

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE  
LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

*Département des Sciences Agronomiques*



!!

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat*

*Spécialité : Agronomie Saharienne*

*Option : mise en valeur des sols sahariennes*

**THEME**

***Contribution à l'étude de l'influence des types  
et doses d'engrais phosphates sur le  
prélèvement de l'azote par une culture de blé  
dur dans la région d'el golea***

*Présenté et soutenu publiquement par :*

**Mr : DJOUAD Mohamed Ouassim**

*Le.25/09/2011*

**Devant le jury :**

Président : HAMDI AISSA B.

Professeur

U. K.M. Ouargla.

Promoteur : CHELOUFI H.

Maitre de conférence A

U. K.M. Ouargla

Co- promotrice : BOUKHALFA-DERAOUI N.

Maitre assistante A

U. K.M. Ouargla.

Examineurs : DADDI BOUHOUN M

Maitre de conférence B

U. K.M. Ouargla.

IDDER A.H

Maitre assistant A

U.K.M.Ouargla.

**Année Universitaire : 2010/2011**

## DÉDICACES

*A mes plus belles étoiles qui puissent exister dans l'univers ; ma chère mère , celle à qui  
je souhaite une longue vie.*

*A mon cher père qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse  
franchir tout obstacle durant toutes mes années d'études,*

*A ceux que j'aime et je respecte.*

*A mes sœurs et spécialement les anges de la maison : Soumia, Basma,*

*A tous mes amis et à tous mes compagnons de parcours : Hamada, Zamel,  
, Taher, Zheirei, Ismail, Salama, Salim, Alla, Meriem, Fatima, Samira et  
tous les autres avec qui j'ai passé des moments inoubliables dont je garde des souvenirs  
mémorables*

*A tous ceux que j'ai oubliés qui m'ont apporté de l'aide et de soutien durant ces années  
de formation.*

*Merci à tous.*

# REMERCIEMENT

*Tout d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements et mes gratitudes à mon enseignant **Mr CHELOUFI H.** maître de conférences au département des sciences agronomiques à l'université de Kasdi Merbah - Ouargla, pour l'honneur qu'il m'a avoir encadré, orienté vers le succès et de sa patience et ses conseils.*

*Je remercie infiniment mon Co-promoteur **Mme DERAOUI N.** maître assistante à l'université d'Ouargla, qui a fait preuve d'une grande patience et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Ses conseils, ses orientations ainsi que sa grande disponibilité m'ont permis de mener à terme ce projet.*

*Mes remerciements les plus profonds à mon enseignant **Mr HAMDI AISSA B.** Chef du département des sciences agronomiques à l'université d'Ouargla pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider la commission de jury.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à : **Mr IDDER A.H.** maître assistante à l'université de Kasdi Merbah - Ouargla pour avoir bien voulu faire partie du Jury. **Mr DADI BOUHOUN M.** chargé de cours à l'université d'Ouargla d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Mes remerciements vont aussi à toutes mes enseignant de département de l'agronomie.*

*Mes vifs remerciements vont à tous les éleveurs pour leurs soutiens sans oublier tout les amis et les étudiants en particulier les amis les plus proches de promotion.*

*Enfin, je remercie tout les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette modeste étude.*

**DJOUAD MOHAMED OUASSIM**

## Liste des figures

N°	Titre	Pages
figure : 01	Cycle de développement du blé (HENRY et DE BUYSER, 2000)	06
figure : 02	Cycle élémentaire de l'azote (sources : Jarvis al 1999.Recoux al.2004)	15
figure : 03	Situation géographique de l'oasis d'El-Goléa (Encarta, 2005).	19
figure : 04	Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Goléa (1999-2010).	23
figure : 05	Schéma du dispositif expérimentale	27
figure : 06	Schéma du dispositif expérimental de l'essai en pots	37
figure : 07	Effet des différents doses et types de phosphore sur densité de peuplement	40
figure : 08	Effet des différents doses et types de phosphore sur le nombre d'épis/m <sup>2</sup>	42
figure : 09	Effet des différents doses et types de phosphore sur le nombre grains/épi	44
figure : 10	Effet des différents doses et types de phosphore sur PMG(g)	46
figure : 11	Effet des différent doses et types de phosphore sur le rendement en grains(qx /ha)	47
figure : 12	Effet des différent doses et types de phosphore sur le rendement en pailles(qx /ha)	49
figure : 13	Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des grains (MAP, Fosfacyl, SSP)	51
figure : 14	Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des pailles (MAP, Fosfacyl, SSP)	53
figure : 15	Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N dans la plante entière (MAP, Fosfacyl, SSP)	55
figure : 16	Evolution la teneur en azote dans le sol	57

# Table des matières

Introduction.....	1
Partie I : Synthèse Bibliographique	
Chapitre I: Le blé dure	
I.1. Généralités et origine de l'espèce .....	3
I.2. Systématique.....	4
I.3. Les Stades De Développement Du Blé.....	4
I.3.1.La Germination Levé .....	4
I.3.2. Le tallage .....	4
I.3.3.La Montaison .....	5
I.3.4.L'épiaison et la Floraison.....	5
I.3.5.Le Remplissage du grain et la maturation .....	5
I. 4. Exigences culturales du blé dur.....	7
I.4.1. Facteurs édaphiques.....	7
I.4.2. Facteurs climatiques.....	7
I.4.2.1.La température .....	7
I.4.2.2.L'humidité.....	7
I. 4.2.3. La lumière .....	8
Chapitre II: Nutrition azotée de la plante	
II.1.Importance et rôle de l'azote dans le végétale.....	9
II.2. L'assimilation de l'azote par la plante .....	9
II.3. La variation des besoins azotes du blé au cours de cycle .....	10
Chapitre III: Dynamique de l'azote dans le sol	
III.1. Cycle de l'azote dans le sol .....	11
III.1.1. L'ammonification .....	11
III.1.2. La nitrification.....	12
III.2. Les voies de pertes de l'azote minéral du sol .....	12
III.2.1.les pertes par lessivage .....	12
III.2.2.Les pertes par voie gazeuse .....	13
III.2.2.1.Dénitrification.....	13

III.2.2.2. Volatilisation.....	14
III.2.3.La réorganisation.....	14

## Chapitre IV: La fertilisation azotée du blé

IV.1. Les engrais azotes .....	16
IV.2.L'effet de l'azote selon les stades végétatifs.....	16
IV.3. Les principes de raisonnement de la fertilisation azotée .....	17

### Partie II : Pratique

#### Chapitre I : Présentation De La Région D'étude

I.1. Situation géographique .....	19
I.2. Conditions climatiques .....	20
I.2.1. Données climatiques.....	20
I.2.1.1. Pluviométrie .....	21
I.2.1.2. La température .....	21
I.2.1.3.Le vent .....	21
I.2.1.4. Données climatiques de la campagne 2010-2011 .....	22
I.2.2. Synthèse climatique de la région d'El-Goléa .....	22
I.2.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen .....	22
I.3. Aperçu sur les ressources .....	23
I.3.1. Ressources en sol.....	23
I.3.2. Ressources en eau.....	24
I.3.2.1. Nappe phréatique.....	24
I.3.2.2. Nappe Albienne.....	24

#### Chapitre II : protocole expérimentale

II.1. Choix du site expérimental.....	25
II.2. Matériel d'étude .....	24
II.2.1. Matériel végétale.....	26
II.2.1.1. Caractéristiques Agronomiques .....	26
II.2.1.2. Résistance aux maladies .....	26
II.2.1.3. Qualité.....	26
II.3. Méthode expérimentale .....	26
II.3.1. Protocole expérimenta.....	26
II.3.1.1. L'objectif de l'essai.....	26
II.3.1.2. Dispositif expérimental.....	26

II.3.2. Conditions de déroulement de l'essai .....	27
II.3.2.1. Précédent cultural.....	27
II.3.2.2. Pré irrigation .....	27
II.3.2.3. Travail du sol.....	27
II.3.2.4. Semis .....	28
II.3.2.5. La fumure de couverture .....	29
II.3.2.6. Désherbage .....	32
II.3.2.7. Insecticide.....	32
II.3.2.8. La récolte.....	32
II.3.3. Méthode et date de prélèvement.....	32
II.3.3.1 Le Sol.....	32
II.3.3.2. Le végétal.....	32
II.3.3.3.La nutrition azotée du végétal.....	32
II.3.4. Paramètres étudiés.....	32
II. 3.4.1.Paramètres de rendement.....	33
II.3.4.2.Méthodes d'analyse .....	33
II.3.4.2.1.Analyse au niveau du sol .....	34

### Chapitre III : Essai en pots

III.1. L'objectif de l'essai .....	36
III.2.Matériel d'étude.....	36
III.2.1.Engrais azotée testés.....	36
III.3.Dispositif expérimental .....	36
III.4.Dose d'irrigation .....	37
III.5.Méthodes d'étude .....	37
III.5.1.Analyse de l'azote totale dans le sol .....	37
III.5.2.Mesure du Ph .....	37
III.5.3.Mesure de la conductivité électrique.....	37

### Partie III : Résultats et discussions

#### Chapitre I : caractéristiques physico-chimiques du sol et l'eau

I.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol .....	38
I.2. Caractéristiques physico-chimiques L'eau d'irrigation.....	39

## Chapitre II : Effet des types et doses d'engrais phosphatés sur le comportement de la culture du blé dur

II.1. Densité de peuplement.....	39
II.2. Nombre d'épis au m <sup>2</sup> .....	41
II.3. Nombre de grains par épi .....	42
II.4. Le poids de 1000 grains .....	44
II.5. Le rendement en grains.....	46
II.6. le rendement en pailles.....	48

## Chapitre III. Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée

III.1. Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des grains.....	50
III.2.Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N de la paille.....	52
III.3.Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N de la plante entière.....	53

## Chapitre IV. Dynamique de l'azote dans le sol

IV.1. Evolution de N dans le sol .....	56
IV.2.Evolution du pH .....	58
IV.3.Evolution de la conductivité électrique du sol.....	59

## Liste des abréviations

<b>A Z II</b>	Trade Corps AZII
<b>C.E.</b>	Conductivité électrique.
<b>C.V.</b>	Coefficient de variation.
<b>C. pholate</b>	Compound pholate
<b>D</b>	Dose
<b>Fosf.</b>	Fosfactyl
<b>Ha</b>	hectare.
<b>H.S.</b>	Hautement significatif.
<b>ITAS</b>	Institut Technique d'Agronomie Saharienne.
<b>MAP</b>	Mono – Ammonium – Phosphate
<b>M<sup>2</sup></b>	Mètre carré.
<b>M.S</b>	Matière Sèche.
<b>M.O.</b>	Matière Organique.
<b>Moy .</b>	Moyenne.
<b>N.S</b>	Non significatif
<b>ppm.</b>	Partie par million.
<b>P.M.G</b>	Poids de 1000 grains.
<b>pH.</b>	Potentiel d'Hydrogène.
<b>S.</b>	Significatif.
<b>S.S.P.</b>	Simple super phosphate.
<b>T.H.S.</b>	Très hautement significatif.
<b>U.A.N.</b>	Urée d'ammono – nitrate.

## Liste des Tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
Tableau 01	Composition moyenne du grain du blé	03
Tableau 02	Relation entre les besoins azotés et les quantités d'azote fournies par le sol (VIAUX, 1983).	17
Tableau 03	Données climatiques de la région durant la période allant de 1999 à 2009.	20
Tableau 04	Données climatiques de la région d'El-Goléa (2010-2011)	22
Tableau 05	la quantité des engrais phosphaté apportée	28
Tableau 06	fertilisation azotée durant le cycle de la culture.	29
Tableau 07	fertilisation phosphatée durant le cycle de la culture.	30
Tableau 08	fertilisation potassique durant le cycle de la culture.	31
Tableau 09	Caractéristiques physico- chimiques du sol étudié	37
Tableau 10	Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation	38
Tableau 11	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre de pieds au m <sup>2</sup>	39
Tableau 12	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre d'épis par m <sup>2</sup>	41
Tableau 13	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre de grains /épi.	43
Tableau 14	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le PMG.	44
Tableau 15	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le rendement en grains (qx/ha).	46
Tableau 16	Effet des différentes doses et types de phosphore sur le rendement en pailles (qx/ha).	48
Tableau 17	Effet des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les grains (% MS).	50
Tableau 18	Effet des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les pailles (% MS).	52
Tableau 19	Effet des différents types des engrais phosphates sur la teneur en azote dans la plante entière (kg/ha).	53

Tableau 20	cinétique d'évolution de l'azote total dans un sol nu (N %).	56
Tableau 21	évolution du pH du sol dans les différents traitements	58
Tableau 22	évolution de la CE (dS/m) à 25°C du sol dans les différents traitements	59

## **Conclusion générale**

A lumière de la fertilisation minérale qui est considérée comme l'une des solutions d'enrichissement du réservoir nutritif de la plante, pour objectif d'arriver à un rendement acceptable quantitativement et qualitativement pour cela, il est nécessaire de raisonner les apports des engrais minéraux pour l'amélioration de production.

Dans le cadre du développement de la céréaliculture dans les régions sahariennes et contrairement aux régions du nord du pays, le pédo – climat constitue le problème essentiel dans le cadre de la conduite des cultures et des céréales particulièrement.

Les recherches s'orientent de ce fait vers la matérialisation de nouvelle variété de blé dur en réponse à la fertilisation et l'amélioration des propriétés physico – chimiques des sols sahariens qui sont caractérisés par une faible fertilité.

À travers de ce travail, nous avons essayé d'étudier d'une part, l'effet comparé de trois types d'engrais phosphaté à trois doses sur la nutrition azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf. Var. CARIOCA), et d'autre part, l'évolution de l'azote dans le sol en utilisant deux apports des engrais azotés l'Urée et le Nitrate de potassium avec un témoin sans apport. L'objectif de cette étude a été axé sur la dynamique de l'azote dans le sol sous les conditions sahariennes.

L'étude expérimentale réalisée au cours de l'année 2010-2011 au niveau de la ferme HADJADJ Mahmoud (région d'El-Goléa Wilaya de Ghardaïa).

Les analyses effectués au niveau du végétal, du sol, ainsi que les analyses statistiques admettent d'amener les conclusions suivantes :

D'une manière générale, la culture du blé a réagi favorablement à un apport de phosphore par l'amélioration de comportement.

L'appréciation de l'efficacité des différents types d'engrais phosphatés a été réalisée sur les principales composantes du rendement au cours du cycle du blé, il en ressort :

Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est influencé de façon hautement significative avec l'interaction (type\*dose) d'engrais. il augmente par 30,65% Fosfacyl\*D30 (30 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) à 460 avec Fosfacyl\*D60 (60 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha).

Le nombre de grain/épi est influencé significativement sous l'action du type d'engrais utilisés avec une augmentation de 6,68% du MAP qui a le plus fort effet par rapport au Fosfacyl qui a le plus faible.

Pour PMG, les analyses montrés une différence significative avec le type d'engrais phosphaté. Le poids le plus élevé 52,82 g obtenu avec le Simple Super Phosphate(SSP), par contre le Mono – Ammonium – Phosphate(MAP) a réalisé le poids le plus faible de 48,42 g. L'augmentation est de 8,33%.

Le rendement en grains est influencé significativement avec l'interaction (type\*dose) d'engrais phosphaté. Le rendement maximal obtenu durant cet essai est de 69,19 qx/ha avec le traitement Fosfacyl\*D60 (60 U P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), et le rendement le plus faible est de 42,22 qx/ha avec le traitement Fosfacyl\*D30 (30 U P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). L'augmentation est de l'ordre de 38,98 %.

le rendement en paille, il est influencé significativement avec l'interaction (type\*dose) d'engrais phosphaté. Le meilleur rendement obtenu est de 80,186 qx/ha avec le traitement Fosfacyl\*D60 (60 U P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), et le rendement le plus faible est de 52,372 qx/ha avec le traitement MAP \*D30 (30 U P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). L'augmentation est de l'ordre de 34,69 %.

D'une manière générale, la teneur en azote de blé dur a réagit favorablement à un apport d'engrais phosphaté. Donc une augmentation du rendement en grains et en pailles.

Les résultats obtenus concernant la teneur en azote des grains montrent que l'apport des

engrais phosphatés, la dose utilisée, ainsi que leur interaction ne montre aucune différence significative. Néanmoins, les teneurs d'azote des grains montrent une variabilité importante passant de 6,3% obtenu avec le traitement Fosfacyl × D90 et SSP × D60 à 10,5% obtenu avec le traitement Fosfacyl × D30 et MAP × D60.

La teneur en azote des pailles, montre différence significative avec l'engrais phosphaté, et ne montre aucune différence significative avec les doses, mais l'interaction engrais\*dose montre différence significative, et qui passe de 1,54 % obtenu par le traitement (Fosfacyl\*D90) à 4,9 % obtenu avec le traitement (SSP\*D90) .soit une augmentation de l'ordre de 68,57%.

L'exportation en azote de la culture , montre différence significative avec l'engrais phosphaté, et ne montre aucune différence significative avec les doses, mais l'interaction engrais\*dose montre différence significative la quantité de l'azote exportée la plus élevée est 152,63 Kg/ha obtenue avec le traitement (MAP\*D60), et la quantité la plus faible 91,87 Kg/ha est obtenue par le traitement (Fosfacyl\*D90). La différence est de 39,80%.

La fertilisation azotée entraîne un enrichissement du sol en azote. La meilleur teneur est obtenu avec le Nitrate de potassium.

Les analyses statistiques montrent un effet hautement significatif des traitements sur la teneur en azote totale.

les teneurs en azote totale présentent une diminution jusqu'à la fin de cycle, cette diminution due à la perte d'azote dans le sol, la meilleur teneur est présentée par le nitrate de potassium au début du cycle de la culture, et le faible teneur est présentée avec nitrate potassium à la fin de cycle, la différence est de l'ordre de 90,32 %.

Les analyses statistiques montrent un effet très hautement significatif pour le type et la dose d'engrais azotée sur le pH du sol, et un effet significatif pour leur interaction. Nos résultats montrent une diminution contenue de pH pour tous les traitements qui existent de début de cycle à la fin

### *Conclusion générale*

---

La valeur la plus élevée de pH est 8,6 obtenue avec le Temoin, Uree et Nitrate de potassium en prélèvements P1, la valeur la plus faible est 7,99 obtenue avec le Urée prélèvements P6. La différence entre les deux valeurs est de l'ordre de 6,85 %.

La conductivité électrique est influencée par l'apport azotée et présente une augmentation avec le temps.

# Introduction

La situation actuelle de l'Algérie nécessite une meilleure prise en charge de l'amélioration de la production agricole notamment celles des cultures stratégiques de large consommation qui sont principalement les céréales.

L'Algérie est actuellement le 5<sup>ème</sup> importateur mondial de blé avec des quantités ayant atteint l'année dernière un record historique de 6 millions de tonnes. La production nationale de blé ne couvre que 29 % des besoins nationaux estimés à plus de 6 millions de tonnes (Ministère de l'Agriculture, 2010).

Les céréales en Algérie intéressent des zones diverses. Parmi ces dernières, celles qui sont appelées sahariennes où l'eau n'est pas un facteur limitant, et en dépit de contraintes écologiques sévères, différentes spéculations végétales sont pratiquées dans ces régions. Cependant les rendements restent relativement bas, il y a lieu par conséquent de mettre en œuvre des procédés d'intensification de la production agricole pour améliorer les rendements ; faisant appel à des données écologiques, techniques, socio-économiques, etc.

En sols sahariens, généralement pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale. De ce fait, avec l'intensification des cultures, il est impératif de raisonner convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements .

La fertilisation doit permettre une alimentation minérale équilibrée de la plante, son raisonnement est basée sur l'objectif de rendement ; Les exigences des cultures ; la disponibilité du milieu en éléments fertilisants en période de forte utilisation.



D'autre part, l'utilisation croissante des engrais, en particulier les engrais azotés et leur application fractionnée, est un des facteurs explicatifs des grands progrès en matière de rendements. Ainsi la notion attribuée à l'azote, comme étant le pivot de la fumure, se justifie à plus d'un titre. Son action positive sur les rendements des céréales fait de lui un facteur limitant (HALILAT, 1993).

Bien que la contribution de la fertilisation azotée à l'intensification agricole nationale n'est plus à démontrer, les études réalisées en Algérie sur ce sujet restent insuffisantes, (SAURAT, 1988)

. De ce fait, la recherche de la dose d'engrais optimale pour un rendement maximum reste toujours l'objet principal de plusieurs études.

Dans le même contexte, notre étude a porté sur la dynamique de l'azote dans le sol et s'est intéressée à juger l'efficacité d'application de trois types d'engrais phosphatés, appliqués à différentes doses en relation avec le comportement et le rendement d'une culture de blé dur, conduite sous-pivot d'irrigation dans la région d'El-Menia et son influence sur la nutrition azotée.

L'étude comportera trois parties : la première est réservée aux données bibliographiques, la deuxième partie renferme les matériels et méthodes d'étude et la troisième partie est réservée pour l'interprétation et l'analyse des résultats.

## Chapitre I : Le blé dur

### I.1. Généralités et origine de l'espèce

Le blé dur (*Triticum durum Desf.*) est l'aliment de base de la majeure partie de la population mondiale et évidemment algérienne.

L'intérêt de la culture du blé dur réside dans l'utilisation en semoulerie et dans la fabrication des pâtes alimentaires.

Du point de vue nutritionnel (**tableau 01**), le grain présente, en général, des caractéristiques favorables du point de vue teneur en protéines, teneur en acides aminés essentiels et digestibilité des matières azotées (**GRIGNAC, 1978**).

**Tableau 01. Composition moyenne du grain du blé**

Composition %	Protéines	Lipides	Cendres	Matières cellulosiques	Glucides
Teneurs (en % de la MS)	14,3	2,2	2,0	3,0	78,5

*Source : SOLTNER (2005a)*

Concernant l'origine du blé dur, le croisement spontané du *Triticum monococum* sauvage et d'*Aegilops spelta* est tout à fait vraisemblable puisqu'on rencontre ces deux plantes et *Triticum dicoccoide* dans la même aire géographique (**GRIGNAC, 1978 ; DULCIRE, 1978 ; BELAID, 1986**). Le Moyen-Orient où coexistent les deux espèces parentales et où se rencontrent de nombreuses formes de blé dur serait le centre géographique d'origine (**GRIGNAC, 1978**). A partir de cette zone d'origine, l'espèce s'est différenciée dans trois centres : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de l'U.R.S.S. et le Proche-Orient.

## I.2. Systématique

Le blé dur appartient à la famille des graminées forme un groupe botanique complexe de grande graminées :

- ❖ Règne: **Plantæ** (végétal).
- ❖ Embranchement: **Spermaphytes**.
- ❖ Sous-embranchement : **Angiospermes**.
- ❖ Classe: **Liliopsida** (monocotylédones).
- ❖ Famille: **Poaceae** (Graminées).
- ❖ Sous-famille : **Hordées**.
- ❖ Tribu : **Triticées**.
- ❖ Genre : **Triticum**.
- ❖ Espèces : **Triticum durum**.

## I.3. Les Stades De Développement Du Blé

### I.3.1.La Germination Levée

Elle correspond à la reprise d'une activité physiologique importante du germe et se traduit par une croissance rapide des méristèmes embryonnaires. Les conditions du milieu, telles que la température, l'humidité et l'aération du sol doivent être, pour cela favorables. La teneur en eau du sol optimale est comprise entre 30 et 40% de la capacité du champ et la température dans l'intervalle 15°- 22°C. La levée se distingue par l'apparition, hors de la surface du sol, de la coléoptile.(**GHOUAR Wassila ;2006**)

### I.3.2. Le tallage

Le stade tallage est caractérisé par la manifestation et le développement des tiges secondaires (talles) correspondant aux entre- nœuds situés au niveau de la couronne. Le stade tallage dépend de plusieurs facteurs dont la variété qui intervient par sa longueur de la phase de formation des ébauches des épillets. Les conditions du milieu et en particulier la température agissent directement sur la durée de la phase tallage.

La nutrition azotée induit généralement la profusion des talles herbacées (BENJAMAA, 1977). La profondeur du semis, lorsqu'elle est importante, réduit de la capacité de tallage de la plante (CHELOUFI, 2000). mentionne qu'un tallage excessif est cependant peu intéressant, car il augmente les besoins en eau de la plante, et sous conditions de déficit hydrique une part importante de ces talles ne monte en épis.

### **I.3.3.La Montaison**

Elle se distingue par la montée de l'épi sous l'effet de l'élongation des entre-nœuds qui constituent le chaume. Les talles montantes entrent en compétitions pour les facteurs du milieu avec les talles herbacées qui de ce fait n'arrivent pas à monter en épis à leur tour. Ces dernières régressent et meurent (MASLE, 1982). Ce phénomène se manifeste chez les jeunes talles par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (MASLE-MEYNARD, 1981).

### **I.3.4.L'épiaison et la Floraison**

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille étendard (GATE, 1987). Les épis sortis de leur gaine, fleurissent, généralement, 4 à 8 jours après l'épiaison. Le nombre de grains par épi est fixé, à ce stade. Les facteurs du milieu qui agissent sur le nombre de grains par épi sont la lumière, la température, l'eau et l'azote disponible pour la plante.

### **I.3.5.Le Remplissage du grain et la maturation**

GESLIN et JONARD (1948) mentionnent que cette phase se compose de trois étapes successives. Il y a augmentation rapide du volume et du poids du grain en eau et en matière sèche, au cours de la première étape. Le grain atteint sa forme définitive au delà de 20 jours après épiaison. Le contenu en eau du grain se stabilise au cours de la seconde étape, si aucune contrainte hydrique ou thermique ne se manifeste. C'est le pallier hydrique.

C'est une étape qui est sensible aux effets de la variation environnementale, qui se répercute sur le rendement grains (GRIGNAC, 1964; LELIEVRE et NOLOT, 1977). La troisième étape correspond à la dessiccation du grain, ce dernier perd de son humidité et s'assèche rapidement.

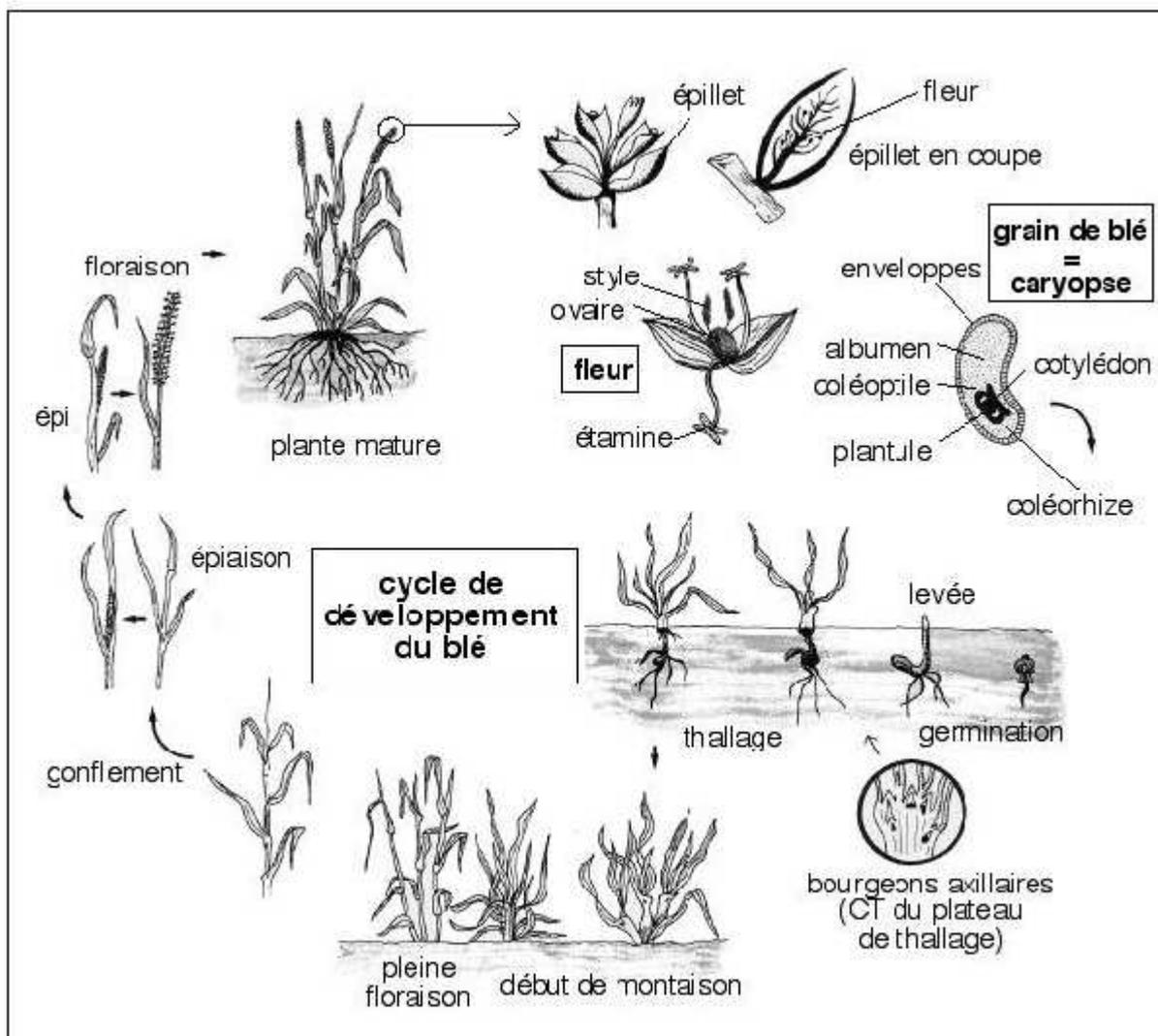


Figure (01), Cycle de développement du blé (HENRY et DE BUYSER, 2000, in MIHOBE 2009)

## I.4. Exigences culturelles du blé dur

### I.4.1. Facteurs édaphiques :

Selon SOLTNER (2005a), trois caractéristiques font une bonne « terre à blé » :

- une texture fine, limono-argileuse, qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact donc une bonne nutrition ;
- une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps ;
- une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes argile et humus, capables d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements.

À l'extrême, le blé peut être cultivé en plein désert à condition qu'il soit irrigué (SOLTNER, 2005a), en Algérie grâce à la nappe d'eau fossile qui se trouve dans le sud à une très grande profondeur

### I.4.2. Facteurs climatiques

#### I.4.2.1. La température :

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé ; Le zéro de végétation et de germination est de 0° C, sachant que l'optimum se situe entre 20 et 22° C. le froid d'hiver peut avoir des conséquences néfastes en nécrosant une partie du feuillage ou en détruisant carrément la plantule. Au stade quatre feuilles et au début du tallage, la résistance est à son maximum. Aussi une température constamment inférieure à 15° C pendant la fécondation produit un phénomène appelé '*coulure*' (SIMON et al. 1989).

#### I.4.2.2. L'humidité :

La quantité d'eau influe sur l'élaboration de la matière sèche ; l'eau est un facteur très limitant durant la période reproductrice et au moment du palier hydrique (migration des réserves) pour assurer un rendement intéressant pour les céréales. Deux périodes critiques d'alimentation en eau :

- La période de montaison – floraison
- La période d'enrichissement du grain en matière sèche correspondant à la maturation. Un déficit en eau lié à de fortes températures provoque l'échaudage des grains.

Un blé consomme en moyenne 400 mm d'eau soit 4000 m<sup>3</sup>/ha (FARDEAU, 1993). Un manque d'eau a de graves répercussions sur la plante du blé dur. En zones méditerranéennes sèches, le déficit hydrique intervient dans plus de 50% dans la diminution des rendements (GRIGNAC, 1981 *in* HAZMOUNE et BENLARIBI, 2001).

Accompagnant la nutrition hydrique, la nutrition minérale est indispensable aux végétaux pour compléter leur cycle de croissance. L'eau du sol véhicule ces minéraux vers les racines. C'est pourquoi, à la base, une plante nécessite un sol fertile pour atteindre son potentiel optimal. Dans l'air, les feuilles puisent le dioxyde de carbone et dans le sol, les racines absorbent l'oxygène et l'eau (MICHEL, 2005). Dans la littérature, pour produire un quintal (1 q) de grain de blé par hectare, il faut apporter : 2 à 3 u d'N, 1 à 1,2 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 1,5 à 2,5 u de K<sub>2</sub>O (SOLTNER, 2005a).

#### **I. 4.2.3. La lumière :**

La durée du jour, l'intensité lumineuse ; le stade B dépendait principalement de la durée du jour. Il faut en effet que la durée de l'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige : c'est le photopériodisme. D'autre part, il faut éviter l'ombrage et les cultures trop denses qui favorisent l'apparition de maladies cryptogamiques.

## Chapitre 1: Présentation De La Région D'étude

### I.1. Situation géographique

L'oasis d'El-Goléa, c'est une oasis algérienne qui se trouve au centre du Sahara à 870 km au sud d'Alger, à 270 km au Sud-ouest de Ghardaïa, à 410 km au Sud-ouest de Ouargla, à 480 km au Nord d'In Salah et 380 km à l'Est-nord de Timimoune. Ses coordonnées géographiques Lambert se présentent comme suit:

- Altitude : 396 m ;
- Longitude : 02° 52' Est ;
- Latitude : 30° 35' Nord.

Selon **CHAICH (2006)**, L'oasis d'El-Goléa s'étend sur une longueur d'environ une dizaine de kilomètres dans la vallée d'Oued Sagguar dont la superficie totale est de 49000 Km<sup>2</sup> (Figure 03).



Echelle 1/80.000

Figure (03), Situation géographique de l'oasis d'El-Goléa (Encarta, 2005)

## I.2. Conditions climatiques

La région d'El Goléa comme toutes les régions sahariennes se caractérise par un climat de type aride avec de fortes amplitudes thermiques entre la nuit et le jour et entre l'hiver et l'été. L'oasis d'El-Goléa est définie comme étant une zone désertique où l'évaporation potentielle excède toujours les précipitations, elle est caractérisée par un hiver qui est rigoureux et froid ainsi qu'un été sec et chaud. (BELERAGUEB, 1996 in ZEKKOUR, 2007).

### I.2.1. Données climatiques

Le climat joue un rôle essentiel dans les milieux naturels. Il intervient en ajustant les caractéristiques écologiques des écosystèmes. Parmi les caractéristiques les plus importantes on évoque : les températures, les précipitations, la vitesse du vent et l'humidité relative. Pour une analyse hydro-climatique de la région d'El Goléa, nous avons utilisé les données climatiques étalées sur une période de 10 ans allant de 1999 à 2009 (Tableau 03).

**Tableau 03. Données climatiques de la région durant la période allant de 1999 à 2009.**

Mois	T° max (°C)	T° min (°C)	T° (max+min)/2	P (mm)	H (%)	V (Km/h)
Janvier	18,76	2,86	9,89	10,32	61,18	12,80
Février	22,17	5,06	12,53	0,81	47,27	15,04
Mars	28,46	9,58	17,63	8,48	38,28	15,46
Avril	32,55	13,87	21,61	11,00	30,55	18,03
Mai	38,47	19,02	26,85	3,53	28,48	19,78
Juin	44,02	23,56	31,63	6,30	24,68	34,78
Juillet	47,70	26,99	35,00	2,82	22,13	15,41
Août	46,48	26,25	34,08	1,50	24,60	14,61
Septembre	41,37	22,44	29,88	2,52	32,97	15,90
Octobre	35,26	16,97	24,38	16,57	42,08	13,51
Novembre	26,07	8,80	16,15	6,93	53,72	11,52
Décembre	20,42	4,14	11,28	6,94	61,61	12,03
<b>Moyennes</b>	<b>33,47</b>	<b>14,96</b>	<b>22,58</b>	<b>*77,72</b>	<b>38,96</b>	<b>16,57</b>

Source ([www.tutiempo.net/en/climat](http://www.tutiempo.net/en/climat))

\* : Cumul

T° max (°C) : moyennes des températures maximales.

**T° min (°C)** : moyennes des températures minimales.

**P (mm)** : moyens des précipitations.

**H (%)** : moyens de l'humidité de l'air.

**V (m/s)** : moyens de la vitesse du vent.

### **I.2.1.1. Pluviométrie**

A El-Goléa, l'analyse des relevés mensuels durant la dernière décennie (1999-2010), montre bien une faible précipitation annuelle (77,72) avec un maximum atteint de 16,57mm de pluie au mois d'Octobre ([www.tutiempo.net/en/climat](http://www.tutiempo.net/en/climat)) (tableau 3).

### **I.2.1.2. La température :**

Les températures enregistrées durant cette décennie, au niveau de la région d'El-Goléa confirment la grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été dont le mois le plus chaud est juillet avec une moyenne de température 47,70 °C et le mois le plus froid est janvier avec une moyenne de température de 2,86 °C.

### **I.2.1.3. Le vent :**

Le vent Nord-est est le vent le plus dominant dans les régions sahariennes, il intervient habituellement au mois de février et se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril, Ainsi le **Siroco** provoqué par les vents Sud-ouest posent particulièrement des problèmes ou ils peuvent, avec la température, accentuer l'aridité de climat. (ZEKKOUR, 2007).

En analysant le tableau 1, on constate que la vitesse moyenne des vents enregistrée à El-Goléa est de l'ordre de 16,57 m/s et atteint un seuil de 34,78 m/s en mois de juin.

### **I.2.1.4. Données climatiques de la campagne 2010-201**

Le tableau, montre que la température maximale est de l'ordre de 32,9° C, et la température minimale est de l'ordre de 3,1° C enregistrée au mois de Février.

L'humidité relative la plus élevée au mois de Janvier (45,9%) par contre la plus faible est enregistrée au mois de Mai.

Tableau (04), Données climatiques de la région d'El-Goléa (2010-2011)

Mois	T° max (°C)	T° min (°C)	T° (max+min)/2	P (mm)	H (%)	V (m/s)
Janvier	19,7	3,9	11,8	0	45,9	2,61
Février	19	3,1	11,05	0	39,9	3,3
Mars	22,8	9,5	16,15	15,23	39,4	5,08
Avril	30,5	14,3	22,4	0	34,9	4,4
Mai	32,9	18,6	25,75	2,03	30,1	4,36
Moyenne	24,98	9,88	17,43	17,26	38,04	3,95

([www.tutiempo.net/en/climat](http://www.tutiempo.net/en/climat))

### I.2.2. Synthèse climatique de la région d'El-Goléa

Afin de déterminer l'étage bioclimatique d'El-Goléa. On base sur les deux principaux paramètres tels que la température et les précipitations ; pour tracer le diagramme Ombrothermique de Gaussen, ce dernier consiste à distinguer la période sèche, et le climatogramme d'Emberger.

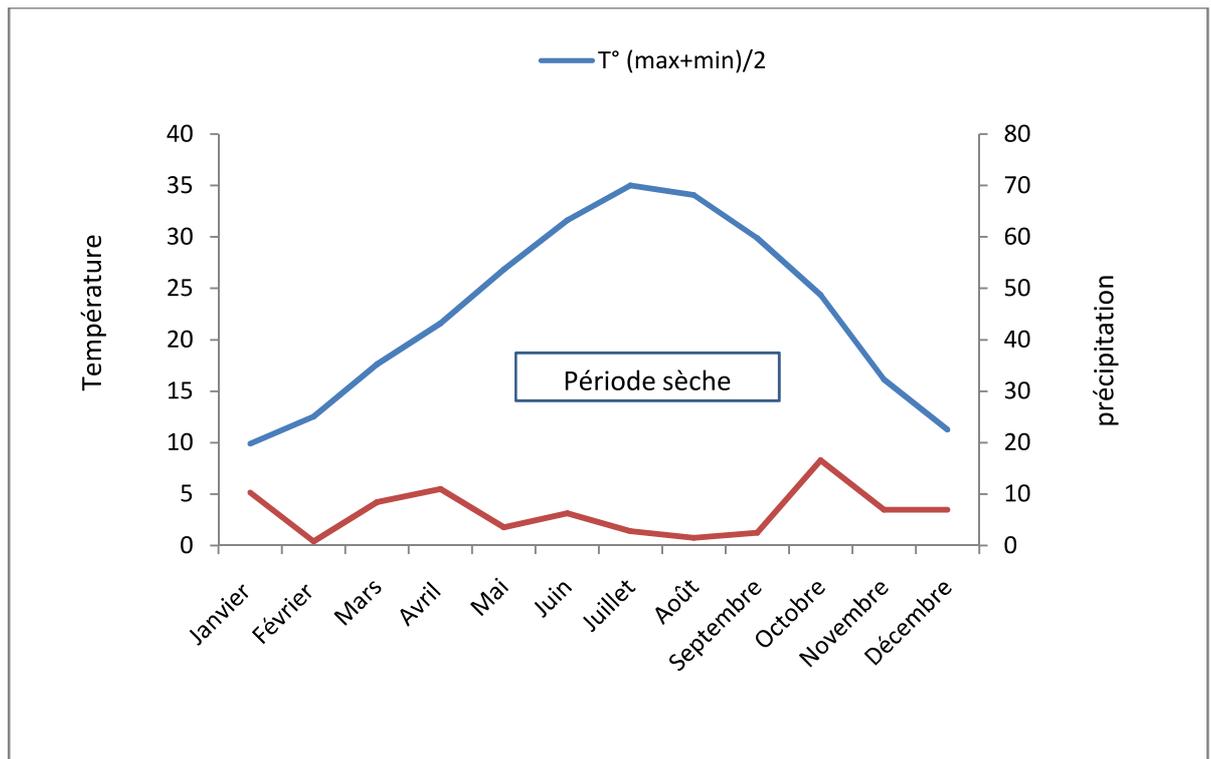
#### I.2.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1953 in BOULGHITI et ZENNOU(2007), biologiquement parlant, le mois sec est caractérisé par des précipitations mensuelles (P), exprimées en millimètre sont inférieure au double de la température moyenne.

- $T = (M+m)/2$  (°C) ;
- M : température maximal du mois (°C) ;
- m : température minimal du mois (°C) .

La construction du diagramme se fait en plaçant sur l'axe des abscisses les mois de l'année, sur le premier axe des ordonnées les températures et sur le second les précipitations avec un rapport de  $P = 2 T$ ,

La période sèche correspond à toute la partie pour la quelle la courbe thermique est au-dessus de la courbe pluviométrique.



**Figure (04), Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Goléa (1999-2010)**

L'établissement de ce diagramme dans la figure 02 ci dessus fait ressortir que la période sèche est permanent dans la région d'El-Goléa.

### **I.3. Aperçu sur les ressources naturelles**

#### **I.3.1. Ressources en sol**

Comme dans toutes les régions sahariennes, le sol d'El-Goléa est de texture sableuse plus ou moins calcaire imprégné de matière organique et sec, pratiquement ce ne sont pas des sols au sens agronomique.

Sur les plateaux en dehors des palmeraies, l'érosion éolienne a décapé les éléments fins, ne laissant en surface que les éléments grossiers. Au niveau de la plaine alluviale (sols des palmeraies), les apports sont assez homogènes et on rencontre les sables fins et sable fins légèrement limoneux.

En profondeur la variabilité est plus grande, on observe des niveaux granulo-caillouteux et des niveaux argileux. (BELERAGUEB, 1996 in ZEKKOUR, 2007).

### **I.3.2. Ressources en eau**

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les principales ressources hydriques disponibles sont d'origine souterraine. L'abondance en eau est un des critères les plus frappants d'El-Goléa, cette dernière est assurée par la présence de deux nappes :

- Nappe phréatique (superficielle) ;
- Nappe artésienne, la nappe Albienne.

#### **I.3.2.1. Nappe phréatique**

C'est une nappe superficielle, se trouvant dans les formations du quaternaire, elle circule dans les sables alluviaux de Oued Sagguar dans la vallée où sont implantées les palmeraies d'El-Goléa (**BELERAGUEB, 1996 in ZEKKOUR., 2007**).

#### **I.3.2.2. Nappe Albienne**

C'est une nappe profonde qui se trouve à 200m de profondeur, elle est contenue dans le continental intercalaire ; son eau est fossile emmagasinée au cours des périodes pluvieuses du quaternaire ; le sens de son écoulement est généralement Nord- Sud, comme elle se caractérise par une très faible minéralisation (**METERFI, 1984 in CHAICHE, 2006**).

## **Chapitre II : protocole expérimentale**

### **II.1. Choix du site expérimental :**

L'essai au champ a été mené sous pivot à la ferme de production «**HADJADJMahmoud** » pendant la campagne agricole 2010/2011. Cette ferme est située à 20 Km du Nord de la ville d'El-Goléa. Elle a été créée en 1990 et couvre une superficie de 750 hectares. Le protocole expérimental est positionné au niveau du pivot 03

### **II.2. Matériel d'étude :**

#### **II.2.1. Matériel végétale :**

La variété utilisée est le blé dur *Triticum durum* var. Carioca R2 d'origine française dont les caractéristiques sont les suivantes :

##### **II.2.1.1. Caractéristiques Agronomiques :**

- Faculté germinative : 95%
- Hauteur de la tige : Moyenne (70 à 75 cm)
- Précocité épiaison : Très précoce
- Précocité à maturité : Très précoce
- Résistance à la verse : Peu sensible

##### **II.2.1.2. Résistance aux maladies :**

- Rouille brune et jaune : Peu sensible à assez résistante
- Oïdium : Assez sensible
- Piétin verse : Assez sensible
- Septoriose et fusariose : Assez sensible

##### **II.2.1.3. Qualité :**

Couleur moyenne, bonne ténacité, peu sensible à la moucheture, assez sensible au mitadinage. Tallage assez faible mais très belle finition avec toujours un très beau et gros grain.

### II.3. Méthode expérimentale :

#### II.3.1. Protocole expérimental :

**II.3.1.1. L'objectif de l'essai :** A partir d'un dispositif expérimental sur céréale à échelle réelle, nous allons étudier l'efficacité d'application de trois types d'engrais phosphatés en relation avec le comportement et le rendement de la culture et son influence sur la nutrition azotée

**II.3.1.2. Dispositif expérimental :** Le dispositif expérimental adopté est un dispositif de type blocs aléatoires complets, comportant trois traitements. L'essai présente 3 parcelles pour chaque type d'engrais soit le (MAP), le Fosfactyl et le Simple super phosphate (SSP) espacées de 1m. Chaque parcelle mesure 350 m de long et 6 m de large soit une superficie de 2100m<sup>2</sup>. Pour l'organisation de travail, chacune de ces 9 parcelles était divisée en 7 placettes de 50m × 6m.

Le facteur étudié est représenté par les trois doses du phosphore qui sont les suivantes : D1 =30 U/ha ; D2 = 60U/ha ; D3 = 90 U/ha.

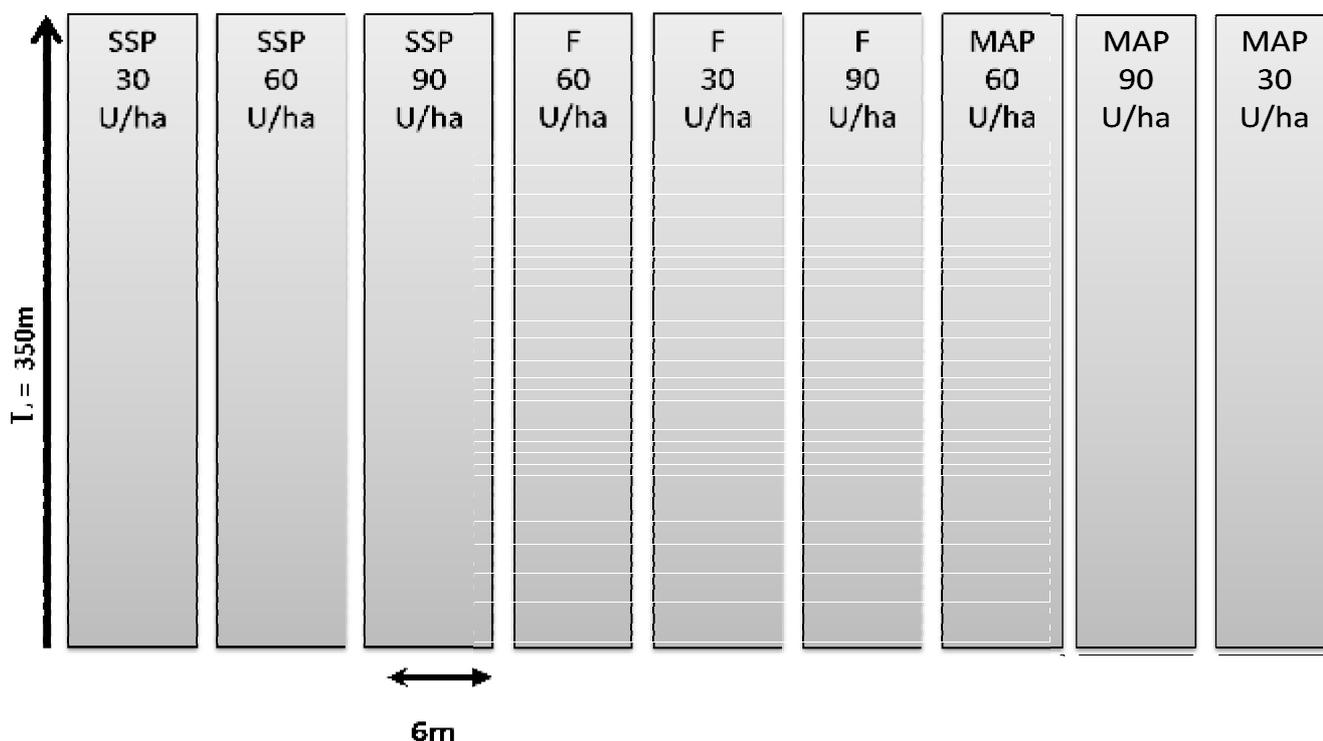


Figure (05), Schéma du dispositif expérimentale

F: Le Fosfactyl

MAP : Mono – Ammonium – Phosphate

SSP : Le simple super phosphate

### II.3.2. Conditions de déroulement de l'essai :

#### II.3.2.1. Précédent cultural :

Le précédent cultural de notre parcelle était une culture pastèque.

#### II.3.2.2. Pré irrigation :

Cette opération consiste à irriguer la parcelle avant semis 15/12/2010 ; elle a pour but de favoriser la levée des grains de mauvaises herbes et du précédent cultural.

#### II.3.2.3. Travail du sol :

Il a consisté premièrement en deux passages d'un cultivateur à dents ensuite le passage du semoir combiné, ce dernier comprend un cover crop, une herse, un rouleau et un épandeur d'engrais. Ces travaux permettent de préparer le lit de semence, d'ameublir le sol en profondeur, d'éliminer les repousses du précédent cultural, de faciliter le lessivage des sels et d'incorporer la fumure de fond.

#### II.3.2.4. La fumure de fond :

La fertilisation consiste à apporter des éléments minéraux, afin de satisfaire les besoins de la culture et qui doit être raisonnée (**PREVOST, 1999 in MIHOUB, 2009**).

Dans les conditions agro écologiques sahariennes et plus particulièrement pour la culture des céréales, la fumure de fond se limite à l'apport des engrais phosphoriques. Les trois engrais phosphatés utilisés sont :

➤ **Fosfactyl (3-22-0)** : engrais composé dosant 22% de  $P_2O_5$ , 3 % d'azote ; c'est l'engrais des céréales sur terres calcaires, il est soufré et dose 18%  $SO_3$ .

➤ **SSP** : engrais phosphaté simple, composé de 20 % d'anhydride phosphorique total et 12 % de Soufre. Il constitue une bonne source de phosphore avec une solubilité dans l'eau variant entre 85% et 90%.

➤ **MAP (mono-ammonium-phosphate)** : c'est un engrais riche en phosphore et en azote sous forme ammoniacale

Les quantités apportées, selon le protocole expérimental, sont mentionnées dans le tableau(05)

Tableau (05), la quantité des engrais phosphaté apportée

	D30	D60	D90	Somme de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg)	Surface
<b>MAP</b>	6,33	12,55	18,89	37,78	0,63 ha
<b>Fosfactyl</b>	6,28	12,61	18,89	37,79	0,63 ha
<b>SSP</b>	6,31	12,6	18,91	37,83	0,63 ha

### II.3.2.5. Semis :

Le semis a été réalisé le 18/12/2010 à l'aide d'un semoir combiné traîné par un tracteur dans le pivot 3 de l'exploitation (40 ha). La dose de semis est de 2 q/ha de blé. La profondeur de semis est de 3 à 4 cm, L'écartement entre les lignes est de 13 cm.

### II.3.2.6. La fumure de couverture :

La fumure de couverture durant le cycle végétatif de la culture s'est orientée principalement à l'apport fractionné de l'azote mais aussi un apport du phosphore, du potassium ainsi que les oligo-éléments en fonction des carences constatées. Les engrais utilisés sont les suivants :

➤ **UAN** : Engrais liquide constitué d'un mélange de nitrate d'ammonium (NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub>), l'Urée (H<sub>2</sub>N-CO-NH<sub>2</sub>) et l'eau. Ce dernier a été apporté sur plusieurs fractions au cours des stades de développement du blé,

➤ **Agriphos** : Engrais phosphaté liquide + oligo-éléments qui contient 15 g / L Cu, 20 g/L Mn, 5 g/L Fe, 15 g/L Zn, 430 g/L anhydride phosphorique.

➤ **Compound pholate** : Engrais de correction de carence représente un mélange d'oligo-éléments [2,4 % Cu, 1,6 % Fe, 6 % Mn et 3 % Zn], au stade 1 feuille et épi 1 cm.

➤ **Safe N** : Engrais azoté foliaire qui dose 28 % N, pulvérisée avec l'eau d'irrigation sur trois fractions de 5 L/ha et fraction de 10 L/ha, au stade un feuille, épi 1 cm et floraison

➤ **Solupotasse** : C'est un engrais pur, concentré en éléments nutritifs, totalement soluble et d'emploi facile. En application foliaire, le SoliPotasse démontre ses qualités aussi bien pour corriger une carence en potassium que pour renforcer la qualité des fruits .et caractérisé par :

Teneur moyenne en K<sub>2</sub>O (50,9%), Teneur moyenne en SO<sub>3</sub> (46,5%), Teneur moyenne en Cl (0,6%),

➤ **Agripotash** :C'est un engrais foliaire contient : Total Nitrogen(N) %3,5, Boron(B) %4, Iron(Fe) %2,5, Manganese(Mn) %8,0, Zinc(Zn) %10,0

➤ **A Z II** :Produit, obtenu par mélange chimique en phase liquide, présente un équilibre idéal en oligo-éléments pour toutes les cultures, il est utilisé dans notre champ de travail pour corriger les déficiences en fer.

➤**Protifer** :Contient 8% d'azote , il est également extrêmement riche en acides aminés et en peptides, ce qui permet de favoriser une bonne structure à la fois durant la croissance et les phases statiques.il renforce également l'effet des agents de protection des récoltes.

➤**(13.40.13)** :engrais ternaire pour fournir surtout le phosphore aux cultures.

Ces engrais ont été utilisés à des doses e périodes différentes dont le détail est mentionné au niveau des tableaux

**Tableau (06) : fertilisation azotée durant le cycle de la culture.**

stade d'apport	UAN (L)	Urée ( qx )	Safe-N (L/ha)	N (kg /ha)
<b>S – DT</b> 18/12/10-27/01/11	8000	-	-	64
<b>DT – PT</b> 27/01/11- 17/02/11	3000 :	-	5	25,4
<b>PT – M</b> 17/02/11-08/03 /11	5000	10	10	54,3
<b>M – E</b> 08/03 /11-28/03/11	-	10	-	11,5
<b>E – F</b> 28/03/11-19/04/11	-	20	-	23
<b>Ma – R</b> 19/04/11-25/05/11	-	-	-	-
<b>SOMME</b>	16000	40	15	178,2

Tableau (07), fertilisation phosphatée durant le cycle de la culture.

stade d'apport	Agriphos (L/ha)	(13.40.13) kg/ha	p2O kg/ha
<b>S – DT</b> 18/12/10-27/01/11	2,5	–	0,02
<b>DT – PT</b> 27/01/11- 17/02/11	2,5	–	0,02
<b>PT – M</b> 17/02/11-08/03 /11	–	–	
<b>M – E</b> 08/03 /11-28/03/11	0,625	10	4,006
<b>E – F</b> 28/03/11-19/04/11	–	5	2
<b>Ma – R</b> 19/04/11-25/05/11	–	–	–
<b>SOMME</b>	30	15	6,046

Tableau(08), fertilisation potassique durant le cycle de la culture.

stade d'apport	Solupotasse qx	Agripotasse (L/ha)	K2O U/ha
S - DT 18/12/10-07/01/11	-	-	-
DT - PT 27/01/11- 17/02/11	12	-	15
PT - M 17/02/11-08/03 /11	12	3	16,65
M - E 08/03 /11-28/03/11	-	3	1,65
E - F 28/03/11-19/04/11	12	3	16,65
Ma - R 19/04/11-25/05/11	-	-	-
<b>SOMME</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>50</b>

### II.3.2.7. Désherbage :

Plusieurs études ont été faites sur la sensibilité du blé aux mauvaises herbes et la forte nuisibilité des adventices. Le recours au désherbage chimique devient une nécessité. Dailen super (2.4 / D) Herbicide foliaire, Il a été appliqué sur la parcelle expérimentale le 10/02/2011 avec une dose 1 L/ha .

### II.3.2.8. Insecticide :

Ackocytrine, insecticide, il été appliqué sur parcelle expérimentale le 22/03/2011

### II.3.2.9. La récolte :

L'arrêt d'irrigation a eu lieu le 3 /05/2011. La récolté des nos échantillons a été effectué manuellement a eu lieu le 25/05/2011.

### II.3.3. Méthode et date de prélèvement :

#### II.3.3.1 Le Sol :

Les échantillons du sol sont prélevés le 15/12/210 par une tarière classique, le prélèvement est réalisé aux endroits différents avec une profondeur variable soit 7 échantillons.

Ensuite les échantillons du sol sont mélangés pour constituer un échantillon moyen représentant la parcelle.

#### II.3.3.2. Le végétal :

Au sein de chaque parcelle, nous avons choisi cinq placettes où on a procédé au prélèvement des échantillons de plantes, le prélèvement est réalisé aux deux stades phénologiques du blé soit au stade floraison à fin d'estimer le poids de la matière sèche, et au stade maturité pour doser l'azote total et peser la matière sèche.

#### II.3.3.3. La nutrition azotée du végétal :

Pour déterminer l'impact de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée de la culture. Pour cela nous avons suivi le dosage de l'azote dans la paille et les grains de la plante.

### II.3.4. Paramètres étudiés :

Pour chaque traitement nous avons délimité des placettes de deux mètres linéaires au nombre de six (pour chaque parcelle), sur lesquelles sont effectuées l'ensemble des mesures. Le contrôle en cours de végétation a porté sur les composantes du rendement à savoir, le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, le nombre de grains/épi, le poids de 1000 grains.

#### II. 3.4.1. Paramètres de rendement :

##### ❖ Densité à la levée.

Le comptage systématique des plantes du blé a été effectué le 22/02/11 (stade fin tallage) au niveau des placettes déterminées préalablement par le protocole expérimental

##### ❖ Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> :

D'après BELAID (1986), le rendement de peuplement épi est influencé par la dose et date de semis, le poids de 1000 grains, la qualité de la semence, les caractéristiques du lit de semences et les conditions climatiques avant et après semis.

Le comptage du nombre d'épis/m<sup>2</sup> est réalisé au stade maturation de la culture (le 26/05/2011)

**❖ Le nombre de grain/épi :**

C'est une caractéristique variétale qui est très influencée par le nombre d'épis/m<sup>2</sup>,  
**COUVREUR (1981).**

**❖ Poids de 1000 grains (PMG) :**

Il est déterminé sur 1000 grains provenant de la récolte de chaque placette.

**❖ Rendement en grains (qx /ha).**

Selon **PREVOST (1999)** ; la détermination du rendement en grains est obtenue par la relation suivante ;

$$\text{Rendement (g /m}^2\text{)} = \text{nombre d'épi/m}^2 \times \text{nombre des grains/épi} \times \text{PMG/1000}$$

**❖ Rendement en paille**

Il est déterminé le poids des plantes séchées à l'étuve, et dépourvues des épis, on l'estimer en g/m ou en qx/ha.

**II.3.4.2.Méthodes d'analyse :**

Nous présentons dans ce volet le principe de chaque analyse physico-chimique réalisé.

**II.3.4.2.1.Analyse au niveau du sol :**

**a) Analyse granulométrique :** Méthode de tamisage pour déterminer les proportions physiques de trois particules primaires du sol (sable grossière, sable fin, et limon+ argile).

**b) Mesure du pH :** L'un des facteurs qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée d'un rapport de 1/2,5.

**c) Mesure de la conductivité électrique :** La conductivité électrique c'est un moyen D'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. Elle a été déterminée par le Conductimètre sur une suspension d'un rapport : sol/eau de 1/5 à une température de 25°C.

**d) Dosage du calcaire :** Dans notre essai il est dosé par la méthode volumétrique utilisant le calcimètre de **BERNARD**.

e) **Dosage de l'azote total** : La technique adoptée est la méthode **Kjeldahl**. Cette méthode consiste à attaquer le sol avec l'acide sulfurique pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium.

f) **La matière organique du sol** : Le dosage de la matière sèche se fait par la méthode **ANNE**, elle consiste à prendre l'échantillon du sol 1g de terre fine et ajoute 10ml de solution aqueuse de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) à 8% et 15ml de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré après 30mn, ensuite on ajoute 150ml d'eau distillée et quelques gouttes de diphénylamine et titré par une solution de sulfate de fer ( $FeSO_4$ ) et comparer la couleur (passe de bleu foncé au bleu vert) de solution avec le témoin (sans sol).

g) **Dosage du phosphore assimilable** : Il est déterminé par la méthode Olsen recommandée pour les sols calcaires, neutres ou basiques. Le bicarbonate de sodium utilisé pour extraire le phosphore disponible dans le sol.

h) **Dosage du potassium échangeable** : il est déterminé par la méthode de **ARNOLD, (1962)** ; on ajoute 10ml d'acétate d'ammonium normal, puis on agite pendant 15mn, on filtre la solution et on dose le potassium par photométrie à flamme.

i) **Analyse au niveau de la plante (dosage de l'azote)** : l'azote de la plante a été déterminé par la méthode de **Kjeldahl**. Cette méthode consiste à attaquer la poudre végétale (2g) par l'acide sulfurique concentré (20ml) en présence des catalyseurs ( $CuSO_4 + K_2SO_4$  et le Sélénium) et porter à l'ébullition pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium ( $(NH_4)_2SO_4$ ). Pour la distillation, On prend 20ml de distillat et en présence de soude on fait la distillation.

j) **Analyses statistiques** : le traitement des données a été effectué par le logiciel **STATISTICA 8.0** (version anglaise), il a servi à l'analyse de la variance à deux critères de classification. Nous avons utilisé le test de **NEWMAN** et **KEULS** au seuil de 5% pour comparer les moyennes des variables étudiés afin de déterminer les groupes homogènes quand il existe une différence significative entre les traitements.

## **Chapitre II: Nutrition azotée de la plante**

### **II.1.Importance et rôle de l'azote dans le végétale**

La teneur en azote des plantes est de l'ordre de 2 à 4 pour cent par rapport au poids sec (**MENGEL et KERKBY, 1982**). Il intervient dans l'élaboration des protéines (**JUSSIAUX, 1980**). Le maximum de production de chacun des organes du végétal ne correspond pas à une même concentration en azote dans le milieu (**BLANC, 1971**).

L'effet de l'azote sur la plante varie selon l'organe considéré, c'est ainsi que la production des parties aériennes est étroitement liée à la teneur en nitrates du milieu, tandis que le développement racinaire y est peu sensible.

Une plante qui est approvisionnée suffisamment en azote se développe rapidement et donne beaucoup de feuilles et de tiges. L'excès d'azote prolonge, par contre, le développement végétatif et retarde la maturité ce qui provoque l'échaudage.

### **II.2. L'assimilation de l'azote par la plante**

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

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

### **II.3. La variation des besoins azotés du blé au cours de cycle végétatif**

L'azote contenu dans la plante au stade maturité est estimé à 94 mg/g. Environ 80% de l'azote présent dans toute la plante à la maturité ont été prélevés au stade floraison. Presque 2/3 de l'azote qui constitue les feuilles, les tiges et les épis sont transférés vers le grain. A la récolte, plus de 75% de l'azote total de la culture se trouve au niveau du grain.

Les besoins de la plante en azote sont relativement modestes soit environ 40 à 50 kg/ha avant la montaison (**REMY et VIAUX, 1980**). Il est nécessaire d'approvisionner la culture au début de cette phase de la quantité suffisante à sa croissance.

Selon **HEBERT (1975)** les besoins en azote deviennent très importants à partir de la montaison. Au cours de cette phase la croissance devient très importante et qui détermine le nombre d'épis, le nombre de grain par épi et le poids maximal du grain. A ce stade, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg N/ha/jour (**REMY et MACHET, 1978**).

Le blé à la fin de son cycle (maturation) ralentit l'absorption et la totalité de la quantité d'azote des organes verts s'accumule dans les grains.

## Chapitre III : Dynamique de l'azote dans le sol

La dynamique de l'azote dans le sol est fortement influencée par: les précédents culturaux, les techniques culturales et les conditions du milieu.

Selon **DUTHIL (1973)**, la transformation de l'azote en l'une ou l'autre de ces différentes formes constitue un système très complexe appelé "le cycle de l'azote"

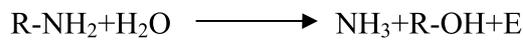
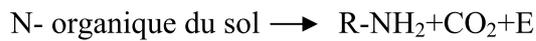
### III.1. Cycle de l'azote dans le sol

L'azote organique représente plus de 95% de l'azote total dans la plupart des sols (**DUCHAUFFOUR, 1979**). La forme minérale, assimilable pour la plante, représente moins de 2%. Les plantes s'adaptent à cette insuffisance de la forme assimilable en puisant l'azote, contrairement aux autres éléments nutritifs, tout le long du cycle (**BAEYENS, 1967**). Ceci justifie les applications tardives de la fumure azotée sur les graminées.

Le cycle de l'azote représente l'ensemble des transformations de l'azote dans la biosphère. Les micro-organismes (bactéries fixatrices d'azote, de l'ammonisation, de putréfaction et de nitrification), jouent un rôle essentiel dans l'élaboration de ce cycle. Le taux de minéralisation de l'azote, contenu dans l'humus stable, est de l'ordre de 1 à 2% par an (**GROS, 1974; DUTHIL, 1981**). La matière organique fraîche se minéralise plus rapidement. La minéralisation de l'azote réorganisé est en moyenne de 5 à 8% (**REMY et HEBERT, 1977; CALLOT, 1983**). Le passage de l'azote de la forme organique à la forme minérale par les microorganismes se réalise en deux étapes.

#### III.1.1. L'ammonification

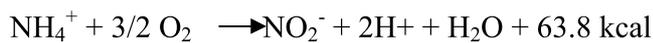
**DUCHAUFFOUR (1979)** et **DUTHIL (1983)** affirment que l'ammonification se réalise à des conditions écologiques extrêmement diverses, parce qu'elle demande un nombre élevé de bactéries et de champignons. Cette diversité des familles de bactéries et de champignons assure l'opération quelque soit les conditions écologiques même en sols fortement desséchés. Les diverses ressources de matière organique sous les différentes transformations par la microflore donne l'ammoniac selon les processus suivants :



### III.1.2. La nitrification

Les bactéries qui interviennent à cette étape sont de type nitrobacter et nitrosomonas à exigences écologiques bien précises de pH voisin de la neutralité, de quantité suffisante de CO<sub>2</sub>, bonne aération du sol et une humidité légèrement en dessous des 2/3 de la capacité de rétention du sol.

L'ammonium se transforme en nitrate à l'effet de deux groupes de microorganismes, les nitrosomonas qui sont responsables de l'oxydation de l'azote ammoniacal en azote nitreux c'est-à-dire la nitrification selon la réaction:



Les nitrobacters sont responsables de l'oxydation de l'azote nitreux en azote nitrique, c'est la nitrification:  $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^- + 17.5 \text{ kcal}$

### III.2. Les voies de pertes de l'azote minéral du sol

Les quantités d'azote minéral du sol non assimilées par les plantes peuvent être perdues par deux voies à savoir les pertes par voie gazeuse et les pertes par lixiviation. Selon le pédo-climat, ces pertes peuvent être importantes de l'ordre de dizaines de kilogrammes par hectare et par an

#### III.2.1. les pertes par lessivage

L'entraînement des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en profondeur à cause de leur grande solubilité mais aussi de leur non retenue par le complexe organo-minéral et devant des situations drainantes. D'après GUIOT (1986) les conséquences peuvent être fortement atténuées en évitant les longues périodes de nudité du sol.

Ces pertes dépendent de la pluviométrie, de la texture du sol et de la profondeur d'enracinement de la culture, ainsi que la forme d'engrais apportée.

L'évaluation de ces pertes dépend de la nature des lieux étudiés. **REMY et HEBERT (1977)** estiment que les pertes sous une culture intensive de blé tendre est de 15 à 35 kg. En sol nu, elles peuvent dépasser 100 kg/ha (**cheloufi, 1991**)

Ces pertes ont pour conséquences, en dehors de l'aspect agronomique, la pollution des nappes souterraines par les nitrates et leurs conséquences sur la santé publique (**NEYROUD et VEZ, 1981 ; cheloufi, 1991**) ; ces pertes sont d'autant importantes dans le cas où les apports de fumures sont abusifs et inadaptés.

### III.2.2. Les pertes par voie gazeuse

Ces pertes sont de deux ordres à savoir des pertes par dénitrification et par volatilisation

#### III.2.2.1. Dénitrification :

La découverte de la réduction biologique du nitrate sous la forme gazeuse est très ancienne.

Durant la dénitrification, les ions  $\text{NO}_3^-$  jouent le rôle d'accepteurs d'électrons pour les micro-organismes anaérobies avec la production de gaz selon le schéma suivant :



Selon **CHALOUFI, 1991**, la dénitrification croît quand la température augmente et elle double même en sol sablo-limoneux lorsque cette température passe de 15° C. d'autre part, un niveau inférieur à 10% d'air dans les pores et les micropores du sol stimule ce processus de dénitrification.

Les valeurs fourchettes de pH optimum pour la dénitrification se trouvent comprises entre 7 et 8, cette dénitrification peut aussi devenir significative dans certains sols très acides. D'autre part une concentration supérieure à 10  $\mu\text{g sol}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  dans les sols acides, augmente significativement ces pertes par dénitrification.

Plusieurs travaux ont montré l'intensification de la dénitrification liée à l'apport du carbone comme source énergétique : l'anaérobiose se crée après une forte consommation d'oxygène biodégrader la quantité labile de carbone. D'après la relation entre l'oxydation du carbone labile et la réduction de  $\text{NO}_3^-$  peut être représentée selon l'équation suivante :



La réduction non biologique des oxydes d'azote peut se produire dans les sols acides à partir de l'acide nitreux suivant l'équation suivante :

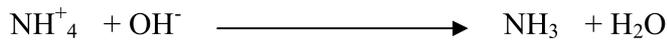


### III.2.2.2. Volatilisation :

Par ailleurs en sol calcaire, les pertes par volatilisation pourraient se produire : le sulfate d'ammonium réagit sur le carbonate de calcium selon les réactions suivantes :



Un autre mécanisme de perte possible sous forme de  $\text{NH}_3$  selon la réaction suivante :



Cette synthèse sur les pertes d'azote sous forme gazeuse montre l'influence de plusieurs facteurs tels que, les teneurs en carbone labile, la concentration en  $\text{NO}_3^-$ , le pH et l'état de l'eau dans le sol.

### III.3. La réorganisation :

C'est l'ensemble de processus par lequel les microorganismes du sol assimilent l'azote pour satisfaire leurs besoins de croissance et de multiplication. La réorganisation affecte préférentiellement la forme ammoniacale que la forme nitrique. Elle est temporaire du fait que l'azote est restitué au sol. Le niveau de réorganisation est essentiellement déterminé par la quantité de carbone facilement assimilable disponible dans le sol.

Il est admis actuellement que l'immobilisation de l'azote par les pailles des céréales dont le rapport C/N est voisin de 60 est de l'ordre de 10 Kg N/tonne de paille enfouie (MULLER, 1982 ; CHELOUFI, 1991). D'après RECOUS (1987) elle débute juste après l'apport d'azote, elle peut affecter 10 à 40 % de l'apport et entre directement en concurrence avec la nitrification.

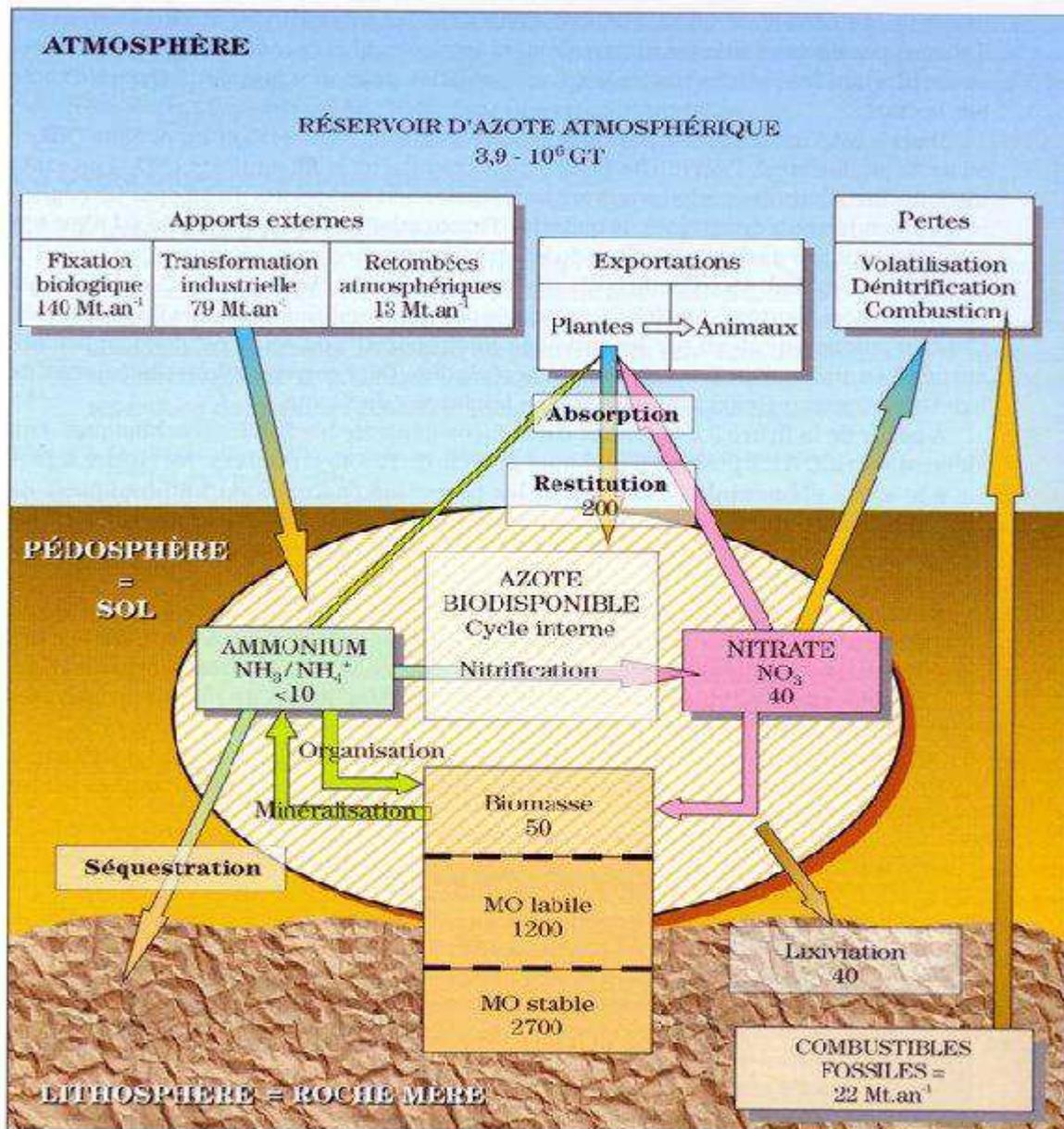


Figure (02) .Cycle élémentaire de l'azote (sources : Jarvis al 1999.Recous al.2004)

---

## Chapitre III Essai en pots

### III.1. L'objectif de l'essai :

Dans cette partie de travail, l'essai se déroule en pots avec un dispositif expérimental installé au niveau de l'exploitation de l'I.T.A.S en conditions semi contrôlées ; le but recherché est de suivre la dynamique de l'azote au niveau du sol

### III.2. Matériel d'étude :

#### III.2.1. Engrais azotés testés :

Dans le cadre de notre expérimentation nous avons testé deux (02) différents engrais azotés qui sont :

➤ **Nitrate de potassium ( $KNO_3$ )**

Il dose 13 % de N et 46 de  $K_2O$  ; cet engrais nitrique vendu sous forme granulée est utilisé en cultures spéciales. Il est employé généralement en cours de végétation au moment où la culture est en pleine croissance.

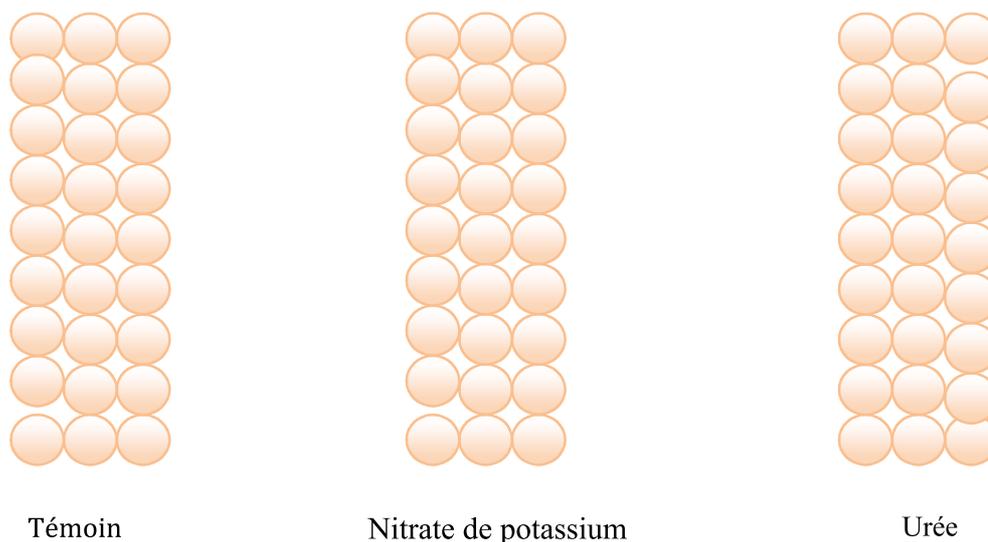
➤ **Urée [ $CO(NH_2)_2$ ]**

Il dose 46% de N, c'est l'engrais azote solide le plus concentré. Très soluble, l'urée se transforme rapidement dans le sol en gaz carbonique et en azote ammoniacal. Sa facilité de dissolution dans l'eau et l'innocuité relative de ses solutions sur le feuillage (forme organique d'azote non ionisée ne donnant pas de sels solubles et ne provoquant donc pas de brûlure sur les feuilles) permettent de l'utiliser en pulvérisation foliaire et pour l'irrigation fertilisante. Il est habituellement sous forme perlée ou, de plus en, granulée.

### III.3. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est de type blocs aléatoires complets. L'essai contient trois traitements des engrais azotés : T0 témoin (sans apport), T1 Nitrate de potassium, T2 Urée. La dose des engrais est calculée pour assurer une fourniture de l'azote de l'ordre de 250 ppm/kg du sol. L'essai de pots était installé au niveau de l'exploitation de l'I.T.A.S.

Pour chacun des traitements, parmi les 9 prélèvements, on prend un prélèvement à 3 répétitions de chaque 15 jour. Le cylindre a une longueur de 25cm, un diamètre de 60mm, il remplit par un poids du sol égale 1050 g.



**Figure (06) .Schéma du dispositif expérimental de l'essai en pots.**

#### **III.4.Dose d'irrigation :**

L'irrigation des pots a été quotidienne, pour assurer l'humectation du sol, la dose d'irrigation utilisée est de 56 ,66 ml /jour/pot, correspondant 2/3 de la capacité de rétention.

#### **III.5.Méthodes d'étude :**

##### **III.5.1.Analyse de l'azote totale dans le sol :**

Par la méthode de Kjeldahl.

##### **III.5.2.Mesure du pH :**

Déterminé à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée d'un rapport de 1/2,5.

##### **III.5.3.Mesure de la conductivité électrique :**

Elle a été déterminée par le conductimètre sur une suspension d'un rapport : sol/eau de 1/5 à une température de 25°C.S

## **Chapitre IV : La fertilisation azotée du blé**

Le blé dur a des besoins en azote plus élevés que ceux du blé tendre en raison de la richesse de son grain en cet élément et du poids excessif de son appareil végétatif. Selon **GROS(1979)**, la plante absorbe de l'azote jusqu'à la fin de la végétation et tout besoin non satisfait se traduira par une diminution de rendement

### **IV.1. Les engrais azotés :**

Les engrais azotés sont appliqués depuis plus de 150 ans. Jointes aux progrès de la sélection génétique et des itinéraires techniques, ils permettent d'atteindre des rendements culturaux suffisamment élevés et assurer un faible coût de production.

A l'origine, les engrais azotés étaient essentiellement des sous-produits végétaux et animaux (fumier, guano, engrais verts). Depuis la mise au point du procédé, les engrais azotés sont synthétisés industriellement à partir de l'azote de l'air, qui est réduit en ammoniac, en présence de méthane et d'eau. L'ammoniac est oxydé ensuite en acide nitrique. Le mélange nitrate + ammonium est un des engrais le plus utilisé en agriculture (**MOROT et GAUDRY, 1997**).

### **IV.2.L'effet de l'azote selon les stades végétatifs :**

D'après **TOUTAIN (1979)**, les apports d'azote doivent être fractionnés suivant les stades du cycle végétatif du blé (**Figure 1**). Au stade tallage, l'influence de l'azote se manifeste sur la première composante du rendement à se former: l'augmentation du nombre de talles par mètre carré.

Une carence à ce stade là provoque une diminution du nombre de talles herbacées formées. Selon **COIC (1956)** un apport d'azote sur blé, au stade tallage, peut créer ultérieurement un besoin supplémentaire d'azote. Le seuil au dessous duquel il y'a un arrêt du tallage est estimé à 5 % de l'azote totale contenu dans la plante (**SEBILOTE, 1985**).

Selon NEYROUD et VEZ (1981) mentionnent, qu'au stade montaison, le blé a besoin de grandes quantités d'azote. En présence de suffisamment d'eau, le blé absorbe 3 kg/ha/jour (MASSE et VIAUX, 1983). L'apport d'azote réduit la stérilité des épillets de la base de l'épi (VEZ, 1975). Un manque d'azote, à ce stade de forte demande, entraîne généralement des baisses de rendements grains conséquentes (TAUREAU, 1987).

Au stade épiaison, les besoins de la plante sont importants et la demande en azote s'accroît, en liaison avec l'activité de croissance. A la floraison, le blé peut absorber 80 unités/ha d'azote. Selon HEBERT (1975), la teneur en matière azotée du grain est un signe d'une bonne alimentation azotée en post anthèse. Elle agit aussi sur le poids de 1000 grains.

Selon TAUREAU (1988), un apport tardif permet de corriger tout manque d'azote à la suite des conditions climatiques particulières. L'azote qui s'accumule dans le grain provient de la remobilisation à partir des tiges et des feuilles et de l'assimilation directe de l'azote nitrique (ANONYME, 1988).

### IV.3. Les principes de raisonnement de la fertilisation azotée :

Les méthodes de raisonnement d'une fumure azotée reposent sur l'établissement du bilan de l'azote minéral. Cette technique permet de prévoir la quantité économique et adéquate d'azote à apporter à la culture (VIAUX, 1983). Le principe de la méthode des bilans est très simple (Tableau 02).

**Tableau (02) : Relation entre les besoins azotés et les quantités d'azote fournies par le sol (VIAUX, 1983).**

Azote Besoins pour un objectif X de rendement (B)	Azote fourni par le sol (FS)
absorbé par la céréale.	Effet du précédent cultural.
Azote non utilisable par la céréale.	Apport organique.
	Retournement de prairie.
	Minéralisation de l'humus de sol.
Apport = B – FS	

Il s'agit de couvrir les besoins de la plante en azote par des fournitures conséquentes.

La fiabilité de la méthode se base sur la bonne appréciation des différents termes du bilan.

Selon (**REMY et VIAUX, 1983**) cette méthode est applicable à toutes les cultures. L'équation de la quantité absorbée s'écrit :

$N \text{ absorbé} = (FS+E) K$  (1) avec

**N absorbé**: quantité d'azote qui doit être absorbée.

**FS**: fourniture du sol.

**E**: dose d'engrais à apporter.

**K**: coefficient d'efficacité de l'azote

Le terme N absorbé est très important, il représente le besoin azoté interne du peuplement végétal. Généralement, il dépend du niveau de production ramené au rendement (2.5 à 3 kg N/q de grain produit).

Dans l'équation (1) le terme FS est généralement évalué à partir d'un modèle additif dont l'expression est donnée par l'équation (2) suivante:

$$FS = Rh + Mh + Mr + Aeff \text{ (Kg/N/ha)}$$

Avec:

**Rh** : reliquat d'azote minéral présent dans le sol en sortie d'hiver sur la Profondeur présumé d'enracinement de la culture.

**Mh** : minéralisation de l'humus du sol (REMY et VIAUX, 1984)

**Mr** : effet de la décomposition des résidus du précédent.

**Aeff** : arrière effet des retournements de prairies et/ou des apports réguliers De fumier et de lisier.

## Chapitre I : caractéristiques physico-chimiques du sol et l'eau.

Le suivi pendant la campagne agricole 2010-2011 du protocole expérimental sur le développement d'une culture de blé dur dans des conditions agro-écologiques sahariennes et selon les pratiques culturales propres à l'exploitation agricole a donné lieu aux résultats qui sont ordonnés et analysés au niveau des différents chapitres qui suivent :

### I.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol :

Les résultats analytiques présentés dans le **(tableau 09)**, montrent que le sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH basique. La salinité du sol est faible (**CE= 0.114 dS/m**), les taux de matière organique très faible. Avec la présence du calcaire total (**1.846%**).

**Tableau (09), Caractéristiques physico- chimiques du sol étudié**

Analyses	Paramètres		Résultat	Unités
Physique	Granulometrie	Argile	0,5	%
		Limon	0,4	%
		Sable	99,1	%
	La densité apparente		1,41	g/cm <sup>3</sup>
	La porosité totale		45,77	%
	salinité (C.E) à 25 °C		0,114	dS/m
Chimique	Calcaire total		1,846	%
	Matière organique		0,6	%
	Humidité Capacité de rétention		8,6	%
	Humidité point flétrissement		4,64	%
	Azote total (N)		0,01	%
	Phosphore assimilable		45,662	Ppm
	Potassium échangeable		63	Ppm
	pH sol		8,6	

## I.2. Caractéristiques physico-chimiques du l'eau d'irrigation:

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe albienne qui se trouve à une profondeur de 200 m (BELERAGUEB, 1996). Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation (DURAND, 1983), l'eau utilisée appartient à la classe C2S1 qui présente les caractéristiques suivantes à savoir une qualité moyenne à bonne, dont le risque de salinité est faible même pour la sodicité (tableau 10). Cette eau doit être utilisée avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).

**Tableau (10), Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation**

Paramètres	pH	CE ms/cm	Eléments en mg/l										Dureté totale (°F)	Résidus sec à 110°C (mg/l)
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
Eau	7,79	0,41	33	15,1	27,8	7	25,9	22	176,9	00	12	14,5	0,41	

Source : A.N.R.H(2011)

SAR : 136,22

## Chapitre II : Effet des types et doses d'engrais phosphatés sur le comportement de la culture du blé dur :

La production d'une plante est influencée par un certain nombre de facteurs et conditions liés au milieu et à la plante elle-même que l'agriculture peut améliorer.

Les facteurs du rendement représentent tous les éléments qui entrent dans la constitution de la plante : eau, carbone, éléments minéraux et énergie. Plus leur quantité est élevée, plus le rendement augmente (PREVOST, 1999).

Selon MEYNARD et al (1994) l'analyse des composantes du rendement des céréales est aujourd'hui un outil pour porter un diagnostic sur le système de cultures en vue de leur amélioration

### II .1. Densité de peuplement:

La densité de peuplement est uniquement une résultante des conditions de semis et de la qualité de la semence utilisée ; les résultats du nombre de pieds au m<sup>2</sup> sont présentés dans le **tableau(11)** et **figure(07)**.

**Tableau(11). Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre de pieds au m2**

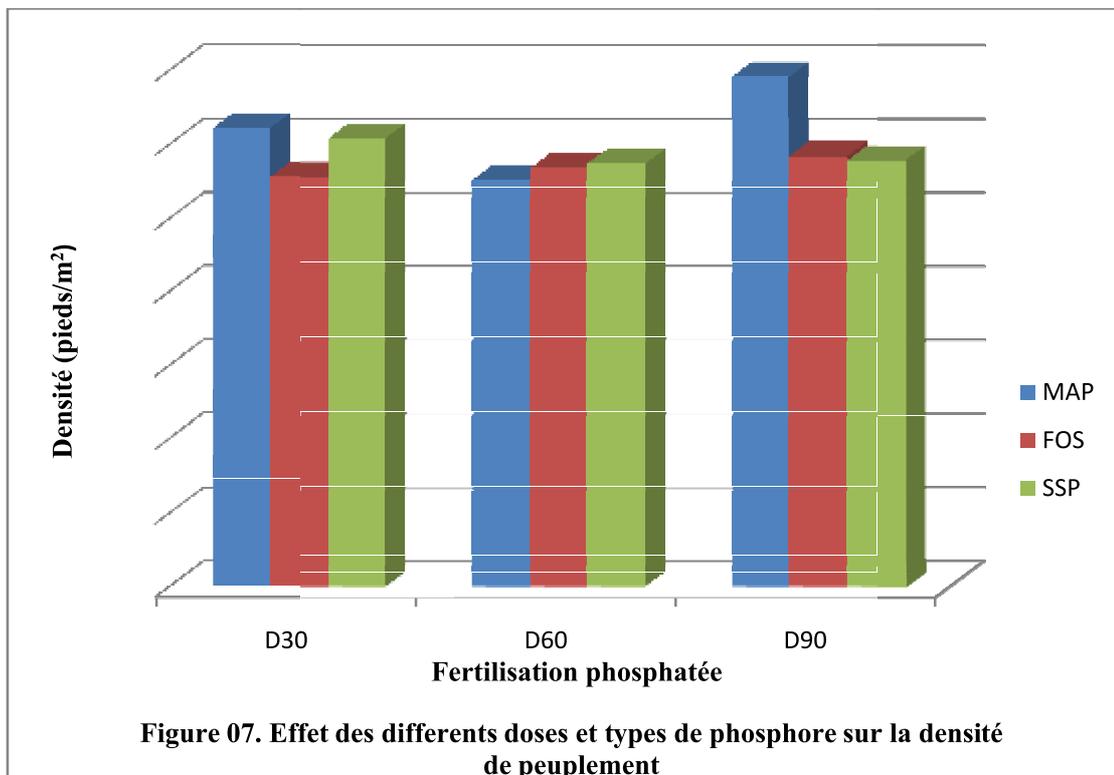
Dose Types	D30	D60	D90	Moyenne	C.V %	Signification statistique
MAP	311	276	346	311	13,65	Effet engrais : N.S  Effet dose : N.S  Engrais *dose : N.S
FOS	278	284	292	285		
SSP	304	287	289	293		
Moyennes	298	282	309	296		

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a aucun effet significatif de type d'engrais phosphaté sur le nombre de pieds/m<sup>2</sup>. Ce nombre passe de 285 pieds/m<sup>2</sup> pour le Fosfactyl à 311 pieds/m<sup>2</sup> pour le MAP.

De même, l'effet de la dose d'engrais est non significatif, le nombre passe de 282 pieds/m<sup>2</sup> pour le niveau de dose 60 unités/ha de **P2O5** à 309 pieds/m<sup>2</sup> pour la dose 90 unités/ha de **P2O5**.

L'effet de l'interaction type d'engrais x doses, paraît aussi non significatif. Le nombre passe de 276 obtenu avec le traitement MAP\*D60 à 346 avec MAP\*D90 (**Tableau11**).

Plusieurs travaux (**BUKMAN et al, 1990. BELAID, 1987**), ont montré que la densité de la culture est fonction de nombre de grains semés et de la survie des plantes. **BELAID (1987)**, ajoute que le PMG, la qualité de la semence, les caractéristiques de lit de semence et les conditions climatiques avant et après semis, sont tous des facteurs qui influent le peuplement d'une culture.



## II .2.Nombre d'épis au m<sup>2</sup> :

Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est une composante essentielle dans la formation du rendement final puisqu'il détermine le nombre de grain/m<sup>2</sup>. Les résultats du nombre d'épis par m<sup>2</sup> sont présentés dans le **tableau(12)** et **figure(08)**.

**Tableau(12). Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre d'épis par m<sup>2</sup>**

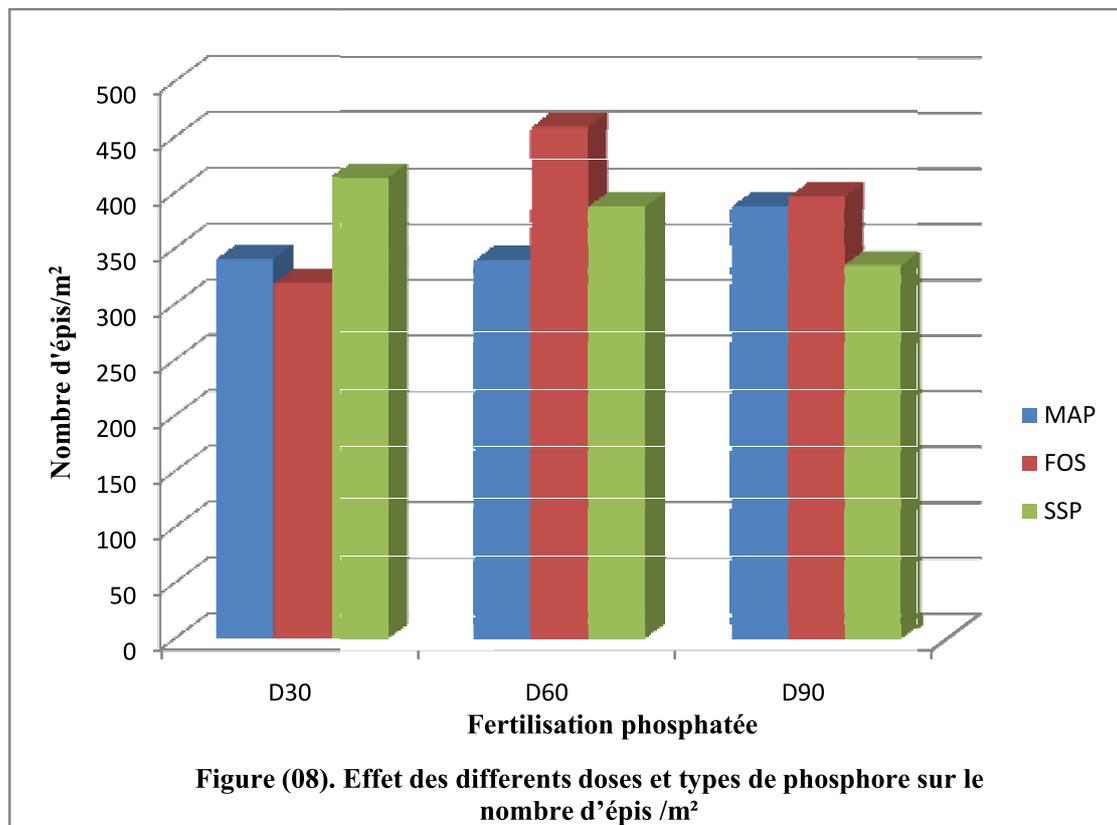
<b>Doses Types</b>	<b>D30</b>	<b>D60</b>	<b>D90</b>	<b>Moyennes</b>	<b>C.V %</b>	<b>Signification statistique</b>
<b>MAP</b>	341	340	388	<b>356</b>	<b>15,57</b>	<b>Effet engrais : N.S</b>  <b>Effet dose : N.S</b>  <b>Engrais *dose : H.S</b>
<b>FOSF</b>	319	460	397	<b>392</b>		
<b>SSP</b>	415	388	336	<b>380</b>		
<b>Moyennes</b>	<b>358</b>	<b>396</b>	<b>373</b>	<b>376</b>		

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les types et doses étudiés. Le nombre passe de 356 épis/m<sup>2</sup> obtenu avec le MAP à 392 épis/m<sup>2</sup> obtenu avec le Fosfactyl.

L'effet de la dose est encore non significatif, la meilleur valeur obtenue est 396 épis/m<sup>2</sup> par la dose D60 (60 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), et la plus faible valeur est enregistrée au niveau de la dose D30 avec (30 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha) avec 358 épis/m<sup>2</sup>.

L'effet de l'interaction type d'engrais\*dose, paraît hautement significatif. Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> passe de 319 obtenu avec le traitement F\*D30 à 460 avec F\*D60 (Tableau 12). Nous remarquons qu'avec le traitement Fosfactyl, la dose D60 (60 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), est celle qui a donné le nombre d'épis/m<sup>2</sup> le plus élevé.

D'après **GERVY (1970)**, le phosphore favorise la fécondation des plantes en permettant une meilleure épiaison. **BELAID (1986)** ajoute que le rendement de peuplement épis est influencé par la dose et date de semis, le poids de 1000 grains, la qualité de la semence, les caractéristiques du lit de semence et les conditions climatiques avant est après semis.



### II.3 .Nombre de grains par épi :

Cette caractéristique variétale agit directement sur le nombre de grains/m<sup>2</sup>. Ce dernier étant fortement lié au rendement grain. **LEGRET (1985)** suggère que la composante la plus importante du rendement soit le nombre de grain/épi et plus précisément le nombre de grain / épillet. **ROMER (1985)** a montré que l'application précoce du phosphore augmente le nombre d'épillets/épi, le nombre de grain/épi et la matière sèche du blé.

Les résultats du nombre grains /épi sont présentés dans le **tableau(13)** et **figure(09)**.

**Tableau(13). Effet des différentes doses et types de phosphore sur le nombre de grains /épi.**

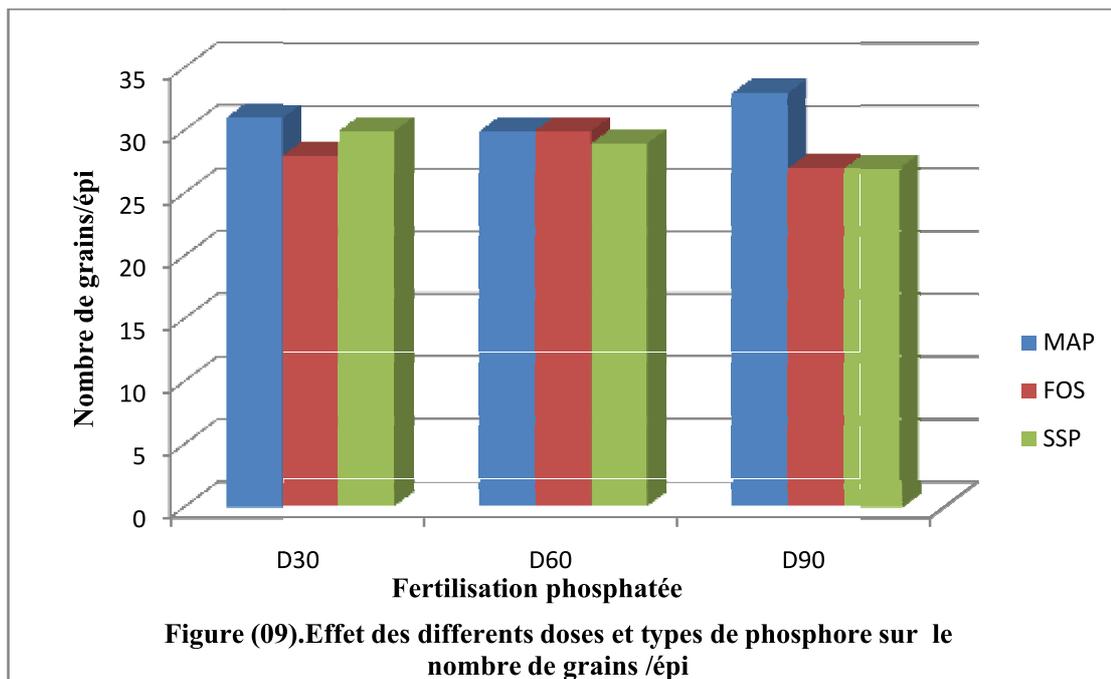
<b>Doses Types</b>	<b>D30</b>	<b>D60</b>	<b>D90</b>	<b>MOY</b>	<b>CV%</b>	<b>Signification statistique</b>
<b>MAP</b>	31	30	33	<b>31</b>	<b>12,06</b>	<b>Effet engrais : S Effet dose : N.S Engrais *dose : N.S</b>
<b>FOSF</b>	28	30	27	<b>28</b>		
<b>SSP</b>	30	29	27	<b>28</b>		
<b>MOY</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>		

L'analyse de variance montre une différence significative entre les engrais étudiés mais ne montre aucune différence significative entre les doses. Avec un coefficient de variation de 12,06%. La moyenne générale est de 29 grains/épi.

L'analyse de la variance révèle aussi une différence non significative du nombre de grains/épi pour les différentes doses de phosphore. Le nombre reste constant de même valeur 29 grains/épi pour les trois doses appliquées.

Pour l'interaction type d'engrais\*dose l'analyse de la variance révèle une différence non significatif, le nombre des grains/épi varie de 27 pour les deux traitements F\*D90 et SSP\*D90 à 33 pour le traitement MAP\*90.la moyenne générale est de 29 grains/épi

Le nombre de grains/épi est influencé par le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, par les caractéristiques variétales, par la disponibilité en eau et par la nutrition azotée et phospho-potassique (BELAID, 1996).



#### II.4. Le poids de 1000 grains :

Les poids de 1000 grains est la dernière composante du rendement, c'est aussi la dernière variable déterminante du rendement. Selon LOUE (1984), le poids de 1000 grains est un paramètre influencé par les conditions de nutrition minérale surtout phospho-potassique. Cependant les conditions climatiques influent également sur ce paramètre (GRIGNAC, 1981).

Les résultats du poids de 1000 grains sont présentés dans le **tableau(14)** et la **figure (10)**.

**Tableau(14). Effet des différentes doses et types de phosphore sur le PMG.**

Doses / Types	D30	D60	D90	MOY	CV%	Signification statistique
MAP	46,78	51,56	46,92	48,42	12,15	Effet engrais : S Effet dose : N.S Engrais *dose : N.S
FOSF	47,27	50,14	52	49,8		
SSP	54,32	51,39	52,74	52,82		
MOY	49,46	51,03	50,55	50,35		

L'analyse de variance montre une différence significative entre les engrais étudiés, le PMG passe de 48,42 grammes avec le MAP à 52,82 grammes avec le SSP avec un coefficient de variation de 12,15%.

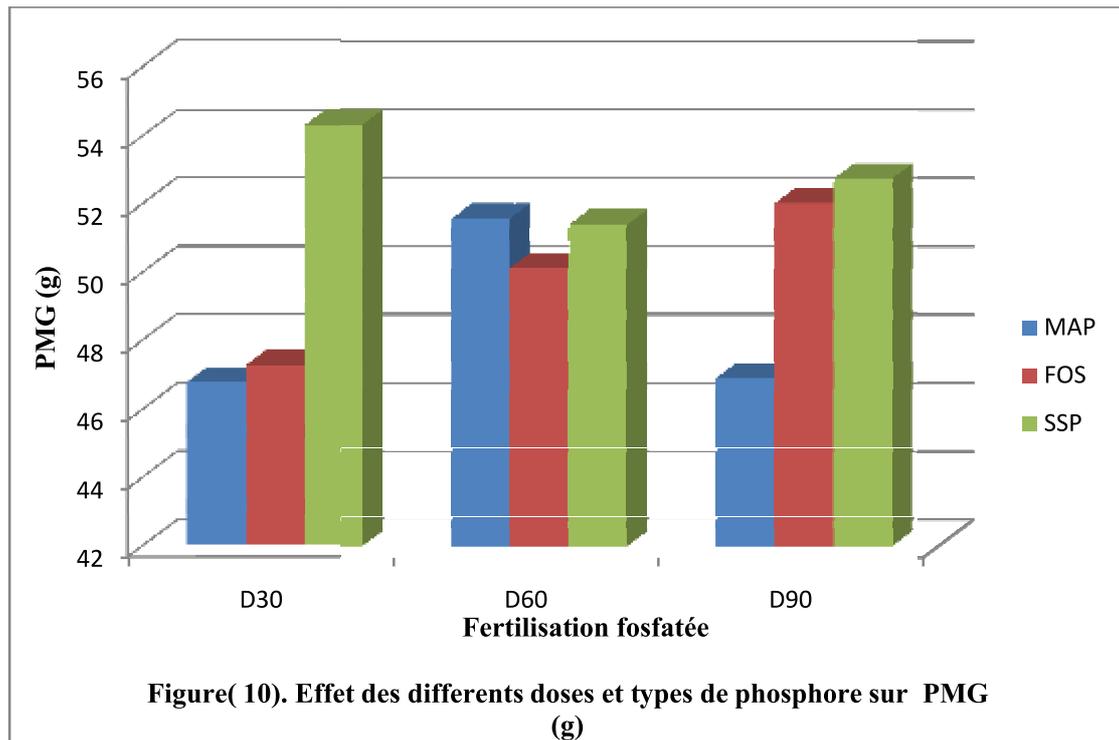
**BELAID (1987)** suggère qu'une élévation du nombre de grains entraîne une chute du poids de 1000 grains. Les résultats obtenus confirment cette constatation au niveau d'MAP qui présentait le nombre de grains/épi le plus élevé mais le poids de 1000 grains est faible par rapport les deux autres engrais.

L'analyse de la variance a révélé un effet non significatif de la dose d'engrais sur le poids de 1000 grains, où on enregistre le meilleur résultat de 51,03 g avec la dose D60 (60 Unités de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) et le plus faible avec D30 (30 Unités de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha).

L'interaction type\*dose d'engrais montre aussi un effet non significatif. Cependant ce paramètre passe de 46,78 à 54,32 grammes de MAP\*D30 à SSP\*D30 (**Tableau 14**).

**BELAID (1987)** et **HAFSI (1990)**, suggèrent que L'utilisation du phosphore limite la chute du poids de 1000 grains

Selon **SOLTNER (1990)**, le poids de 1000 grains varie avec la durée de la phase floraison- maturité. C'est la quantité d'eau prélevée pendant cette phase qui détermine le poids de 1000 grains, il est aussi fonction des conditions de nutrition minérale (**LOUE, 1982**).



### II.5. Le rendement en grains :

Il constitue le paramètre discriminant pour l'agriculteur et est la résultante des conditions de croissance et développement de la culture durant son cycle végétatif, les résultats sont présentés dans le **tableau (15)** et **figure(11)**

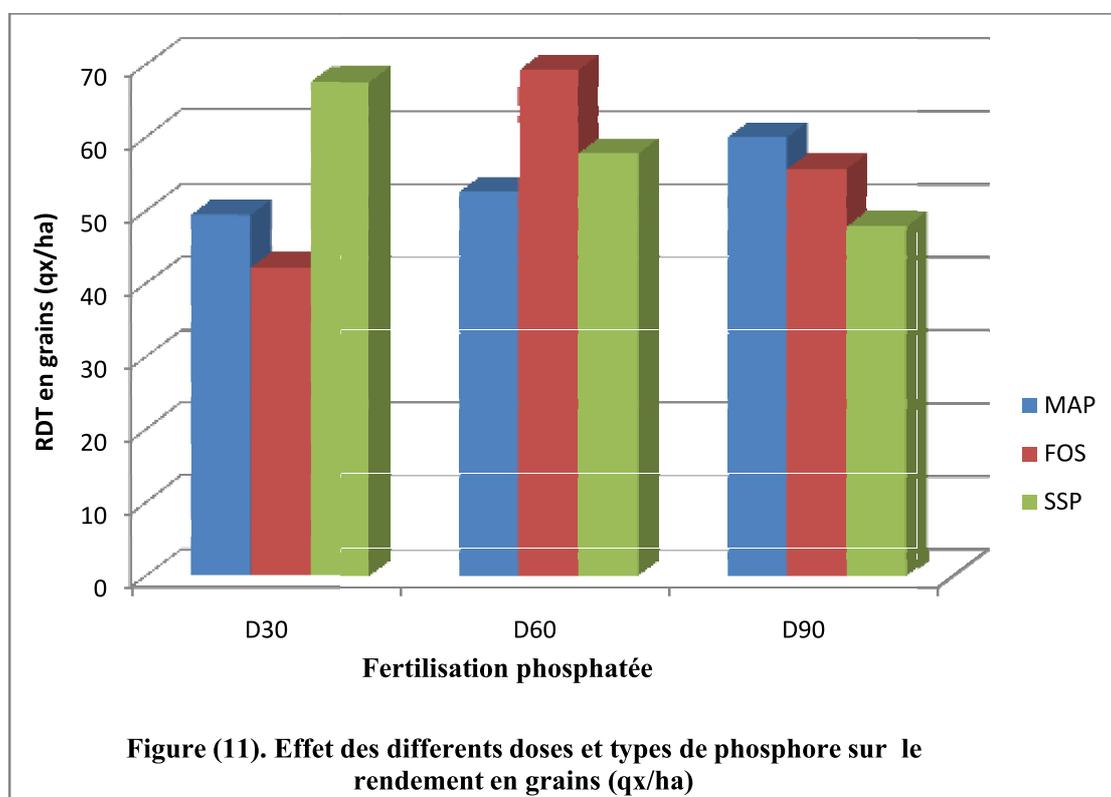
**Tableau(15).Effet des différentes doses et types de phosphore sur le rendement en grains (qx/ha).**

Doses / Types	D30	D60	D90	MOY	CV%	Signification statistique
MAP	49,45	52,59	60,08	<b>54,04</b>	<b>27,74 %</b>	<b>Effet engrais : N.S</b> <b>Effet dose : N.S</b> <b>Engrais *dose : S</b>
FOSF	42,22	69,19	55,74	<b>55,72</b>		
SSP	67,63	57,82	47,85	<b>57,77</b>		
MOY	<b>53,10</b>	<b>59,87</b>	<b>54,56</b>	<b>55,84</b>		

L'analyse de la variance montre que l'effet engrais est non significatif sur le rendement en grain ; le meilleur rendement moyen est obtenu par le simple super phosphate avec 57,77 qx/ha et le plus faible par le MAP avec 54,04 qx/ha.

Pour l'effet dose d'engrais, les analyses statistiques montrent que son effet est non significatif ; le rendement moyen en grains passe de 53,10 qx/ha à 59,87 qx/ha de la dose D30 à la dose D60.

Pour l'interaction (type\*dose) d'engrais, l'analyse de la variance révèle une significatif, le rendement en grains varie de 42,22 qx/ha pour le traitement F\*D30 à 69,19 qx/ha pour le traitement F\*D60.



**II.6. le rendement en pailles :**

La quantité de paille produite est déterminée par les conditions de culture, elle est par ailleurs une caractéristique variétale pouvant influencer le rapport grains/pailles ; les résultats sont présentés dans le **tableau (16)** et **figure(12)**

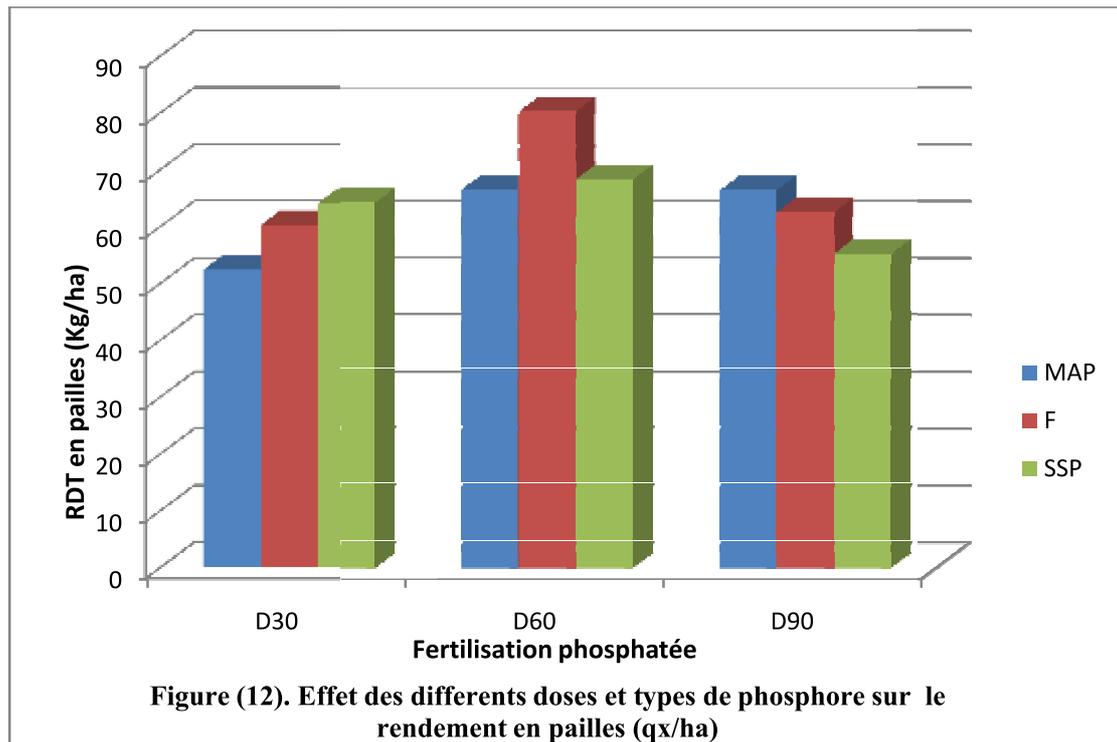
**Tableau(16).Effet des différentes doses et types de phosphore sur le rendement en pailles (qx/ha).**

Doses Types	D30	D60	D90	Moyenne	CV%	Signification statistique
MAP	52,372	66,522	66,338	<b>61,74</b>	14,75%	Effet engrais : NS Effet dose : HS Engrais *dose : S
FOSF	60,268	80,186	62,404	<b>67,62</b>		
SSP	64,136	68,314	55,138	<b>62,53</b>		
Moyenne	<b>58,93</b>	<b>71,67</b>	<b>61,29</b>	<b>63,96</b>		

L'analyse de la variance a révélé un effet non significatif du type d'engrais sur le rendement en pailles, il passe de 61,74 qx/ha avec MAP à 67,62 qx/ha avec le Fosfactyl. (**Tableau 16**).

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative du rendement en pailles pour les différentes doses de phosphore : la dose D60 a un meilleur résultat avec un rendement de 71,67 qx/ha à lors que le plus faible rendement et enregistré par la dose D30 avec 58,93 qx/ha.

Pour l'interaction type d'engrais\*dose l'analyse de la variance révèle une différence significatif, le rendement en pailles varie de 52,372 qx/ha pour le traitement MAP\*D30 à 80,186 qx/ha pour le traitement F\*60. La moyenne générale est de 63,96 qx/ha.



### Conclusion :

D'après les résultats obtenus concernant le rendement en grains avec les trois traitements des apports phosphatés on constate que la meilleure valeur du rendement en grains est enregistrée avec l'engrais Fosfactyl au niveau de la dose D60 avec 69,19 qx/ha.

Concernant le rendement en pailles, les résultats montrent que le meilleur rendement est obtenu avec l'engrais Fosfactyl au niveau de la dose D60 avec 80,186 qx/ha

Ceci explique que la réponse à l'apport du phosphore est positive du fait que l'action de l'interaction (type\*Dose) du phosphore sur le rendement en grain et en pailles est nette car il a amélioré d'une façon significative le rendement.

### Chapitre III. Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée.

L'azote est considéré comme le pivot de toute production végétale en particulier les cultures céréalières.

La fertilisation azotée doit satisfaire quatre objectifs principaux à savoir la productivité, la qualité du produit, le respect de l'environnement et surtout la rentabilité avec des économies à la clé.

Selon **THEVENET (1993)**, les exportations sont appréciées à l'aide des teneurs des organes exportés de la parcelle (grain, plante entière...).

Pour connaître l'influence d'engrais phosphaté apporté sur la nutrition azotée du blé, nous avons déterminé la teneur en azote de la partie aérienne de la culture au stade floraison car ce stade est important dans la croissance du blé.

Les tableaux de l'analyse de variance de ce chapitre sont portés dans **l'annexe2**.

#### III.1. Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des grains :

La teneur des grains des céréales en protéines et plus particulièrement des blés est d'une très grande importance sur le plan agro-alimentaire, elle en détermine le prix sur le marché international ; Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le **tableau(17) et figure(13)**, ils attestent que n'y le type et n'y la dose d'engrais phosphatés n'ont eu une influence sur la teneur des grains en azote

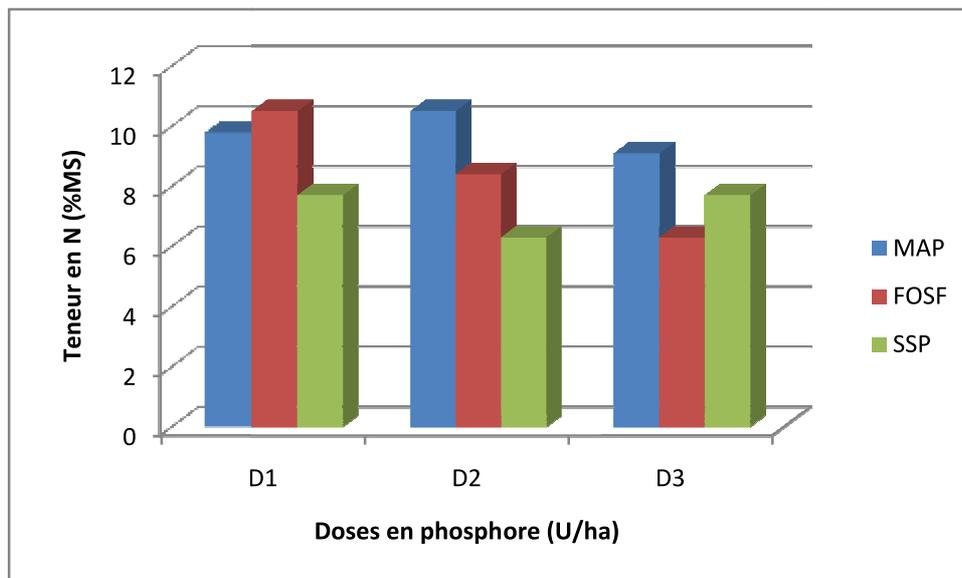
**Tableau(17). Effet des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les grains (% MS).**

Dose Types	D1	D2	D3	MOY	CV%	Signification statistique
MAP	9,8	10,5	9,1	9,8	7,86	Effet engrais: N.S Effet Doses : N.S Interaction engrais x doses : N.S
FOSF	10,5	8,4	6,3	8,4		
SSP	7,7	6,3	7,7	7,2		
MOY	9,3	8,4	7,7	8,5		

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les types d'engrais utilisés : la teneur en azote passe de 7,2 % obtenue avec le SSP à 9,8% obtenu avec le MAP.

Ainsi l'effet de la dose d'engrais ne montre aucune différence significative entre les doses étudiées, la teneur en azote passe de 7.7 obtenu avec la dose D90 (90 unités de phosphore/ha) à 9.3 obtenu avec la dose D30 (30 unités de phosphore/ha).

En ce qui concerne l'interaction (Engrais × Dose), les analyses statistiques ne montre aucune différence significative entre les traitements sur la teneur en N des grains. la teneur la plus élevée est 10,5% obtenue au niveau du traitement Fosfacyl × D30 et MAP × D60, par contre ; la valeur la plus faible est 6,3% obtenue au niveau du traitement SSP × D60 et Fosfacyl × D90 avec un coefficient de variation égale **7,8%**. A ce niveau d'étude, nous pouvons conclure que la teneur en azote des grains n'est pas influencée par la fertilisation phosphatée



**Figure(13). Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des grains (MAP, Fosfacyl, SSP)**

### III.2.Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N de la paille :

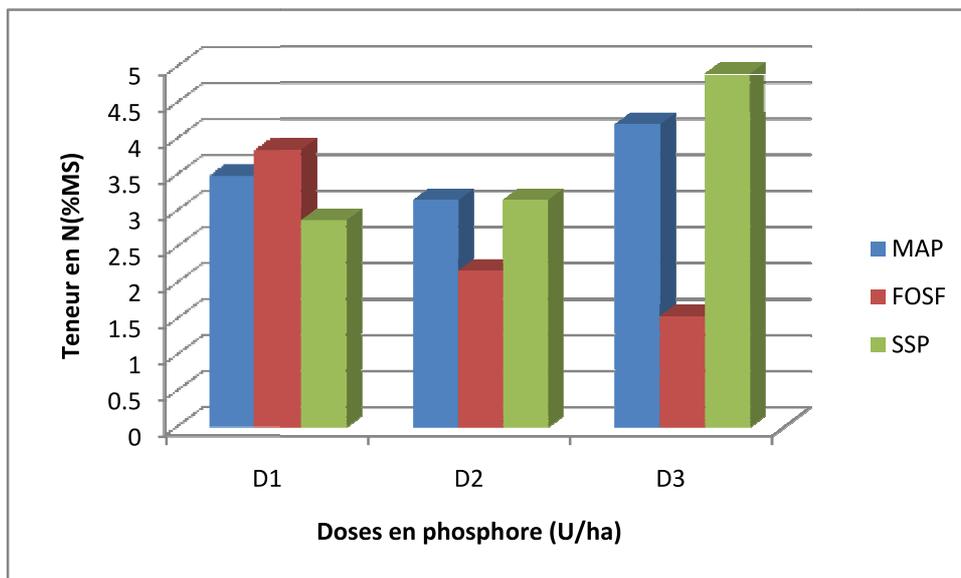
Quoique la paille des céréales est généralement destinée à la litière dans le cadre des élevages en stabulation entravée, en année de disette, elle est utilisée comme un affouragement grossière et de ce fait, sa teneur en azote devient intéressante ; Les résultats obtenus sont consigné dans le **tableau(18)** et **figure(14)**.

**Tableau(18). Effet des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les pailles (% MS).**

Dose Types	30 U/ha	60 U/ha	90 U/ha	MOY	CV%	Signification statistique
MAP	3,5	3,15	4,2	3,62	8,30	Effet engrais: S Effet Doses : N.S Interaction engrais x doses :S
FOSF	3,85	2,17	1,54	2,52		
SSP	2,87	3,15	4,9	3,64		
MOY	3,4	2,82	3,55	3,26		

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les différents types des engrais étudiés : la teneur en azote de la paille passe de 2,52 % obtenue avec le Fosfactyl à 3,64% obtenu avec le SSP. Mais ne montre aucune différence significative entre les doses étudiées, elle passe de 2.82% obtenue avec la dose D60 à 3.5 % obtenue avec la dose D90 avec un coefficient de variation égal à **8,3%**.

L'influence de l'interaction (Engrais\*Dose) sur la teneur en azote de la paille est significative, ce paramètre peut atteindre une teneur de 4,9 % obtenu par le traitement (SSP\*D90). D'autre part, la teneur la plus faible est 2,17 % obtenue avec le traitement (Fosfactyl\*D60).



**Figure(14). Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N des pailles (MAP, Fosfactyl, SSP)**

### III.3.Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N de la plante entière :

Les résultats relatifs au prélèvement quantitatif de l'azote au stade maturation par la plante entière sont consignés dans le **tableau(19)** et la **figure(15)**.

**Tableau(19). Effet des différents types des engrais phosphates sur la teneur en azote dans la plante entière (kg/ha).**

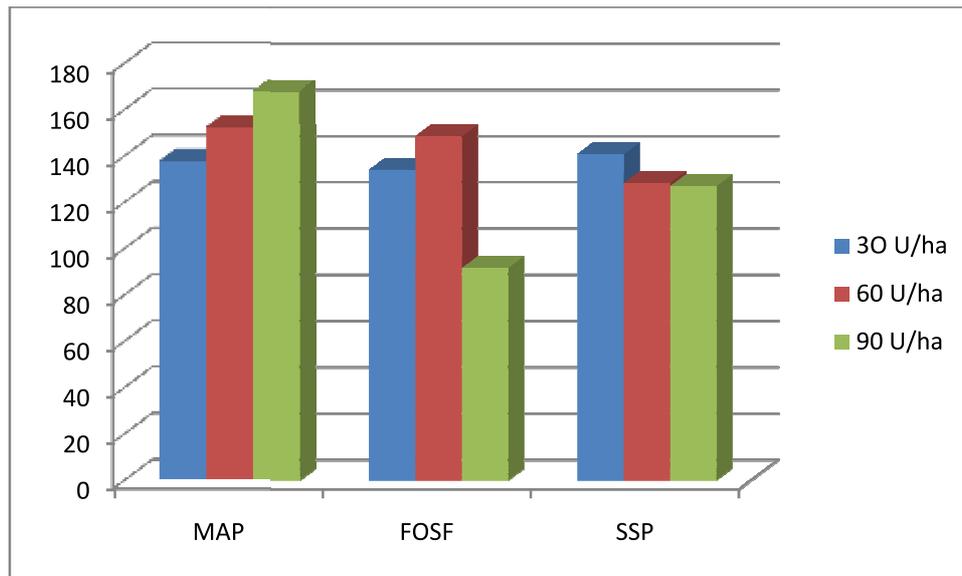
Dose Types	30 U/ha	60 U/ha	90 U/ha	MOY	CV%	Signification statistique
MAP	138,04	152,63	168,1	<b>152,92</b>	<b>34,1</b>	<b>Effet engrais: S</b> <b>Effet Doses : N.S</b> <b>Interaction engrais x doses : S</b>
FOSF	134,32	148,83	91,87	<b>125,01</b>		
SSP	141,07	128,62	127,26	<b>132,32</b>		
MOY	<b>137,8</b>	<b>143,36</b>	<b>129,08</b>	<b>136,75</b>		

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les différents types des engrais étudiés. On remarque que la meilleure moyenne d'exportation de l'azote c'est 152,92(Kg/ha) obtenue avec MAP, d'autre part, la faible exportation est 125,01 (Kg/ha) obtenue par le Fosfacyl, la différence entre ces deux résultats est de l'ordre de 18,25%. Le SSP correspond une quantité moyenne d'azote exporté de 132,32 Kg/ha.

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les doses. Elle passe de 129,08 Kg/ha obtenue avec la dose D90 à 143,36 Kg/ha obtenue avec la dose D60 avec une diminution de l'ordre de 9,96%. L'autre dose (30U/ha) donne une exportation de 137,8 Kg/ha. Avec un coefficient de variation égale 34,1%.

L'interaction (Engrais × Dose), les analyses statistiques montrent une différence significative sur les exportations en N de la culture. La quantité de l'azote exportée la plus élevée est 152,63 Kg/ha obtenue au niveau du traitement (MAP\*D60). Par contre, la valeur la plus faible 91,87 Kg/ha est obtenue au niveau du traitement (Fosfacyl\*D90). Donc la teneur en azote dans le plant entier influe par la fertilisation phosphatée,

Selon **BAEYENS (1967)**, une plante jeune est plus riche en azote qu'une plante vieille qu'elle est riche en hydrate de C.



**Figure(15).Effet d'un apport de phosphore sur la teneur en N dans la plante entière (MAP, Fosfacyl, SSP)**

### Conclusion

A la récolte, plus de 2/3 de l'azote total de la culture se retrouve dans les grains ce qui est conforme aux données bibliographiques. Pour les grains, la meilleur teneur en azote est enregistré avec l'engrais MAP et dose D60 avec une teneur de 10,5% et aussi Fosfacyl et la dose D30.D'autre coté, le rendement en paille présente le meilleur résultat de 4,9 % avec le simple super phosphate et la dose D90.

Pour les exportations de l'azote, nos résultats montrent que le MAP au niveau de la dose D60 a un meilleur effet sur les exportations en cet élément avec une valeur de 152,63 Kg/ha.

## Chapitre IV. Dynamique de l'azote dans le sol :

Dans le cadre des études se rapportant à la précision du cycle de l'azote dans les différents écosystèmes, nous avons essayé d'en connaître quelques aspects en sol nu dans nos conditions sahariennes

### IV.1. Evolution de N dans le sol :

A partir de l'enrichissement du sol par deux engrais azotés différents face à un témoin, nous avons déterminé une cinétique d'évolution de cet élément à partir de la détermination de l'azote total sur 16 semaines à des pas de deux semaines. Les résultats obtenus sont consignés dans le **tableau(20)** et **figure (16)**.

**Tableau(20) : cinétique d'évolution de l'azote total dans un sol nu (N %).**

Prèle Types	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	MOY	CV%	Signification statistique
Témoin	2,16	1,68	2	0,88	0,72	0,24	0,24	1,13	44,8	Effet engrais : T.H.S
Urée	0,56	2,32	1,36	1,2	1,52	0,24	0,56	1,11		Effet prélèvement :
Nitrate de Potassium	2,48	3,12	0,72	1,36	1,68	0,4	0,24	1,43		HS
MOY	1,73	2,37	1,36	1,15	1,31	0,29	0,35	1,22		Engrais * prélèvement : HS

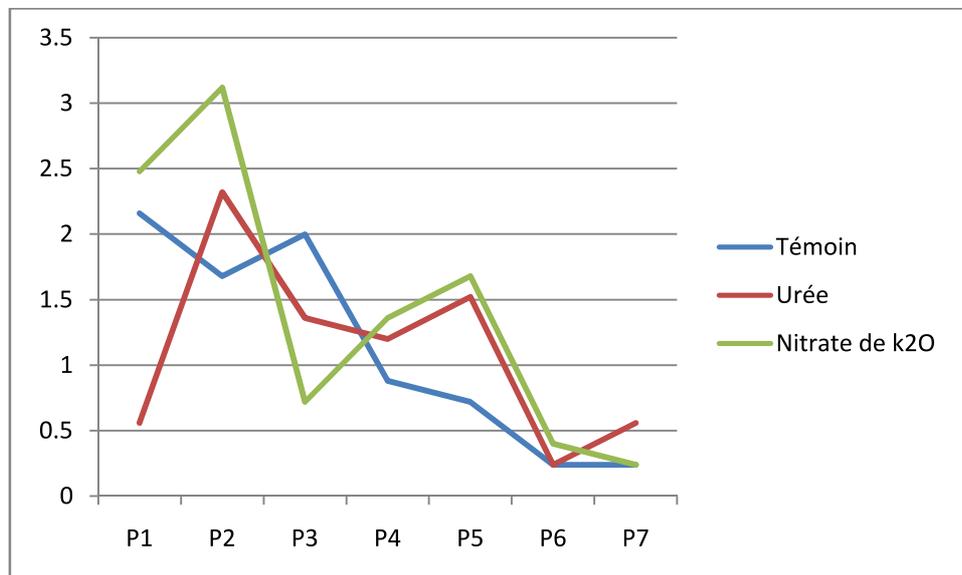
L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative avec les trois traitements des apports azotés utilisés. La teneur en azote passe de la moyenne 1,11 ppm obtenue avec l'urée à une moyenne de 1,43 ppm obtenue avec le nitrate de potassium. Le coefficient de variation égale 44,8%.

La teneur en azote du sol varie de façon hautement significative en fonction de l'ordre de prélèvement, elle a tendance généralement à diminuer avec l'ordre croissant des prélèvements et donc avec le temps, elle passe d'une moyenne de 1,73ppm obtenue avec le premier prélèvement P1 à 0,29ppm obtenue avec le prélèvement P6 soit une diminution de l'ordre de 83.23 %.

L'influence de l'interaction (Engrais\*P) sur la teneur en azote totale dans le sol est hautement significative. L'azote est au maximum en 2,48 ppm avec Nitrate de potassium\*P1, le minimum est enregistré avec Témoin \*P6 et 7, Urée\*P6 et aussi Nitrate de potassium\*P7 d'une valeur de 0,24 ppm, soit une diminution de l'ordre de 90,32 %.

**Remarque :**

Les moyens d'investigation au laboratoire n'ont pas permis de suivre l'évolution de l'azote minéral ce qui aurait davantage précisé les pertes de l'azote durant les seize semaines qu'a duré le protocole expérimental



**Figure(16). Evolution la teneur en azote dans le sol**

#### IV.2. Evolution du pH :

Parallèlement à l'évolution de l'azote total, nous avons mesuré le pH ; les résultats obtenus sont consignés dans le tableau(21) et figure ( ).

**Tableau(21) évolution du pH du sol dans les différents traitements.**

Prélèvement Types	P SOL	P5	p6	MOY	CV%	Signification statistique
Témoin	8,6	8,11	8	<b>8,24</b>	<b>6,63</b>	<b>Effet engrais : T.H.S</b> <b>Effet prélèv : T.H.S</b> <b>Engrais * prélève : S</b>
Urée	8,6	8	7,99	<b>8,20</b>		
Nitrate de potassium	8,6	8,16	8,2	<b>8,32</b>		
<b>MOY</b>	<b>8,6</b>	<b>8,09</b>	<b>8,06</b>	<b>8,25</b>		

Le pH du sol est influencé de façon très hautement significative avec les trois traitements. Le pH passe de la valeur moyenne 8,20 obtenue avec Urée à une moyenne de 8,32 obtenue avec le Nitrate de potassium avec un coefficient de variation égale 6,63%

Le pH du sol varie de façon très hautement significative en fonction de l'ordre de prélèvement, il a tendance à diminution avec l'ordre croissant des prélèvements et donc avec le temps, il passe d'une moyenne de 8,6 obtenue avec le premier prélèvement P1 à 8,06 obtenue avec le dernier prélèvement P6, donc a une diminution de 6,27 %.

L'influence de l'interaction (Engrais\*Px) est significative. La valeur la plus élevée de pH du sol est 8,6 obtenue avec les traitements Urée\*PSOL, Témoin\*PSOL et Nitrate de potassium\*PSOL, la valeur la plus faible est 7,99 obtenue avec Urée\*P6. La différence entre les deux valeurs est de l'ordre de 7,09 %.

### IV.3. Evolution du la conductivité électrique du sol :

Comme pour l'azote total et le pH, nous avons mesuré la conductivité électrique, les résultats obtenus sont consignés dans le tableau(22).

**Tableau(22) évolution de la CE (dS/m) à 25°C du sol dans les différents traitements**

C .E Types	CE Sol	CE 5	CE 6	MOY	CV%	Signification statistique
Témoin	0,11	0,34	0,28	0,24	<b>16,19</b>	<b>Effet engrais : T.H.S</b>
Urée	0,11	0,21	0,18	0,17		<b>Effet prélèv : T.H.S</b>
Nitrate de k <sub>2</sub> O	0,11	0,25	0,22	0,19		<b>Engrais * prélève : T.H.S</b>
MOY	<b>0,11</b>	<b>0,27</b>	<b>0,23</b>	<b>0,20</b>		

La conductivité électrique de sol est influencée de façon très hautement significative avec le traitement engrais. Elle passe d'une valeur de 0,17 dS/m obtenue avec l'Urée à 0,24 obtenu avec le témoin, et une valeur de 0,19 pour le Nitrate de potassium avec un coefficient de variation égale **16,19%**.

Ainsi l'effet du prélèvement est très hautement significatif, la conductivité électrique augmente avec l'augmentation de l'ordre de prélèvement et donc avec le temps on remarque diminution après prélèvement 5. La C.E passe de 0,11 à 0,27 dS/m de premier à dernier prélèvement, soit augmentation de 59,25 %.

## **Conclusion**

A partir de cette modeste approche du cycle de l'azote dans les conditions agro écologiques sahariennes, nous pouvons conclure que les pertes d'azote s'avèrent être très importantes en l'absence de la plante ; ces pertes sont sous forme gazeuses au vu d'une conduite du protocole expérimental au 2/3 de la capacité au champ.

Par ailleurs, nous avons remarqué une cinétique attestant de la diminution du pH et une augmentation de la conductivité électrique dans le temps

## Référence bibliographique

**ANONYME 1988.** Fertilisation azotée des céréales d'hiver. Perspectives Agricoles, 43: 10-26.

**BAEYENS G., 1967.** Nutrition des plantes de culture. Ed .E. Nauwelarts, 675p.

**BAEYENS J., 1967 :** Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliqué aux plates agricoles Ed. Nauwelaerts Louvain, 278p.

**BELAID D., 1986.** Aspect de la céréaliculture algérienne. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, 207p

**BELAID D., 1987 :** Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur

**BELERAGUEB . 1996 :** Monographie agricole pp 1-6.

**BELAID D., 1987.** Etude de la fertilisation azotée et phosphate d'une variété de blé dur (Hedba 3) en condition de déficit hydrique. Thèse Magister. INA, 108p.

**BENJAMAA O., 1977.** Contribution à l'étude de l'élaboration du rendement de quelque variétés de blé dur en fonction des densités de semis dans les conditions écologiques de la station d'El khroub. Thèse d'ing. INA. Alger, 105p.

**BENLARIBI M., HAZMOUNE T., 2001.** Impact du semis profond sur l'alimentation en eau du blé dur (*triticum durum* desf.) et réalisation des composantes de rendement en zones semi arides in Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion, 2001. Ed. MADR, pp 98 à 104.

**BLANC D., 1971.** L'azote en Agriculture. INA, chaine d'agriculture, Paris, 17p.

**CALLOT G., 1983.** Les interactions sol-racine, incidence sur la nutrition minérale. INRA. Paris. 120-205.

**CHAICHE.C ,2006.** Contribution à l'étude de l'évolution des effectifs de peuplement avien à sebkhet EL-Maleh (EL-Golea), mémoire ingénieur, ANFS/AS, Ouargla, P69.

**CHELOUFI H.2000.** Influence de la profondeur de semis sur quelques caractères morpho physiologiques d'une céréale sous pivot dans la région de Ouargla. Symposium international « blé 2000 : enjeux et stratégies », Alger, 7-9 février, pp 247-249.

- COIC Y., 1956.** La nutrition et la fertilisation du blé d'hiver. Ann. Agro. 7: 16-25.
- Cottignies X., 1977. Potasse et agriculture. Société commerciale des potasses et de l'azote, Mulhouse, 15-37
- COUVREUR F, 1981 :** La culture du blé se raisonne . Cultivar juin, pp 39-41.
- DUCHAUFFOUR PH., 1979.** Constituants et propriétés du sol. Ed.Masson, 457p.
- DULCIRE M., 1978.** La céréaliculture en Algérie « de la biologie à la jachère », INA (cours polycopie) laboratoire d'agriculture, 4 Tomes, 315p.
- DURAND J.H., (1983) :** Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p.
- DUTHIL J., 1973.** Elements d'écologie et d'agronomie. ED.J-B .BAILLIERE, 654p.
- DUTHIL P., 1981.** Azote. Techniques agricoles, 1230: 15-20.
- FARDEAU J. C., 1993.** Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante in Perspectives agricoles (revue mensuelle) N° 181, dossier : fertilisation P K, pp I à XLIV.
- GATE PH., 1987.** Détermination des stades de développement des céréales à paille. Document ITCF, 25 p
- GERMON J.C., 1982.** Les pertes d'azote par voie gazeuse. Agriculture, 463: 151-152
- GESLIN H, JONARD J. 1948.** Maturation du blé, et climat. Annales Amélioration des Plantes II: 233-256.
- GHOUAR Wassila ;2006.** Effet du cumul de pluie hivernale sur la réponse du cultivar waha (triticum durum Desf.)À la fertilisation azotée.
- GRIGNAC P., 1964.** Contribution à l'étude de blé dur (Triticum durum. Desf).Thèse d'état. Fac. Sc. Univ. Toulouse, 152p
- GRIGNAC P., 1978.** Le blé dur: monographie succincte. Ed. École nationale supérieure agronomique de Montpellier, (Format PDF).
- GRIGNAC P ., 1981 :** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp : 185-194.
- GROS A., 1974.** Engrais guide pratique de la fertilisation. Ed Maison rustique, 382 p.

**HAFSI M ., 1990 :** Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. I.N.A. 124p.

**HALILAT M.T., 1993 :** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magister. I.N.E.S. Batna. 130p.

**HEBERT J., 1975.** Techniques nouvelles de production du blé. Document I.T.C.F, 16p

Lelievre F., Nolot J.M., 1977. Evolution de la matière sèche des grains autour du palier hydrique chez trois variétés de blé dur et tender. CR.Acad. Agric. 63:13 -20.

**LEGRET J., 1985 :** La production de blé dans le monde s'accélère, les producteurs agricoles français

**LOUE A., 1982 :** Le potassium et les céréales. Dossier K2O n°02, pp1-41.

**MASLE J., MEYNARD J. 1981b.** Relation entre croissance et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, Influence des conditions de nutrition. Agronomie 1: 365-374

**MASLE J., 1982.** Mise en évidence d'un stade critique par la montée d'une talle. Agronomie, 1: 623-632

**MASSE J., VIAUX P. 1983.** Azote et croissance du blé. Perspectives Agricoles 68: 18-23.

**MICHEL T., 2005.** Quelques notions de la fertilisation. Ed. Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, 50p (Format PDF).

**MIHOUB A., 2009** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*Triticum durum* L. Var. Carioca) (dans la région d'El-Goléa). Thèse Ing. Agro. Université d'Ouargla.92p.

**Ministère de l'Agriculture., 2010 :** Bilan de production végétale. Rapport sur la production végétale.

**MENGEL K., et KIRKEBY E.A. 1982.** Principals of plant nutrition IPI. Worblan-Berne. 655p.

**Morot – Gaudry JF. 1997.** Source et cycle de l'azote. In Morot- Gaudry J.F (Ed).

INRAEdition. 422p. Perspectives Agricoles 115: 100-105.

**MULLER J.C., 1982.** Devenir de l'azote non utilisé par la plante. *Agriculture*, 463: 150-183.

**NEYROUD JA., VEZ A, 1981.** La fumure azotée du blé. Essai de prévision des doses. *Rev. Suisse Agri.*, 13: 7-13.

**PREVOST PH., 1999 :** Les basses de l'agriculture. Ed II Paris- France 254p.

**RECOUS S., 1987.** Les mécanismes de transformation de l'azote dans le sol. *Perspectives Agricoles* 115: 100-105

**REMY J.C., HEBERT J. 1977.** Le devenir des engrais azotés dans le sol. *C.R.Acad. Agric.* 11,700-714.

**REMY J.C., MACHET J.M. 1978.** Comment se présente la fertilisation azotée du blé. *Agriculture* 1705: 23-27

**REMY J.C., VIAUX PH. 1980.** Evolution des engrais azotés dans le sol. *Perspectives Agricoles*. 43:5-9.

**REMY J.C., VIAUX PH. 1983.** La fertilisation du blé tendre en système intensif en France. *Perspectives Agricoles*, 67: 18-23.

**SEBILOTTE M., 1985.** Réflexion sur les approches de l'agronomie. *C.R.Acad. Agri. Française.*, 71: 292-301

**SIMON H., CODACCIONI P., LECOEUR X., 1989.** Produire des céréales à paille. Ed. Lavoisier, 333p

**SOLTNER., 1990 :** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17ème édition, 464p.

**SOLTNER D., 2005a.** Les grandes productions végétales. Ed. collection sciences et techniques agricoles, Paris (20e édition), 472 p.

**TAUREAU J.C., 1987.** Les besoins en azote. *Perspectives agricoles*, 115: 92-96.

**TAUREAU J.C., 1988.** Fertilisation azotée. *Perspectives Agri.* 60: 14-21.

**. THEVENET G., 1993 :** La fertilisation raisonnée. Du concept du raisonnement aux applications pratiques : la démarche du comifer. *Ingénieur de la vie*. N°427 Février – Mars. pp : 28– 34.

**TOUTAIN G., 1979.** Elément d'agronomie saharienne de la recherche au développement. Document INRAF, 138p.

**VIAUX PH., 1983.** Fumure azotée des céréales d'hiver. Perspectives agricoles, 43, 10-26.

**ZEKKOUR, M.2007,** effet de fertilisation phosphatée sur le comportement et la production d'une culture de blé dure (tricum durum la variété semeto).conduite en condition saharienne dans la région d'EL-Goléa(Wilaya de Ghardaïa) .mémoire ingénieur,ANFS/AS,Ouargla.

**Annexe 1.**

**Tableau 1. Inventaire de mauvaises herbes rencontrées**

<b>Famille</b>	<b>Espèce</b>	<b>Groupe</b>
<b>Fabaceae</b>	<b>- Melilotus infesta</b>	<b>Dicotylédones</b>
<b>Poaceae</b>	<b>- Avena sativa</b> <b>- Bromus sp</b>	<b>Monocotylédones</b> <b>Monocotylédones</b>
<b>Malvaceae</b>	<b>- Malva aegyptiaca L</b>	<b>Monocotylédones</b>

## Annexe2

### Annexe 2.

**Tableau 1. Influence des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les grains (% MS).**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	2.352	1.176	2.634	0.0855	NS	7,86
DOSE	2	0.849	0.424	0.951	0.3957	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	1.698	0.424	0.951	0.4459	NS	
Résiduelle	36	16.07	0.446				

**Tableau 2. Influence des différents types et dose des engrais phosphates sur la teneur en azote dans les pailles (% MS).**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	0.491	0.245	3.351	0.0462	S	8,30
DOSE	2	0.176	0.088	1.204	0.3117	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	0.992	0.248	3.382	0.0189	S	
Résiduelle	36	2.640	0.073				

**Tableau(13). Influence des différents types des engrais phosphates sur la teneur en azote dans le plant entier (kg/ha)**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	6288	3144	1.445	0.2490	S	34,10
DOSE	2	1555	777.6	0.357	0.7019	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	1004	2511	1.154	0.3471	S	
Résiduelle	36	7832	2175				

### Annexe 3

## Annexe 3

**Tableau 1. Effet de la fertilisation phosphatée sur la densité de peuplement**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	5232	2616	1.666	0.2032	NS	13,65
DOSE	2	5323	2661	1.695	0.1979	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	8226	2056	1.309	0.2850	NS	
Résiduelle	36	56539	1571				

**Tableau 2. Effet de la fertilisation phosphatée sur le nombre d'épis par m<sup>2</sup>**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	9876	4938	1.438	0.2506	NS	15,57
DOSE	2	1062	5312	1.547	0.2266	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	6257	1564	4.556	0.0044	HS	
Résiduelle	36	1236	3433				

**Tableau 3. Effet de la fertilisation phosphatée sur le nombre de grains /épi**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	103.3	51.65	4.012	0.0267	S	12,06
DOSE	2	4.87	2.44	0.189	0.8284	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	59.66	14.91	1.158	0.3452	NS	
Résiduelle	36	463.4	12.87				

**Tableau 4. Effet de la fertilisation phosphatée sur le PMG**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	151.8	75.9	2.027	0.1464	S	12,15
DOSE	2	19.9	9.9	0.266	0.7681	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	133.2	33.3	0.889	0.4802	NS	
Résiduelle	36	1347	37.4				

### Annexe 3

**Tableau 5. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement en grains (qx/ha)**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	149.9	74.9	0.28	0.7539	NS	27,74
DOSE	2	465.9	232.9	0.88	0.4216	NS	
ENGRAIS * DOSE	4	2668.2	667.0	2.53	0.0570	S	
Résiduelle	36	9479,4	263.3				

**Tableau 6. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement en pailles (qx/ha)**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	305.2	152.6	1.58	0.2192	NS	14,75
DOSE	2	1379.5	689.7	7.15	0.0024	HS	
ENGRAIS * DOSE	4	928.6	232.1	2.40	0.0672	S	
Résiduelle	36	3470,2	96.4				

## Annexe 4

### Annexe 4.

**Tableau 1. Influence des différents types d'engrais azotée sur la teneur en azote (N%)**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	6	29.22	4.87	16.24	0.0000	THS	44,88
PRELVEMENT	2	1.33	0.66	2.23	0.119	NS	
ENGRAIS * PRELVEMENT	12	12.79	1.06	3.55	0.001	HS	
Résiduelle	42	12.59	0.29				

**Tableau 3. Influence des différents types d'engrais azotée sur CE de sol**

Analyse de la variance	d.d.l	S.C.E	C.M	F. obs	Prob	Signification	CV (%)
ENGRAIS	2	0.025	0.012	6.527	0.0031	THS	16,19
PRELVEMENT	7	0.908	0.129	65.31	0.00000	THS	
ENGRAIS * PRELVEMENT	14	0.078	0.005	2.811	0.0039	THS	
Résiduelle	48	0.095	0.001				