques lors de la transformation et de la cuisson (Carcea et al., 2023)

5. Stades de développement de blé dur

Elle comprend la croissance et l'évolution de l'épi, qui commence au stade épi-1cm et se poursuit jusqu'à la floraison. Ce processus commence lorsque la phase de tallage est terminée. Au cours de la montée, les entre-nœuds se prolongent et les parties florales se distinguent. Au cours de la méiose pollinique, le stade d'épiaison-floraison se produit lorsque la gaine de la dernière feuille se déplace progressivement en raison de l'allongement des entre-nœuds terminaux de la tige, ce qui entraîne la rupture de la gaine et l'apparition de l'épi.

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Tableau 03 : Stades de développement de blé dur

Stade	Caractéristiques
Tallage	<ul style="list-style-type: none">- La formation des bourgeons à l'aisselle des feuilles donnant des thalles. Chaque thalle primaire donne des thalles secondaires.- Il apparaît à partir de la base du plateau de tallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis.- Au moment du plein tallage, la plante est étalée en un port retombant.- Au stade fin tallage c'est-à-dire au stade "épi à 1 cm du plateau de tallage, est caractérisé par une croissance active des thalles.- Le plant de blé a besoin, durant cette phase, d'un important apport d'engrais azotés.
Montaison	<ul style="list-style-type: none">- le début du développement de l'épi. Parallèlement les entre-nœuds s'allonge.- A la fin de la montaison apparaît la dernière feuille qui est essentielle car elle va à elle seule contribuer à 75% de la productivité et donc au remplissage du grain.
Epiaison	<ul style="list-style-type: none">- L'épiaison débute quand la gaine éclatée laisse apparaître l'épi qui va se dégager peu à peu de celle-ci (gonflement).- A ce stade, le nombre total d'épi est défini, de même que le nombre total de fleur par épi.
Floraison	<ul style="list-style-type: none">- Marquée par la sortie des étamines hors des épillets et détermine dès que toutes les étamines sont extériorisées (MARTIN, et al 1984).- Apparence des anthères jaunes, elles deviennent blanches après exposition au soleil.- Environ 15 jours après de la floraison, le blé commence à changer de couleur, il perd sa couleur verte pour tourner plus jaune/doré/bronze.

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

<p>Maturation</p>	<p>La maturation dure en moyenne 45 jours.</p> <p>Maturité laiteuse: - la migration des substances de réserve vers le grain et formation des enveloppes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive. <p>Maturité pâteuses: - la migration des réserves depuis les parties vertes jusqu'aux grains.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue. - le blé est mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves. <p>Maturité complète : - grain mûrit, déshydrate. prend une couleur jaune durcit et devient brillant.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ce stade est sensible aux conditions climatiques et aux conditions de récolte. - À sur-maturité, le grain est mat et tombe tout seul de l'épi.
--------------------------	---

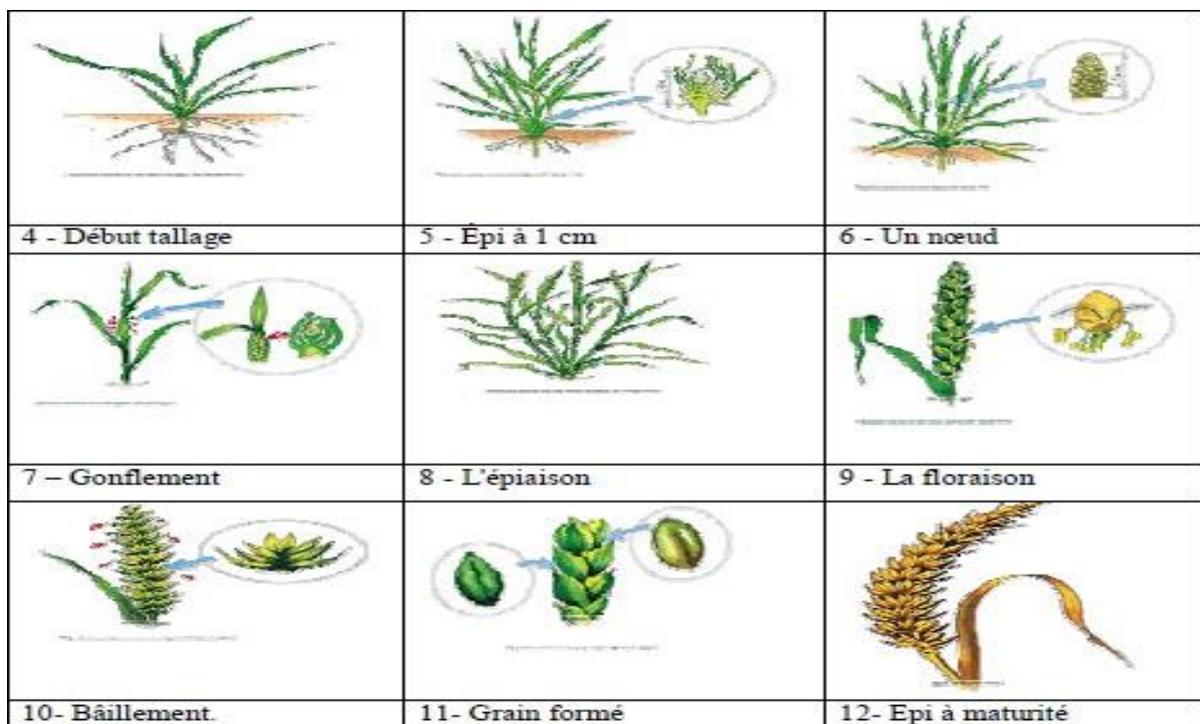


Figure 03 : Les différents stades de développement du blé (elearning.univ-biskra.dz)

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

5.1 Durée des différents stades de la croissance du blé

Les étapes de croissance du blé peuvent être différentes en fonction de différents éléments tels que la variété de blé, les conditions météorologiques et les méthodes agricoles particulières. Le tableau 04 présente les étapes principales de développement du blé ainsi que leur durée approximative.

Tableau 04 : Durée des différents stades de la croissance du blé (Anonyme, 2011)

Différents stades	Germination Levé.	Tallage	Montaison	Epiaison	Floraison	Formation du Grain
Durée approximative en jours	20	60	30	30	15	45

6 Les exigences de blé dur

6.1 Exigences climatiques

6.1.1 Température

Les températures idéales nécessaires pour une croissance optimale et un rendement maximal du blé dur se situent généralement entre 15 et 20°C, (**DuPont et Altenbach 2003**).

Les températures élevées en climat méditerranéen, en dessous de 30°C peuvent être stressantes pour la plante. Elles peuvent entraîner la levée trop rapide et l'inégalité entre les parties aériennes et souterraines ont un impact sur le poids final des grains en diminuant la durée de remplissage. Il est possible que des températures supérieures à 32°C entraînent des dégâts irréversibles, allant jusqu'à la destruction de certaines parties du potager.

La température de croissance du blé dur est inférieure à 4°C, ce qui est considéré comme la température minimale. Toutefois, une seule journée avec une température minimale d'environ -4°C entre le stade épi de 1 cm et un nœud peut avoir un effet néfaste sur le nombre de grains par épi, (**Gate, 1995**).

6.1.2 La lumière

La lumière joue un rôle crucial dans la vie et l'épanouissement des plantes, influençant leur comportement de manière significative. Elle contrôle la floraison et joue un rôle essentiel

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Dans la photosynthèse. Il est essentiel d'avoir un éclairage optimal afin de favoriser un tallage optimal du blé, (Soltner, 1990).

Il est essentiel d'avoir une durée spécifique du jour (photopériodisme) afin de favoriser la floraison et la croissance des plantes.

6.2 Exigences hydrique

6.2.1 L'eau

L'eau joue un rôle essentiel dans la production de blé, le blé est une culture sensible à l'humidité et ses rendements sont directement affectés lorsque le blé dur est confronté à un stress hydrique, la sécheresse est l'une des principales raisons de pertes de rendement, avec des fluctuations allant de 10 à 80% selon les années.

Selon Loué, (1982), Cette situation se produit juste avant l'épiaison (20 jours avant l'épiaison) est sensible au déficit hydrique, car une sécheresse à ce stade peut entraîner une diminution du rendement en grains d'environ 70%. (Ben Naceur *et al.*, 1999).

Le blé a des besoins en eau allant de 450 à 650 mm, ces besoins étant particulièrement élevés de la phase d'épi 1 cm jusqu'à la floraison, (Loué, 1982).

6.3 Exigence édaphique

Le blé préfère les sols :

- De texture limono-argileuse ;
- Profonds, avec une profondeur variant entre 12 cm et 25 cm selon le type de sol.
- Contenant une grande quantité de matière organique et minérale ;
- Ayant un pH neutre à légèrement alcalin ;
- Etanches.

Ces sols doivent également avoir une bonne capacité de rétention d'eau, (Soltner, 2005).

6.4 Exigences culturales

6.4.1 Préparation du sol

La préparation du sol avant le semis est essentielle pour assurer une bonne croissance des plantes de blé Pour cela :

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

- Le sol doit être travaillé et ameubli à une profondeur spécifique, généralement de 12 à 15 cm. En ce qui concerne les sols légers tels que les limons et jusqu'à 20 à 25 cm pour d'autres types de sols.
- Le sol doit être légèrement aggloméré et bien compacté en profondeur, mais en surface, il doit être finement préparé pour permettre un semis uniforme et peu profond, (ANONYME, 1993).

6.4.2 Semis

Il est crucial de sélectionner la période de semis et les paramètres de semis afin d'obtenir des rendements de blé satisfaisants.

- Cette période varie selon la région et doit être respectée scrupuleusement pour éviter les effets néfastes du climat.
- Le semis peut commencer dès la fin d'octobre.
- Il est conseillé de semer à une profondeur de 2,5 à 3 cm.
- En général, la quantité de graines semées par hectare varie de 200 à 225 kg, en fonction de différents facteurs tels que le climat, la taille des grains, leur capacité de germination et la fertilité du sol (Soltner, 1979).

***Chapitre 02:
Généralité sur la fertilisation***

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

1. Fertilisation

La fertilisation englobe toutes les initiatives visant à enrichir le sol en nutriments pour améliorer sa fertilité et améliorer l'efficacité des cultures. Plus précisément, la fertilisation implique la fourniture d'engrais et de fumier, qu'ils soient d'origine organique ou minérale (**Boulal et al., 2007**). **Bourgault(2006)**, met également en évidence l'importance de gérer ces apports de manière prudente afin d'assurer une production agricole de qualité tout en préservant l'environnement naturel.

La fertilisation permet d'optimiser l'utilisation des ressources naturelles, en particulier de l'eau et du sol. Cela est essentiel dans les zones où les prélèvements sont faibles ou dans les zones où l'irrigation est requise. Dans ces circonstances, l'emploi d'engrais adéquat peut entraîner une augmentation de deux fois le rendement par unité d'eau utilisée (**Abdelmadjid, 2013**). Les engrais peuvent provenir d'une source organique, comme le fumier, ou d'une source chimique et minérale, et ils offrent aux plantes les nutriments nécessaires. Une bonne application d'engrais, au moment opportun et en quantité appropriée, peut influencer de manière importante la croissance des plantes. La fertilisation permet à la plante de bénéficier de la quantité et de la qualité des nutriments essentiels pour sa croissance, son développement et sa reproduction.

2. La notion de substances nutritives

Selon les recherches de **Bliefert et Perraud (1997)**, les substances nutritives sont des éléments ou des composés que les organismes utilisent pour survivre ou se reproduire. Les nutriments présents dans les plantes peuvent être divisés entre les nutriments essentiels et les nutriments à l'état de traces, en fonction des quantités correspondantes à leurs besoins.

2.1 Nutriments primaires

Il s'agit d'éléments indispensables pour la croissance et le développement des plantes. Les éléments fertilisants sont également appelés « éléments fertilisants » car l'application d'engrais tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont des éléments fertilisants indispensables.

2.2 Nutriments secondaires

Il s'agit d'éléments nécessaires aux plantes en petites quantités. Les engrais et autres amendements les nourrissent sans le savoir. Toutefois, ils ne jouent pas un rôle secondaire

Chapitre 02 : *Généralité sur la fertilisation*

Dans la nutrition, mais ils sont secondaires dans son approvisionnement et sa gestion, comme le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S).

3. Les engrais

Les engrais jouent un rôle crucial dans la stimulation de la croissance des plantes. Ils participent à l'amélioration du sol en fournissant les nutriments nécessaires, Les éléments essentiels à la croissance des plantes sont l'azote, le phosphore et le potassium. Si le sol n'est pas suffisamment fertile pour favoriser la croissance des plantes, il est possible d'y ajouter des engrais pour le rendre plus approvisionné en nutriments.

Malgré la présence d'éléments tels que le sodium, l'iode et le cobalt dans certaines plantes, ils ne sont pas pris Ils sont considérés comme essentiels à leur développement. Cependant, les éléments essentiels tels que le carbone, l'azote, le phosphore et le potassium doivent être présents en quantités adéquates afin de garantir une croissance saine des plantes. Les études chimiques des sols révèlent fréquemment qu'elles contiennent une grande quantité d'éléments nutritifs, mais ces derniers ne sont pas toujours accessibles efficacement aux plantes. C'est la raison pour laquelle les agriculteurs doivent surveiller et gérer de manière minutieuse les niveaux d'éléments nutritifs disponibles afin de garantir que les plantes sont fournies de tout ce dont elles ont besoin pour leur croissance. Un déficit ou un excédent de certains nutriments peut restreindre la croissance des plantes ou diminuer leur productivité(**Robert Curley, 1993**).

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

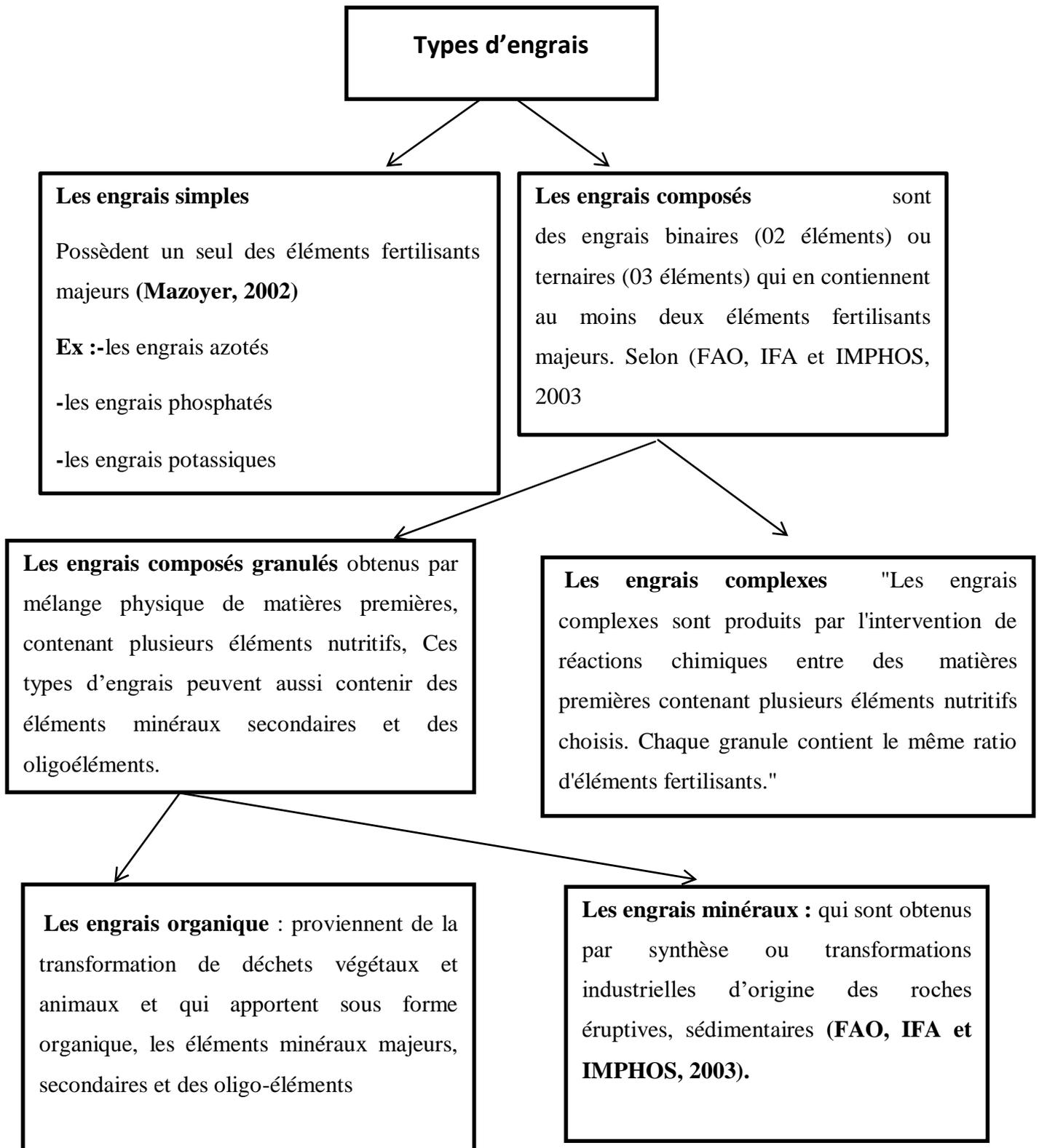


Figure 04 : Organigramme montrant les différents types d'engrais

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

4. La Fertilisation azotée

L'azote (N) Selon (**Pousset, 2000**), joue un rôle essentiel dans la stimulation de la croissance et du développement optimal des plantes. Effectivement, il fait partie de la structure des protéines et joue un rôle essentiel dans le métabolisme particulier des végétaux. Il participe à la production d'acides aminés et d'acides nucléiques dans le sol (**Boulal et al., 2007**).

4.1 Sources de l'azote

Les cultures peuvent utiliser différentes sources d'azote.

Les principales fonctions physiologiques de l'azote pour la plante sont :

Les cultures peuvent utiliser différentes sources d'azote, telles que :

- La matière organique du sol par minéralisation,
- Les amendements organiques : le fumier, le compost et d'autres déchets, ainsi que les sous-produits agroalimentaires, etc
- .- Les légumineuses (luzerne, fève) et d'autres espèces présentant une fixation moléculaire de l'azote.
- Les engrais écologiques, en particulier les légumineuses.
- Les fertilisants minéraux (**Soltner, 2003**).

4.2 Rôle physiologique de l'azote

- L'azote joue un rôle crucial dans la prolifération cellulaire, car il contribue à la formation des noyaux. C'est la raison pour laquelle il se retrouve dans tous les tissus.

- L'azote joue un rôle crucial dans la croissance des plantes, car il est souvent le facteur prédominant dans le rendement.

- Il stimule la croissance des parties végétatives de la plante, comme les feuilles,

- Il augmente le volume des organes végétatifs et favorise la production de chlorophylle, ce qui améliore la biosynthèse

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

- Il favorise également la production d'acides aminés et de nucléotides, qui sont les composants essentiels des protéines.

- Il joue un rôle essentiel dans la synthèse de la chlorophylle, des enzymes et des vitamines, ce qui encourage la croissance et le développement des plantes.

4.3. L'azote dans le blé

Pour assurer des performances de production prometteuses. De nombreux travaux mettent en évidence l'importance de l'apport d'azote à la plante de blé. Il est important que l'azote soit accessible en quantité adéquate et sous une forme assimilable à chaque stade de développement pour assurer une croissance optimale (**Remy et Viaux ,1980**).

L'azote est absorbé par les plantes en ions solubles dans l'eau du sol, principalement en nitrate (NO_3^-), la forme préférée d'absorption de l'azote par les cultures, et en ammonium (NH_4^+). Les microorganismes du sol transforment une partie de l'ammonium en nitrate, tandis que le reste est absorbé directement par les racines des plantes.

4.4 Répartition des besoins en Azote pendant le cycle de blé

4.4.1 Phase Croissance-Tallage

Caractérisée par une activité de croissance intense et qui se termine à la floraison.

Pendant cette période, les plantes de blé connaissent une expansion significative de leurs tissus, pour se développer et se préparer pour la croissance de la fleur. Cette phase est cruciale pour assurer une structure solide et robuste de la plante avant la floraison.

L'absorption d'azote par la plante de blé est significative pendant la phase herbacée jusqu'à la montaison, où environ **4,5 kg** d'azote par quintal de blé sont absorbés,

4.4.2 Phase Gonflement - Floraison

Durant la période de croissance et de floraison, la concentration de matière végétale augmente rapidement, ce qui entraîne des besoins accrus en azote pour le blé. Un manque d'azote à ce stade peut conduire à une floraison précoce et potentiellement faible.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

La phase de floraison est la fin de l'élongation et le commencement de la formation des fleurs. Les exigences nutritionnelles de la plante peuvent varier, ce qui nécessite une adaptation des pratiques de fertilisation.

4.4.3 Phase Maturation

Pendant la phase de maturation, l'azote minéral présent dans le sol peut ne pas être suffisant pour répondre aux besoins du blé. Cela peut causer des difficultés de croissance et avoir un impact sur la qualité et la quantité de la récolte.

La céréaliculture à croissance rapide nécessite une absorption quotidienne d'environ 5 kg/h d'azote du sol par les plantes.

Trois réservoirs d'azote majeurs sont l'atmosphère, le sol (solution de sol) et la biomasse (plantes et organismes vivants) qui est absorbée par les différentes étapes.

- Les plantes et les microorganismes absorbent principalement l'azote du sol sous forme de nitrate (NO_3^-)
- Le nitrate est transformé en azote organique, qui se manifeste sous la forme d'acides aminés et d'autres composés azotés. Ces composés forment les protéines et d'autres macromolécules nécessaires à la croissance et au fonctionnement des organismes vivants.
- Lorsque les animaux consomment les plantes, l'azote se déplace dans la chaîne alimentaire.
- L'azote retourne au sol à partir des déchets ou des matières organiques produites Par les animaux, le sol est enrichi en azote pour les plantes et les microorganismes. L'élimination des matières organiques garantit le recyclage continu de l'azote dans les écosystèmes terrestres.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

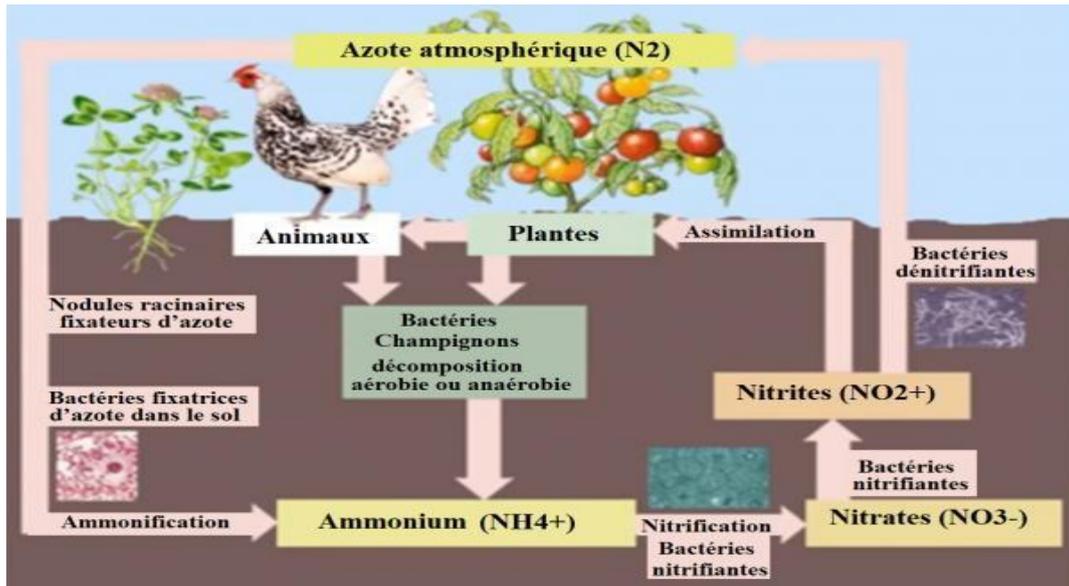


Figure 05 : Cycle de l'azote dans la biosphère (superprof)

5. La Fertilisation phosphatée

5.1. Définition de phosphore

Le phosphore est un élément essentiel pour les plantes, jouant un rôle fondamental dans de nombreux processus biologiques. Il est notamment nécessaire pour la formation de la membrane cellulaire végétale, ainsi que pour le transfert d'énergie cellulaire via la synthèse de l'adénosine triphosphate (ATP), la principale source d'énergie utilisée par les cellules. En outre, le phosphore est crucial pour la croissance des racines et l'établissement de systèmes racinaires robustes. Une fertilisation adéquate en phosphore peut donc améliorer non seulement la santé et la vitalité des plantes, ainsi que leur aptitude à absorber les nutriments et à faire face au stress environnemental, est essentiel. D'après des études, il a été démontré que la présence de phosphore peut aussi avoir un impact sur le développement et la maturité des cultures, en accélérant par exemple le processus de maturation des fruits-graines. La gestion adéquate de la fertilisation en phosphore est donc essentielle afin d'optimiser le rendement et la qualité des cultures (Abdelmadjid, 2013).

5.2. Source de phosphore

Le phosphore est présent dans le sol à travers diverses sources, comme les composts, les engrais chimiques et le phosphate naturel. Il se présente essentiellement sous la forme d'un acide : l'acide phosphorique ($H_3 PO_4$). La constante de dissociation d'un polyacide est

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

différente pour chaque proton labile. Le pH du sol est crucial pour la disponibilité du phosphore (**Hopkins, 2003**).

5.3. Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore est le second facteur limitant pour la production céréalière dans la région du Maghreb, après l'azote. Il est indispensable à de nombreux processus physiologiques des plantes, En tant que moyen de fixation et de transport d'énergie lors de la photosynthèse et de la synthèse protéique (**Boulal et al., 2007**). Le phosphore exerce un effet agronomique en stimulant la croissance des plantes, en stimulant le développement des racines et en renforçant leur résistance à l'ondulation. Il joue un rôle crucial dans la bonne accession des cultures à la germination, encourage le développement des racines lors des étapes de tallage et de montaison, et favorise la précocité et la fructification des cultures. Par ailleurs, cela renforce la résistance des plantes face au froid et aux maladies (**Kamel et al., 2017**).

5.4. Forme de phosphore absorbée par la plante

Selon **Hopkins (2003)**, le phosphore se trouve principalement dans la plante sous forme de phosphates, qui sont constitués de glucides phosphorylés qui jouent un rôle essentiel dans la photosynthèse et les mécanismes métaboliques intermédiaires. Dans la solution du sol, les racines des plantes absorbent le phosphore sous forme d'ions phosphoriques. Son origine réside dans la solubilisation des phosphates et des ions minéraux qui sont adsorbés sur les diverses phases solides du sol. Le phosphore « organique » doit être converti, présent dans les molécules des déchets organiques en ions phosphoriques afin qu'il puisse être assimilé par la plante.

5.5. Cycle de phosphore

Il est probable que les premiers phénomènes de diffusion du phosphore sur notre planète ont été causés par l'altération et l'érosion des roches ignées, dues à différents facteurs climatiques et à l'eau. Au fil du temps, l'élément a enrichi les eaux des fleuves, des lacs et des océans, ce qui a favorisé l'émergence de la vie (**Gervy, 1970**).

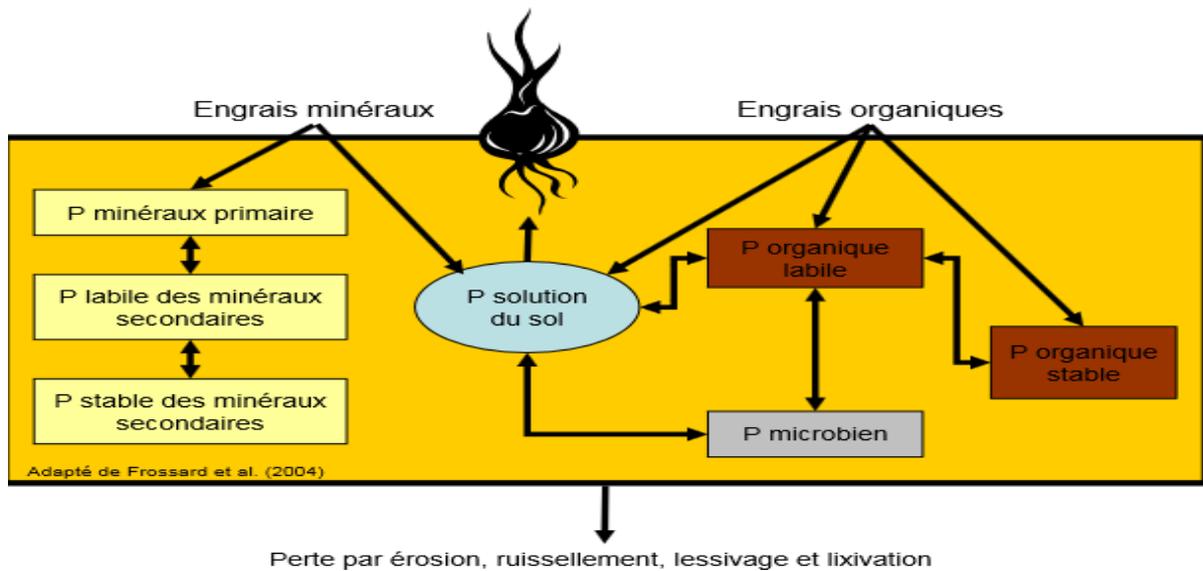


Figure 06 : Cycle simple de phosphore (Frossard et al., 2004).

5.6. L'assimilation de phosphore

Les racines des plantes absorbent le phosphore sous forme d'ions phosphoriques monovalents ou bivalents ($H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-}). Ces deux types sont en corrélation avec l'élévation du pH du sol. Les plantes semblent absorber la forme monovalente, mais elle diminue avec l'augmentation du pH du sol.

Les racines facilitent l'absorption du phosphore et le stockent dans la plante. Toutefois, cette absorption dépend grandement de la température et du pH du sol. L'absorption du phosphore diminue considérablement à des températures inférieures à $13\text{ }^\circ\text{C}$ et à un pH supérieur à 6,5. Malgré la forte rétention du phosphore par les particules minérales du sol, il peut être aisément dissous dans les roches. (Christian et al., 2005).

5.7. L'assimilation de phosphore dans les régions semi arides

L'assimilation du phosphore dans les régions semi-arides est un processus fondamental pour la croissance des cultures, car le phosphore est un élément nutritif essentiel pour les plantes. Cependant, dans ces régions, plusieurs facteurs peuvent limiter l'assimilation efficace du phosphore.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

5.7.1 Disponibilité du Phosphore dans le Sol :

a) **Faible Solubilité** : Dans les sols alcalins ou calcaires, qui sont courants dans les régions semi-arides, le phosphore a tendance à se fixer avec le calcium, formant des composés peu solubles

b) **Faible Matière Organique** : Les sols semi-arides sont souvent pauvres en matière organique, Cela diminue la concentration en minéraux du phosphore organique.

c) **La composition et la texture du sol** : Les sols sableux, courants dans ces régions, ont une faible capacité de rétention d'eau et de nutriments, ce qui affecte la disponibilité du phosphore

d) **Stress Hydrique** : Les périodes de sécheresse peuvent limiter la diffusion du phosphore dans le sol et son absorption par les racines.

e) **Températures Extrêmes** : Les températures élevées peuvent affecter les activités microbiennes du sol, influençant la disponibilité du phosphore.

f) **Rôle des Mycorhizes** : Les champignons mycorhiziens améliorent l'absorption du phosphore La surface de contact des racines avec le sol est augmentée. Toutefois, dans les sols semi-arides, le manque d'humidité peut diminuer l'activité mycorhizienne.

5.8 L'apport des engrais phosphaté dans les régions semis arides

Dans les régions semi-arides, le phosphore est souvent moins accessible aux plantes en raison des conditions climatiques et des caractéristiques des sols. L'application d'engrais phosphatés peut aider à surmonter ces limitations, mais cela doit être fait de manière stratégique pour maximiser l'efficacité et minimiser les pertes.

Stratégies d'Utilisation des Engrais Phosphatés.

5.8.1 Types d'Engrais Phosphatés (Batjes, N. H. 2011).

Superphosphate Simple (SSP) et Superphosphate Triple (TSP) : Fournissent du phosphore sous forme soluble, facilement accessible pour les plantes.

Phosphate d'Ammonium : Combine phosphore et azote, deux nutriments essentiels pour la croissance des plantes.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

Application Localisée : Placer l'engrais près des racines (banding) pour réduire les pertes et augmenter l'efficacité d'absorption.

Application Foliaire : Utiliser des pulvérisations foliaires pour fournir du phosphore directement aux feuilles, particulièrement utile en cas de stress hydrique (**Vance, C. P., Uhde-Stone, C., & Allan, D. L. (2003)**).

Irrigation Goutte-à-Goutte : Permet une meilleure distribution de l'eau et des nutriments, réduisant les pertes et améliorant l'efficacité de l'utilisation des engrais.

Irrigation Complémentaire : Utiliser l'irrigation pour dissoudre les engrais phosphatés et faciliter leur absorption par les racines.

Compost et Fumier : La combinaison de compost et de fumiers améliore la structure du sol et sa capacité à retenir l'eau, ce qui augmente la disponibilité et l'absorption du phosphore.

Plantes Tolérantes à la Sécheresse et Efficaces dans l'Utilisation du Phosphore : Utiliser des variétés de cultures adaptées aux conditions semi-arides et efficaces dans l'absorption et l'utilisation du phosphore.

6. La Fertilisation potassée

Le sol renferme diverses formes de potassium, telles que le potassium soluble, le potassium échangeable et le potassium fixé (**Quemener, 1976**).

Entre ces différentes formes de potassium, il y a un équilibre dynamique qui dépend de divers facteurs tels que le pH du sol, la texture du sol et la teneur en matière organique (**Jalali, 2007**).

6.1. Le potassium dans plante

La présence du potassium est essentielle à de nombreux processus physiologiques qui favorisent la croissance des plantes son action s'articule autour de trois axes principaux :

a) Activation enzymatique : Le potassium est un élément essentiel du maintien du potentiel électrochimique membranaire des cellules végétales.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

b) réguler l'ouverture et la fermeture des stomates, qui régulent les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère.

c) **Potentiel électrochimique membranaire:** Le potassium contribue également à l'accumulation d'autres ions et molécules dans les cellules, ce qui est important pour de nombreux processus physiologiques (Marschner, 1995). La concentration optimale de potassium pour le maintien du potentiel électrochimique membranaire se situe généralement autour de 100 mm dans les vacuoles (Marschner, 1995).

d) **Régulation de la pression osmotique :** L'un des ions les plus présents dans le suc cellulaire des plantes est le potassium. Il contribue à maintenir la pression osmotique des cellules, qui est essentielle pour leur turgescence et leur bon fonctionnement. Une pression osmotique adéquate permet aux cellules de s'hydrater correctement et de se développer normalement (Marschner, 1995).

En plus de son rôle dans ces trois processus principaux, le potassium est également important pour la synthèse des protéines. L'activation d'enzymes spécifiques par le potassium est essentielle pour la traduction de l'ARN en protéines, processus au cours duquel les informations génétiques contenues dans l'ARN sont utilisées pour synthétiser des protéines ayant des fonctions spécifiques dans la plante.

La synthèse d'ATP et de NADPH, deux molécules énergétiques importantes pour les plantes, est également régulée par le potassium. Ces substances jouent un rôle crucial dans de nombreux processus métaboliques, tels que la photosynthèse et la fixation de l'azote.

6.2 Rôle du potassium

a) Pour les céréales en général et plus précisément pour le blé

Le potassium joue un rôle crucial en tant qu'élément nutritif qui favorise la croissance et le développement des céréales, y compris le blé. Il est impliqué dans de nombreux processus physiologiques importants, notamment.

b) Pour le blé

Le blé est une culture particulièrement exigeante en potassium. En effet, le potassium est essentiel pour la formation des grains et la qualité du gluten (**Fageria et al, 2011**). Une carence en potassium peut entraîner une série de problèmes, tels que :

- Une diminution de la productivité et de la qualité des grains
- Une levée médiocre des graines
- Une tige faible et vulnérable à la chute
- Une plus grande sensibilité aux maladies (**Fageria et al., 2011**).

6.3 Besoins en potassium du blé

Selon la variété, le climat et les conditions de sol, les besoins en potassium du blé sont différents. En règle générale, les besoins en potassium du blé se situent entre 100 et 200 kg/ha (**Ciampitti et al., 2014**). Il est important de tester le sol pour déterminer les besoins spécifiques en potassium d'une culture donnée.

6.4 Apport de potassium au blé

Le potassium peut être apporté au blé sous forme d'engrais minéraux ou organiques. Le chlorure de potassium (KCl) et le sulfate de potassium (K₂SO₄) sont les engrais potassiques les plus utilisés. Le fumier, le compost et la litière sont des engrais organiques contenant une grande quantité de potassium. Il est important de noter que l'excès de potassium peut également être néfaste pour les céréales

Son exposition peut provoquer une toxicité potassique, avec des signes tels que la chlorose des feuilles, la nécrose des marges des feuilles (**Marschner, 1995**).

En ce qui concerne le potassium, l'absorption la plus importante se produit habituellement lors du remplissage des grains. La formation des grains entraîne une importante perte de potassium dans le sol, correspondant à la maturité des céréales dont la

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

partie la plus consommée se situe entre la fin du tallage et le début de la floraison, ce qui correspond au taux d'absorption le plus élevé du potassium (LOUE, 1982) .

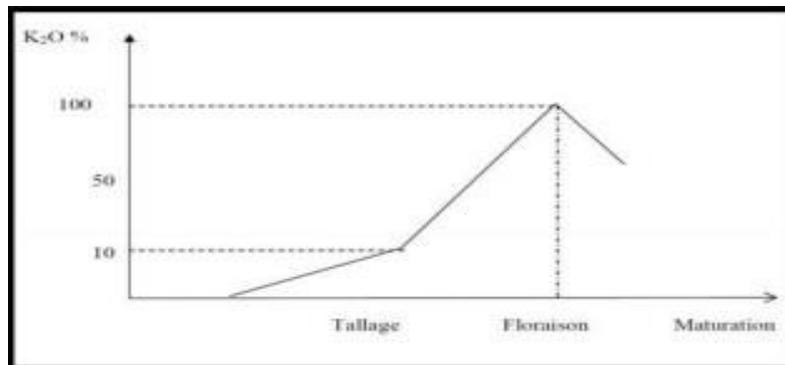


Figure 07 : Courbe d'absorption de K₂O chez les céréales (Duthil, 1973).

6.5 Les formes Absorption de potasse :

Les plantes utilisent le potassium (K) pour favoriser la circulation de la sève et l'assimilation des nutriments

Le potassium est principalement absorbé par les racines des plantes.

- partir du sol sous forme d'ions K⁺. L'absorption est facilitée par des transporteurs spécifiques situés sur les membranes cellulaires des cellules racinaires.
- Les transporteurs à haute et basse affinité régulent l'absorption du potassium en fonction de la disponibilité de l'élément dans le sol. Les transporteurs à haute affinité sont actifs lorsque la concentration de potassium est faible, tandis que les transporteurs à basse affinité fonctionnent à des concentrations plus élevées.

6.6 Transport et Distribution

- Une fois absorbés, les ions K⁺ se déplacent à travers le xylème vers les parties aériennes de la plante. Ce transport est influencé par le flux de transpiration et les gradients de potentiel électrochimique (Cakmak, I. 2005).
- Le potassium est distribué dans toutes les cellules végétales, jouant un rôle crucial dans la régulation osmotique et le maintien de la turgescence cellulaire (Mengel, K., & Kirkby, E. A. 2001).

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

6.7 L'assimilation de potasse dans les régions semi-arides

Dans les régions semi-arides, l'absorption de la potasse (potassium) est conditionnée par divers facteurs liés aux caractéristiques des sols et aux conditions climatiques particulières de ces régions. Voici une vue d'ensemble :

6.7.1 Disponibilité du potassium :

- a) Le potassium est généralement présent dans les sols sous forme de sels solubles, facilement lessivables, ce qui peut poser un problème dans les régions semi-arides avec des précipitations irrégulières.
- b) Les sols argileux, courants dans certaines régions semi-arides, peuvent retenir le potassium, mais dans des formes moins disponibles pour les plantes.

6.7.2 Stratégies d'assimilation :

On recommande l'utilisation d'engrais potassiques solubles tels que le chlorure de potassium (KCl) ou le sulfate de potassium (K₂SO₄), car ils sont facilement dissous et assimilés par les plantes.

L'application localisée des engrais potassiques à proximité des racines permet d'optimiser l'absorption.

Une irrigation appropriée peut contribuer à préserver la solubilité et la disponibilité du potassium dans le sol.

Les amendements organiques apportent une amélioration de la structure du sol et de la rétention d'eau, ce qui augmente la disponibilité des nutriments, notamment du potassium.

6.8 Le cycle de potassium

a) Réserves du sol :

- **Potassium minéral** : Présent dans les roches et les minéraux primaires du sol, comme le feldspath et la mica. Ce
- **Potassium échangeable** : Lié aux particules d'argile et de ma
- **Potassium en solution** : Forme immédiatement disponible pour l'absorption par les plantes.

b) Absorption par les plantes :

- Les plantes absorbent le potassium en solution à travers leurs racines

c) Retour au sol :

- Après la mort des plantes et des organismes, le potassium contenu dans les tissus végétaux et animaux retourne au sol par la décomposition. La matière organique en décompose libère le potassium, le rendant à nouveau disponible pour les plantes.

d) Lessivage et fixation :

- Une partie du potassium peut être lessivée hors de la zone racinaire par l'eau de pluie, particulièrement dans les sols sablonneux. Cependant, une portion peut être fixée par les minéraux du sol, devenant temporairement indisponible pour les plants (**Nyle C. Brady et Ray**).

7. Besoins spécifiques en NPK du blé dur SONT:

7.1 Azote (N)

- Le blé dur est un gros consommateur d'azote, avec un besoin d'environ **3,5 unités d'azote par quintal de grain produit**, à 13-14% de protéines.
- L'azote est essentiel pour la croissance de la plante et le développement des rendements.
- Il est important de fractionner les apports d'azote tout au long du cycle de la culture, en privilégiant un apport au semis puis un autre au tallage.
- Un apport trop tardif d'azote peut retarder la maturité et favoriser la verse.

7.2 Phosphore (P)

- Les besoins en phosphore du blé dur sont de **0,7 à 1 unité d'engrais phosphaté par quintal de grain produit**.

Chapitre 02 : Généralité sur la fertilisation

- Le phosphore est important pour le développement racinaire, la floraison et la maturation des grains.
- Il est important de bien analyser le sol avant de fertiliser, car un excès de phosphore peut être néfaste à l'environnement.

7.3 Potassium (K)

- Les besoins en potassium du blé dur sont de **0,8 à 1,2 unité d'engrais potassique par quintal de grain produit**.
- Le potassium est important pour la turgescence des cellules, la photosynthèse et la résistance aux maladies.
- Il est important de bien répartir les apports de potassium tout au long du cycle de la culture.

Tableau 05 : Besoins spécifiques en NPK du blé dur

Besoins spécifiques	Azote (N)	Phosphore (P)	Potassium (K)
blé dur	3,5 unités par quintal de grain produit	0,7 à 1 unité par quintal de grain produit	0,8 à 1,2 unité par quintal de grain produit

**Chapitre 03 : Matérielle et
Méthode**

1. Le but de l'étude

Cette recherche, menée en partenariat avec les fermes pilotes de la wilaya de Bouira, met l'accent sur l'effet de la fertilisation NPK sur l'amélioration de la production de blé dur l'espèce Mansourah.

Notre étude vise principalement à évaluer l'impact de la fertilisation NPK sur les propriétés morphologiques, phénologiques et agronomiques du blé dur (*Triticum durum* Desf).

Nous visons à déterminer le traitement fertilisant optimal pour favoriser la production de cette culture dans la région de Bouira pendant la période agricole 2023-2024.

2. Présentation des sites de l'essai

L'étude expérimentale a porté sur deux sites expérimentaux dont un se situe au niveau de Ain Bessam et le deuxième se situe au niveau d'El Asnam.

L'expérimentation a été mise en place durant l'année agricole 2023/ 2024.

2.1 Localisation du 1^{er} site :

- L'essai a été réalisé à la ferme pilote de Elkhabouzia (Boubakeur Saidi) dans la wilaya de Bouira (voir Figure).
- Cette station est localisée au sud-ouest de la ville d'Elkhabouzia (36° 18' 59" nord, 3° 36' 03" est de Bouira) à 272 mètres d'altitude.
- La station a les coordonnées suivantes : latitude 36° et longitude 7°4 (ITGC, 2018).
- La surface totale de la station est de 1225 hectares, dont 1067 hectares sont utilisés pour diverses activités.
- La parcelle d'essai se trouve au nord de la station, couvrant une superficie de 200 mètres carrés (voir Figure N° 19A).

2.2. Localisation du 2^{ème} site

L'essai a été effectué à la ferme pilote pilote d'El Asnam (Boucheraïne Med) de la wilaya de Bouira.

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

- Cette station se situe au sud ouest de la ville Bouira (36 19 16 nord, 4 00 50 est de Bouira) à une altitude de 425 m
- Les coordonnées de la station sont : **Latitude** : 36° 09' 60,00" N
Longitude : 1° 19' 60,00" E
- La superficie totale de la station est de 1017 hectares, dont 990 hectares sont utilisés pour diverses activités.
- Située au nord de la station, la parcelle d'essai s'étend sur une superficie de 200 m² (voir Figure N°).



Figure 08 : Photo satellite montrant la localisation du site d'expérimentation **ferme pilote (Boucheraïne)**



Figure 09 : Photo satellite montrant la localisation du site d'expérimentation **ferme pilote (Boubakeur saïdi)**

Figure : Photo satellitaire de montrant la localisation de deux fermes

3. Données pédoclimatiques

3.1 Le sol

3.1.1 Préparation de l'échantillon

Afin de connaître les caractères physico-chimiques de notre champ expérimental, Les échantillons prélevés ont été soumis à des analyses au laboratoire du département de SNV.

La méthode de croisage (méthode d'échantillonnage) est utilisée pour collecter des prélèvements de sol ponctuels. Nous avons utilisé une tarière pour prélever 15 prélèvements de 35cm de profondeur. Ensuite, nous mélangeons ces 15 prélèvements et prélevons 5 kg de ce mélange (échantillon). Ensuite, nous le transportons au laboratoire pour l'analyser.



Figure 10 : Echantillonnage de sol

4. Les analyses physiques de sol

La totalité des échantillons a été mélangée avant d'être séchée à l'air libre pendant une semaine.

4.1 Texture du sol

Protocole ce trouve dans la liste des Annexe N°01

L'analyse a été effectuée selon la méthode de (Dermech et al., 1982).

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

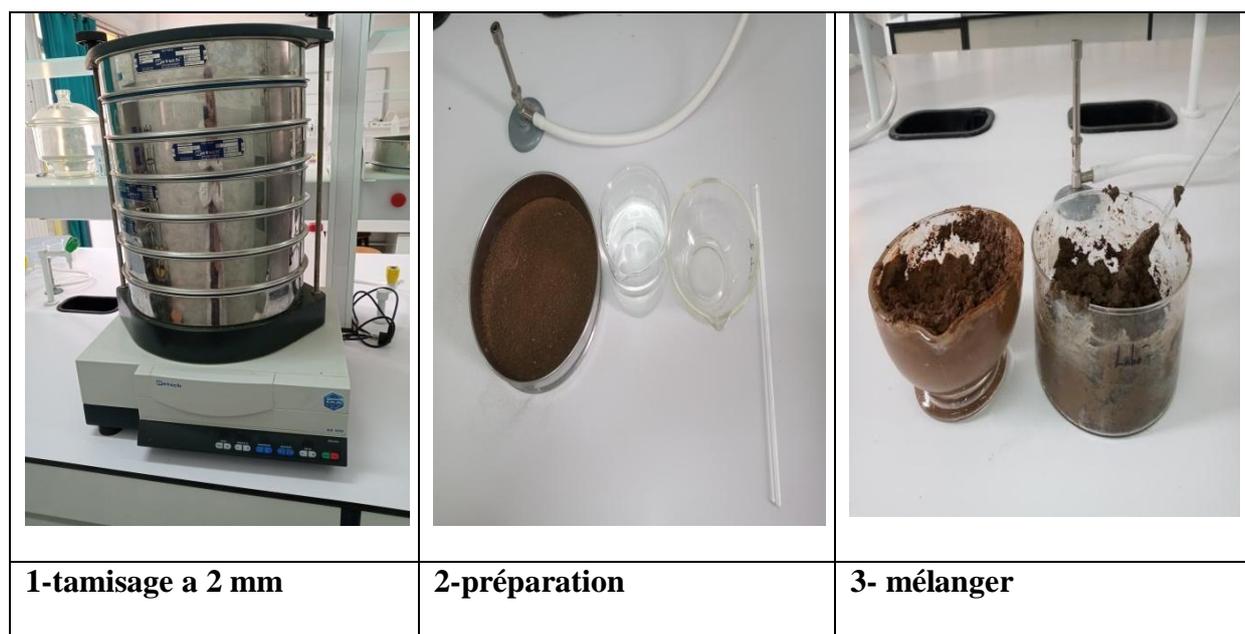


Figure 11 : la texture de sol (photos personnelles ,2024)

4.2 L'humidité du sol

L'analyse a été effectuée selon la méthode de (D.L. Sparks et al 1996).

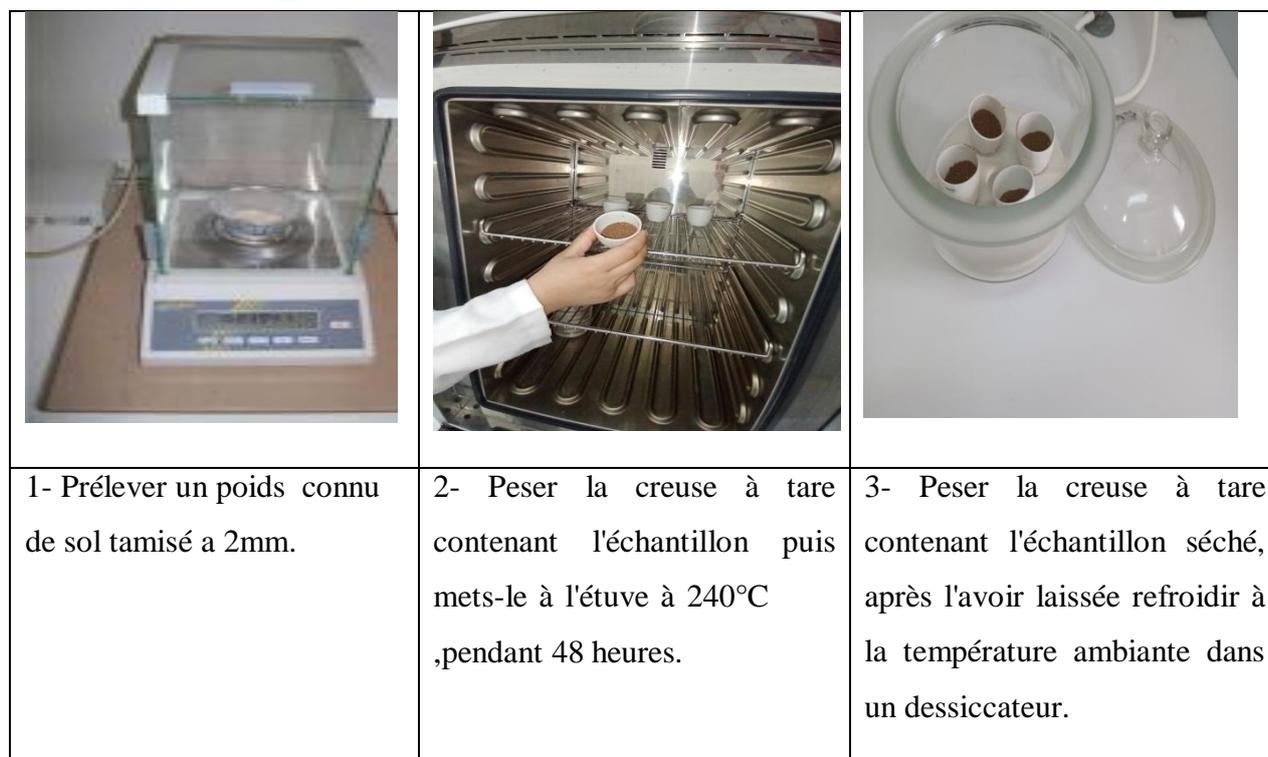


Figure 12 : Détermination de l'humidité (photo personnelles ,2024).

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

5. Les analyses chimiques de sol

5.1 Dosage de la matière organique

Protocole ce trouve dans la liste des Annexe N°02 (a)

L'analyse a été effectuée selon la méthode de **la perte au feu**.

		
1- Un échantillon de terre finebroyée et tamisée sur un tamis à maille de 2mm	2-Nous mettons les échantillons dans les creuser	3-Sécher l'échantillon pendant 48 h à 240°C.
		
4-Peser les creuser à vide.5- Ajouter l'échantillon et peser à nouveau les creuser remplie.	6-Calciner pendant 5 h dans un four à moufle à 450°C.	7-Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser les creuser avec les cendres.

Figure 13 : Dosage de la matière organique (photos personnelles ,2024).

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

5.2 Analyse de pH

Protocole ce trouve dans la liste des Annexe

N°02 (b)

La mesure de PH fait par un PH mètre

		
1-Mesurer 50 ml d'eau déminéralisée avec une éprouvette graduée.	1-Mesurer 20 g de terre dans un bécher. 2-Verser l'eau dans le bécher contenant la terre puis mélanger	4-Plonger l'électrode du pH mètre dans le liquide décanté et lire la valeur du pH après la stabilisation

Figure 14 : les étapes de mesure du ph du sol (photos personnelles ,2024).

5.3 Analyse de la conductivité électrique :

La même méthode d'expérimentation pour mesurer le pH est employée pour évaluer la conductivité électrique en substituant le pH mètre par un conductimètre. (Annexe N°02 (c))



Figure 15 : les étapes de mesure de la conductivité du sol (photos personnelles ,2024).

Chapitre 03 : *Matérielle et Méthode*

5.4 Carbonate

Le protocole est inclus dans la liste de l'Annexe N° 02 (d).

Le Carbonate est mesuré à l'aide du calcimètre de bernard.



Figure 16 : Dosage de carbonate (photos personnelles ,2024).

6. Climat

La production de céréales en Algérie est étroitement influencée par les données pédoclimatiques et à leur variation dans le temps.

Nous présentons ci - dessous les données de quelques paramètres climatiques pris pendant la campagne octobre 2023 – mai 2024.

6.1 La pluviométrie

La croissance est limitée par l'eau depuis la germination ; les besoins en eau diffèrent selon les différentes étapes du cycle de développement.

L'évaluation de ce paramètre repose sur le total des précipitations mensuelles et le nombre de jours de pluie mensuels mentionnés indiqués dans le tableau N°.

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

Tableau 06 : moyenne mensuelle de précipitation (oct 2023-mai 2024) (<https://www.meteociel.fr>)

Mois	précipitation mm	
	Al khabouzia	Asnam
Oct	3,8	7
Nov	98,8	107
Déc	49,9	40,8
Jan	40,9	41,5
Fév	120,5	190,1
Mar	24,6	10,1
Avr	18,3	31
Mai	21	18,8
Cumul	377,8	446,3
Moyenne	47,225	55,7875

Les données de précipitations mensuelles pour les régions d'Ain et d'Asnam couvrant la période d'octobre 2023 à mai 2024 montrent des variations significatives dans les précipitations reçues chaque mois.

Explication des Données

- **Cumul des Précipitations :**

Al khabouzia : 377,8mm

Asnam : 446,3mm

- **Moyenne Mensuelle des Précipitations :**

Al khabouzia : 47,225 mm

Asnam : 55,7875 mm

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

Ces données montrent que les précipitations ont été globalement plus élevées à Asnam par rapport à Ain sur la période étudiée. Les mois de novembre et février ont en marque dans les deux régions une précipitation plus élevées.

6.2 Température

T max, T min, Tmoye sont rapportées dans le tableau suivant :

Température maximal, minimal et moyenne de deux fermes

Tableau 07 : les moyennes des températures max, min et moye (oct 2023-mai2024)
(<https://www.meteociel.fr>)

Mois	T max °C		T min °C		Tmoye °C	
	Al khabouzia	Asnam	Al khabouzia	Asnam	Al khabouzia	Asnam
Oct	28,2	28.7	16	15,6	22,1	22,15
Nov	20,6	21.2	10,3	9,9	15,45	15,55
Déc	15,1	16.3	7	6,9	11,05	11,6
Jan	16,4	17.3	7,4	6,5	11,9	11,9
Fév	15,1	16	7,2	7,1	11,15	11,55
Mar	19,9	21.4	8,6	8,2	14,25	14,8
Avr	21,6	22.2	9	9,7	15,3	15,95
Mai	28,1	28.1	12,9	12,9	20,5	20,5
Cumul	165	171,2	78,4	76,8	121,7	124
Moyenne	20,625	21,4	9,8	9,6	15,2125	15,5

7. Matériel végétal:

Utilises donne le cadre de notre expérimentation blé dur (Mansourah)



Figure 17 : la variété Mansourah

Cette variété est connue par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 46 q/ha.
- Un PMG élevé.
- Son rendement en grain et en paille élevé.
- Une adaptation précoce au gel et à la sécheresse terminale.
- Une bonne qualité semoulière avec un rendement moyen.
- Une résistance à la piqûre et à l'amicide.

Engrais employés : Pour notre expérience, nous avons utilisé trois types d'engrais : - Les engrais de base

- Les engrais de fond (MAP et le NORTH WEAT -FOSFACTYL)
- un engrais de couverture (Urée 46)

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

Tableau 08 : tableau représente les composition et les caractéristique des engrais utiliser

Type d'engrais	Composition	Caractéristiques détaillées
MAP	- 52% P ₂ O ₅ - 11% azote	<ol style="list-style-type: none"> 1. produit acidifiant (pH=4,5) qui réduit le pH du sol. 2. La solubilité totale du P₂O₅ dans l'eau. 3. La répartition homogène des granulés uniformes (90% entre 1 à 4 mm).
Northweat	- 10% azote - 30% P ₂ O ₅ - 10% K ₂ O - 9% SO ₄	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conçu pour le début de la culture des céréales, des légumineuses et des oléagineuses : Offre les éléments indispensables pour un bon démarrage. 2. Renferme de l'azote : Déterminant pour le tallage, la croissance des plantes et l'augmentation du contenu en protéines des grains. 3. Le phosphore soluble et assimilable joue un rôle essentiel dans le développement des racines. 4. La synergie entre les composants : L'association d'azote, de phosphore, de potassium et de soufre favorise l'épanouissement des végétaux.
Fosfactyl	- 3% azote - 22% phosphore - 18% SO ₃	<ol style="list-style-type: none"> 1. Offre une protection aux éléments fertilisants et facilite leur assimilation. 2. Mobilise les substances bloquées dans le sol. 3. Favoriser la croissance des racines. 4. Impact à long terme : Apport des nutriments sur une longue période. 5. Convient aux sols calcaires : Afin d'être efficace dans des sols contenant une grande quantité de calcium.
Urée 46	- 46% azote total - 1% biuret	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forme en perles ou en granules. 2. La couleur blanche. 3. Très soluble, ce qui permet à la plante de consommer rapidement de l'azote. 4. Engrais solide azoté de couverture : Principalement employé pour les cultures céréalières. 5. éléments essentiels pour le développement des plantes.

Chapitre 03 : *Matérielle et Méthode*

8. Installation et conduite de l'essai

L'expérience a été menée sur quatre parcelles réparties entre deux fermes pilotes : Boubakeur Saidi à Elkhoubouzia pour les parcelles avec le témoin et le traitement North weat, et Bouchraïne à El Asnam pour les parcelles avec les traitements Fosfacyl et MAP. Toutes les parcelles étaient cultivées avec du blé dur auparavant.

Le labour profond des parcelles réservées à nos parcelles expérimentales a été effectué à l'aide d'une charrue à soc. Le labour superficiel a été effectué par deux passages de cover-crop

Les engrais ont été épandus sur les parcelles expérimentales comme suit :

1^{ère} parcelle (Témoin):

Le témoin a été réalisé sans traitements phytosanitaire.

2^{ème} parcelle :

Les engrais de fond NPK (11-52-0) ont été épandus en décembre à raison de 1 quintal par hectare. La fumure de fond phosphatée et azotée a été appliquée juste avant le semis. La fumure azotée a été fractionnée en deux apports.

3^{ème} parcelle :

Les engrais de fond NPK (3-22-18SO₃) ont été épandus en décembre à raison de 1 quintal par hectare. La fumure de fond phosphatée et azotée a été appliquée juste avant le semis. La fumure azotée a été fractionnée en deux apports.

4^{ème} parcelle :

Les engrais de fond NPK (10-30-10-9SO₃) ont été épandus en décembre à raison de 1 quintal par hectare. La fumure de fond phosphatée et azotée a été appliquée juste avant le semis. La fumure azotée a été fractionnée en deux apports.

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

8.1 Le semis

Le semis a été réalisé de manière automatisée le 3 décembre 2023. à la ferme pilote de Elkhoubouzia (Boubakeur Saidi) et 23 décembre a la ferme d'El Asnam (Boucheraïne Med) à l'aide d'un semoir expérimental, avec une densité de 140 kg/ha. Certaines plantes adventices telles que la **Veronica** spp, **Fumaria officinalis**, **Papaver rhoeas**, **lygonum** spp, **Sinapis arvensis** sont apparues pendant la culture. Les herbicides Mistang et Quetex ont été appliqués le 24 mars 2024, correspondant au stade à quatre feuilles des cultures, à des doses respectives de 60 g/ha et 0.66 L/ha. La ferme d'El Asnam (Boucheraïne Med) Le 05/02/2024 marque la mise en œuvre des herbicides tvaxos et l'olympusflex+bio-power dans la ferme pilote d'Elkhoubouzia. La collecte des parcelles a été effectuée à la main.

-27 mai 2024 a l'Asnam

-03 juin 2024 a Elkhoubouzia

8.2 Méthodologie d'étude

Sur chaque parcelle élémentaire, nous avons délimité quatre placettes, chacune mesurant un mètre carré. La figure 08 illustre la disposition de ces placettes au niveau de la parcelle élémentaire.

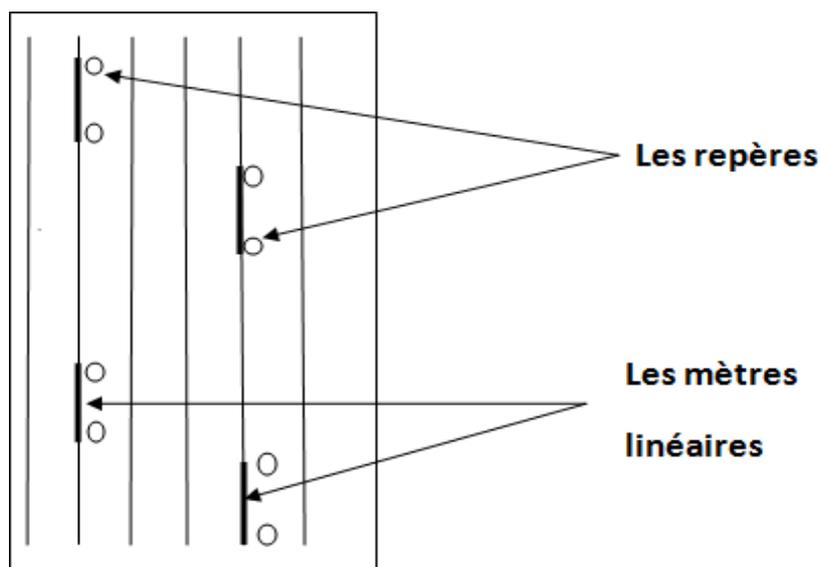


Figure 18 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai

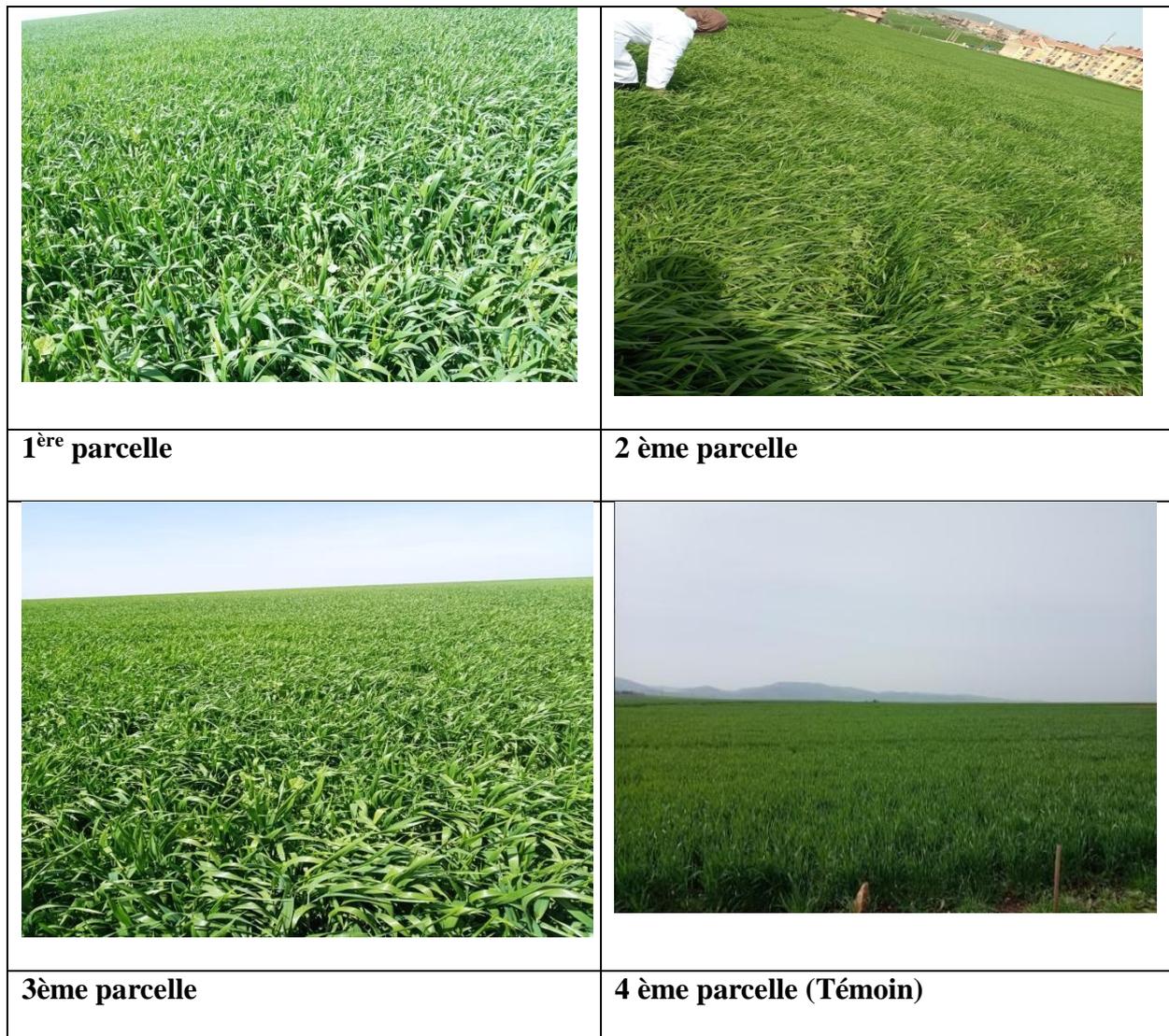


Figure 19 : Photo personnel des quatre parcelle étudiant

8.3 Suivi des sites expérimentaux

Des visites régulières ont été effectuées au cours de la saison

Chapitre 03 : Matérielle et Méthode

Tableau 09 : Dates repères des différents stades phénologiques de la culture

Les stades phénologiques	LES DATES	
	KHABOUZIA	ASNAM
Semis	03/12/2023	23 /12/2023
Tallage	19/02/2024	26/02/2024
Montaison	31/03/2024	01/04/2024
Épiaison	07/04/2024	08/04/2024
Floraison	29/04/2024	30/04/2024
Maturation	13/05/2024	20/05/2024

9. Observation et mesure effectuées

9.1 Caractères phénologique

Les caractères phénologiques les plus considérés sont la précocité au tallage, à la floraison et à la maturation, la précocité à l'épiaison n'a pas été notée au niveau de notre essai.

9.1.1 Précocité au montaison

Le nombre de jours entre le semis et le stade montaison a été déterminé quand les étamines de 50 % des plantes apparaissent, c'est montaison

9.1.2 Précocité à la floraison

Le nombre de jours entre le semis et le stade floraison a été déterminé quand les étamines de 50 % des plantes apparaissent, c'est la floraison. .

9.1.3 Précocité à la maturation

Le nombre de jours entre le semis et le stade maturité à été déterminé selon les différentes étapes de formation du grain. .

Toutes les mesures ont été effectuées sur 10 tiges prises au hasard au niveau de chaque placette.

10 : Caractères phénologiques

Précocité à l'épiaison, à la floraison et à la maturation

C'est le nombre de jours à l'épiaison, à la floraison et à la maturation chez le blé correspond aux périodes nécessaires pour que la plante atteigne respectivement la formation de l'épi, la floraison complète, et la maturité des grains.

% de l'épiaison floraison maturation

Le pourcentage d'épiaison, de floraison et de maturation chez le blé représente la proportion de plantes atteignant ces stades de développement spécifiques à des moments donnés. Ces mesures sont cruciales pour évaluer la croissance et le rendement potentiel des cultures.

9.2 Caractères agronomiques

Nombre de grains par épi

Le nombre de grains a été évalué au stade maturité physiologique par le comptage des moyennes de grains d'un échantillon de 10 épis prise au hasard pour chaque parcelle..

Le nombre Talles épis et talles végétatifs

Le nombre de talle a été effectué au stade fin tallage par le comptage de nombre de talle par mètre lingère avec une répétition de 4 fois pour chaque parcelle d'essai.

Rendement en grain réel

Après le battage de chaque micro parcelle, les grains ont été pesés, et les valeurs obtenues sont exprimées en quintaux par hectare.

Rendement en grain estimé

Ce rendement est déterminé à partir de la formule suivante :

Rdt : Rendement estimé.

$$Rdt = \frac{NEM * NGE * PMG}{1000}$$

NEM : Nombre d'épis /m²

NGE : Nombre de grains /épis

PMG : Poids de mille grains.

Biomasse aérienne

Elle est estimée à partir de la pesée de toutes les plantes récoltées (paille + épis)

La biomasse racinaire

C'est la masse totale des racines des plantes d'un mètre lingère, incluant leur poids sec,

Indice de récolte (IR)

Ce paramètre est calculé par la formule suivante :

$$\text{IR} = \frac{\text{Rendement en grains}}{\text{Biomasse aérienne}}$$

9.3 Caractères morphologiques

Hauteur de la tige

Elle a été déterminée par la mesure de la tige de sa base jusqu'à la base de l'épi

Longueur de l'épi

La longueur de l'épi est la taille entre sa base et son sommet sans les barbes

10 Méthodes d'analyse statistique

L'analyse de la variance a été faite à l'aide du logiciel GMP. Les facteurs analysés sont :

- Le facteur étudié : les différents fertilisant (MAP FOSFACTYLE NORTH WEAT T0) et les variables études sont
- Caractères agronomiques morphologiques et phénologique

Nous avons utilisé le test de Tukey-Kramer HDS pour comparer les moyennes des variables étudiées afin de déterminer les groupes homogènes en utilisant le logiciel GMP

**Chapitre 04 : Résultat et
discussion**

Chapitre 04 : *Résultat et discussion*

1 .Données pédoclimatiques

1.1 Climat

La région de Bouira se caractérise par un climat méditerranéen, le Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Bouira indique que cette région appartient à l'étage bioclimatique Sub-humide caractérisé par un hiver pluvieux et humide, avec des précipitations importantes et des températures modérées.

L'analyse de la moyenne des $T^{\circ}m$ dans les deux régions : montre que la période chaude s'étale de Avril à septembre, atteignant son maximum en Juillet avec (35 C°).

- Tandis que, l'analyse des précipitations montre que le cumul des précipitation est de (377,8 mm) dans la région de Ain Bessam enregistrant un excédent de 69,5 mm par rapport à la moyenne de la région El Asnam qui est de 467 mm.

Les pluies ont été concentrées plus le mois de Nov 2023 avec 98,8 mm de Ain Bessam et Janvier 2024 avec 40,9 mm. De Asnam

- Une variation d'amplitude thermique est considérable, un maximum en juillet avec (35°), le minimum se produisant en Décembre avec (5 C°) (tableau 0 matériels et méthodes).

1.2 Le sol

les caractères physico-chimiques de notre champ expérimental, sont décrits dans le tableau ci-dessous :

L'identification

La corde se fragmente	sol sableux
La corde ne se forme pas	Sable
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

Chapitre 04 : Résultat et discussion

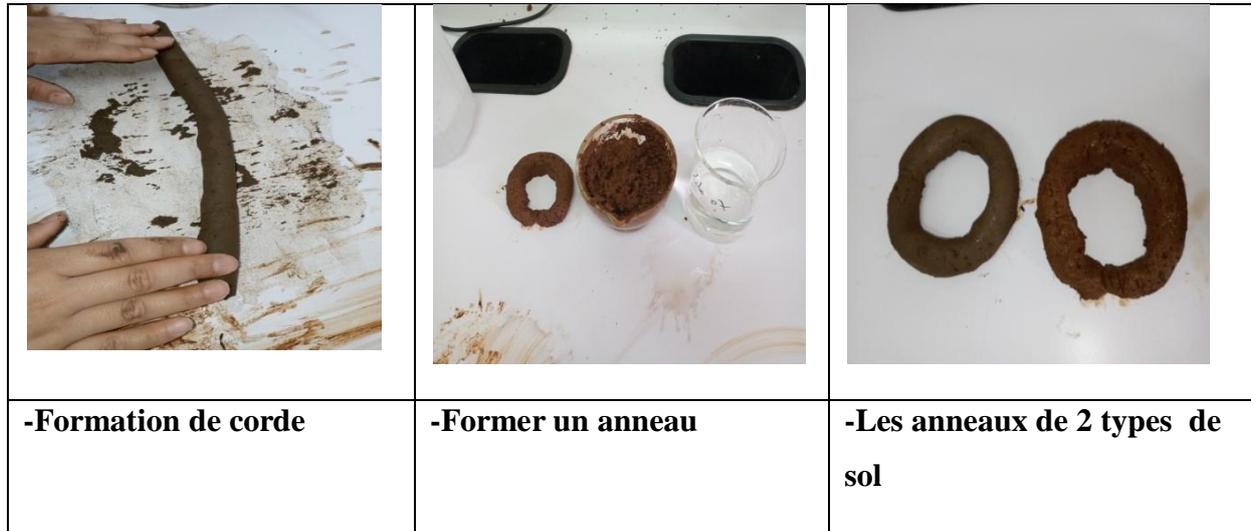


Figure 20 : la texture de sol (photos personnelles ,2024)

Tableau 10 : Les analyses chimiques de sol

		PH eau (1/2.5)	Conductivité électrique CE (1/5) en mmhos /cm	Teneur en Carbonates %	Matière organique %	PH Rhysoosphirque
El asnam	1^{ère} parcelle	/	237ms	13.85	7.09%	7,25
	2^{ème} parcelle	/	225ms	14.08	7.11%	7.33
El khabouzia	3^{ème} parcelle	8.22	219ms	13.63%	6.27%	7,64
	4^{ème} parcelle (temoin)	8.76	237ms	13.67%	6.26%	7.88

1. Analyse physique chimique du sol

L'analyse physique et chimique des échantillons de sol prélevés à révéler les résultats suivants ;

2.1 La texture :

L'analyse de la texture indique que la texture de sol de la région el khabouzia argileux (taux d'argile élevé) par contre la région de l'Asnam caractérisé par une texture argileux sableux

Sol Argileux (El Khabouzia) : Retient bien les nutriments mais peut avoir des problèmes de drainage et de compaction, affectant l'oxygénation des racines et l'accès aux nutriments.

Sol Argileux Sableux (L'Asnam) : Offre un bon équilibre entre rétention d'eau et drainage, facilitant l'absorption des nutriments et la croissance des racines.

2.2 PH (eau) :

Le PH de l'eau des parcelles varie de légèrement alcalin à très alcalin. Les sols légèrement alcalins peuvent convenir à de nombreuses cultures, mais les sols très alcalins (comme la 4ème parcelle) peuvent poser des problèmes pour la disponibilité des nutriments.

2.3 Conductivité électrique (CE) :

Les valeurs de CE indiquent une salinité modérée. Une CE élevée peut affecter la croissance des plantes en interférant avec l'absorption des nutriments NPK.

2.4 Teneur en Carbonates :

Les teneurs en carbonates sont relativement élevées, ce qui peut indiquer un sol calcaire. Les sols calcaires peuvent influencer la disponibilité de certain nutriment.

2.5 Matière organique :

Les % DE MO sont relativement élevés, ce qui est favorable pour la rétention d'eau.

pH Rhizosphérique :

Le pH de la rhizosphère (zone autour des racines des plantes) suit une tendance similaire au pH de l'eau, indiquant que les conditions du sol influencent directement le microenvironnement des racines.

Les sols des parcelles étudiées présentent une alcalinité variable et une salinité modérée. La présence élevée de carbonates et de matière organique est notable. Il est important de prendre en considération ces éléments lors de la planification de la gestion des sols et de la sélection des cultures pour maximiser la croissance et le rendement des végétaux. Les pH plus élevés observés dans les terres d'Ikhabouzia., en particulier la 4ème parcelle, peuvent nécessiter des amendements pour corriger l'alcalinité excessive.

3. Étude des caractères morphologiques

3.1 La Hauteur de La Tige (cm)

Une analyse de variance (**Annexe n° 03(a)**) sur la hauteur de la tige du blé dur. Les résultats indiquent une différence statistiquement significative entre les traitements (F Ratio =12,19/ p = 0.0006*).

Pour déterminer quelles différences entre les traitements sont significatives, un test post-hoc de Tukey a été effectué. Les résultats montrent que le traitement **MAP** (M = 70.25 cm) est **Significativement Hautement Différent** (p-value=0.0476*) du traitement **PHOSPHACTYL** (M = 65.76 cm), avec une différence moyenne de 4.48 cm.

Les traitements **MAP /NORTWEAT** et **NORTWEAT/ PHOSPHACTYL** ne diffèrent pas significativement (p > 0.05).

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur la hauteur de la tige de blé dur variété Mansourah ainsi que les groupes homogènes qui en découlent du traitement Tukey-Kramer

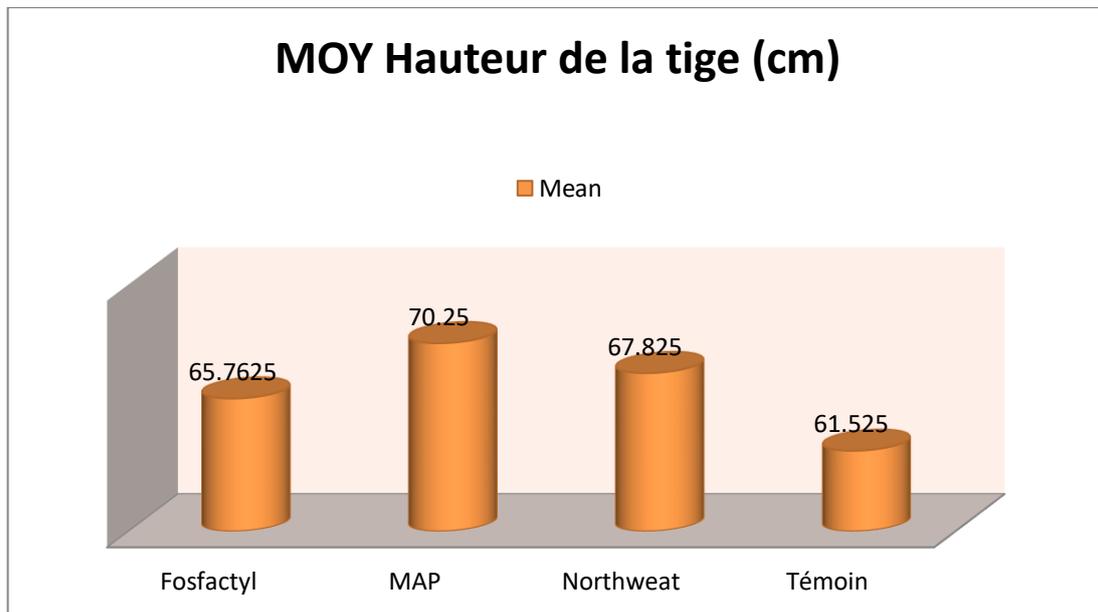


Figure 21 : Effet de trois fertilisants sur la hauteur de la tige de blé dur variété Mansourah

Ces résultats suggèrent que le choix du traitement de fertilisation a un impact significatif sur la hauteur de la tige du blé dur. En particulier, le traitement **MAP**. Ce dernier grâce à sa richesse en phosphore il permet un bon développement de la partie aérienne et par conséquent le traitement **MAP** conduit à des plantes significativement plus hautes que celles traitées avec le traitement, cela aura des répercussions positives sur l'accroissement du poids de la biomasse aérienne et la biomasse sèche. Tandis que le traitement n'a pas montré de différence significative par rapport aux autres traitements.

3.2 La longueur des épi (cm)

Une analyse de la variance (**Annexe n° 03(b)**). Les résultats indiquent une différence statistiquement significative entre les traitements ($F \text{ Ratio} = 75.39 / p = 0.001$) Alors, la moyenne générale de l'essai pour la longueur de la plante s'élève (7.7cm) pour les deux traitement **NORTWEAT**($M = 7,3 \text{ cm}$) **Significativement Hautement Différent**($p\text{-value} = 0.0321^*$) du traitement **PHOSPHACTYL**($M = 7,76 \text{ cm}$)), avec une différence moyenne de 0.4 cm.

Chapitre 04 : Résultat et discussion

Les traitements **MAP /NORTWEAT** et **MAP/ PHOSPHACTYL** ne diffèrent pas significativement ($p > 0.05$).

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur la longueur des épis de blé dur variété Mansourah ainsi que les groupes homogènes qui en découlent du traitement Tukey-Kramer HSD.

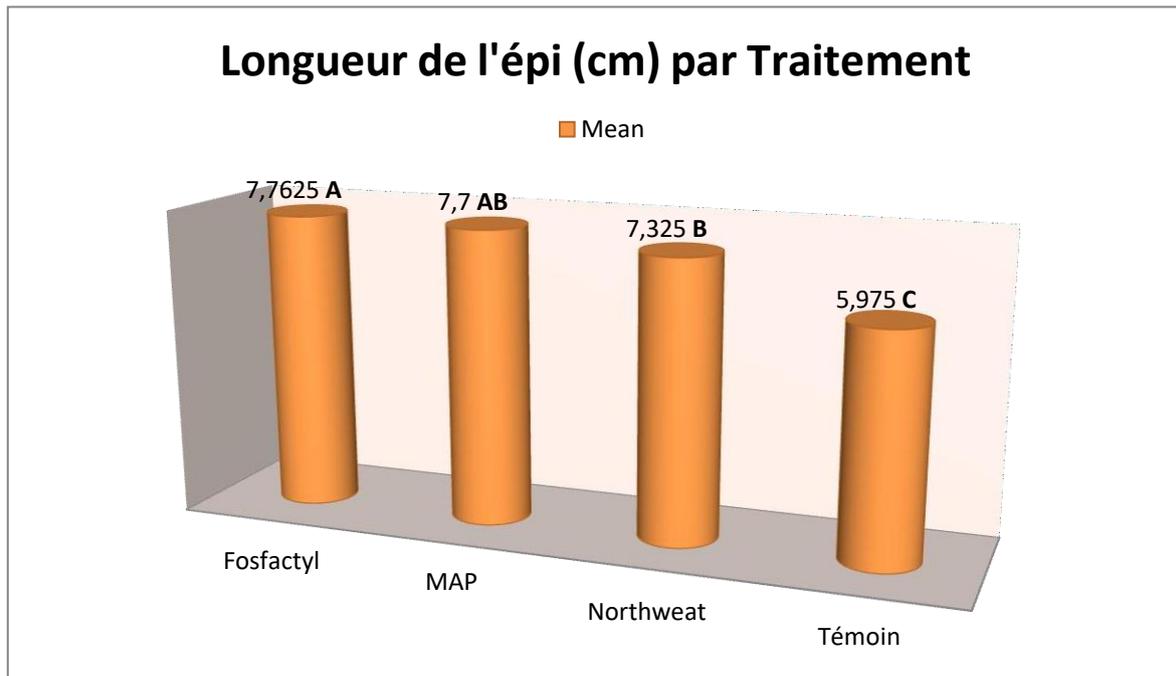


Figure 22 : Effet de trois fertilisants sur la longueur des épis de blé dur variété Mansourah Ces résultats suggèrent que le choix du traitement de fertilisation a un impact significatif sur la longueur des épis du blé dur. En particulier, les trois fertilisants ont donné de bons résultats sur la longueur des épis.

3.3 Le nombre Talles épis et talles végétatifs

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe n°03(c)**), a révélé une différence statistiquement significative entre les traitements ($F \text{ Ratio} = 26.5893 / p < 0.0001^*$) pour le Nombre Talles épis et ($F \text{ Ratio} = 5.4178 / p < 0.0137$) pour le nombre des talles végétatifs. Alors, la moyenne générale de l'essai (256.5 ,388.5) pour les deux traitements MAP

Chapitre 04 : Résultat et discussion

et Fosfactyl plus Fosfactyl et Northweat (388.5 , 250.5) **Significativement Hautement Différent (p-value=0.0006*)**

Par rapport N tv moyenne générale de l'essai (505.5 ,334.5) pour les deux traitements Northweat et Fosfactyl **Significativement Différent (pvalue=0.0479*)**

Les traitements **MAP /NORTWEAT** et **MAP / PHOSPHACTYL** ne diffèrent pas significativement ($p > 0.05$).

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur le nombre talles épis et talles végétatifs de blé dur variété Mansourah ainsi que les groupes homogènes qui en découlent du traitement Tukey-Kramer HSD.

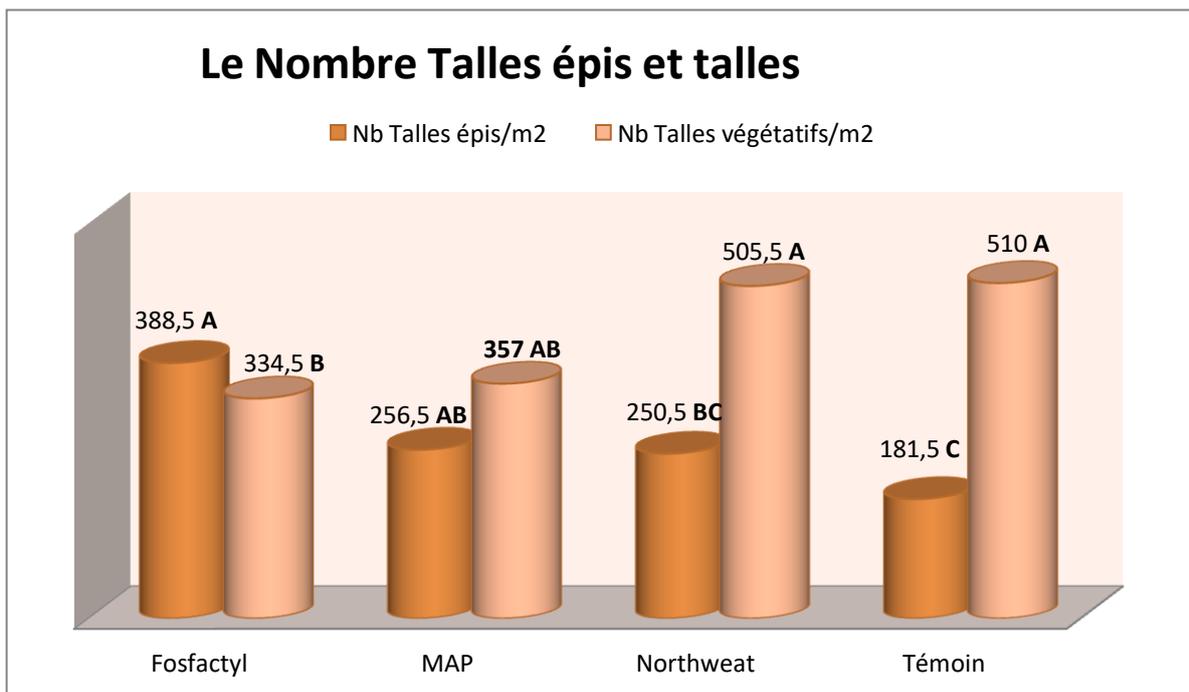


Figure 23 : Effet de trois fertilisants sur Le nombre Talles épis et talles végétatifs de blé dur variété Mansourah

Le Fosfactyl est riche en phosphore, ce qui favorise le développement parties aériennes et racinaire qui peut soutenir plus efficacement les talles épis en fournissant les nutriments nécessaires pour la formation et la M épi

Chapitre 04 : *Résultat et discussion*

Le soufre présent dans le Fosfactyl peut également jouer un rôle crucial dans la synthèse des protéines et des enzymes, favorisant ainsi la F épi plutôt que des TV.

Les plantes traitées avec Fosfactyl peuvent allouer plus de ressources aux épis, ce qui est souvent un objectif souhaité en agriculture pour maximiser le rendement en grains. qui peut diminuer la proportion de talles

Un nombre réduit de talles végétatifs peut signifier que la plante consacre plus d'énergie à la formation et au développement des épis, ce qui est bénéfique pour la production de grains. **Selon les travaux de (Zoufoul et Zalani)** Marquer que **sur Le nombre talles épis élevé pour T4 (136,85 69 0) de valeur moyenne (315 épi/m²)** c'est par ce que le **T4** plus riche en **N** et **P** par rapport notre traitement

3.4 Nombre de grains / épi

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe n°03(d)**), Le ng/épi a été évalué au stade M physiologique de grains d'un échantillon de 10 épis, le NTG est compté pour déduire la moyenne par épi

Ces résultats montrent une augmentation du ng/épi chez les plantes soumises au traitement NORTHWEAT par rapport les autres traitements d'où la valeur moyenne enregistré par un résultat non significatives (**p-value=0.0732**)

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur le nombre gr/epi de blé dur variété Mansourah ainsi que les groupes homogènes qui en découlent du traitement Tukey-Kramer HSD

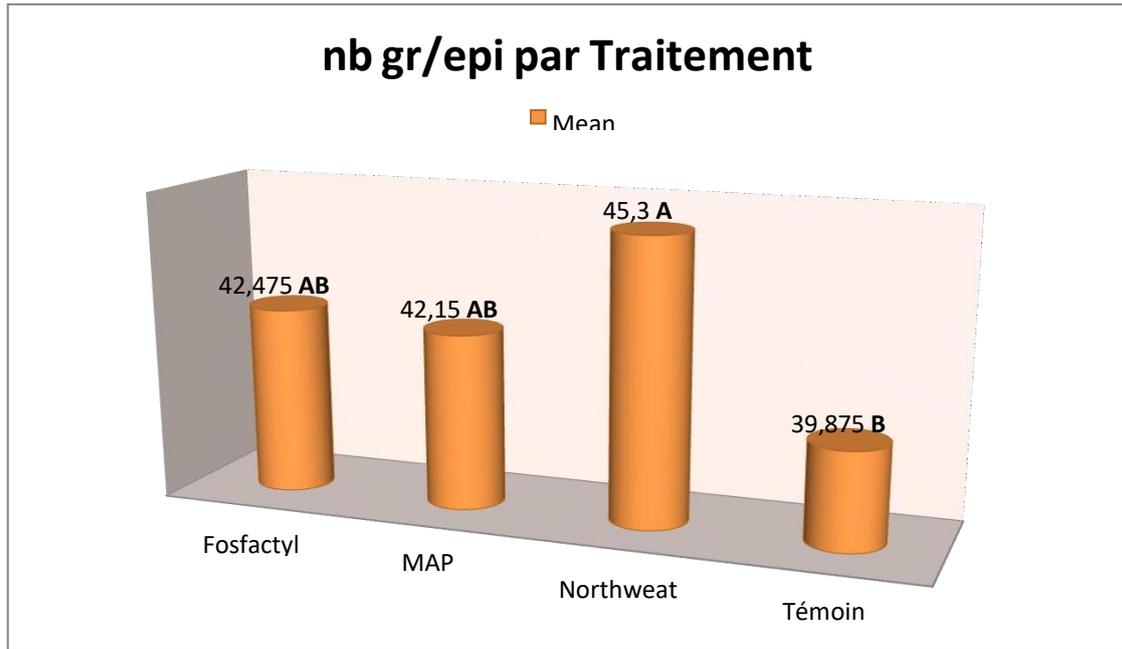


Figure 24 : Effet de trois fertilisants sur le Nombre de grains / épi de blé dur variété Mansourah

Ces résultats indiquent que le choix du traitement de fertilisation a un impact significatif sur le ng/épi chez le blé dur. En particulier, le traitement NORTH WEAT se distingue par sa richesse en azote et en phosphore, favorisant la formation des des grains.

Les caractéristiques variétales, la disponibilité en eau, ainsi que la nutrition en azote, phosphore et potassium. Cette observation confirme l'importance des éléments trophiques, notamment l'azote, comme le souligne Couvreur (1981).

Selon les travaux de (TEFFAH et NOUN) Marquer que un nb gr /epi élevé pour **T1** (**136 69 60**) de valeur moyenne (**56,50 gr/epi**) Ce résultat est dû au fait que le traitement **T1** riche en **N P K** ce qui affecte sur le nombre des grain.

3.5 La biomasse racinaire

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe n°03(e)**), Les résultats statistiques montrent des disparités importantes en ce qui concerne la biomasse des racines (voir tableau en annexe). Dans toutes les combinaisons de fertilisation, la biomasse des racines varie de la manière suivante : 126,01 g/m², 132.64 g/m², 111.64 g/m² et 66.64 g/m². Le poids de la partie racinaire est nettement supérieur chez les plantes traitées par rapport aux plantes témoins.

Chapitre 04 : Résultat et discussion

Notamment, le traitement MAP a donné la biomasse la plus élevée, avec une valeur moyenne de 132.64 g/m², montrant des résultats significatifs (F ratio = 12.3527, p-value = 0.0006*).

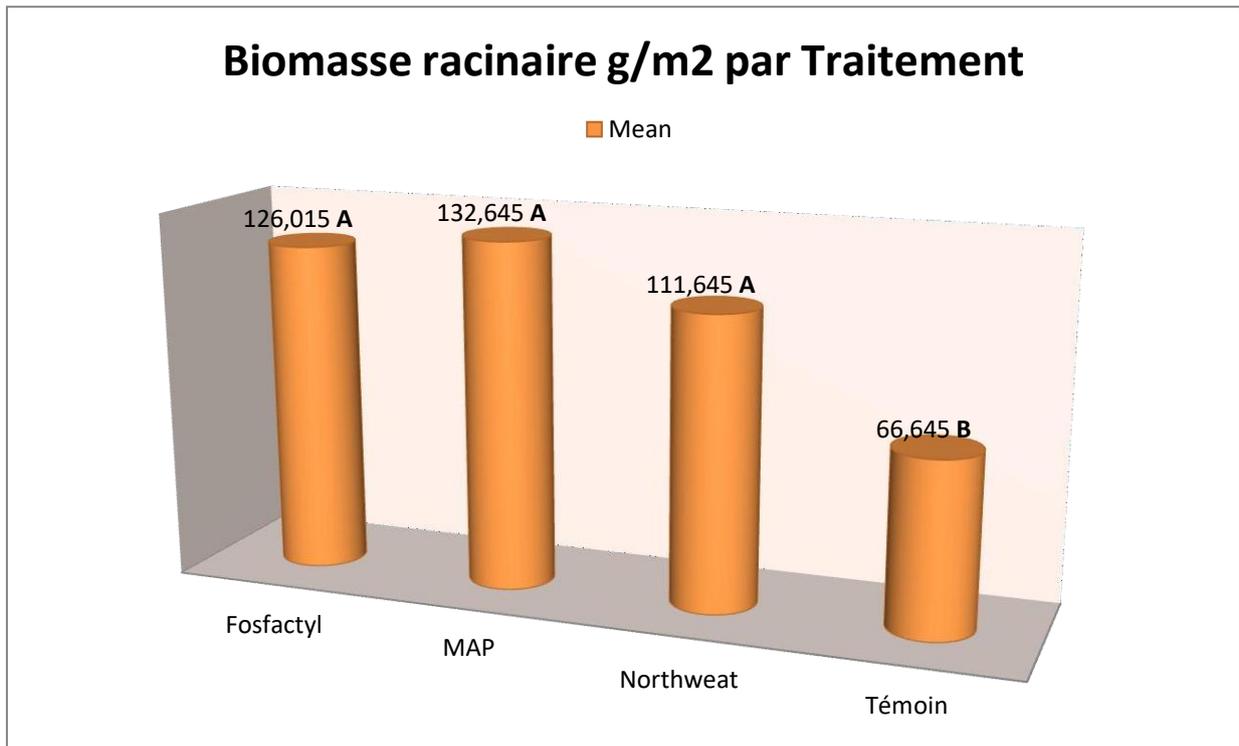


Figure 25 : Effet de trois fertilisants sur La biomasse racinaire de blé dur variété

Mansourah Ces résultats indiquent que le choix du traitement de fertilisation affecte significativement la biomasse racinaire du blé dur. En particulier, le traitement MAP riche en phosphore favorise le bon développement racinaire des plantes. En conséquence, les plantes traitées avec MAP étaient nettement plus hautes que celles traitées avec d'autres engrais.

3.6 La biomasse aérienne sèche

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe n°03(f)**), Le poids sèche déterminé a enregistré une augmentation chez les plantes traitées par le MAP en comparaison par rapport les autres traitements.

Ces résultats montrent que le traitement **MAP** donner une biomasse aérienne le plus élevé avec une valeur moyenne de 1255,75 g/m² par un résultat non significatif

Chapitre 04 : Résultat et discussion

(F ratio=2.5576/ p-value=0.104)

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur la biomasse aérienne sèche de blé dur variété Mansourah.

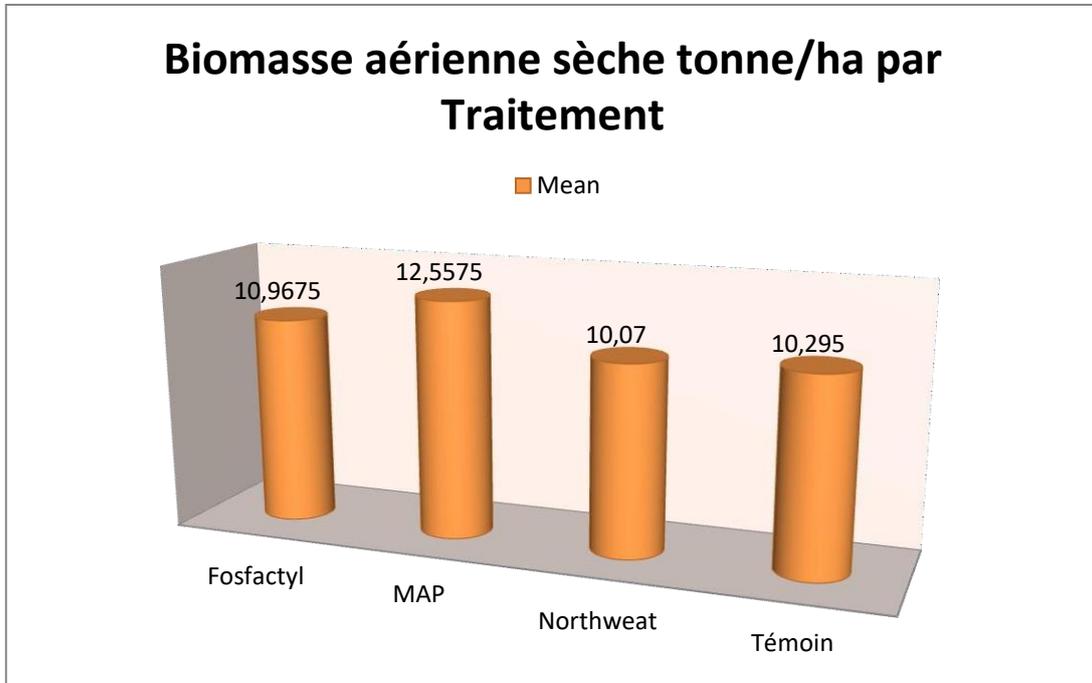


Figure 26 : Effet de trois fertilisants sur La biomasse aérienne sèche de blé dur variété Mansourah

Le phosphore, un nutriment essentiel pour la croissance des plantes et la formation des racines, est particulièrement présent dans le traitement MAP, ce qui favorise l'absorption des nutriments et de l'eau.

Ce nutriment essentiel joue un rôle vital dans divers processus de croissance, notamment le développement racinaire, la photosynthèse - la production d'énergie, ce qui entraîne une croissance plus vigoureuse

3.7 Indice de récolte

On rappelle que l'indice de récolte est le rapport du rendement en grains sur la quantité totale de biomasse aérienne qui a été produite Bouzerzour, (1998)

L'analysé de la variance (**Annexe n°03(g)**), à un critère de classification (ANOVA), il a été constaté que des différences significatives sont observées (p-value=0.0103*).

Les moyennes par le différent traitement et qui sont illustrées par es histogrammes traitement, Le MAP présente l'indice de récolte le plus élevé avec 84,6, tandis que l'indice de récolte est le plus bas, le mois élève est chez le traitement **NORTH WAET** par une valeur de 56.12 Ce paramètre est calculé par la formule suivante :

$$\text{IR} = \frac{\text{Rendement en grains}}{\text{Biomasse aérienne}}$$

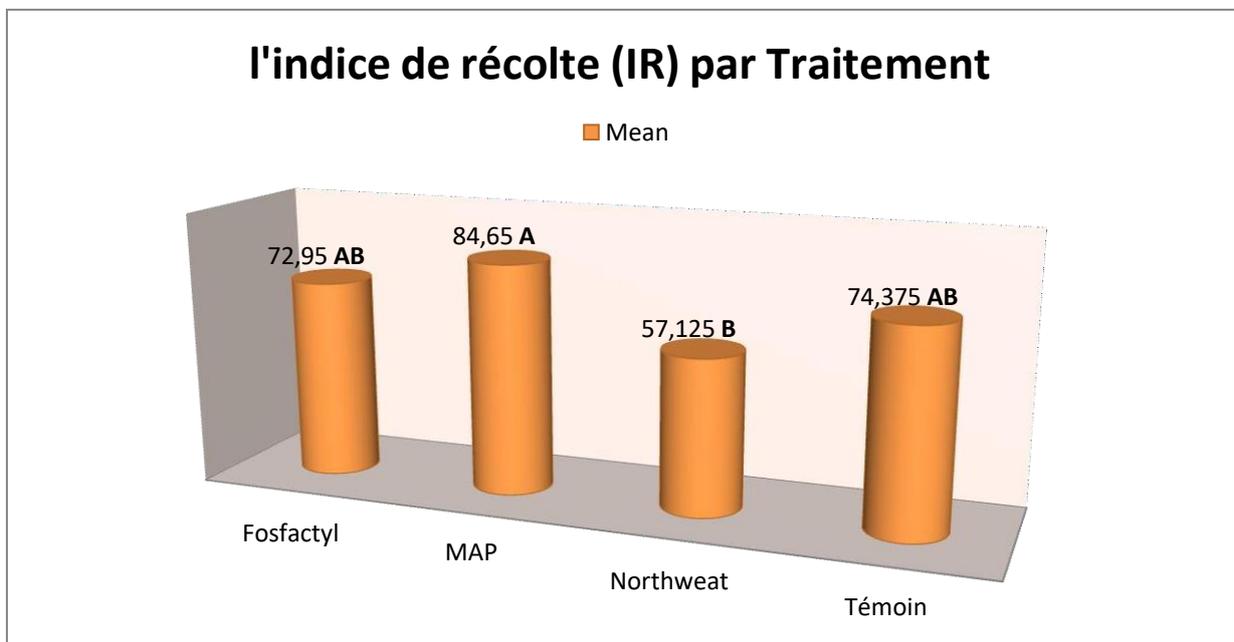


Figure 27 : Effet de trois fertilisants sur Indice de récolte de blé dur variété Mansourah

Il est évident que le choix du traitement de fertilisation a un impact significatif sur l'indice de récolte du blé dur, selon ces résultats.

Chapitre 04 : *Résultat et discussion*

Le fait que l'indice de récolte (IR) du traitement MAP soit plus élevé que celui des autres traitements peut s'expliquer par la composition du produit. MAP est un engrais qui fournit de l'azote (N) et du phosphore (P), deux nutriments essentiels aux plantes, évoluer. Le phosphore, notamment, joue un rôle crucial dans la croissance des racines, la floraison et la production de fruits. Un apport adéquat en phosphore augmente les rendements en graines et en fruits, augmentant ainsi l'indice de récolte.

3.8 Précocité à l'épiaison, à la floraison et à la maturation

Une analyse de la variance (**Annexe n°03(h)**), Les résultats montrent une disparité statistiquement importante entre les différentes méthodes de traitement. Donc, la moyenne globale de l'essai pour le nombre de jours d'épiaison, de floraison et de maturation est significativement différente pour le traitement NORTWEAT ($p\text{-value} = 0.0828$) par rapport au traitement NORTWEAT ($M = 2.025$).

Le nombre de jour épiaison non significative pour les 3 traitement (**$p\text{-value}=0.4070^*$**).

Le nombre de jour floraison **Significativement Différent** (**$p\text{-value}=0.0040^*$**)

Le nombre de jour maturation **Significativement Différent** (**$p\text{-value}=0.0005^*$**) pour NORTWEAT /FOSFACTYL et (**$p\text{-value}=0.028^*$**) pour le MAP /FOSFACTYL

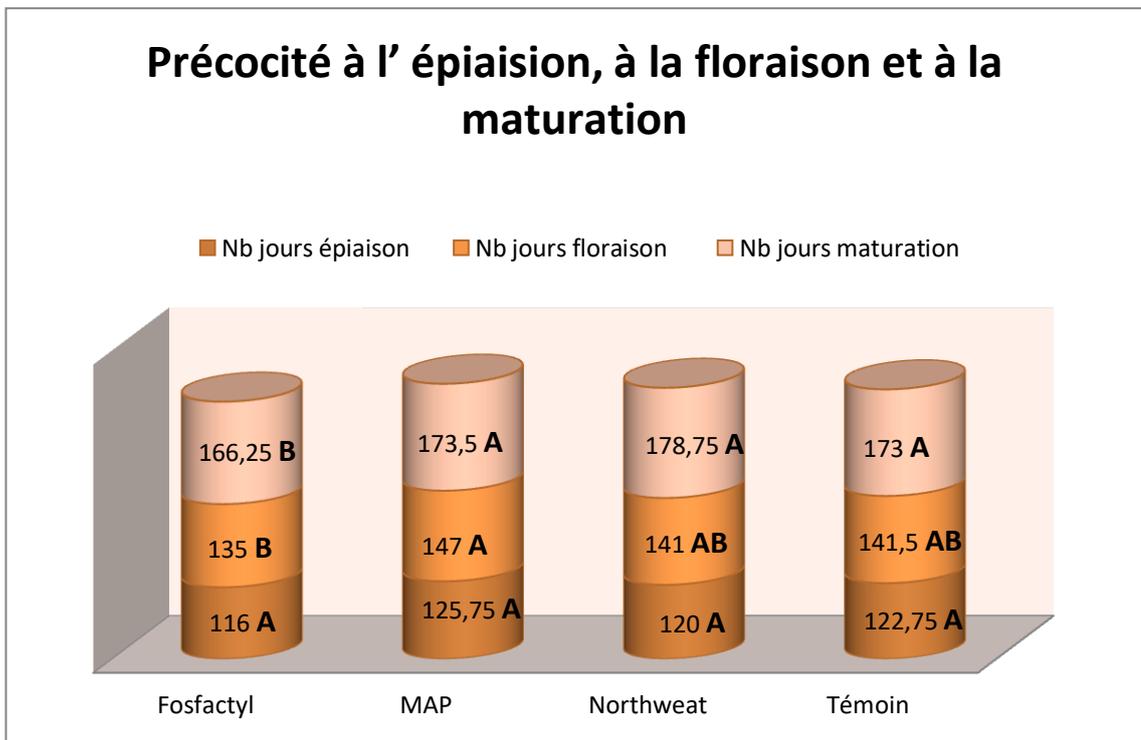


Figure 28: Effet de trois fertilisants sur Précocité à l'épiaison, à la floraison et à la maturation de blé dur variété Mansourah

Le temps de maturation de Northwest est plus long que celui des autres engrais, car sa formule spéciale permet une libération plus lente et plus lente des nutriments. La durée de croissance de la plante est prolongée et la transition entre les différentes étapes de développement de la plante est ralentie. D'autres traitements qui permettent une libération plus rapide des nutriments peuvent faciliter la croissance des plantes.

3.9 Le pourcentage de l'épiaison floraison maturation

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe 03 (i)**) a été réalisée pour évaluer l'effet de différents Traitement sur le % de floraison de blé dur.

%d'épiaison par traitement

Les résultats de cette mesure ont révélé des disparités significatives de (0.0002) La hausse observée dans le taux élevé d'épiaison dans la parcelle est due au traitement, Témoin par Rapport les autres parcelle qui sont traité par défieront fertilisants

Chapitre 04 : *Résultat et discussion*

%de floraison par traitement

Les résultats indiquent une différence statistiquement significative (F Ratio =9.37/ p = 0.0018*). Pour déterminer quelles différences entre les traitements sont significatives, un test post-hoc de Tukey a été effectué. Les résultats montrent que le Traitement PHOSPHACTYL de (85%) est Significativement Hautement Différent (p-value=0.018 *) du Traitement MAP (67%),

% de maturation par traitement

Les résultats indiquent une différence statistiquement significative de (F Ratio =6.80/ p = 0.0063*).

Les résultats montrent que le traitement PHOSPHACTYL de (82.5 %) est Significativement Hautement Différent (p-value=0.018 *) du traitement NORTWEAT (66.25 %),

Ci-dessous la figure qui montre l'effet des trois fertilisants sur le %de l'épiaison floraison maturation de 3 traitements défèrent de l blé dur variété Mansourah

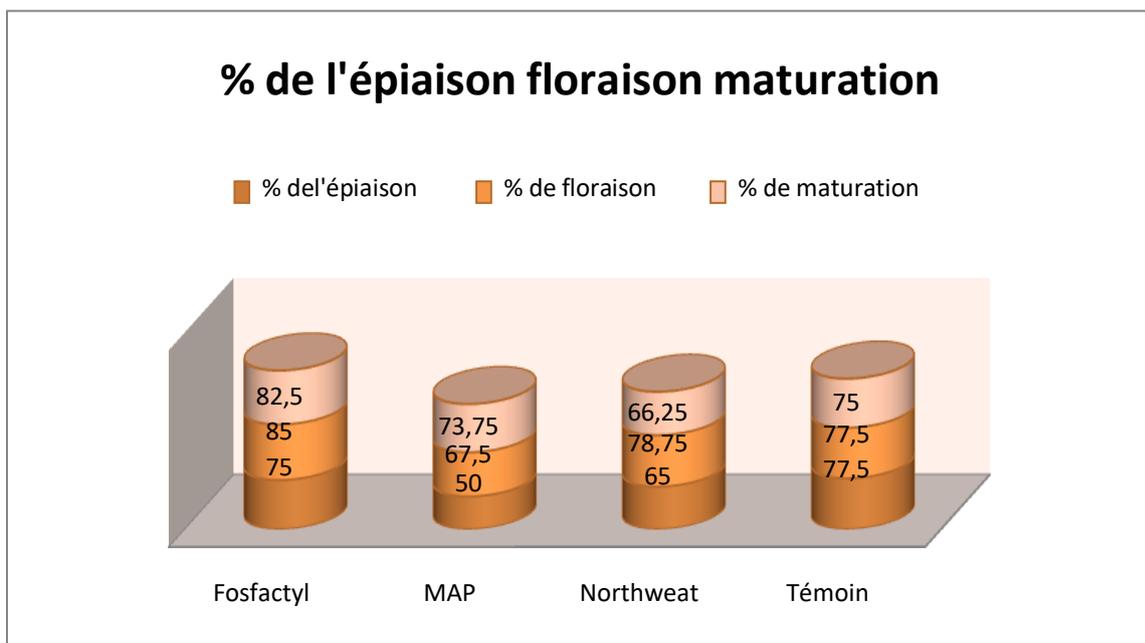


Figure 29 : Effet de trois fertilisants sur le personnage de l'épiaison floraison maturation de blé dur variété Mansoura

Chapitre 04 : *Résultat et discussion*

Les plantes carencées en P ont une croissance ralentie; le développement des racines et la densité des populations (le tallage) sont réduits; la floraison et la maturation sont retardées. Une carence en P provoque une diminution de la production de protéines et de vitamines (**kali AG potasse**).

3.10 Rendement reel Et Rendement estime

Une analyse de la variance (ANOVA) (**Annexe n°03(j)**), Le résultat est directement calculé en fonction du produit du NG/m² et du poids de 1000g, ce qui indique qu'il est le résultat des éléments impliqués directement et indirectement dans sa formation, tels que le PG, le NE par unité de surface et la biomasse. Le calcul des ressources humaines se fait en utilisant la formule suivante : $Rdt (q/ ha) = [(NE / m^2) \times (NG/ \acute{e}pi) \times PMG] / 1000$

Rdt ESTIME

Une analyse de la variance (ANOVA) Tab en ANNEXE a été réalisée pour évaluer l'effet de trois traitements de fertilisation différents sur le rendement estimé du blé dur. Les résultats indiquent une différence statistiquement significative entre les traitements

(F Ratio =34.64/ p = 0.001*).

Pour déterminer quelles différences entre les traitements sont significatives, un test post-hoc de Tukey a été effectué. Les résultats montrent que le Traitement **PHOSPHACTYL** (72.025qx /ha) **Significativement Hautement Différent (p-value=0.0003*)** du Traitement **MAP** (47.65qx /ha), avec une différence moyenne de 24.375qx /h

Rendement REEL

Ces résultats montrent que le traitement **PHOSPHACTYL** donner un rendement très élevé de valeur (52.22qx /ha) **Significativement Différent(p-value =0.0074*)** pour le traitement MAP de moyenne (40.07qx /ha) Ci-dessous la figure qui montre l'effet des fertilisants sur la HT de blé dur (Mansourah) ainsi que les groupes homogènes qui en découlent du traitement Tukey-Kramer HSD.

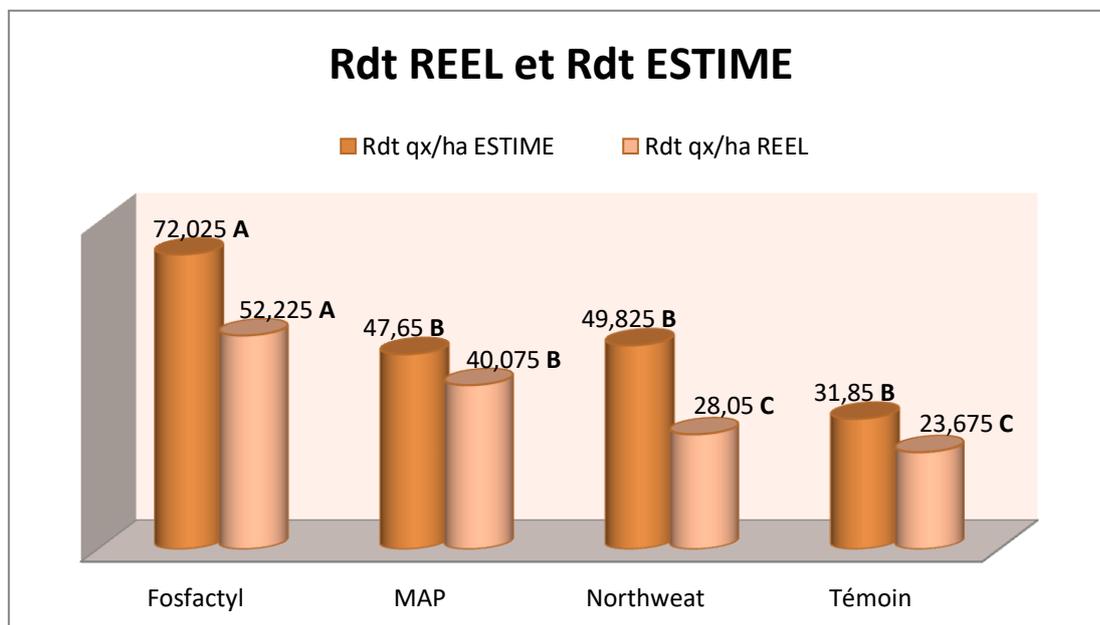


Figure 30 : Effet de trois fertilisants sur rendement réel Et rendement estimede blé dur variété Mansourah

La meilleure disponibilité et l'efficacité des nutriments fournis par ce traitement expliquent le rendement réel et estimé plus élevé avec le Fosfactylpar rapport aux autres fertilisants. Ceci conduit à une hausse de la productivité des plantes et à une amélioration générale de la santé des plantes, ce qui se traduit par des rendements plus élevés.

Selon les travaux de (TEFFAH et NOUN)

Marquer que un rendement estimer élevé pour T2 (0 69 60) de valeur moyenne (113 q/h)

Ce résultat est dû au fait que le traitement T2 riche en P et K ce qui affecte sur le rendement.

Conclusion

conclusion

La fertilisation est une méthode employée par les agriculteurs afin d'améliorer la production et d'améliorer les performances.

Notre travail vise principalement à étudier l'impact des engrais NPK sur les caractéristiques morphologiques, physiologiques et agronomiques de la variété de blé dur (Mansourah), en prenant en compte les processus abiotiques (sol).

Les divers résultats obtenus lors de notre expérience permettent de mettre en lumière les résultats suivants :

Une différence significative entre les différents traitements utilisés été remarquer des variables étudiées, à l'exception des paramètres.

La HT (cm), IR, LE (cm), BR g/m², Nb Talles épis/m², Nb TV /m², Rdt qx /ha estimé et le Rdt qx/ha réel sont tous significatifs.

Dans cette étude, le traitement Fosfactyl offre le meilleur rendement avec 52,225 qx/ha, ce qui le distingue nettement des autres traitements et témoigne d'une efficacité accrue pour améliorer le rendement des cultures. Un rendement de 40,075 qx/ha est obtenu grâce au traitement MAP, qui se positionne comme une option efficace, bien que moins performante que Fosfactyl.

En résumé, afin d'améliorer le rendement des cultures, il est vivement conseillé de faire appel à Fosfactyl en raison de son efficacité accrue. MAP est également une option intéressante en ce qui concerne le compromis entre coût et efficacité. Par contre, le traitements Northweat et témoin présentent des performances inférieures et ne sont donc pas recommandés pour optimiser le rendement des cultures dans cette situation

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **A.C.I.A., 2006.** Agence canadienne d'inspection des aliments. La biologie de (*Triticum turgidum*ssp. *Durum*) (blédur. Bureau de la biosécurité végétal, 13p.
- **Abdelguerfi A. & Laouar M., 2000.** Les ressources génétiques des blés en Algérie : passé, présent et avenir. In "Blé 2000...Enjeux et Stratégie", Actes du 1er Symposium International sur la Filière Blé, OAIC, Alger, 7-9/02/2000. 133-148.
- **Abdelmadjid H, 2013.** Grandes cultures éléments de pyrotechnie générale 1ère ED. T1. Leblé, 256p.
- **Anonyme, 2017.** Manuel d'utilisation des engrais. Grandes cultures, arboriculture cultures
- **Anonyme. (1971).** Les céréales 2ème édition, J.B Baillièrre et fils, Paris, pp9-23-315
- **B. Beres, E. Rahmani, J. Clarke, P. Grassini, C. Pozniak, C. Geddes, K. Porker, W. May, J. Ransom**
- **Batjes, N. H. (2011).** Global distribution of soil phosphorus retention potential. *Biogeosciences*, 8(1), 29-36. doi:10.5194/bg-8-29-2011
- **Bouasla S., 2001.** effet d'une nouvelle formule d'engrais phosphaté le SSP 20 sur la
- **Boulal H., Zaghouane O., Mourid M., Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la
- **Bozzini A. 1988.** "Origin, distribution, and production of durum wheat in the world." Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), États- Unis. p. 1-16.
- **Bozzini A., 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). États- Unis : 1-16 p.
- **Christian S., 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée. Grandes cultures et prairies. Edition France agricole, 407p.
- **Clark J.M., Norvell W.A., Clark F.R., & Buckley T.W., 2002.** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*. 82 : 27-33 p.
- **Clerget, Y. 2011.** Biodiversité des céréales Origine et évolution : In La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la Ville de Montbéliard. La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme, pp 1-16
- **Diehl J.A., 1975.** Agriculture générale. pp 205-211.
- **Donnez, J., Spada, F., Squifflet, J., & Nisolle, M., 2000.** Bladder endometriosis must be considered as bladder adenomyosis. *Fertility and sterility*, 74(6), 1175-1181.
- **DUPONT, 1982-** Hemicellulosic polymers from cell walls of beeswing wheat bran:
- **FAO, 2005.** Effect of Organic Matter Amendment on Hydraulic and Pore Characteristics of a Clay Loam Soil
- **FAO (2006).** Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin*, 16.
- **FAO, 2005.** Effect of Organic Matter Amendment on Hydraulic and Pore Characteristics of a Clay Loam Soil.
- **FAO, IFA et IMPHOS, 2003.** Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents

Références bibliographiques

- **FAO., 2003.** Les engrais et leurs applications, quatrième édition, 77p. -
- **Feuillet P., 2000.** Le Grain de blé: composition et utilisation. INRA. Ed Quae.France. 140 P.
- **Frontiers2020.** A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G × E × M) Synergies. in Plant Science
- **Gate PH. 1995.** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris,
- **Gervy R., 1970.** Les phosphates et l'agriculture 6ème ED, 298p.
- **Guelma.mémoire de fin d'étude.** Univ. Badji mokhtar. Annaba. 76P
- **Hopkins., 2003.** Physiologie végétale. 1 ère édition. deboeck. 514p
- **Jalali (2007):** Potassium in Agriculture: Availability and Management for Efficient Crop Production. New Delhi: Indian Institute of Soil Science
- **Jeżewska, T. (2007).** Role of potassium in plant stress physiology. In: Potassium in agriculture (pp. 231-256). Springer, Dordrecht.
- **Kamel B., Mohsen B., 2017.** Manuel de grandes cultures-les céréales, édition universitaires européennes, 230p.
- **LOUE A, 1982:** Le potassium et les céréales Dossier K2O n°02, pp 1-41.maraichères et industrielle. pp 10-14.
- **Lynch, J. P. (2011).** Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. *Plant Physiology*, 156(3), 1041-1049. doi:10.1104/pp.111.175414
- **Marina Carcea, Raimondo Cubadda, Emanuele Marconi 2023,** Chapter 36 - Durum wheat milling and pasta. ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology. Pages 345-352
- **Marschner, H. (1995).** Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego: Academic Press.
- **Masl E., et meynardJh., 1981.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse docteur ingénieur I.N.R. Paris. Grignon. France. 274 P..
- **Mazoyer M., 2002** Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767 P.
- **Mengel, K. (1975).** Nutrition and growth of plants. New York: Academic Press.
- **Morsli L., 2010 :** Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises.diplôme de Doctorat.Univ Badji Mokhtar.annaba. 3-18p

Résumé

المخلص

في إطار الحملة الفلاحية، هدفنا هو دراسة تأثير التسميد بالنيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم على تحسين إنتاج محصول القمح القاسي (صنف منصوره) بمنطقة البويرة. 2023-2024 ولتأكيد ذلك تعاوننا مع المزرعة التجريبية بوبكر السعيد (الخبوزية) وبوشرين محمد (الأصنام). اعتمدت دراستنا على الرصد الميداني لفعالية الأسمدة. قمنا بالعديد من التجارب على جودة القمح القاسي (منصورة) T0 (التحكم)، T1 (11N-52P-0K) T2 (3N-22P-0K)، T3 (10N-30P-10K)، تم تقييم المتغيرات المورفولوجية والفيزيولوجية والزراعية، وبمقارنة نتائج المعاملات المختلفة وجدنا أنه لتحسين إنتاجية المحصول ينصح بشدة اللجوء إلى الفوسفاتكيتل نظراً لفعاليتها المتزايدة. أيضاً يعد الماب خياراً جذاباً فيما يتعلق بالمفاضلة بين التكلفة والكفاءة. الكلمات المفتاحية: التسميد النيتروجيني والفوسفوري والبوتاسيوم، الحبوب، القمح القاسي، المنصورة، المزرعة التجريبية

Résumé

Dans le cadre de la campagne agricole, notre but est d'étudier l'effet de la fertilisation azotée, phosphatée et potassique sur l'amélioration de la production de la culture de blé dur (variété mansourah) dans la région de Bouira. 2023-2024.

Pour confirmer cela, nous avons coopéré avec la ferme pilot, Boubacar Al-Saeed (Al-Khabouzia) et Boucharain Muhammad (Al-Asnam). Notre étude était basée sur un suivi sur le terrain de l'efficacité de l'engrais. Nous avons mené de nombreuses expérimentations sur la qualité du blé dur (Mansoura)

T0 (témoin), T1 (11N-52P-0K) T2 (3N-22P-0K), T3 (10N-30P-10K)

Les variables morphologiques, physiologiques et agricoles ont été évaluées, et en comparant les résultats des différents traitements, nous l'avons trouvé pour l'amélioration de rendement des cultures, il est vivement conseillé de faire appel à Fosfactyl en raison de son efficacité accrue. MAP est également une option intéressante en ce qui concerne le compromis entre coût et efficacité.

Mots clés : fertilisation azotée et phosphoro-potassique, céréales, blé dur, Mansoura, ferme pilot

Summary

In the context of the agricultural campaign, our aim is to study the effect of nitrogen, phosphate, and potassium fertilization on the production improvement of durum wheat (Mansourah variety) in the Bouira region for 2023-2024. To achieve this, we cooperated with pilot farms: Boubacar Al-Saeed (Al-Khabouzia) and Boucharain Muhammad (Al-Asnam). Our study was based on field monitoring of fertilizer efficiency. We conducted numerous experiments on the quality of durum wheat (Mansourah) with treatments T0 (control), T1 (11N-52P-0K), T2 (3N-22P-0K), and T3 (10N-30P-10K).

Morphological, physiological, and agricultural variables were evaluated. Comparing the results of different treatments, we found that to improve crop yield, Fosfactyl is highly recommended due to its increased effectiveness. MAP is also an interesting option regarding the cost-effectiveness balance.

Keywords: nitrogen and phosphate-potassium fertilization, cereals, durum wheat, Mansourah, pilot farm

Liste des Annexes

Liste des annexes

Liste des annexes

Annexe N°1 :

Texture du sol

Prendre une quantité de sol, ajouter l'eau à petit pour faire une pâte, puis essayé de former une corde avec cette pâte

Annexe N°2 :

Les analyses chimiques de sol

a) Dosage de la matière organique

1-Le dosage de la matière organique est réalisée sur un échantillon de terre fine, qui a été Les préalablement broyée et tamisée sur un tamis à maille de 2mm, afin d'éliminer les éléments grossiers et les fragments de matière organique particulière.

2-Sécher l'échantillon pendant 48 h à 240°C.

3-Nettoyer les creuserde porcelaines, les chauffer au rouge et les laisser dans un Dessiccateur.

4-Peser les creuserà vide.

5-Ajouter l'échantillon et peser à nouveau les creuserremplie.

6-Calciner pendant5 h dans un four à moufle à 450°C.

7-Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser les creuseravec les cendres.

Calcul de la teneur en MO :Les résultats sont calculés à l'aide des équations suivantes :

$$\%MO = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} * 100$$

M0 : la masse de les creuser vide

M1:la masse finale

M2 : la masse de la nacelle contenant les cendres

b) Analyse de pH:

La méthode est réalisée en utilisant un pH mètre à électrodes et est effectuée sur une suspension de sol dans de l'eau distillée.

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

Liste des annexes

-Mesurer 20 g de terre dans un bécher. Mesurer 50 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.

c) L'humidité du sol

- APPAREILS

- Etuve à 240°C- Des creuse à tare ou capsules de verre.- Dessiccateur

- MODE OPERATOIRE

- Prélever un poids connu de sol tamisé a 2mm.

- Peser la creuse à tare (ou la capsule) contenant l'échantillon puis mets-le à l'étuve à 240°C, pendant 48 heures.

Peser la creuse à tare (ou la capsule) contenant l'échantillon séché, après l'avoir laissée refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur.

- CALCULS

soit en g :

Poids de la creuse à tare vide Poids de la boîte à tare plus le sol séché à l'air Poids de la creuse à tare plus le sol séché à l'étuve à 240°C

$Hm = (\text{masse eau} / \text{masse sol sec}) * 100$

d)Carbonate.

• Calibration du calcimètre à l'aide d'une dose de CaCO_3 :
Ensuite, ajoutez 0,3 g de CaCO_3 pur et sec au fond de l'erlenmeyer.

- Placer 5 ml d'HCl 6N dans le petit tube de l'erlenmeyer ou dans un petit tube à insérer.

- Si l'acide doit être versé dans l'erlenmeyer.

- Veillez à fermer correctement l'erlenmeyer en le reliant au calcimètre.

Liste des annexes

- Après l'ouverture de la pince, il faut ajuster la position de l'ampoule mobile jusqu'à ce que le niveau du liquide coloré soit identique à celui de la colonne graduée. Lorsque l'ampoule atteint ce point, fermez la pince et inclinez l'erlenmeyer pour verser l'HCl sur le CaCO₃.
- Opérer pour encourager la réaction. Le CO₂ émis entraîne une compression du liquide dans la colonne.

En abaissant l'ampoule mobile, on peut diminuer la hauteur du liquide dans l'ampoule et dans la colonne.

- Donner la quantité en millilitres de CO₂ émis (V).

Examiner la concentration de calcaire dans l'échantillon :

- Réaliser la même méthode, mais en remplacer le calcaire pur par l'échantillon de terre à étudier. Par la suite, le volume de CO₂ émis (V₁) est enregistré.

Calcule :

V (ml) : volume de CO₂ dégagé par 0.3 g de CaCO₃ pur

V' (ml) : volume moyen de CO₂ dégagé par l'échantillon

P (g): prise d'essai de l'échantillon

Teneur en calcaire total caractère du sol

-1% → sol non calcaire

-1 à 5 % → sol peu calcaire

-5 à 25 % → sol modérément calcaire

-25 à 50% → sol fortement calcaire

- 50 à 80 % → sol très fortement calcaire

-80% → sol excessivement calcaire

Liste des annexes

Annexe N°03 : Les donner climatique

a)-Moyennes mensuelles des précipitations en mm (oct 2023 – mai 2024)

Mois	précipitation mm	
	Al khabouzia	Asnam
Oct	3,8	7
Nov	98,8	107
Déc	49,9	40,8
Jan	40,9	41,5
Fév	120,5	190,1
Mar	24,6	10,1
Avr	18,3	31
Mai	21	18,8
Cumul	377,8	446,3
Moyenne	47,225	55,7875

b) Les moyennes des températures maximales et minimales (en ° C) ainsi que les températures moyennes sont rapportées dans le tableau suivant :

Mois	T max °C		T min °C		Tmoye °C	
	Ain B	Asnam	Ain B	Asnam	Ain B	Asnam
Oct	28,2	28,7	16	15,6	22,1	22,15
Nov	20,6	21,2	10,3	9,9	15,45	15,55
Déc	15,1	16,3	7	6,9	11,05	11,6
Jan	16,4	17,3	7,4	6,5	11,9	11,9
Fév	15,1	16	7,2	7,1	11,15	11,55
Mar	19,9	21,4	8,6	8,2	14,25	14,8
Avr	21,6	22,2	9	9,7	15,3	15,95
Mai	28,1	28,1	12,9	12,9	20,5	20,5
Cumul	165	171,2	78,4	76,8	121,7	124
Moyenne	20,625	21,4	9,8	9,6	15,2125	15,5

Liste des annexes

Annexe N°03 : Les analyse statistique

a) Tableau de l'analyse statistique de la hauteur de la tige

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	164.04422	54.6814	12.1984	0.0006*
Error	12	53.79187	4.4827		
C. Total	15	217.83609			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level				Mean
Fosfactyl	A			7.7625000
MAP	A	B		7.7000000
Northweat		B		7.3250000
Témoin			C	5.9750000

b) tableau de l'analyse statistique de La longueur de la tige

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	8.3292187	2.77641	75.3989	<.0001*
Error	12	0.4418750	0.03682		
C. Total	15	8.7710938			

Liste des annexes

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level				Mean
Fosfactyl	A			388.50000
MAP		B		256.50000
Northweat		B	C	250.50000
Témoin			C	181.50000

c) tableau de l'analyse statistique nombre Talles épis et talles végétatifs

Talles épis

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	89739.00	29913.0	26.5893	<.0001*
Error	12	13500.00	1125.0		
C. Total	15	103239.00			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level				Mean
Fosfactyl	A			388.50000
MAP		B		256.50000
Northweat		B	C	250.50000
Témoin			C	181.50000

Liste des annexes

Talles végétatifs

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	106029.00	35343.0	5.4178	0.0137*
Error	12	78282.00	6523.5		
C. Total	15	184311.00			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Témoin	A		510.00000
Northweat	A		505.50000
MAP	A	B	357.00000
Fosfactyl		B	334.50000

d) tableau de l'analyse statistique Nombre de grains / épi

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	59.37500	19.7917	2.9917	0.0732
Error	12	79.38500	6.6154		
C. Total	15	138.76000			

Liste des annexes

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Northweat	A		45.300000
Fosfactyl	A	B	42.475000
MAP	A	B	42.150000
Témoin		B	39.875000

e) tableau de l'analyse statistique La biomasse racinaire

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	10597.251	3532.42	12.3527	0.0006*
Error	12	3431.545	285.96		
C. Total	15	14028.796			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
MAP	A		132.64500
Fosfactyl	A		126.01500
Northweat	A		111.64500
Témoin		B	66.64500

Liste des annexes

f) tableau de l'analyse statistique La biomasse aérienne sèche

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	15.143050	5.04768	2.5576	0.1040
Error	12	23.683650	1.97364		
C. Total	15	38.826700			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level		Mean
MAP	A	12.557500
Fosfactyl	A	10.967500
Témoin	A	10.295000
Northweat	A	10.070000

g) tableau de l'analyse statistique Indice de récolte

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	1550.1150	516.705	5.9052	0.0103*
Error	12	1049.9950	87.500		
C. Total	15	2600.1100			

Liste des annexes

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
MAP	A		84.650000
Témoin	A	B	74.375000
Fosfactyl	A	B	72.950000
Northweat		B	57.125000

g) tableau de l'analyse statistique Précocité à l'épiaison, à la floraison et à lamaturation

L'épiaison

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	206.25000	68.7500	1.0476	0.4070
Error	12	787.50000	65.6250		
C. Total	15	993.75000			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level		Mean
MAP	A	125.75000
Témoin	A	122.75000
Northweat	A	120.00000
Fosfactyl	A	116.00000

Liste des annexes

Floraison

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	288.75000	96.2500	7.6490	0.0040*
Error	12	151.00000	12.5833		
C. Total	15	439.75000			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
MAP	A		147.00000
Témoin	A	B	141.50000
Northweat	A	B	141.00000
Fosfactyl		B	135.00000

Maturation

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	315.25000	105.083	10.8240	0.0010*
Error	12	116.50000	9.708		
C. Total	15	431.75000			

Liste des annexes

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Northweat	A		178.75000
MAP	A		173.50000
Témoin	A		173.00000
Fosfactyl		B	166.25000

i) Tableau de l'analyse statistique % de l'épiaison floraison maturation % de l'épiaison

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	1868.7500	622.917	15.7368	0.0002*
Error	12	475.0000	39.583		
C. Total	15	2343.7500			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Témoin	A		77.500000
Fosfactyl	A		75.000000
Northweat	A		65.000000
MAP		B	50.000000

Liste des annexes

% floraison

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	629.68750	209.896	9.3721	0.0018*
Error	12	268.75000	22.396		
C. Total	15	898.43750			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Fosfactyl	A		85.000000
Northweat	A		78.750000
Témoin	A		77.500000
MAP		B	67.500000

% maturation

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	531.25000	177.083	6.8000	0.0063*
Error	12	312.50000	26.042		
C. Total	15	843.75000			

Liste des annexes

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level			Mean
Fosfactyl	A		82.500000
Témoin	A	B	75.000000
MAP	A	B	73.750000
Northweat		B	66.250000

j) **Tableau de l'analyse statistique Rendement REEL et Rendement ESTIME** **Rendement réel**

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	3278.4825	1092.83	34.6457	<.0001*
Error	12	378.5150	31.54		
C. Total	15	3656.9975			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level				Mean
Fosfactyl	A			72.025000
Northweat		B		49.825000
MAP		B		47.650000
Témoin			C	31.850000

Liste des annexes

Rendement estime

L'analyse de variance (ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Traitement	3	1979.8569	659.952	36.9355	<.0001*
Error	12	214.4125	17.868		
C. Total	15	2194.2694			

Comparaison entre les moyennes (ANOVA)

Level				Mean
Fosfactyl	A			52.225000
MAP		B		40.075000
Northweat			C	28.050000
Témoin			C	23.675000

Chapitre 04 : Références bibliographiques
