

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université KASDI-Merbah -Ouargla

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



DEPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : phytotechnie

Par : Mr. **NADJA Atallah**

THEME

Effet de la fertilisation phosphatée sur le
comportement du blé dur

Soutenu Publiquement devant le jury composé de:

Président : M ^r . CHELOUFI. H	M.C.A	U. K.M. Ouargla.
Encadreur : M ^{me} BOUKHLAFA. N	M.A.A	U. K.M. Ouargla.
Examineur : M ^{elle} . CHAOUCH. S	M.C.B	U. K.M. Ouargla.
Examineur : M ^{elle} . OUSTANI .M	M.A.A	U. K.M. Ouargla.

Année Universitaire : 2010/2011

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Première partie : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Situation céréalière dans le monde

I. Importance de la céréaliculture dans le Monde2

 Le blé dur dans le monde2

II. Importance de la céréaliculture en Algérie.....3

 a. Analyse de la production et des rendements4

 b) Caractéristiques du Sahara (cas de l'Algérie)5

III. La situation de la céréaliculture dans la wilaya d'étude (Ghardaïa) durant la campagne agricole 2008/20095

CHAPITRE II : LA BIOLOGIE DU BLE

I - Les caractères morphologiques8

 Appareil racinaire.....8

 B. Appareil aérien8

 C. Appareil reproducteur.....8

 D. Le grain.....8

II. Les exigences agronomiques de la culture du blé.....8

 II-1. Exigences d'une bonne pratique avant la récolte.....8

 a) Rotation des cultures.....9

 b) Préparation du sol.....9

 c) Semis9

 d) Protection phytosanitaire9

 e) Fertilisation.....9

 f) Entretien.....10

 II.2. Exigences pédoclimatiques.....10

 a)Température.....10

 b) Eau.....11

c) Lumière.....	11
d) Sol.....	11
III- LES STADES DE DEVELOPPEMENT DU BLE.....	11
III-1- la germination levée	11
III-2- le tallage.....	12
III-3- la montaison.....	12
III-4- l'épiaison et la floraison.....	12
III-5- le remplissage du grain et la maturation.....	12
I. Les différents états du phosphore dans le sol.....	13
I.1. Le phosphore total.....	13
I.2. Le phosphore assimilable.....	13
II. Les formes du phosphore dans le sol.....	13
II.1. Phosphore insoluble.....	13
II.2. Phosphore soluble.....	14
II.3. Phosphore facilement échangeable.....	14
II.4 Absorption du phosphore par la plante.....	14
II.5 Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures.....	15
III. Les facteurs influençant l'assimilabilité du phosphore dans le sol.....	16
III.1 Le Ph.....	16
III.2. La température.....	17
III.3. Le calcaire.....	17
III.4. Le pouvoir fixateur du sol.....	18
III.5. Influence des sels solubles.....	18
III.6. Dynamique du phosphore dans le sol.....	18
IV. Importance et rôle du phosphore.....	18
V. Le phosphore dans la plante.....	19
VI. Excès et carence du phosphore.....	20
VII. Interaction des autres éléments nutritifs avec le phosphore.....	21

Deuxième partie Matériel et méthode

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I .1.Situation géographique	22
I .2. Cordonnées géographiques.....	22
I .3. Facteurs naturels	23
I .3. 1. Données climatiques.....	23
I.4. Les données hydrogéologiques.....	25

I.4.1. Le continental intercalaire ou nappe albienne	25
I.4.2. Nappe phréatique	25
I.4.3. L'eau d'irrigation.....	25
I.5. Le Sol de la région.....	26

Chapitre II : Protocole expérimental

II.1. Choix du site expérimental.....	27
II.2. Matériel d'étude	27
II.2.1. Matériel Végétal	27
II.3. Méthodologie	27
II.3.1. Protocole expérimental.....	27
II.3.2. Conditions de déroulement de l'essai.....	29
II.3.2.1. Précédent cultural.....	29
II.3.2.2. Travail du sol.....	29
II.3.2.3. Semis.....	29
II.3.2.4. Fertilisation.....	29
II.3.2.5. Désherbage.....	29
II.3.2.6. Irrigation.....	29
II.3.2.7. Récolte.....	29
II.4 Mesures effectuées.....	31
II.4.1. Caractères morphologiques	31
II.4.2. Composantes du rendement.....	32
II.4.3. Les rendements	32
II.4.4. Dosage du phosphore.....	33
II.5. Analyses statistiques des données.....	33

Troisième partie résultats et discussion

I. Sol du site expérimental.....	34
II. Paramètre de rendement.....	35
II.1. Nombre d'épis au m ²	35
II.2. Nombre d'épillets totaux par épi.....	36
II.3. Nombre de grains par épi.....	37
II.4. Le poids de 1000 grains.....	39

II.5 Rendement calculé en grains	40
II.6 Rendement en paille	42
III. Paramètres de croissance	43
III.1. Longueur de l'épi	43
III.2. Longueur du col de l'épi	44
III.3. Longueur des tiges	45
III.4. Biomasse totale (stade floraison)	46
III.5. Biomasse totale (stade maturité)	47
III.6. Indice de récolte	48
IV. La nutrition phosphatée	50
IV.1. Teneur de la plante en phosphore (stade floraison)	50
IV.2. Teneur de la plante en phosphore (stade maturité)	51
IV.2.1. Dans les grains	51
IV.2.2. Dans la paille	52
Conclusion	54
Références bibliographiques	56
Annexe	60

Introduction

L'Algérie a fait un grand pas dans la réduction de sa facture alimentaire. Elle n'a pas importé de blé dur depuis avril 2009, avec une production de 6,2 millions de tonnes des céréales soit 4,1 millions de tonnes de blé (dur, tendre) l'Algérie a assuré une réserve stratégique peut satisfaire les besoins des deux prochaines années.

Cette production à diminuer la facture d'importation de ces produits a 2 milliards de dollars par rapport au 2008 qui est estimé par 3,25 milliard de dollars **(OAIC 2010)**.

Les céréales d'hiver 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 et animales sont pratiquées dans ces Régions. Cependant les rendements restent relativement bas par rapport aux potentialités de Ces milieux, 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.

Les responsables du pays ont décidés de lancer un vaste programme de mise en valeur en vue de tirer profit de l'énorme potentiel que recèlent les régions sahariennes, car elles sont caractérisées par l'existence d'importantes ressources hydriques souterraines et par de vastes étendues de terre **(AKLI, 1996)**.

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 et réduire le risque de pollution des eaux souterraines. **(HALILAT., 1993)**.

Compte tenu des intérêts vivriers et nutritionnels des céréales, il est important et urgent pour les pays et les autorités de s'intéresser à ce secteur agricole pivot, afin d'offrir et d'assurer l'aliment de base de leur populations en étendant les emblavures et essentiellement en améliorant les rendements.

Pour assurer la rentabilité des champs cultivés en céréales, il faut obtenir non seulement de bons rendements des cultures ensemencées, mais surtout des résultats financiers positifs. L'atteinte de cet objectif passe par la recherche d'un équilibre entre les besoins en éléments nutritifs des cultures et les apports en fertilisants de toute provenance, en tenant compte du niveau de richesse du sol, de la rotation des cultures, des pratiques culturales, de la protection des cultures et de la zone climatique **(MICHEL, 2005)**.

La fertilisation phosphatée, est un facteur de rendement très important qui a toujours posé des problèmes importants. S'il est facile de connaître les besoins réels des plantes cultivées, le maintien d'une teneur suffisante dans le sol pour satisfaire les besoins de la plante est difficile à apprécier. En effet le phosphore est soumis à diverses contraintes physiques et chimiques, et il convient de définir leur importance dans le milieu calcaire et les méthodes nécessaires pour parvenir à une utilisation rationnelle des engrais phosphatés (**DUTHIL, 1973**).

En vue de l'importance et le rôle qui joue le phosphore dans l'amélioration des rendements des céréales, plusieurs travaux ont été réalisés dans ce contexte par des chercheurs tel que (**LAMBERT, GERVY 1970, DUTHIL1973, MHIRI 2001, DERAOUI 2004**) .

C'est dans ce cadre s'insère notre travail sur l'influence de trois types d'engrais phosphatés apportés à différentes doses sur le comportement d'une culture de blé dur conduite sous-pivot d'irrigation dans la région d'El-Menia.

I. Les différents états du phosphore dans le sol

I.1. Le phosphore total

La teneur en phosphore total dans la plus part des sols est comprise entre 0,02 à 0,08 % (GERVY, 1970).

Les sols dérivant des roches ignées sont plus riche en phosphore total que les roches issues des roches sédimentaires (DUTHIL, 1973).

Notons que la détermination du phosphore total intéresse plus le géologue ou minéralogiste que l'agronome en effet ce dernier ne peut rien en déduire à propos de la fertilité du sol et des mesures à prendre afin de l'entretenir (DEZIRI, 1986).

I.2. Le phosphore assimilable

C'est la quantité de phosphore, capable de participer à l'alimentation des végétaux, a été l'objet de longues et patientes recherches qui se sont principalement engagées dans la définition de réactifs chimiques dite «assimilable» (GERVY, 1970).

A la notion de réserve globale de phosphore (P) s'est donc très vite substituée celle de quantité facilement accessible aux racines des plantes, c'est-à-dire capable de participer à la fois à l'alimentation du végétal et au maintien de la concentration de la solution du sol en phosphore (GERVY, 1970).

II. Les formes du phosphore dans le sol

II.1. Phosphore insoluble

Les précipitations de phosphates de fer et d'alumine que l'on rendait autrefois responsable d'importantes pertes de phosphore dans les sols, n'interviennent en fait qu'à des pH très bas, inférieurs à 4,5 (GERVY, 1970).

Pourtant la précipitation des sels de fer et d'alumine reste possible jusqu'au des pH faiblement acide mais elle se fait en partie avec l'anion OH⁻, à l'état d'hydrate et totalement sous cette forme quand le pH est alcalin (GERVY, 1970).

Les formes dites «insolubles» ne font néanmoins pas partie des réserves inassimilables de phosphore existant dans le sol. Des modifications de pH, l'action de la matière organique, l'activité microbienne, la possibilité d'utilisation directe des phosphates minéraux par plusieurs espèces végétales font que ces formes de phosphore exercent un rôle non négligeable dans la nutrition des plantes (GERVY, 1970).

II.2. Phosphore soluble

L'absorption du phosphore par la plante se fait sous la forme du phosphore soluble dans la solution du sol, sa concentration est très faible et presque constante du fait des échanges continuels avec le phosphore adsorbé (**DIEHL, 1975**).

Nous notons aussi que l'absorption de l'acide phosphorique par les végétaux dépend toujours de la forme d'ion dominant dans la solution du sol et cette dominance dépend du pH (**DUTHIL, 1973**)

Certains végétaux sont susceptibles, grâce à leurs excréctions racinaires d'utiliser les formes insolubles de P_2O_5 (**DUTHIL, 1973**).

II.3. Phosphore facilement échangeable

C'est l'ensemble des ions adsorbés par le complexe adsorbant du sol et constitue de ce fait l'essentiel du pool alimentaire des plantes (**FARDEAU et al, 1991**) (figure 1).

Selon **LAMBERT (1979)**, l'acide phosphorique est un anion et ne peut être retenu par le complexe que par l'intermédiaire d'un cation : fer, aluminium, mais généralement le calcium

Selon **DUTHIL (1973)**, la quantité de phosphore fixée sur le complexe va donc dépendre de : type et taux d'argile qu'il contient ; la capacité d'échange de l'argile, plus la capacité est élevée et plus le sol fixe l'acide phosphorique ; la quantité de calcium présent dans le milieu c'est-à-dire le pH (figure 1), réplification ; c'est-à-dire de se dédoubler. Les acides nucléiques sont des unités élémentaires qui se rassemblent pour former les gènes, eux-mêmes associés en des longues chaînes qui sont les chromosomes (**GERVY, 1970**).

En effet, il intervient dans la synthèse de l'ARN et par conséquent sur la synthèse des protéines et des lipides, on sait que le majeur parti du phosphore se trouve dans la plante sous forme de phosphates minéraux localisés dans les vacuoles cellulaires (**GACHON, 1969**).

II.4 Absorption du phosphore par la plante

La nutrition phosphatée des plantes ne peut être assurée que par du phosphore présent sous forme de Phosphates H_2PO_4 ; $H_2PO_4^-$; HPO_4^- ; PO_4^- (**FARDEAU, 1993**).

La nutrition de la plante en phosphore se fait surtout à partir des formes ioniques dans la solution du sol et le flux de transpiration n'explique que 5% à 10% des quantités prélevées par les plantes au cours de leurs cycles ou période de croissance, les 90% à 95% complémentaires sont libérés de la phase solide par désorption ou dissolution des minéraux durant la croissance (**HINSINGER, 2001**).

II.5 Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures

En générale l'absorption du phosphore par les plantes est à peu près terminée vers la fin de la période de croissance maximale. L'importance des exigences en phosphore lors de certains stades végétatifs, montaison et épiaison par exemple est caractérisée sous l'appellation (besoins instantanées) qui atteignent parfois plusieurs Kg de P₂O₅ / ha /Jour.

Les plantes cultivées ont des exigences annuelles qui se situe entre 40 et 120 kg / ha suivant les espèces végétales, le type de production et les potentialités pédoclimatiques, mais il faut également tenir compte de rythme de prélèvements de phosphore dans le sol pour se soucier, non pas seulement d'une quantité de P₂O₅ à fournir dans le sol, mais également des formes de P₂O₅ dotées d'une action suffisamment rapide pour compléter ou supplier les fournitures de l'horizon cultivé. La production de 1g de matière sèche par une plante requiert un prélèvement d'environ 3 mg de P (FARDEAU, 1993).

En période de montaison et d'épiaison, un Maïs peut prélever 2 kg/ha/jour de P (tableau 1) (SNOUSSI et al, 1996), avec une concentration de 0,25 mg /l de P dans la solution du sol et une humidité du sol de 25 % poids.

Les cultures peuvent être classées selon leurs exigences en P (tableau 1).

Tableau 1. Classification des cultures selon leur exigence en P

Très exigeante	Betterave, Col/a, Luzerne, Pomme de terre.
Moyennement exigeante	Blé dur, Orge, Pois, Ray-grass, Sorgho.
Peu exigeante	Avoine, Blé tendre, Seigle, Soja, Tournesol.

SNOUSSI et al (1996)

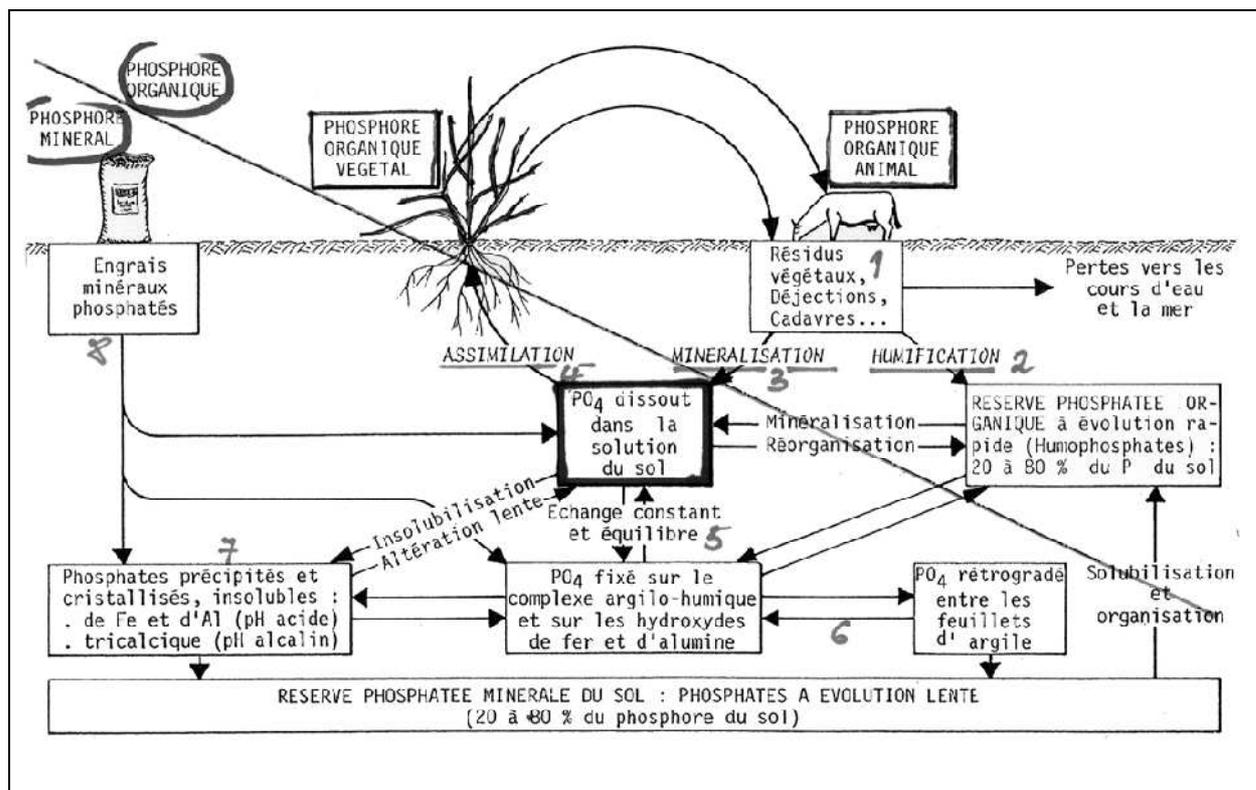


Fig. 5 : cycle de phosphore dans la nature.

III. Les facteurs influençant l'assimilabilité du phosphore dans le sol

III.1 Le pH

Selon **BUCKMANE** (1990), en sols acides, le fer, l'aluminium et le manganèse, qui ont une activité intense, rendent le phosphore insoluble, et par conséquent inassimilable par les plantes, tandis qu'en sols calcaires, estime que le complexe adsorbant étant saturé en Ca^{+2} échangeable, ces derniers réagissent avec les ions phosphoriques les rendant de ce fait peu solubles ou insolubles.

Le degré de l'insolubilisation dépend de la richesse du sol en calcaire. Les mêmes auteurs estiment que c'est à des pH voisins de la neutralité que le phosphore est le plus soluble.

GERVY (1970) souligne qu'à pH égal à 7, il existe une proportion à peu près équivalente d'ions H_2PO_4^- et d'ion HPO_4^{2-} , alors que l'ion PO_4^{3-} n'apparaît qu'à $\text{pH} > 11$.

III.2. La température

D'après **GILLES** (1969), une basse température réduit la mobilité de l'acide phosphorique échangeable du sol. Ce qui entrave l'alimentation phosphatée des plantes.

III.3. Le calcaire

A faible concentration, **DUTHIL** (1973) souligne que le calcaire joue un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques contre leur adsorption énergétique par le fer et l'aluminium libres. A des concentrations élevées, il y a formation de phosphates calciques de moins en moins solubles qui peuvent évoluer vers une forme insoluble ou apatitique.

Les engrais apportés au sol sont dissous et libèrent des ions phosphoriques qui vont prendre diverses voies d'organisation dans le milieu (Fig. 6).

Les sols calcaires comportent 3 constituants principaux intervenant dans cette organisation :

- la présence de la matière organique, avec une teneur plus ou moins importante selon les sols, pouvant varier de 1 à 3% dans l'horizon de surface cultivé.
- l'analyse, à des teneurs variables, selon la différenciation des types de sols concernés,
- et enfin (et surtout) le calcaire qui selon sa forme, sa dureté, et selon l'activité biochimique, l'intensité et la fréquence des précipitations, va contribuer à la libération des ions calciques.

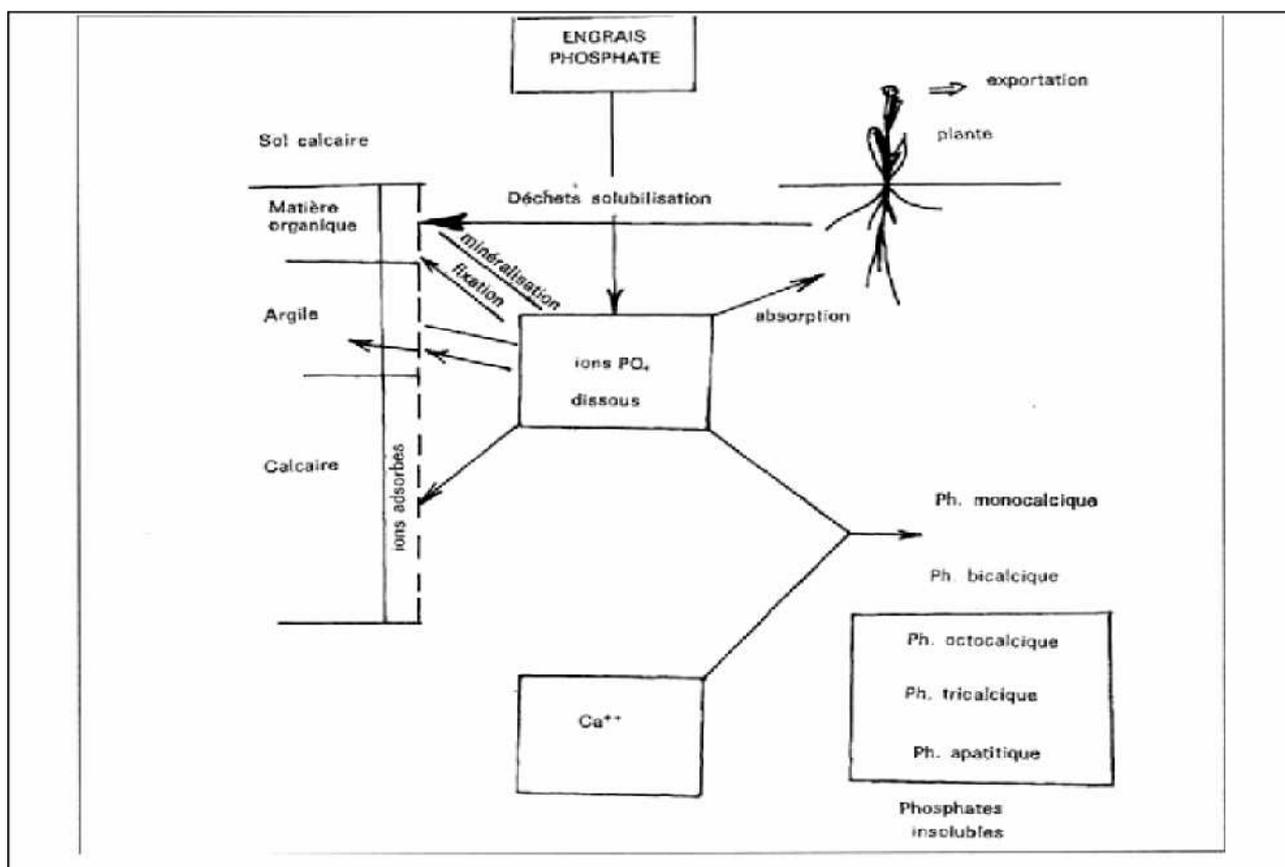


Figure 6. Schéma du cycle du phosphore en sol calcaire (**DUTIL, 1970**).

III.4. Le pouvoir fixateur du sol

Selon **GACHON** (1969), le pouvoir fixateur est l'énergie avec laquelle les constituants du sol fixent les ions phosphoriques. Cette énergie est en fonction de la quantité et de la nature des argiles.

Un pouvoir fixateur élevé rend difficile la disponibilité des ions phosphoriques, car leurs désorptions diminuent considérablement (**GACHON**, 1969).

III.5. Influence des sels solubles

D'après **GACHON** (1969), en milieu salin un apport phosphaté est susceptible d'augmenter le rendement ; ceci est dû à une interaction positive entre le phosphate et les sels lorsque la concentration est modérée.

III.6. Dynamique du phosphore dans le sol

D'après **GROS** (1977), il existe un équilibre permanent entre les divers états du phosphore dans le sol. Ainsi la matière organique, à son tour, libère du phosphore dans la solution du sol après minéralisation.

L'équilibre le plus rapide et le plus important existe entre le phosphore dissout dans la solution du sol et le phosphore échangeable, et estime que ces deux dernières formes représentent la réserve alimentaire en phosphore (**DUTIL**, 1976).

GERVY (1970), estime qu'un sol est considéré comme riche en phosphore assimilable lorsque sa teneur dépasse 0,3 ‰, moyennement riche quand cette dernière est comprise entre 0,15 ‰ et 0,3 ‰, et pauvre quand elle est inférieure à 0,15 ‰.

Donc le phosphore peut être absorbé, précipité, comme il peut être dissout. Le phosphore organique peut être minéralisé ou réorganisé (**RAZI**, 2006)

IV. Importance et rôle du phosphore

A l'exception de l'azote, aucun autre élément n'est aussi essentiel au développement de la plante que le phosphore. Il participe tout d'abord à l'élaboration de l'ensemble des tissus qui constituent un végétal (**GERVY**, 1970).

On trouve le phosphore dans tous les tissus de la plante à une concentration plus ou moins élevée suivant la partie de l'appareil végétatif considéré. Le phosphore est nécessaire au développement des cultures dès les premiers stades de croissance. Une céréale ne recevant pas

de phosphore au cours des quatre premières semaines, n'épiera pas et aucun apport ultérieur ne pourrait réparer le préjudice occasionné (**GERVY, 1970**).

Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux autres processus chimico-physiologiques de la plante (**LAMBERT, 1979**).

Il intervient dans la rigidité des tissus, les rendant plus résistants à la verse et aux maladies cryptogamiques (**ANONYME, 1985**).

Le phosphore influence particulièrement la croissance du système racinaire (**BAEYENS, 1967**), en augmentant sa surface et permet donc d'accroître le prélèvement des éléments nutritifs du sol.

En liaison avec l'azote et la potasse, la fumure phosphatée favorisent la résistance au froid des végétaux en permettant d'y accroître la concentration du suc cellulaire (**GERVY, 1970**).

Selon **GERVY (1970)**, le rôle du phosphore s'exerce particulièrement lors des stades de multiplication cellulaire et de formation des sucres, par exemple au cours de l'élaboration des tissus cellulotiques.

V. Le phosphore dans la plante

Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (phosphate alcalin) (**DUTHIL, 1973**), mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Il consiste à permettre l'édification d'une architecture moléculaire, véritable code génétique qui s'inscrit dans la diversité des acides nucléiques.

Tableau 2. Exportation de quelques cultures en phosphore

Culture	Nature de produit	P2O5 prélevé	Rdt (q /ha)
Blé	Grain	0,9	50
	Plante entière	1,2	
Blé tendre	Grain	1,2	40
	Plante entière	1.8	
Orge	Grain	0,8	45
	Plante entière	1,1	
Avoine	Grain	0,8	40
	Plante entière	1.1	
Mais	Grain	0,8	40
	Plante entière	1,1	
Tournesol	Grain	1,3	25
Betterave sucrière	racine Plante entière	0,1 0,1	500

VILAIN (1997)

VI. Excès et carence du phosphore

Le rôle primordial du phosphore au cours de la photosynthèse et par voie de conséquence, dans la synthèse des protéines explique que certains de ces symptômes rejoignent ceux du manque d'azote (GERVY, 1970).

On peut d'ailleurs en dire autant du soufre (S) tant il est vrai que N, P et S sont tous trois placés sous la dépendance de leur prélèvement dans le sol pour s'unir au niveau des feuilles à C, H et O afin de bâtir les molécules organiques du monde vivant (GERVY, 1970).

Les signes généraux du manque de phosphore sont liés à un développement anormalement faible du végétal. Cette réduction porte à la fois sur les parties aériennes et souterraines, les feuilles se singularisent par leur port érigé et leur forme généralement plus pointue que la normale, elles restent petites et tombent prématurément. Un retard dans l'éveil des bourgeons et une floraison réduite sont souvent observés sur les arbres et les arbustes (DESIRI, 1986).

Des caractères plus spécifiques du manque du phosphore sont notés sur le feuillage qui prend une teinte plombée ou mate, vert bleuté avec parfois des colorations pourpres allant même jusqu'au rouge (DESIRI, 1986).

Des détériorations peuvent apparaître sur la zone marginale du limbe qui brunit et se nécrose tandis que les feuilles âgées se dessèchent anormalement tôt, de tels symptômes s'observent par exemple sur la pomme de terre (**DESIRI**, 1986).

Sur les céréales, blé, Orge et Avoine, Il s'agit principalement d'une coloration anormale du feuillage qui se manifeste par une teinte pourpre et un rougissement. Cette pigmentation se localise sur des lignes parallèles aux nervures et affecte parfois la tige des céréales. Elle peut apparaître précocement sur les jeunes plantes qui conservent alors en même temps un port dressé (**RAZI**, 2006).

Les Maïs sont soumis aux mêmes symptômes, le limbe prend une teinte pourpre violacée très caractéristique. Une période de temps froid entraîne l'apparition de ces symptômes sur les céréales, sans que l'on sache exactement si les températures basses sont responsables d'un manque de mobilité de l'acide phosphorique dans le sol ou si elles déclenchent directement un trouble quelconque de l'alimentation phosphatée du végétal (**RAZI**, 2006).

VII. Interaction des autres éléments nutritifs avec le phosphore

Il existe une relation de synergisme entre le phosphore et l'azote. En effet ces deux éléments sont indispensables pour les fonctions vitales de la plante (photosynthèse, formation des protéines, fixation symbiotique du phosphore...). L'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore par la plante (**LEIKAM** et al, 1983).

Le même phénomène existe avec le potassium et le magnésium; leur présence ensemble augmente la croissance des plantes (**LEIKAM** et al, 1983). Aussi il semble que le Mg entraîne une meilleure dissolution du phosphore dans la solution du sol (**RAZI**, 2006), et la présence des sulfates en faible quantité dans le sol à un effet synergique vis-à-vis du phosphore (**RAZI**, 2006). Par contre, lorsque les cations Ca^{2+} se trouvent en quantité importante dans le sol, il y a un effet antagoniste entre le phosphore et le calcium par formation des composés insoluble (**RAZI**, 2006).

I.1. Situation géographique

L'essai a été mis en place au niveau des terres de l'exploitation de HADJADJ Mahmoud, qui se trouve à El-Goléa, à 270 km au sud de la wilaya de Ghardaia. Elle est composée de deux communes El-Menia et Hassi Gara. Elle occupe un couloir entre la falaise (Battent) et les dunes de l'erg occidental, couloir qui correspondrait au prolongement de l'oued – Seggeur provenant de l'Atlas saharien.

L'oasis est établie sur une mince couche alluviale repassant sur les terrains du crétacé inférieur et dispose des ressources hydriques relativement importantes (BELERAGUEB, 1996).

I.2. Cordonnées géographiques

La région se trouve dans une altitude de 397 m avec une longitude de 2°87' Est et une latitude de 30°57' Nord.

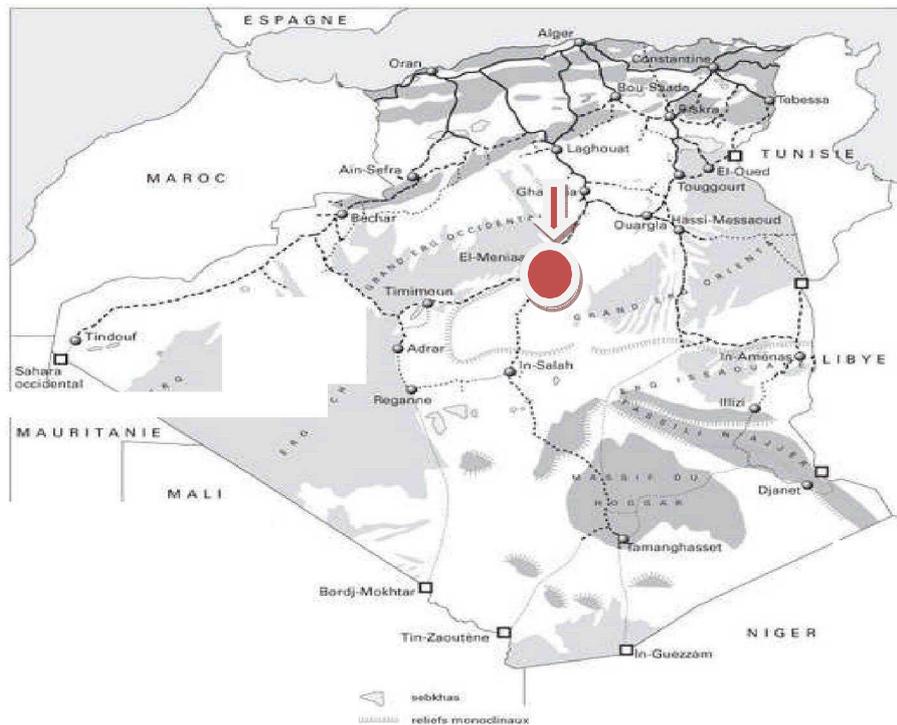


Figure 7. Position géographique d'El-Meniaa (<http://encyclopedie-afn.org>)

I.3. Facteurs naturels

I. 3. 1. Données climatiques

La région saharienne se caractérise par un climat de type aride avec de fortes amplitudes entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver. L'oasis d'El-Goléa est définie comme zone désertique où l'évaporation potentielle excède toujours la précipitation ; elle est caractérisée par son "hiver" rigoureux et froid et son "été" sec et chaud (BELERAGUEB, 1996).

a. Température.

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, celle enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 9,2 °C (HOUEIROU, 1995 ; DPAT Ghardaïa, 2007).

Tableau 3. Températures mensuelles d'El-Goléa (2009/2010) (C⁰)

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	mars	Avr.	mai	juin
T M(c°)	22,7	21,6	25,9	28,4	31,8	33,3	40,6
T m(c°)	5,1	3,9	8,5	11,6	16,1	17,2	23,8
T moy(c°)	13.9	12.75	18.75	12.25	23.95	25.25	32.2

Source : www.tutiempo.net

b. Pluviométrie

Les précipitations sont rares, très faibles et irrégulières; le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois de Janvier à Mars).avec une moyenne de 0,25 mm. Les pluies sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels (DPAT Ghardaïa, 2007).

Tableau 4. Pluviométrie mensuelle d'El-Goléa (2009/2010). (mm)

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	mars	Avr.	mai	juin
P(mm)	0	0	1,02	0	0	0,51	0

Source : www.tutiempo.net

c. Humidité relative

Dans le Sahara, la moyenne des humidités est rarement supérieure à 65% et peut descendre au dessous de 30%. Sur un intervalle de dix années, la moyenne des humidités la plus élevée est enregistrée au mois de janvier avec 49,6% et la plus faible au mois d'août avec un taux de 2.3%.

Tableau 5. Humidité relative mensuelle d'El-Goléa (2009/ 2010).

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	mars	Avr.	mai	juin
H (%)	47,3	44,6	39,3	29,9	32,9	28,2	24,1

Source : www.tutiempo.net

d. Durée d'ensoleillement journalière

Elle oscille entre 9,6 h et 14,5 h en fonction des saisons, soit environ 3 410 à 5 165 h/an (la limite théorique tolérable est de 4 380 h/an). Selon des statistiques récentes, l'énergie solaire donne au Sahara 6 k watts d'électricité par mètre carré.

e. Vents

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général de mars à avril, on assiste à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut ; ils ont un effet néfaste sur les plantes (évapotranspiration intense, transformation des dunes, érosion, envahissement des champs par le sable...). Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux de l'hiver sont froids et humides.

A El-Goléa, les vents les plus fréquents sont ceux du nord et du Nord – Est, qui s'étalent de février à juin. Les vents du nord sont les plus forts et peuvent atteindre 30 à 40 km/h durant la période décembre-juin.

Tableau 6. Vitesse du vent dans la région d'El-Goléa (2009/2010).

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	mars	Avr.	mai	juin
VM(km/h)	28,3	29,8	29,3	31,9	33,9	30,9	35,7
V(km/h)	7,8	7,6	12,3	15,7	19,3	18,2	17,3

Source : www.tutiempo.net

VM : vitesse maximale du vent durant le mois (km/h),

V : vitesse moyenne du vent (km/h).

I.4. Les données hydrogéologiques

Les caractéristiques du climat montrent que les précipitations sont très faibles pour provoquer l'écoulement ; l'oasis doit son eau des nappes souterraines à travers des puits et des forages (**BELERAGUEB, 1996**).

I.4.1. Le continental intercalaire ou nappe albienne

Elle est très importante et qualifiée de grand appareil hydraulique du Sahara (**SAVORAIN, 1947**). Ascendant et jaillissant suivant les points d'eau de l'oasis, les eaux des forages correspondent à cette nappe profonde **BAHMANI (1987)**.

I.4.2. Nappe phréatique

C'est une nappe superficielle, se trouvant dans les formations du quaternaire ; circule dans les sables et alluvions de (l'oued Segueur) dans la vallée au sont implantées les palmeraies d'El-Menia. La nappe bénéficie surtout des infiltrations provenant de la nappe albienne, soit des eaux de ruissellement (**BELERAGUEB, 1996**).

Selon **BAHMANI (1987)** la nappe est à 1,40 m de la surface de l'oasis, elle monte progressivement vers le sud à des profondeurs inférieures à 1 m.

I.4.3. 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, une qualité moyenne à bonne, dont le risque de salinité est faible même pour la solidité (tableau 7). Cette eau doit être utilisée avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).

Tableau 7. L'eau d'irrigation du cite expérimentale

Parameters	pH	CE (dS/ m) à 25°C	Elements en (Mèq/l)								SAR	Rse c (g/l) à 105° C
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	k ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ³⁻	HCO ⁻³		
Eau d'irrigation	7,8	0,38	0,77	10,5	0,34	1,50	2,5	25,6	00	15,3	0,63	0,4

I.5. Le Sol de la région

Selon **BELERAGUEB (1996)** ; En dehors de la palmeraie, sur les plateaux, l'érosion éolienne a décapé les éléments fins, ne laissant en surface que les éléments grossiers (reg). Au niveau de la plaine alluviale (palmeraie), les apports sont assez homogènes et caractérisés par une granulométrie assez grossière : sable fins, sable fins légèrement limoneux. En profondeur la variabilité est plus grande, on observe des niveaux granilo-caillouteux et des niveaux argileux.

II.1. Choix du site expérimental.

L'essai au champ a été mené sous pivot à la ferme de production « **HADJADJ Mahmoud** » pendant la campagne agricole 2009/2010. Cette ferme située à 20 Km du Nord de la ville d'El-Goléa. Elle a été créée en 1990 et couvre une superficie de 750 ha.

Notre étude a été menée dans le pivot 02, qui a une superficie de 30 ha. Nous avons utilisé 4 ha pour notre essai, pour éviter toute source d'hétérogénéité et selon les conditions de la ferme et le matériel utilisé pour la réalisation de notre essai.

II.2. Matériel d'étude

II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre essai est le blé dur *Triticum durum* variété CARIOCA (Annexe2) R1 d'origine française. C'est une variété très précoce caractérisée par un tallage faible mais très belle finition avec toujours un très beau et gros grain (C.N.C.C, 2009), et qui présente une faculté germinative de 98 % avec un poids de 1000 grains égal à 59 g.

II.3. Méthodologie

II.3.1. Protocole expérimental :

Dispositif expérimental

Dans notre essai nous avons utilisé les types d'engrais suivants :

- ❖ Le FOSFACTYL (3, 22,0) + 18% : Il dose 22% P₂O₅, 3% N et 18% de soufre. Le soufre est considéré comme un élément fixateur qui inhibe le lessivage du phosphore dans le sol.
- ❖ Le MAP (12, 52,0) : engrais acidifiant qui contient 52% P₂O₅ et 12% d'azote.
- ❖ Le SSP (0, 17, 0) : c'est un engrais simple, contient 17% P₂O₅ 12% de soufre.

Les trois types d'engrais sont mis en comparaison suivant les doses ci-après :

- 30 unités de P₂O₅/ha.
- 60 unités de P₂O₅/ha.
- 90 unités de P₂O₅/ha.

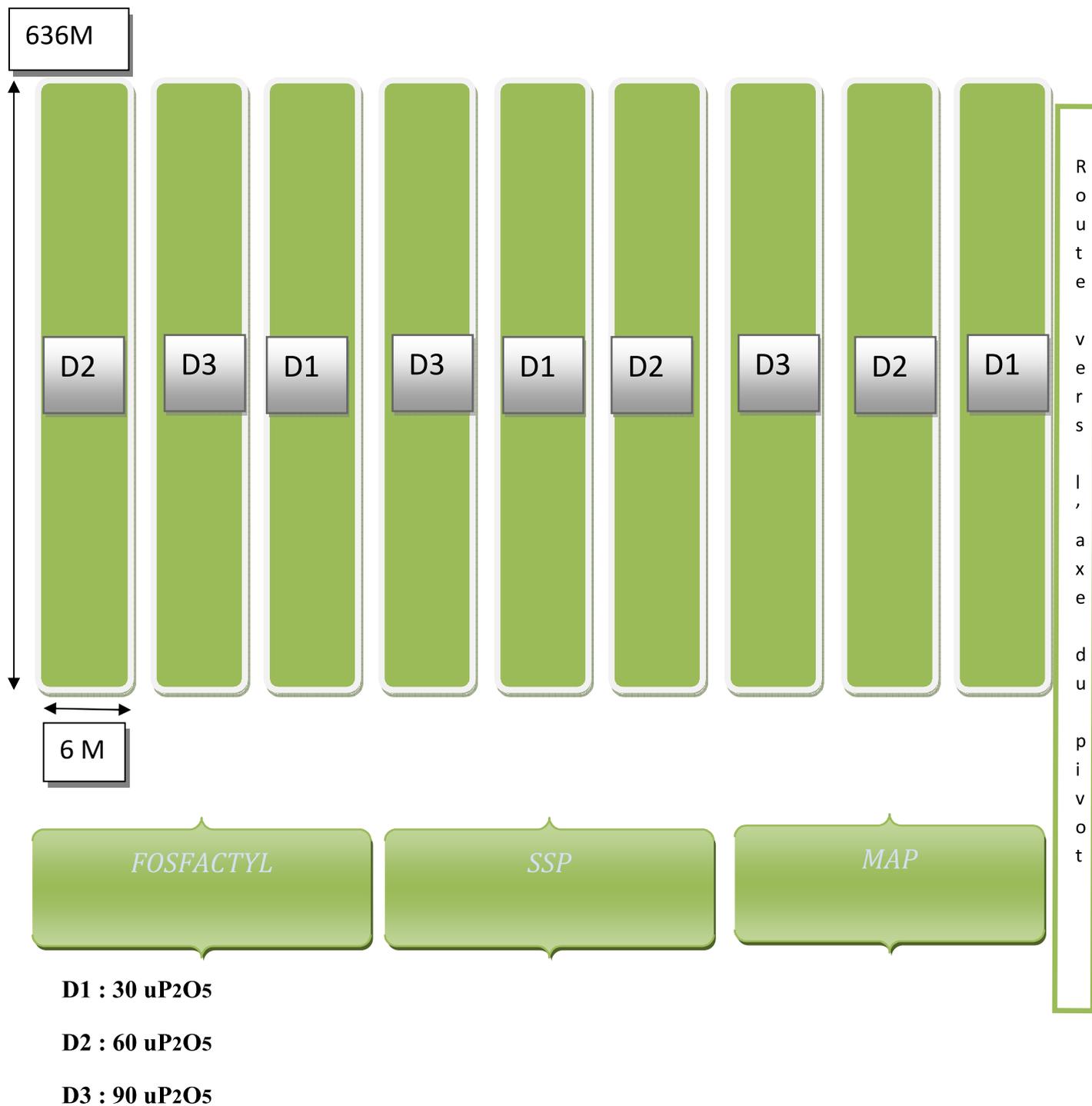
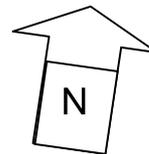


Figure 8. Dispositif expérimental

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

II.3.2.1. Précédent cultural

Le précédent cultural de notre parcelle était une culture de pomme de terre.

II.3.2.2. Travail du sol

Le travail du sol a été effectué le 20/01/2010. 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 au sol.

II.3.2.3. Semis :

Le semis est réalisé le 26/01/2010 à l'aide d'un semoir combiné. L'écartement entre les lignes est de 13 cm pour une dose de semis de l'ordre de 2 quintaux par hectare.

II.3.2.4. Fertilisation :

La fertilisation consiste à apporter des éléments minéraux, afin de satisfaire les besoins de la culture et qui doit être raisonnée (**PREVOST, 1999**). Les engrais minéraux sont apportés au blé sous formes solide et liquide (tableau 8).

II.3.2.5. Désherbage

Le champ expérimental a été traité le 05/03/2010 contre le brome (*Bromus mollis*) par le COSSAK qui est un herbicide très efficace.

II.3.2.6. Irrigation

L'irrigation intervient juste après le semis (24 h/24 h) jusqu'à maturité, avec une dose de 5mm/jour

II.3.2.7. Récolte

La récolte de nos échantillons a été effectuée manuellement le 21 Juin 2010.

Tableau 8. Calendrier de la fertilisation de la culture

Stade de la culture	Date d'apport	Produits apportés	Doses apportées
Levée - Tallage	07/02/2010	SULFAZOTE	26kg/ha N
	11/02/2010	SULFAZOTE	16kg /ha
	13/02/2010	UAN	26kg/ha N
	21/02/2010	FERTILIDER ALPHA	41/ha
	25/02/2010	UAN	15 kg/ha N
	25/02/2010	POTAFERT	2q/ha
	27/02/2010	PHOSAMCO + AGRIPHOS	5kg/ha+ 5l/ha
Montaison & Gonflement	01/03/2010	Compound phosphate	5kg/ha
	07/03/2010	UAN	26 kg/ha N
	10/03/2010	PHOSAMCO + AGRIPHOS	5kg/ha+ 5l/ha
	13/03/2010	UAN	21kg/ha N
	15/03/2010	Compound phosphate + Safe N	4 kg/ha+ 4l/ha
	17/03/2010	UAN	15 kg/ha N
	21/3/2010	Bio radicante + protifert	3l/ha
	23/3/2010	AGRIPOTASH	3l/ha
	24/03/2010	UREE	12 kg/ha N
	28/03/2010	SAFE N	10l/ha
30/03/2010	Sulfazote	2q	
Epiaison & Floraison	1/04/2010	Tradincorp AZII	3 kg/ha
	03/04/2010	PHOSAMCO + AGRIPHOS	5KG/ha+ 3l/ha
	06/04/2010	UAN	26 kg/ha N
	10/04/2010	UAN	21 kg/ha N
	13/04/2010	UAN	26 kg/ha N
	17/04/2010	UAN	15 kg/ha N
Fin floraison	27/04/2010	UAN	21 kg/ha N

II.4 Mesures effectuées

Pour les mesures des différents paramètres étudiés, nous avons prélevé dans les parcelles homogènes les plantes sur 9 unités expérimentales (répétitions) par engrais et par dose. Donc on effectuée les mesure sur 81 échantillons durant les deux stades floraison et maturité, car le cycle est très raccourci.

II.4.1. Caractères morphologiques

a. Longueur de l'épi (cm)

Les mesures ont été effectuées sur 20 épis prélevés aléatoirement au niveau de chaque placette. Cette mesurée se fait de la base du rachis de l'épi jusqu'à l'extrémité supérieure de l'épi (les barbes exclues).

a. Longueur du col de l'épi (cm)

Nous avons mesuré la longueur du col depuis le point de jonction entre la tige et le limbe de la dernière feuille jusqu'à la base de l'épi.

b. Longueur des tiges (cm)

Les mesures ont été effectuées sur 20 tiges prélevés aléatoirement, cette mesure se fait la base de la tige jusqu'à l'extrémité supérieure.

c. Nombre d'épillets par épi

Les mesures ont été effectuées sur les épis prélevés précédemment.

II.4.2. Composantes du rendement

a. Nombre d'épis au m²

Le nombre d'épis/m² a été déterminé au stade maturité à raison de 3 placettes par parcelle élémentaire.

b. Nombre de grains par épi

Le nombre de grain par épi a été déterminé sur les épis ayant servi à mesurer la longueur de l'épi.

c. Nombre de grains au mètre carré

Ce paramètre est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Nombre de grains/m}^2 = \text{nombre de grains/épi} \times \text{nombre d'épis/m}^2$$

d. Poids de 1000 grains (g)

Après battage des grains nous avons prélevé au hasard 1000 grains séparément pour chaque parcelle élémentaire. Ces grains sont pesés afin de déterminer leurs poids.

II.4.3. Les rendements

a. Rendement en grain calculé (q/ha)

Le rendement calculé est déterminé selon la formule suivante :

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

Puis, on le convertit en q/ha comme suit :

$$\text{Rendement (q/ha)} = \text{Rendement (g/ m}^2\text{)} / 10$$

b. Rendement réel (q/ha)

Le rendement réel est déterminé après le battage des échantillons récoltés sur toutes les parcelles élémentaires. Les grains sont pesés, et on donne l'équivalent en q/ha.

c. Rendement en paille (q/ha)

Il est déterminé à partir de la pesée des tiges qui sont séparées des leurs épis.

d. Biomasse totale (q/ha)

Elle est déterminée à partir de la pesée de toutes les plantes récoltées.

e. Indice de récolte (IR)

Rapport entre le poids des grains et le poids total des plantes chez les céréales

Cet indice a été calculé par la formule suivante

$$\text{IR} = \frac{\text{Rendement en grain (q/ha)}}{\text{Biomasse aérienne (q/ha)}}$$

II.4.4. Dosage du phosphore

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de pédologie de l'école nationale supérieure d'agronomie. L'échantillon à analyser est séché dans l'étuve (70°C pendant) puis broyé. Après refroidissement progressif, on place 0,5 g de matière sèche dans une capsule qui est mise dans un four à moufle dont la température est augmentée progressivement pour atteindre 550 °C pendant 5 heures. Après refroidissement, les cendres récupérées sont soumises à une attaque par l'acide chlorhydrique à 2N. Les échantillons préparés sont ensuite analysés à l'aide du spectrophotomètre à une longueur d'onde de 410 nm.

II.5. Analyses statistiques des données

Le logiciel STATISTICA version 6.0 a servi à traiter l'ensemble des données pour l'analyse de la variance.

I .Sol du site expérimental

Nous avons réalisé les résultats physico-chimiques de notre site expérimental au laboratoire de l'ENSA. Les résultats analytiques présentés dans le tableau 9, montrent que le sol est caractérisé par une texture sableuse, à pH basique. La salinité du sol est faible ($CE = 0,175 \text{ dS/m}$), un taux de matière organique très faible. Avec la présence du calcaire actif (72,1%). Le rapport calcaire actif /calcaire total dépasse le $\frac{1}{2}$ ce qui représente une contrainte pour l'assimilation de phosphore par la plante.

Tableau 9. Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié

Paramètre	Résultats	Unités	Méthode utilisée	Normes	interprétation
Granulométrie	Argile	2	Percolation	Triangle textural de HENIN (1969)	Limo- Sableuse
	Limons	40,8			
	Sables	57,2			
pH eau	8,62	/	Potentiométrique	6,4 à 6,6	Alcalin
C.E	0,175	mmho/cm	Potentiométrique	0,75 à 1,4	Sol non salin
M.O	0,12	%	M.O = C%*1,72 ANNE	4	Sol pauvre en Matière
C	0,07	%		/	Organique
C/N	1,06	/	C/N	≤ 15	Très faible
CaCO ₃	13,5	%	Volumétrique	< 5	Taux élevé
CaCO ₃ actif	72,1	‰	DROUINEAU	10 à 25	Très élevé
N	0,0656	%	KJELDHAL	$> 1,5$	Très pauvre
P	4,212	ppm	JORET - HEBERT	100 à 200	Très faible

II.Paramètre de rendement

II.1. Nombre d'épis au m²

Le nombre d'épis/m² est une composante essentielle dans la formation du rendement final puisqu'il détermine le nombre de grain/m².

Le nombre d'épis/unité de surface est fonction de deux composantes qui sont le peuplement pied et le coefficient de tallage (**GRIGNAC, 1977**).

Tableau 10. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le Nombre d'épis au m²

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	574.36	703.85	685.47	654.56	Engrais :NS Doses :NS Engrais*dose :HS
SSP	696.15	651.28	656.41	667.95	
FOSFACTYL	647.86	661.54	638.46	649.29	
MOYENNE	639.46	672.22	660.11	657.26	

L'analyse de la variance (tableau10, annexI) montre que les engrais et les doses n'ont eu aucun effet significatif, par contre, l'interaction (engrais*dose) a eu un effet hautement significatif sur ce paramètre (CV = 10.02%).

L'interaction MAP*60u P₂O₅ a donné le meilleur nombre d'épis / m² avec 703,85 par contre la valeur la plus faible est enregistrée par le même engrais et la dose 30u P₂O₅ avec 574,36 epis/m² (Figure 9).

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 et après semis.

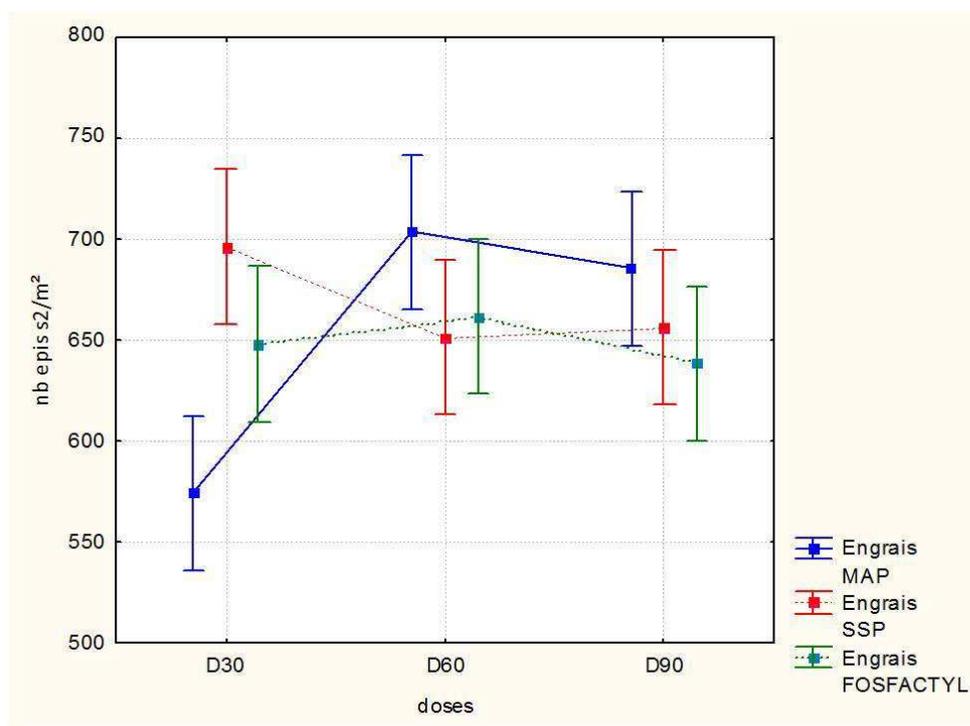


Figure 9. Le nombre d'épis /m² en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

II.2. Nombre d'épillets totaux par épi

Tableau 11. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le Nombre d'épillets par épi

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	13.44	13.67	13.78	13.63	Engrais :HS Dose :NS Engrais*dose :NS
SSP	13.89	14.33	14.22	14.15	
FOSFACTYL	13.33	14.00	13.00	13.44	
MOYENNE	13.56	14.00	13.67	13.74	

L'analyse de la variance sur le nombre d'épillets totaux par épi (tableau 11, annexe I) montre que les doses et l'interaction (engrais x doses) n'ont eu aucun effet significatif, par contre, l'effet engrais a eu un effet hautement significatif sur ce paramètre (CV = 5.75%).

L'engrais SSP a donné le meilleur nombre d'épillets par épi avec une moyenne de 14,15 par contre le Fosfactyl a donné le plus faible nombre d'épillets par épi avec une moyenne de 13,44 épillets par épi (Figure 10).

L'effet du phosphore sur la fertilité de l'épi est dû au fait que cet élément ait favorisé l'initiation florale au cours de la montaison (CHAPMAN et MASON, 1969 cités par BELAID, 1987).

Selon Romer(1985), Hafsi,(1990).l'application précoce du phosphore augmente le nombre d'épillets par épi, le nombre de grain par épi et la quantité de la matière sèche du blé .

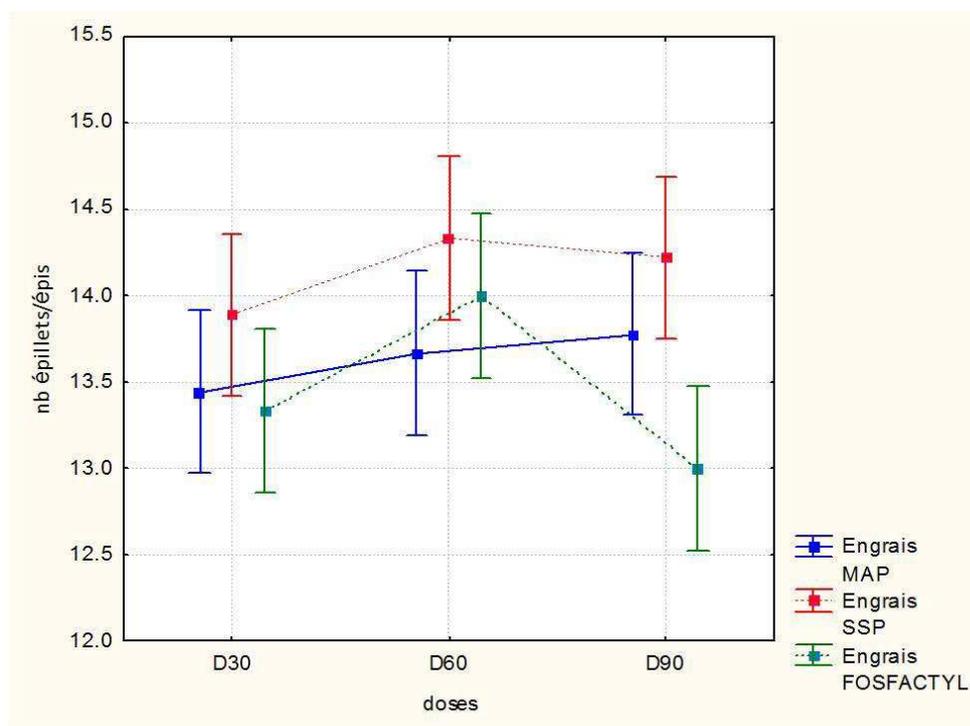


Figure 10. Le nombre d'épillets par épi en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

II.3. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale qui est très influencée par le nombre d'épis au mètre carré (COUVREUR, 1981).

La composante la plus importante du rendement soit le nombre de grain/épi et plus précisément le nombre de grain / épillet (LEGRET 1985).

Tableau 12. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le Nombre de grains par épi

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	29.50	23.29	23.10	25.30	/
SSP	21.80	25.39	24.15	23.78	
FOSFACTYL	24.84	22.95	22.90	23.56	
MOYENNE	25.38	23.88	23.38	24.21	

L'analyse de la variance (tableau12, annexe 1) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $CV. = 14,33\% > 12\%$.

L'interaction MAP* 30 u P₂O₅ a donné le meilleur nombre de grains /épi (29,50 grains /épi) ainsi que la dose la plus favorable est la D 30 avec une moyenne de 25,38 grains /épi par contre la valeur la plus faible est obtenu par l'interaction SSP*30 u de P₂O₅ avec 21, 38 grains /épi (Figure 11).

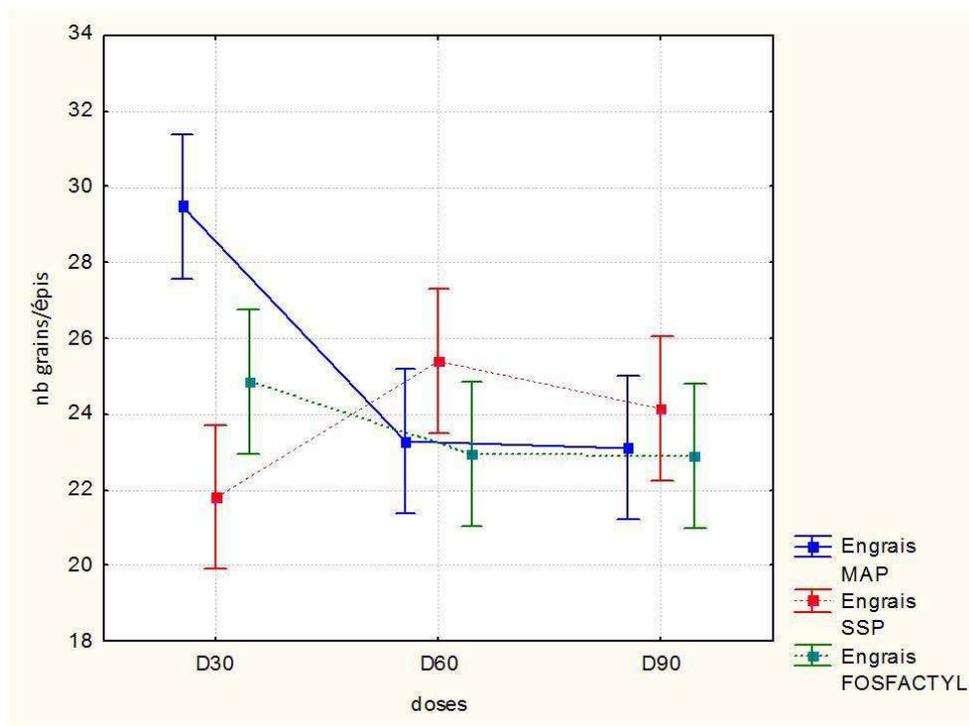


Figure 11. Le nombre grains par épi en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

II.4. Le poids de 1000 grains

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**). C'est la composante qui répand le mieu à un apport de phosphate (**MILADINOVIC et al, 1977 in BELAID ,1987**)

Tableau 13. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le poids de 1000 grains

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	43.17	43.40	39.93	42.17	
SSP	44.72	45.09	38.75	42.85	Engrais :NS
FOSFACTYL	42.30	41.19	43.46	42.31	Dose :HS
MOYENNE	43.40	43.23	40.71	42.44	Engrais*dose :THS

L'analyse de la variance (tableau13, annexe 1) montre que la différence est non significative entre les engrais, hautement significative entre les doses et très hautement significative pour l'interaction (engrais x doses) sur ce paramètre (CV. = 7.4%).

L'interaction SSP*60 u P₂O₅ a donné le meilleur poids de mille grains avec 45,09 g et la dose la plus favorable est obtenue au niveau de dose D 30 avec une moyenne de 43, 40 g par contre la valeur la plus faible est obtenue par l'interaction SSP*90 u P₂O₅ avec un PMG égal à 38,75 g(Figure 12).

Les resultats obtenus par **MIHOUB et MOUSSAOUALI(2009)** dépasse de 26% le poids de 1000 grains obtenu dans notre essai. La faiblesse du PMG dû aux conditions de températures supérieures à 30°C durant le stade de remplissage des grains.

Les travaux de **DELECOLLE (1985) et LACONDE et al. (1993)**, notent que des températures de l'air supérieures à 30°C ou une forte ETP conduisent à un défaut de remplissage du grain et à une réduction du poids de 1000 grains.

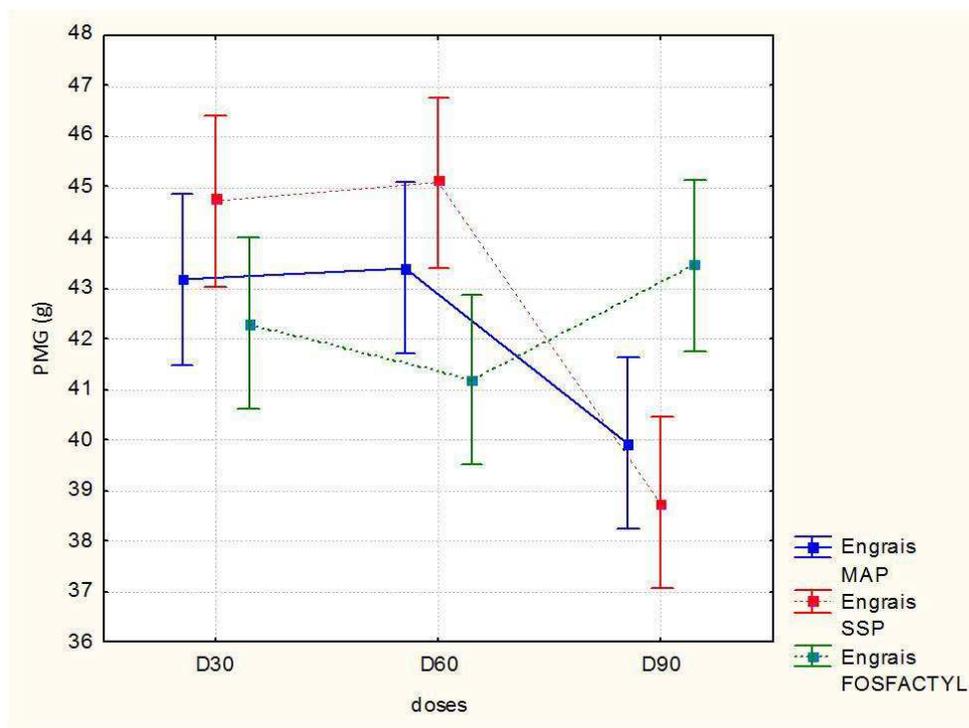


Figure 12. Le poids de mille (1000) en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

II.5 Rendement calculé en grains

Le rendement grain est toujours considéré comme la variable dépendante tandis que les paramètres morpho-physiologiques sont les variables indépendantes (ACEVEDO et ACCARELLI, 1990 cité par BENBELKACEM, 2001).

Tableau 14. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le rendement en grains

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	72.73	70.91	63.26	68.97	/
SSP	67.72	74.97	61.17	67.95	
FOSFACTYL	67.82	62.55	63.31	64.56	
MOYENNE	69.42	69.48	62.58	67.16	

L'analyse de la variance (tableau 14, annexe I) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $CV. = 15.57\% > 12\%$.

L'interaction SSP*60 u P₂O₅ a donné le meilleur rendement en grains avec 74,97 q/ha ainsi que la dose la plus optimale niveau D 60 u P₂O₅ avec une moyenne de 69,48 q/ha par contre la valeur la plus faible est obtenue par l'interaction SSP*90u avec un rendement de 61,17 q/ha (Figure 13).

Plusieurs travaux ont montré qu'il existe une synergie entre les différents éléments nutritifs NPK (Halilat, 1993 ; DERAOUÏ 2004). Il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphatés, qui font augmenter le rendement et améliorer la solubilité et l'absorption du phosphore (Hafsi, 1990)

Aissa et al in DERAOUÏ (2004) notent que la mise à disposition de la plante du potassium aisément métabolisable entraîne une meilleure assimilation de l'azote et du phosphore disponible dans le sol et, par conséquent, assure un rendement plus élevé et une nette amélioration de la composition minérale des grains et de la paille.

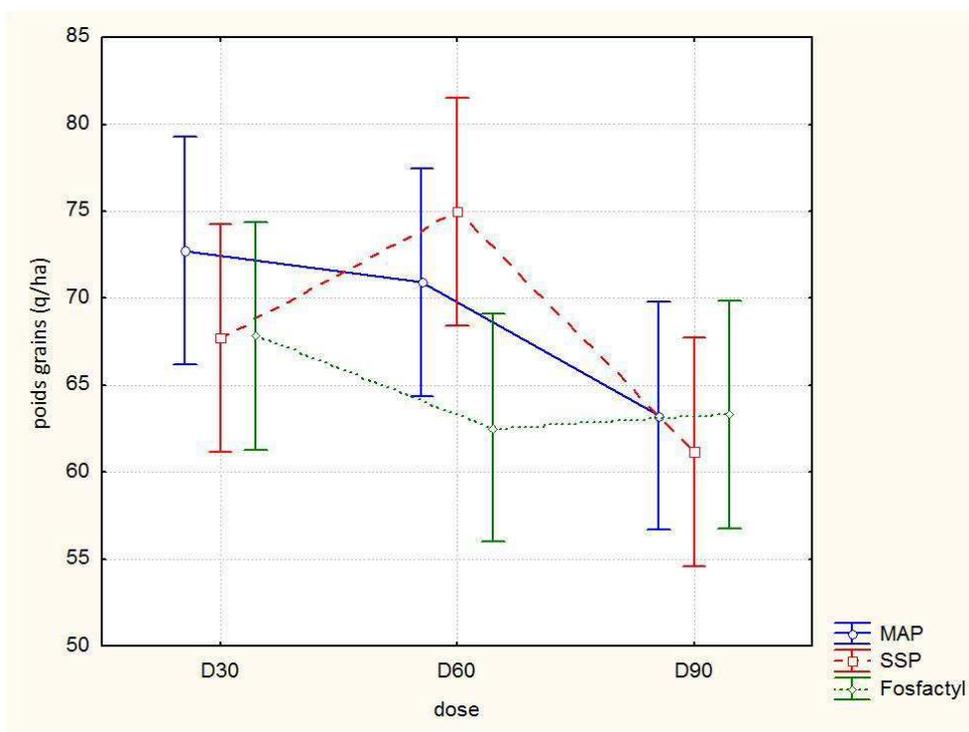


Figure 13. Le rendements calculés en grains en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

II.6 Rendement en paille

Tableau 15. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur le Rendement en paille

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	67.30	71.50	73.39	70.73	/
SSP	73.72	79.08	84.64	79.15	
FOSFACTYL	75.51	89.27	89.27	83.11	
MOYENNE	72,18	79,95	80,86	77.66	

L'analyse statistique de ce paramètre (tableau15, annexeI) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $CV. = 13.87\% > 12\%$.

Le Fosfactyl a donné le meilleur rendement en paille avec une moyenne de 83,11q/ha par contre la valeur la plus faible est obtenue par le MAP avec un rendement en paille moyen égal à 70,73q/ha .La dose 90u P₂O₅ favorise le rendement en paille le plus élevé (80,86 q /ha) par contre la dose la plus faible a enregistré le rendementle plus bas (72,18 q/ha).

La Figure 14 montre que le rendement en paille augmente avec l'accroissement des doses au niveau des deux engrais MAP et SSP, pour l'engrais Fosfactyl, l'optimum est enregistré par la dose 60u P₂O₅ /ha

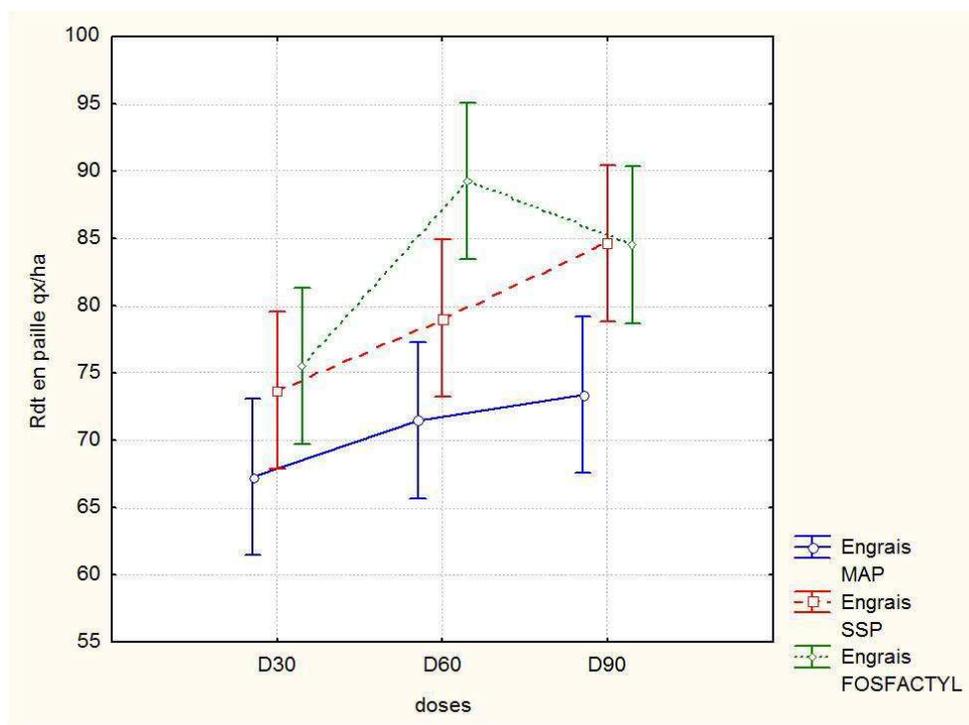


Figure 14. Rendement en paille en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.Paramètres de croissance

III.1. Longueur de l'épi

Tableau 16. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Longueur de l'épi

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	4.87	5.13	5.33	5.11	Engrais :HS Dose :S Engrais*dose :NS
SSP	5.22	5.21	5.39	5.27	
FOSFACTYL	4.90	5.04	4.96	4.97	
MOYENNE	4.99	5.13	5.23	5.12	

L'analyse de la variance (tableau16, annexeI) montre que la différence est hautement significative entre les engrais, significative entre les doses et non significative pour l'interaction (engrais x doses) sur ce paramètre (coef. var. = 7.03%).

Le SSP est l'engrais qui a donné la meilleure longueur de l'épi avec une moyenne de 5,27 cm, par contre la valeur la plus faible est obtenue par le Fosfactyl avec une moyenne de 4,97 cm. La dose la plus favorable est la D 90 avec une longueur d'épi moyenne 5,23cm par contre la valeur la plus faible est obtenue au niveau de la D30 avec une longueur moyenne de l'épi égale a 4,99 cm (Figure 15).

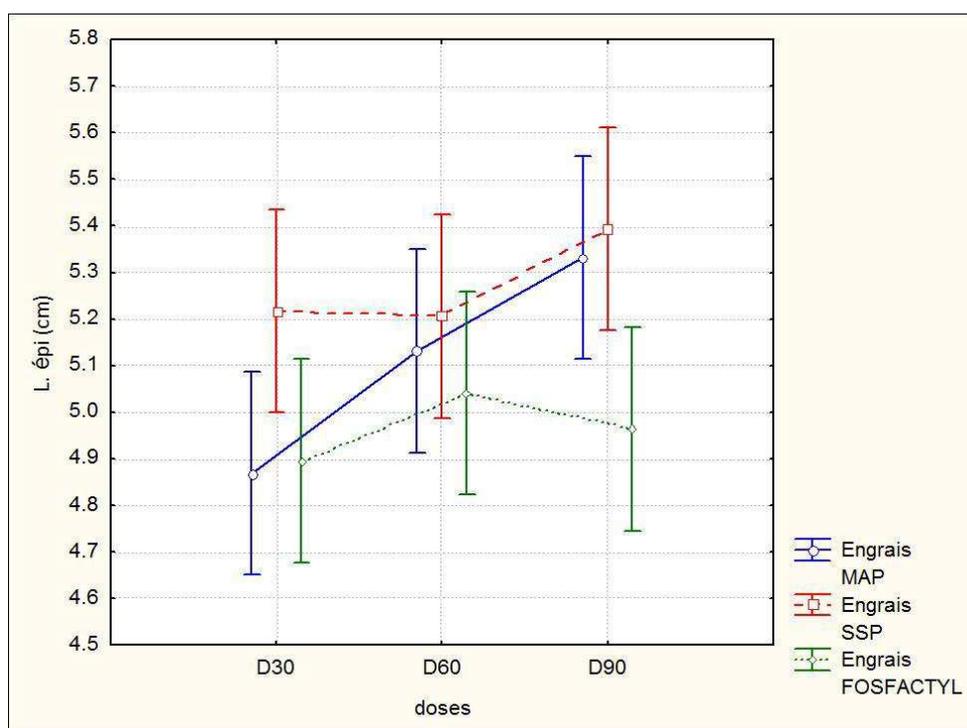


Figure 15. La longueur des épis en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.2. Longueur du col de l'épi

Tableau 17. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la longueur du col de l'épi

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	18.72	20.42	21.44	20.19	Engrais :NS Dose :HS Engrais*dose :NS
SSP	19.34	20.44	20.61	20.13	
FOSFACTYL	19.64	20.46	19.45	19.85	
MOYENNE	19.23	20.44	20.50	20.06	

L'analyse de la variance (tableau17, annexI) montre que les engrais et l'interaction (engrais x doses) n'ont eu aucun effet significatif, par contre l'effet doses a eu un effet hautement significatif sur ce paramètre (CV. = 8.37%).

La dose D90 u de P₂O₅ a donné la meilleur résultat pour la longueur du col de l'épi avec une moyenne de 20,50 cm par contre la valeur la plus faible est obtenue au niveau de la dose D30 u de P₂O₅ avec une longueur du col de l'épi est 19, 33 cm (Figure 16).

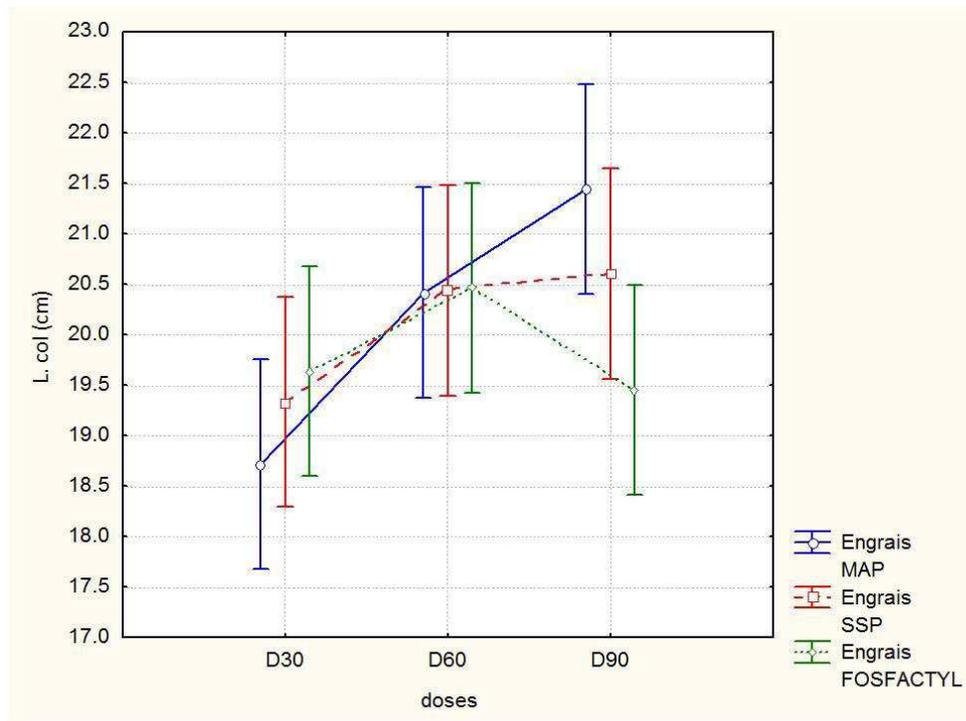


Figure 16. La longueur du col de l'épi en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.3. Longueur des tiges (cm)

Tableau 18. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Longueur des tiges (cm)

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	65.33	65.07	67.41	65.94	Engrais :THS Dose :HS Engrais*dose :THS
SSP	67.37	67.45	73.54	69.45	
FOSFACTYL	70.15	71.81	69.14	70.36	
MOYENNE	67.61	68.11	70.03	68.58	

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 18, annexe I) montrent que la longueur des tiges est influencée d'une façon très hautement des engrais, hautement significative sous l'effet des doses et très hautement significative sous l'effet de l'interaction (coef. Var. = 5.58%).

Le Fosfactyl a donné le meilleur effet sur ce paramètre par une hauteur moyenne de 70,36 cm par contre le MAP a donné la plus faible valeur pour ce paramètre par une hauteur de 65,94 cm.

La dose D90 a donné la meilleure longueur de la tige par une hauteur moyenne de 70,03 cm par contre la dose D30 a donné la plus faible valeur pour ce paramètre par une hauteur moyenne de 67,61 cm.

L'interaction SSP*90 u P₂O₅ a donné la meilleure longueur de la tige par une hauteur de 73,54 cm par contre la valeur la plus faible est obtenu par l'interaction MAP*30 u P₂O₅ (Figure 17).

La croissance des tiges en hauteur fait ressortir également une différence relativement importante de celle-ci entre les périodes définies, en effet au niveau de la deuxième période (mars, mai), la croissance est maximale en comparaison aux deux autres périodes (première et troisième période) **REGUEG et al, (2001)**

LAMBERT et TOUSSAINT (1977) montrent l'effet de l'apport du phosphore est hautement significatif sur la croissance du blé (variété waha), ce qui s'explique par le rôle que joue le phosphore par sa participation au métabolisme des constituants fondamentaux de la cellule

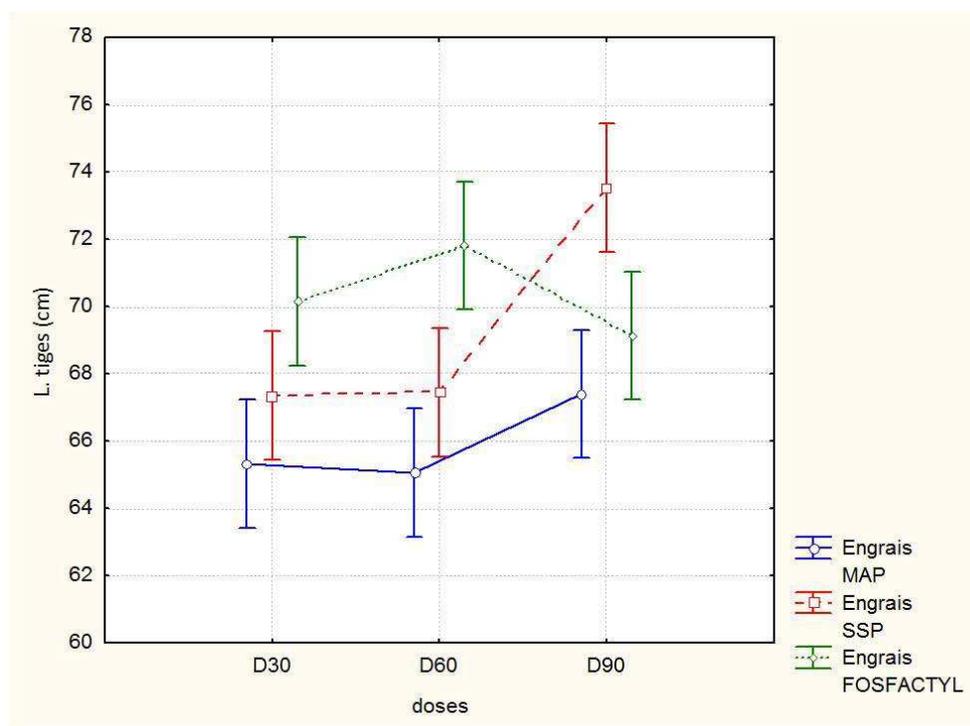


Figure 17. La longueur des tiges en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.4. Biomasse totale (stade floraison) (q/ha)

La matière sèche est l'un des indicateurs des conditions de capture des éléments nutritifs du milieu (Thevenet, 1993). L'évolution de la masse et des surfaces foliaires est corrélée à celle de la teneur en matière sèche totale durant la première moitié de la saison de culture (Benhammouda, 2000).

Tableau 19. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Biomasse totale (stade floraison) (q/ha)

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	123.88	111.49	108.92	114.76	/
SSP	105.50	108.37	104.86	106.24	
FOSFACTYL	104.95	122.43	102.98	110.12	
MOYENNE	111.44	114.10	105.59	110.38	

L'analyse de la variance (tableau 19, annexe I) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $\underline{CV. = 16.88\% > 12\%}$.

La Figure 18 montre que la biomasse totale évolue en diminuant avec l'accroissement des doses de l'engrais MAP par contre on marque une stabilité pour l'engrais SSP au niveau de l'engrais Fosfactyl, l'optimum est atteint au niveau de dose 60 u P₂O₅

MEKLICHE (1983) considère que la plante forme $\frac{3}{4}$ de la matière sèche entre le tallage et la floraison.

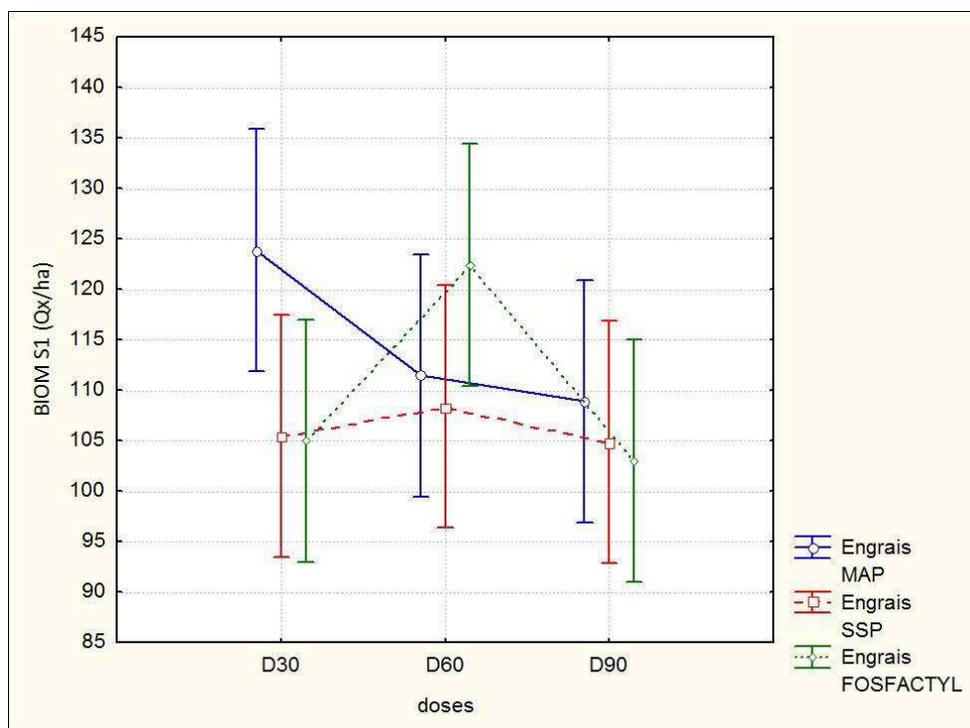


Figure 18. La Biomasse totale (stade floraison) en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.5. Biomasse totale (stade maturité) (q/ha)

Tableau 20. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Biomasse totale (stade maturité) (q/ha)

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	155.85	156.87	157.02	156.58	Engrais :S Dose :NS Engrais*dose :NS
SSP	175.29	174.76	168.40	172.82	
FOSFACTYL	162.05	168.00	164.61	164.89	
MOYENNE	164.40	166.54	163.34	164.76	

Les résultats de L'analyse de la variance (tableau20, annexeI) montre que les engrais ont un effet significatif sur la production de la matière sèche au stade maturité ; par contre ni les doses, ni l'interaction engrais*doses n'ont eu d'effet significatif sur ce paramètre (CV = 11.93%).

Le SSP a donné le meilleur rendement en biomasse à ce stade (maturité) avec un rendement moyen de 172,82 q /ha ; cependant la valeur la plus faible est obtenue par le Fosfactyl avec un rendement moyen de 164,89 q/ha (Figure 19)

Selon (DEHBI, 1997). La croissance est modérée jusqu'au stade début montaison avec un taux de croissance moyen de l'ordre de 8%. Puis s'active jusqu'au l'épiaison et atteint une valeur moyenne six fois importante (44%), cette croissance arrive à son maximum à la floraison avec un taux moyen allant de 95% à 98% puis ralentie jusqu'à la maturité.

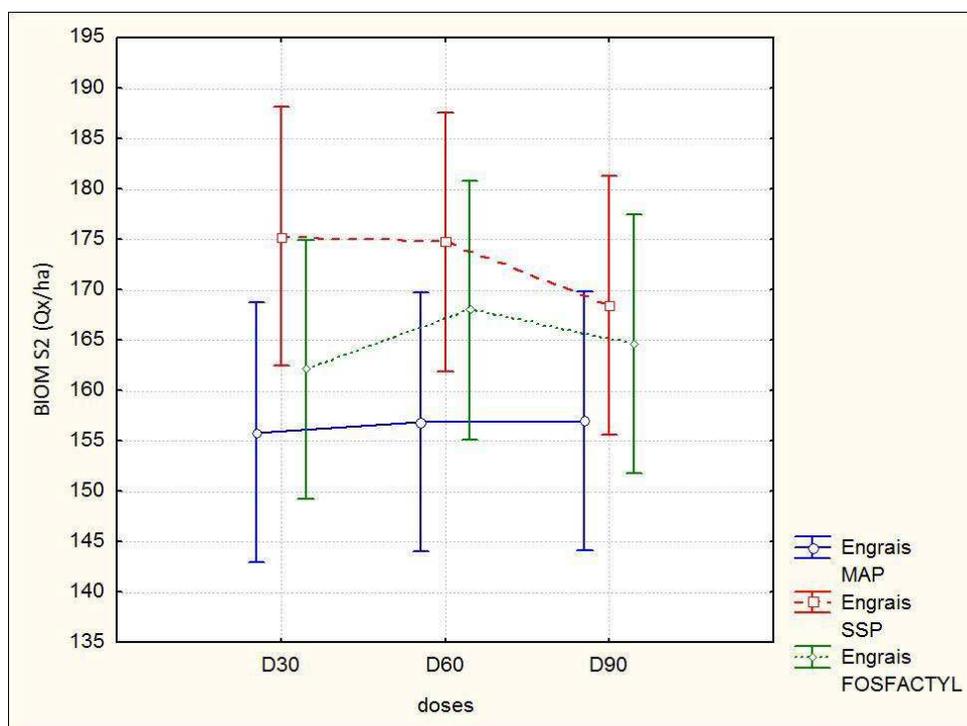


Figure 19. La Biomasse totale (stade maturité) en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

III.6. Indice de récolte

Tableau 21. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur l'indice de récolte

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	0.47	0.46	0.40	0.44	/
SSP	0.39	0.43	0.36	0.39	
FOSFACTYL	0.42	0.38	0.39	0.40	
MOYENNE	0.43	0.42	0.39	0.41	

L'analyse de la variance (tableau21, annexeI) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $CV. = 14.63\% > 12\%$.

Le MAP a donné le meilleur indice de récolte avec une moyenne de 0,44 par contre la plus faible valeur est obtenue par le SSP avec une moyenne de 0,39.

La dose D30 a donné le meilleur indice de récolte avec une moyenne de 0,43 par contre la valeur la plus faible est obtenue au niveau de D90 avec un indice de récolte égal à 0,39 (Figure20).

BERGER et PLANCHON (1990) cités par **BOUZERZOUR et al. (1996)** trouvent que l'amélioration de l'indice de récolte qui est à l'origine de la révolution verte, s'est traduite, le plus souvent, par une réduction de la hauteur de paille et de la biomasse.

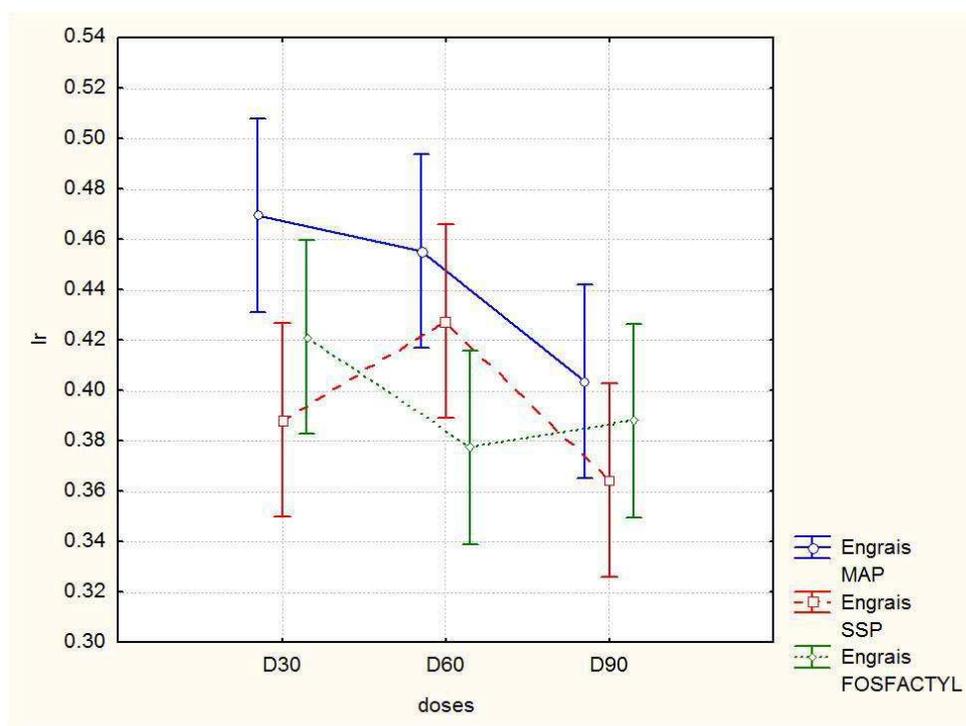


Figure 20. L'indice de récolte en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

IV. La nutrition phosphatée

IV.1. Teneur de la plante en phosphore (stade floraison)

Tableau 22. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Teneur de la plante en phosphore (stade floraison) (%).

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	0.028	0.0333	0.0304	0.031	/
SSP	0.025	0.0301	0.0331	0.0316	
FOSFACTYL	0.0314	0.026	0.0275	0.0282	
MOYENNE	0.028	0.0297	0.0304	0.029	

L'analyse de la variance (tableau22, annexeI) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $\underline{CV. = 33.33\% > 12\%}$.

La teneur de la plante en phosphore dans ce stade a augmenté régulièrement pour l'engrais SSP et atteindre l'optimum au niveau de D90u P₂O₅ avec 0,0331% par contre la valeur la plus élevée marqué pour le Fosfactyl est au niveau de D30u P₂O₅ avec 0,0314% puis elle diminue jusqu'au 0,026% au niveau de D60 u P₂O₅, le MAP a donné la valeur la plus élevée au niveau de D60 u P₂O₅ avec 0,0333 % (Figure 21).

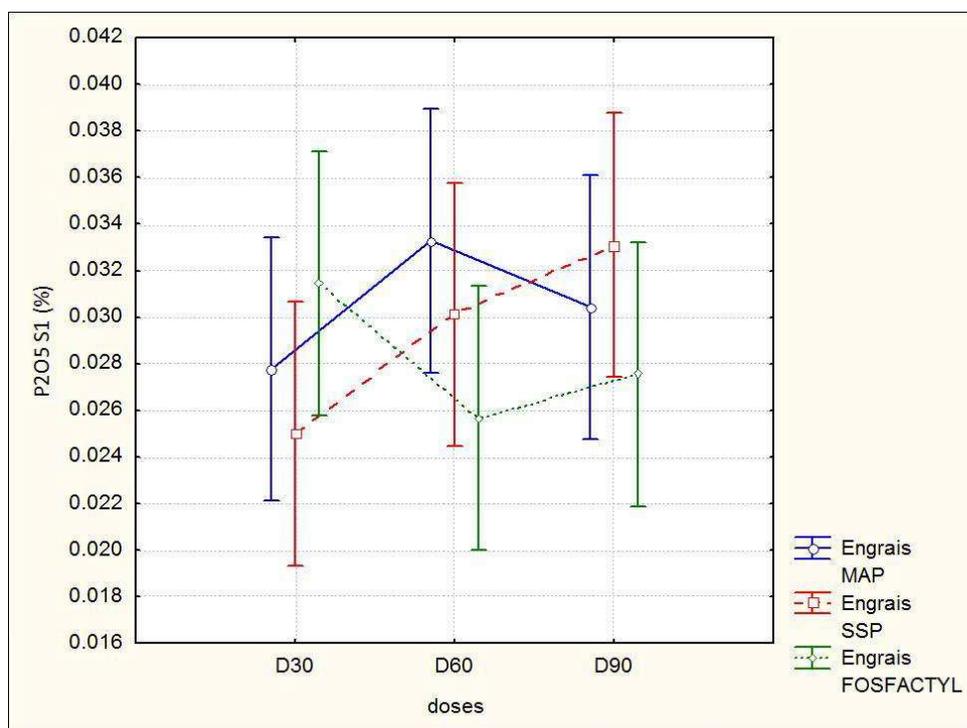


Figure 21. La teneur de la plante en phosphore (stade floraison) en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

IV.2. Teneur de la plante en phosphore (stade maturité)

IV.2.1. Dans les grains

Tableau 23. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Teneur de la plante en phosphore (stade maturité) Dans les grains (%).

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATON
MAP	0.17	0.15	0.18	0.17	Engrais :S Dose :HS Engrais*dose :HS
SSP	0.16	0.16	0.17	0.16	
FOSFACTYL	0.17	0.17	0.18	0.17	
MOYENNE	0.17	0.16	0.18	0.17	

L'analyse de la variance (tableau23, annexe1) révèle l'effet significatif des engrais, et hautement significatif des doses et l'interaction engrais*dose sur la teneur en phosphore des grains (CV.= 5.88%).

Les deux engrais MAP et Fosfactyl ont enregistré les meilleurs teneurs avec 0,17%. La dose 90 ou P_2O_5 /ha a permis l'obtention du meilleur taux dans les grains 0,18% par contre la D60 a enregistré sont obtenues au niveau D90 avec les MAP et Fosfactyl en donnant des concentrations de 0,18% du phosphore en grains (Figure 22).

Gervy (1970) indique que les céréales (blé, orge) utilisent 1,2 à 1,5 kg /ha de P_2O_5 par quintal de grains produites, elles se place habituellement dans la fourchette 40-50 qx /ha, ce qui correspond à 50 à 75 unités de P_2O_5 /ha. **Dutil(1973)** évalue les exportations du P_2O_5 par le blé de 0,85 à 1,35 kg/ha.

Si on compare nos résultats avec la bibliographie on trouve qu'il y a une grande différence et que le transfert de phosphore à partir des parties aériennes vers le grain est très limité, ce qui traduit probablement par ; une augmentation de la température durant un stade végétatif critique où le remplissage des grains a commencé ainsi qu'une faible nutrition azotée à ce stade peu entraînée des difficultés pour la synergie azote-phosphore qui diminue le PMG et donc la chute de la teneur des grains en.

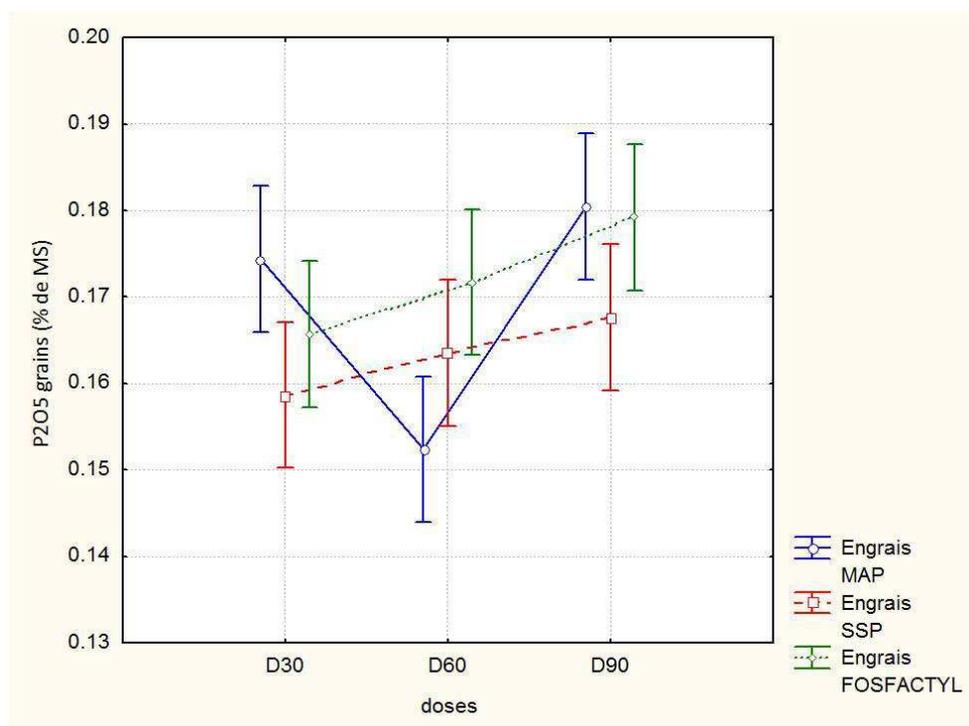


Figure 22. La teneur des grains en phosphore à la récolte en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

IV.2.2. Dans la paille

Tableau 24. Influence des différents types et doses d'engrais phosphatés sur la Teneur de la plante en phosphore (stade maturité) Dans la paille (%).

	D 30	D 60	D 90	MOYENNE	SIGNIFICATION
MAP	0.04	0.04	0.03	0.04	Engrais : THS Dose : S Engrais*dose : THS
SSP	0.02	0.01	0.02	0.02	
FOSFACTYL	0.02	0.03	0.02	0.02	
MOYENNE	0.03	0.03	0.02	0.02	

L'analyse de la variance (tableau24, annexe1) montre qu'il n'y a aucune signification statistique entre les effets engrais, doses et interaction sur ce paramètre car le $CV. = 50\% > 12\%$.

Le MAP a donné la meilleure teneur du phosphore en paille avec une moyenne de 0,04% par contre le SSP et le Fosfactyl ont donné les plus faibles valeurs avec 0,02%.

La dose D 30 u P₂O₅ et la dose D60 u P₂O₅ ont révélé les plus forte valeurs avec 0,03% par contre la D90 u P₂O₅ a donné la plus faible valeur avec 0,02%

L'interaction MAP*D30 et l'interaction MAP *D90 u P₂O₅ ont donné la teneur la plus élevée en P₂O₅ a ce stade avec une teneur de 0,04 % par contre la valeur la plus faible est obtenue au niveau de l interactions SSP*D60 u P₂O₅ avec un taux de 0,01% (Figure 25).

Le travail de **DERAOUI(2004)**, montre que la teneur en phosphore des pailles n'est pas influencée significativement par les doses du phosphore du TSP

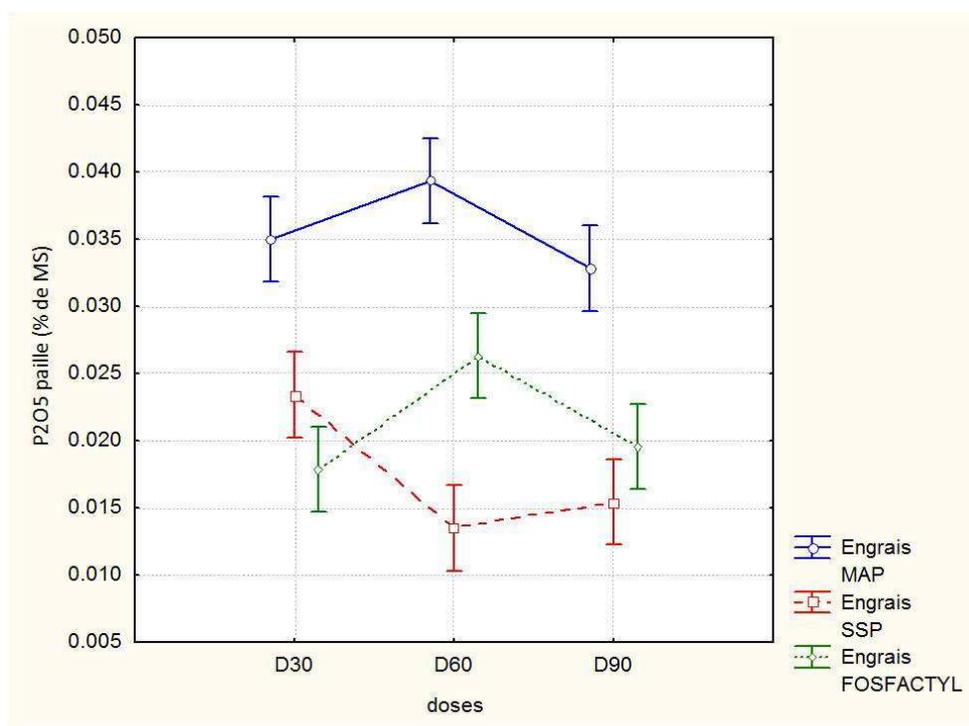


Figure 23. La teneur de la paille en phosphore à la récolte en fonction du type et dose d'engrais phosphaté

Conclusion

En zones sahariennes, les sols sableux sont très pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation minérale reste le moyen le plus efficace pour l'obtention de bons rendements. De ce fait, il est impératif de raisonner convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements et les processus physiologiques de la culture. C'est dans ce contexte que réside le principal objectif de notre étude.

Les résultats obtenus dans l'essai portant sur l'utilisation de trois types d'engrais phosphatés avec trois doses a conduit aux conclusions suivantes :

- l'effet de l'engrais est non significatif pour les paramètres : la longueur du col de l'épi, le nombre d'épis au m², le nombre de grains par épi, le poids de 1000 grains, le rendement calculé, la biomasse totale (stade floraison) et la teneur de la plante en phosphore (stade floraison).

- l'effet de l'engrais est significatif pour les paramètres : la biomasse totale (stade maturité) et la teneur de la plante en phosphore dans les grains.

- l'effet de l'engrais est hautement significatif pour les paramètres : la longueur des épis, le nombre d'épillets par épi et l'indice de récolte.

- l'effet de l'engrais est très hautement significatif pour les paramètres : la longueur des tiges, le rendement en paille et la teneur en phosphore dans la paille.

- l'effet de la dose est non significatif pour les paramètres : le nombre d'épillets par épi, le nombre d'épis au m², la biomasse totale au stade floraison, la biomasse totale au stade maturité et la teneur de en phosphore du végétal au stade floraison.

- l'effet de la dose est significatif pour les paramètres : la longueur des épis, le nombre de grains par épi, l'indice de récolte et la teneur en phosphore dans la paille.

- l'effet de la dose est hautement significatif pour les paramètres : la longueur du col de l'épi, la longueur des tiges, le le poids de 1000 grains, rendement calculé, le rendement en paille, le teneur de la plante en phosphore dans les grains.

Nos résultats montrent que l'utilisation du MAP s'avère intéressante sur tous les paramètres étudiés. De point de vue économique l'utilisation du MAP avec la dose 60u s'avère l'engrais le plus convenable et le plus compatible pour lagriculteur par rapport au autres engrais (Fosfactyl, SSP) car le MAP a donné des resultats intéressante relativement à son prix parraport aux autres engrais phosphatés.

Le comportement de la variété utilisée en relation avec l'alimentation phosphorique ne pourrait être suffisamment expliqué que par une multiplication de ce type d'essai dans le temps, des essais pluriannuels ou de longue durée sont à recommander en élargissant la gamme des doses apportées. Cette démarche est un outil privilégié qui permet d'aller bien au delà de la simple relation apport et rendement.

Des travaux approfondis s'imposent, tant sur le plan de la dynamique du phosphore que sur ses états dans le sol et leur relation avec l'alimentation des plantes. Néanmoins, la technicité de l'agriculteur et la date de semis peuvent réduire considérablement les écarts qui existent entre les objectifs et les réalisations.

Chapitre I : Situation céréalière dans le monde

1. Importance de la céréaliculture dans le Monde :

Selon **Larousse agricole (2002)**, la superficie mondiale consacrée aux céréales se situe autour de 700 millions d'ha, ce qui représente la moitié des superficies des terres consacrées aux cultures (SAU mondiale). La part des blés (les plus cultivés) est de 240 millions d'ha.

La population mondiale vient en effet de battre un nouveau record en production de céréales qui est de 2086 millions de tonnes de céréales en 2007 avec une répartition non équilibrée dans le monde. **La FAO** estime qu'actuellement un peu moins de 40% de la production mondiale est destinée à l'alimentation humaine, environ 50% à l'alimentation animale et le reste à des usages industriels.

Le rendement moyen, de toutes céréales confondues, s'établit autour de 30 q/ha, avec une assez large dispersion autour de cette moyenne: environ 25 q/ha pour le blé, l'orge 20 q/ha... (**Larousse agricole, 2002**). Sachons que la progression de la production mondiale résulte des augmentations des superficies cultivées, mais surtout de celles des rendements aux progrès techniques : amélioration variétale, utilisation croissante des engrais, irrigation, maîtrise de lutte contre les ennemies et les adventices...

Les échanges internationaux représentent environ 10% de la production mondiale des céréales, avec une nette prédominance du blé qui assure près de la moitié des transactions internationales, avec environ 100 millions de tonnes.

Le blé dur dans le monde :

La superficie mondiale cultivée en blé dur est estimée entre 15 et 20 millions d'ha, dont plus de la moitié est concentrée autour du bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen-Orient (**Larousse agricole, 2002**). La production s'élève à environ 30 millions de tonnes dont la production des pays d'Afrique du nord et du Proche-Orient représente le tiers, mais elle est connue par son irrégularité qui est due à la variabilité des conditions climatiques. Le commerce mondial du blé dur varie entre 5 et 6 millions de tonnes, en fonction de la récolte des pays du bassin méditerranéen et du Proche-Orient, principaux foyers de consommation (**Larousse agricole, 2002**).

II. Importance de la céréaliculture en Algérie

La céréaliculture occupe une superficie d'environ 6 millions d'ha (jachère comprise) soit près de 0.86% des superficies céréalières mondiales et 90% des terres cultivées en Algérie (**KHALDOUNE et al 2006**), mais ses emblavures s'étendent sur 4 millions d'ha seulement (**MOUHOUCHE et al, 2008**), ce qui représente 9.43% de la SAT et 47% de la SAU.

La culture céréalière en Algérie est caractérisée par la prédominance du blé dur qui représente 41.55% des emblavures, suivi de l'orge qui occupe 34.19% des terres céréalières et du blé tendre avec des surfaces qui ne dépassent pas 22% (**MADR, 2006**).

a. Analyse de la production et des rendements :

La production nationale des céréales de l'année 2008 est de l'ordre de 45 millions de quintaux et celle de 2007 est de 36 millions de quintaux (Fig. 1). La moyenne sur 10 ans se situe autour de 30 millions de quintaux.

La courbe d'évolution des productions en Algérie reste malheureusement désespérément horizontale et en dents de scie (**BEDRANI, 1993**).

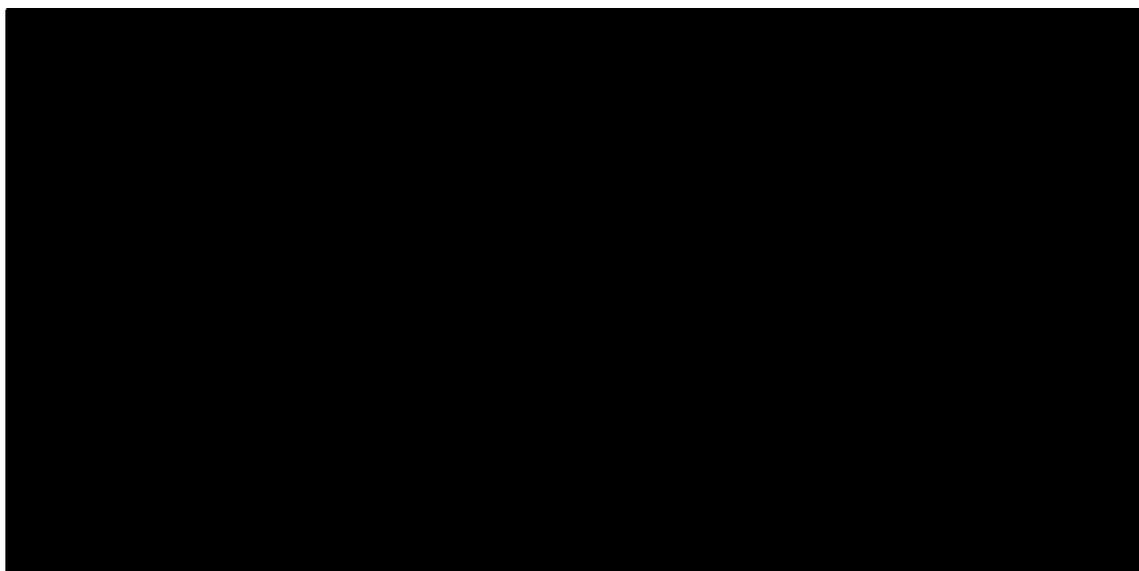


Fig. 1 : Evolution de la production des céréales en Algérie (**MADR, 2009**).

b) Caractéristiques du Sahara (cas de l'Algérie) :

Le Sahara algérien s'étale sur près de 2 millions de km² correspondant à environ 85% du territoire national. Son territoire est dominé par de grandes masses d'ergs (**BERKAL, 2006**). Le fait désertique est expliqué par des valeurs extrêmes des paramètres climatiques qui constituent les facteurs essentiels de la distribution de la végétation et de l'évolution du sol (**DAOUD et HALITIM, 1994 in BERKAL, 2006**).

Le Sahara est connue par ses spécificités sur le plan climatique et géologique :

a. Le climat : chaud, ensoleillé et aride. Les températures diurnes sont très élevées, pouvant dépasser 50°C, et l'amplitude thermique journalière est souvent supérieure à 3 5°C.

b. Les précipitations : sont très rares et irrégulières ; la plupart des régions reçoivent en moyenne moins de 130 mm de pluies par an.

c. Les vents : brûlants, comme le Sirocco, ou plus frais ; modèlent et modifient le relief. L'aridité du climat est accentuée par des vents de sable parfois très violents (simoun).

d. Les sols : les processus pédogénétiques sont extrêmement réduits. L'intervention du vent permet le tri des particules fines en laissant sur place la fraction grossière.

e. Les ressources hydriques : Les ressources essentielles de l'eau dans le Sahara se constituent par les eaux sous-terraines et les eaux de surface comme l'eau des Oueds.

Il existe trois aquifères qui sont identifiés dans le Sahara algérien : la nappe continentale intercalaire (CI), la nappe du Complexe Terminal (CT) et la nappe de la Djefara.

Le choix variétal de l'espèce cultivée s'avère déterminant et pour l'augmentation de la production, il s'agit donc de trouver des variétés performantes à même de valoriser l'irrigation et la fertilisation apportées. Ainsi, La détermination de la date de semis et du peuplement optimum semé est également indispensable pour la pleine expression de son potentiel.

Ces impératifs nous paraissent déterminants et urgents à réaliser en vue d'un développement rapide et intensif de la céréaliculture en zones sahariennes (**LADDADA, 1988**).

III. La situation de la céréaliculture dans la wilaya d'étude (Ghardaïa) durant la campagne agricole 2008/2009 :

- ❖ La surfaceensemencée en céréales dans la wilaya de Ghardaïa est de 750 ha.
- ❖ Plus de 570 ha en blé dur (Fig. 2) et 356 ha d'orge ainsi que 42 ha d'avoine ont été semés.

- ❖ Ces superficies emblavées sous pivot appartiennent à sept céréaliculteurs dont six adhérents au programme d'intensification de la culture céréalière et se concentrent dans les localités d'El Méniââ, Hassi Lefhal au sud et Guerrara au nord-est. + 35 850 q de différentes espèces de graminées ont été engrangées dans la wilaya de Ghardaïa au cours de la campagne de moissons-battages (Juin 2008).

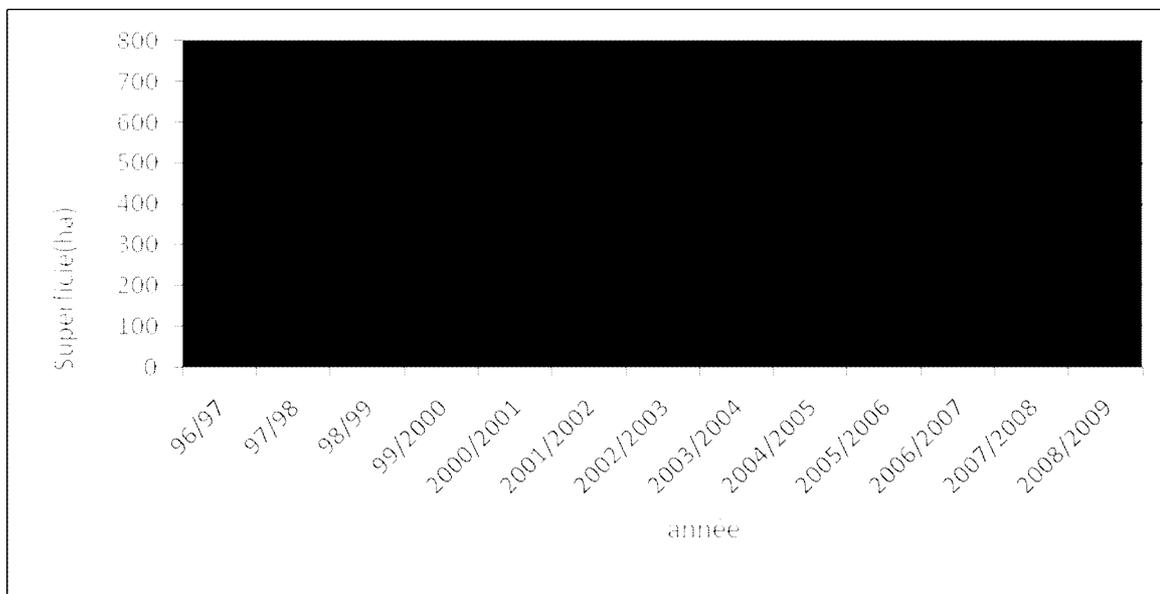


Fig. 2. Evolution de la superficie emblavée en blé dur à Ghardaïa (DSA, 2008)

- ❖ La production de blé dur dans la wilaya pour cette campagne est évaluée à 36782 q (Fig. 3).

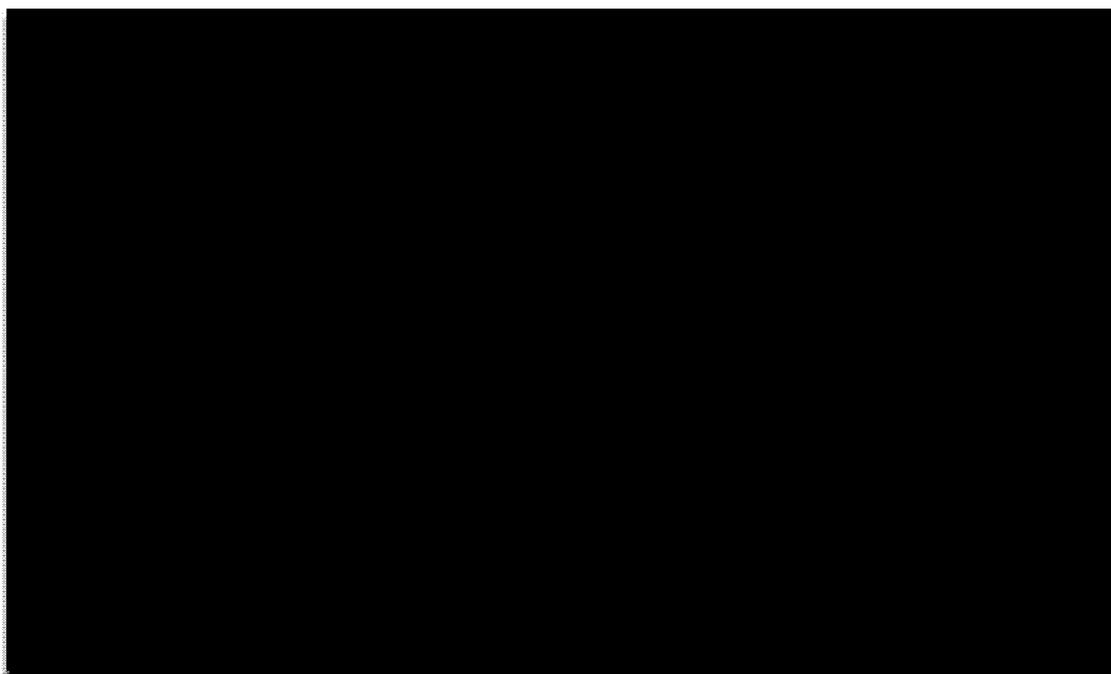


Fig. 3 : Evolution de la production du blé dur à Ghardaïa (DSA, 2008)

Un rendement de 52,2 q à l'hectare du blé dur (Fig. 4).

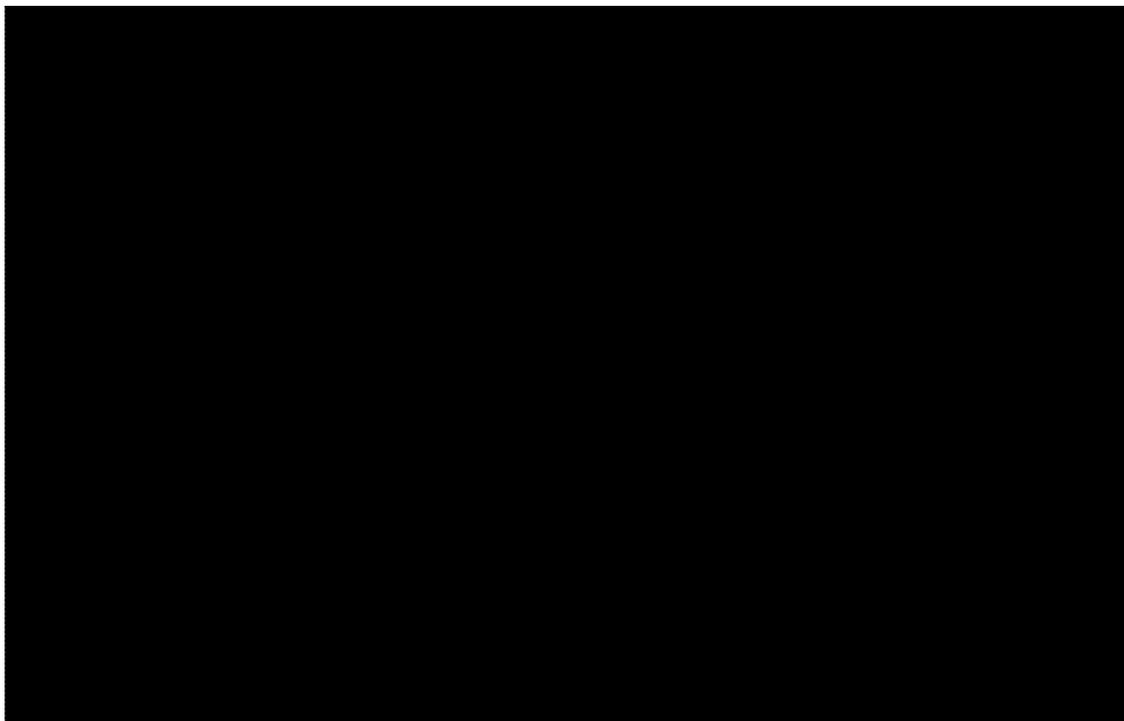


Fig. 4 : Evolution des rendements en blé dur à Ghardaïa (DSA, 2008)

CHAPITRE II : LA BIOLOGIE DU BLE :

I - Les caractères morphologiques :

A. Appareil racinaire :

La racine du blé est fibreuse. A la germination la radicule ou racine primaire, et un entre-nœudsub-coronal émergent du grain cet entre-nœud évolue vers la formation d'un collet près de la surface du sol. Le système racinaire secondaire peut être assez développé, s'enfonçant à des profondeurs atteignant jusqu'à deux mètres. Il apporte les éléments nutritifs à la plante (SOLTNER, 1988).

B. Appareil aérien :

B.1. La tige :

La tige ou talle de la plante est cylindrique, comprend cinq ou six inter-nœuds, qui sont séparés par des structures denses appelées nœuds d'où naissent les feuilles. La tige est creuse ou pleine de moelle (SOLTNER, 1988).

B.2. La feuille :

Les feuilles sont à nervures parallèles. Le limbe possède souvent à la base deux prolongements aigus embrassant plus ou moins complètement la tige : les oreillettes ou stipules à la soudure du limbe et de la graine peut se trouver une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume (BELAID, 1986). La feuille terminale a un rôle primordial dans la reproduction (SOLTNER, 1988).

C. Appareil reproducteur :

Les fleurs sont regroupées en une inflorescence composée d'unités morphologiques de base : les épillets. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole (SOLTNER, 1988).

D. Le grain :

Le grain de blé (caryopse) montre une face dorsale (arrière) et une face ventrale (avant), un sommet et une base. La face dorsale est creusée d'un profond sillon qui s'allonge du sommet à la base. Le caryopse est surmonté d'une brosse, l'embryon est situé au bas de la surface dorsale. Le grain comporte trois parties : l'enveloppe du grain (péricarpe), l'enveloppe du fruit (assise protéique), l'endosperme (albumen), et le germe ou embryon (SOLTNER, 1988).

II. Les exigences agronomiques de la culture du blé (d'après SOLTNER (1988):

II-1. Exigences d'une bonne pratique avant la récolte:

Les éléments qui devraient être pris en considération dans l'établissement d'une bonne pratique agricole sont les suivants :

a) Rotation des cultures :

Il est nécessaire de prévoir une rotation des cultures tout au moins sur une partie des zones de production dans le respect des indications prévues. La rotation présente en effet divers avantages qui Elle se distingue par la montée de l'épi sous l'effet de l'élongation des entre-nœuds qui constituent le 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 tiges par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (MASLE-MEYNARD, 1981), peuvent être résumés comme suit:

- Réduction des attaques parasitaires et du risque de fusariose;
- Meilleur contrôle des infestations;
- Amélioration de la structure et de la fertilité du sol;
- Meilleure protection de l'environnement;
- Définition des critères permettant d'effectuer le choix variétal optimal de la région.

b) Préparation du sol :

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres.

c) Semis :

La date de semis est un facteur limitant vis à vis du rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques. Il peut commencer dès la fin d'Octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm.

La dose de semis est variée entre 200 à 225 Kg /ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol.

d) Protection phytosanitaire:

Une bonne pratique nécessite entre autres, l'utilisation des produits homologués, le respect des prescriptions et conditions optimales d'emploi de ces produits et l'utilisation d'un matériel adéquat.

Le traitement de la semence est essentiel. Cette pratique favorise l'état sanitaire de la culture pendant le cycle en améliorant la tolérance par exemple au Fusariose.

e) Fertilisation:

En particulier, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut

être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures.

L'azote : C'est un élément très important pour le développement du blé. **REMY et VIAUX (1980)** estiment qu'il faut 3Kg d'azote pour produire 1 quintal de blé dur. Il faut que la plante ait dès le début de la montaison tout l'azote nécessaire à son développement (**REMY et VIAUX,1980**). Les besoins en azote de la culture lors du gonflement et à la floraison sont en effet extrêmement importants; c'est à ce moment que la matière végétale augmente le plus vite et que se détermine le nombre d'épis (**GRIGNAC, 1981**). A la récolte, plus de 75% de l'azote total de la plante se trouve dans les grains.

Le phosphore : il favorise le développement des racines, sa présence dans le sol en quantités suffisantes est signe d'augmentation de rendement. Les besoins théoriques en phosphore sont estimés à environ 120Kg de P₂O₅/ha.

Le potassium : les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs aux quantités contenues à la récolte 30 à 50 Kg de K₂O de plus/ha, (**BELAID, 1987**).

f) Entretien :

Les mauvaises herbes concurrencent les céréales pour l'alimentation hydrique et minérale et affectent le rendement. Il existe deux moyens de lutte:

a. Lutte mécanique : Dès le mois de septembre, effectuer une irrigation des parcelles pour favoriser la germination des grains de mauvaises herbes et du précédent cultural. Après leur levée, procéder à leur enfouissement.

b. Lutte chimique : Se fait à l'aide des désherbants polyvalents.

II.2. Exigences pédoclimatiques :

L'influence du climat est un facteur déterminant à certaines périodes de la vie du blé.

a) Température :

La germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22° C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de

croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières. (BELAID, 1986).

b) Eau :

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (SOLTNER, 1988).

En zone aride, les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables.

Ces de la phase épi 1 Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (LOUE, 1982).

c) Lumière :

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (SOLTNER, 1988).

d) Sol :

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (SOLTNER, 1988).

III- LES STADES DE DEVELOPPEMENT DU BLE :

III-1- LA GERMINATION LEVEE :

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 - 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.

III-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. BELAID (1987) 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.

III-3- LA MONTAISON :

Elle se distingue par la montée de l'épi sous l'effet de l'élongation des entre-nœuds qui le constituent 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).

III-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.

III-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.

- AKLI F., 1996. Influence d'une fertilisation de complément par voie foliaire sur le complément d'une culture de blé dur sous pivot enen. Mémoire d'ingénieur d'état, INA, Alger (Algérie), 109p.
- BEDRANI S., 1993. Le secteur agricole et ses perspectives à l'horizon 2000 (Algérie). Ed. Office des publications officielles des communautés européennes, 78p.
- 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 (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A 108p.
- BELERAGUEB ., 1996 : Monographie agricole pp 1-6.
- BENBELKACEM, 2001. Etude de l'adaptation variétale des céréales cultivées en Algérie sous différentes conditions agro-écologiques in Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion. Ed. MADR, pp 98 à 104.
- BENHAMOUDA. ,2000. Production du blé dur en fonction de la variété et du régime hydrique en Tunisie. Cahiers d'études et des recherches francophones/agricultures. Vol 8, Numéro 8 ; novembre_ décembre ; 611-4.Notes de recherches. 4 pages.
- BERKAL I., 2006. Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie. De la base des données à la valorisation des paramètres pédologiques. Thèse de magister, INA, Alger (Algérie), 121p.
- BOUREZOUR H., DJEKOUNE A., BENMAHAMMED A., 1996. Analyse du déterminisme génétique de la biomasse et de l'indice de récolte dans un croisement diallèle en orge (*Hordeum vulgare* L). Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach, Vol. 17, N° 1 & 2, pp 150 à 161.
- BUCKMAN., 1990 : Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk hydro a.s.258p.
- COUVREUR F ., 1981. ; La culture du blé se raisonne. Cultivar juin, pp 39-41.
- DEHBI F., 1997.;Détermination du seuil critique du phosphore Olsen pour l'estimation des besoins en engrais phosphatés du blé dans les conditions semi arides (Sétif) INRA Algérie p76.
- DIEHL J.A., 1975 : Agriculture générale, pp 205-211.
- DPAT Ghardaïa, 2007. Annuaire statistique (Volet des secteurs), (Fichier Word) 1p
- DPAT Ghardaïa, 2008. Annuaire statistique (Agriculture), 16p (Fichier Word).
- DRAOUI N., 2004 : Effet de la fertilisation phosphatée sur le comportement d'une variété de blé tendre (*Triticum aestivum* L. Var. Anza) conduite en conditions sahariennes. Mémoire de magistère I.T.A.S. Ouargla. 84p.

- DURAND J.H., 1983 Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p.
- DUTHIL J., 1973 : Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillière. 654p.
- DUTHIL J., 1976 : La fertilisation phosphatée des sols calcaires. An Agro, INA Vol VI n°2 pp : 75-80,
- DUTIL P., 1976 : La fertilisation phosphatée des sols calcaires. An. Agro. I.N.A. Vol VI n°2, pp 75-80.
- FARDEAU J.C., 1993 : Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol-plante. Perspectives agricoles n°181-juin, pp : 17-22.
- FEKNOUS N., 2000. Dynamique du phosphore en milieu calcaire et aride (cas d'Adrar) conséquences sur la fertilisation phosphatée du blé dur. Thèse de magister, INA, Alger (Algérie), 74p.
- GACHON., 1969 : La fertilisation phosphatée panorama des recherches récentes bon choix, perspectives agricoles n°28 Septembre pp 44-49.
- GATE Ph., 1993. Blé : des modèles pour prévoir le rendement in Perspectives agricoles (revue semestrielle) N° 178, pp 56 à 58.
- GERVY R., 1970. Les phosphates et l'agriculture. Ed. DUNOD, Paris, 298p.
- GILLES ., 1969 : Rôle de la fumure phosphatée dans l'alimentation hivernale du blé. Phosphore et Agri., n°52, pp : 19-26.
- GRIGNAC P., 1977 : Le blé dur morphologie succincte, Annales de l'INA El – Harrach Vol : VIII n°2, Alger, pp 83 – 87. 28.
- 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., 1977 : L'acide phosphorique, les engrais phosphatés. Guide pratique de la fertilisation. Ed. Maison rustique-Paris, 377p.
- 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.
- HOUEROU H., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertification. Ed. CIHEAM (France), 408p (Format PDF).

- KHALDOUNE A., BELLAH F., MEKLCHE L., 2006. L'obtention variétale en Algérie cas des céréales à paille. Ed. INRAA, 82p.
- LADDADA M., 1988. Résultats d'essais : Expérimentation céréales à paille soupivot dans la wilaya d'Ouargla in Céréaliculture (revue trimestrielle), N° 19. Ed. ITGC, pp 1 à 9.
- LAMBERT J.C., 1979 : « La fertilisation phosphatée » revue Cultivar. N °115, pp96-97.
- Larousse agricole, 2002.
- LEGRET J., 1985: La production de blé dans le monde s'accélère, les producteurs agricoles français.
- LEIKAM D.F., MURPHY L.S., KISSEL D.E., WHITNEY D.A., MSERH H.C., 1983 : Effect of nitrogen and phosphorus chorus application and nitrogen source in winter wheat grand yield and leaf tissue phosphorus. Soil. SCI. AMG, pp 530-535.
- LOUE A., 1982 : Le potassium et les céréales. Dossier K2O n°02, pp1-41.
- MADR, 2007. Statistiques agricoles (Série B) (Fichier Excel).
- MADR, 2008. Statistiques agricoles (Série B) (Fichier Excel).
- MASLE J, et MEYNARD J.M., 1981 : L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière, Thèse., Doctorat., INA, Paris, France, 274p.
- MEKLCHE A., 1983 : Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère. I.N.A. Alger .81p.
- MICHEL T., 2005. Quelques notions de la fertilisation. Ed. Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, 50p (Format PDF).
- MIHOUB et MOUSSAOUALI(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) Mémoire d'ingénieur I.T.A.S OUARGLA, I.N.A Alger.
- RAZI S., 2006 : Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par le Ray-grass. Thèse. Mag. AGR. Batna : 3 - 36p.
- REMY JC. et VIAUX PH. , 1980 : Evolution des engrais azotés dans le sol. Perspectives agricoles spéciales.
- ROMER W., 1985 : Influses von spross und wurzel-wachstum auf die phosphatau fuahme bei getreide-P. Flanzen. Bodenkult. J Fur Iandwirts chafticheforshing36 (3) : 203-206.
- SNOUSSI et HALITIMA., 1996 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. Gst. Sols, pp289-298.

- SOLTNER ., 1988 : Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions 464P.
- SOLTNER., 1990 : Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17^{ème} édition, 464p.
- 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.
- VILAIN M ., 1997 : La production végétale. Les composantes de la production. Ed 13^{ème} 478p.

Sites internet

- <http://encyclopedie-afn.org>.
- <http://tutitempo.net>

ANNEXE 1

Tableau 1. Tableau de l'analyse de la variance du nombre d'épis/m² à maturité

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	11495	2	5747	0.861	0.426838	NS	10.02
doses	51415	2	25707	3.853	0.025714	NS	
engrais*doses	131904	4	32976	4.943	0.001409	HS	
Résiduelle	480350	72	6672				

Tableau 2. Tableau de l'analyse de la variance du nombre de grains par épi

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	48.16	2	24.08	2.913	0.060747	NS	14.33
doses	58.36	2	29.18	3.530	0.034476	S	
engrais*doses	261.68	4	65.42	7.914	0.000024	THS	
Résiduelle	595.17	72	8.27				

Tableau 3. Tableau de l'analyse de la variance du poids de 1000 grains (PMG)

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	7.0	2	3.5	0.55	0.580889	NS	7.4
doses	122.0	2	61.0	9.49	0.000219	HS	
engrais*doses	196.9	4	49.2	7.66	0.000034	THS	
Résiduelle	462.7	72	6.4				

Tableau 4. Tableau de l'analyse de la variance des rendements calculés en grains

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	28727	2	14364	1.475	0.235688	NS	22.55
doses	84948	2	42474	4.361	0.016308	HS	
engrais*doses	60902	4	15225	1.563	0.193403	HS	
Résiduelle	701302	72	9740				

Tableau 5. Tableau de l'analyse de la variance des rendements en paille

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
Engrais	215771	2	107885	14.060	0.000007	THS	13.87
Doses	122846	2	61423	8.005	0.000726	HS	
engrais*doses	36160	4	9040	1.178	0.327698	NS	
Résiduelle	552454	72	7673				

Tableau 6. Tableau de l'analyse de la variance de la longueur des épis

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	1.262	2	0.631	5.85	0.004416	HS	7.03
doses	0.753	2	0.376	3.49	0.035731	S	
engrais*doses	0.513	4	0.128	1.19	0.322526	NS	
Résiduelle	7.762	72	0.108				

Tableau 7. Tableau de l'analyse de la variance de la longueur du col de l'épi

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	1.75	2	0.88	0.36	0.700829	NS	8.37
doses	27.66	2	13.83	5.65	0.005277	HS	
engrais*doses	20.15	4	5.04	2.06	0.095560	NS	
Résiduelle	176.37	72	2.45				

Tableau 8. Tableau de l'analyse de la variance de la longueur des tiges

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	295.4	2	147.7	17.97	0.000000	THS	5,58
doses	87.8	2	43.9	5.34	0.006881	HS	
engrais*doses	200.2	4	50.1	6.09	0.000281	THS	
Résiduelle	591.9	72	8.2				

Tableau 9. Tableau de l'analyse de la variance du nombre des épillets par épi

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	7.19	2	3.59	7.14	0.001482	HS	5.75
doses	2.89	2	1.44	2.87	0.063139	NS	
engrais*doses	3.26	4	0.81	1.62	0.178621	NS	
Résiduelle	36.22	72	0.50				

Tableau 10. Tableau de l'analyse de la variance de la biomasse totale (stade floraison)

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	98238	2	49119	1.505	0.228835	NS	16,88
doses	102261	2	51131	1.567	0.215696	NS	
engrais*doses	225445	4	56361	1.727	0.153328	NS	
Résiduelle	2349285	72	32629				

Tableau 11. Tableau de l'analyse de la variance de la biomasse totale (stade maturité)

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	355900	2	177950	4.765	0.011395	S	11,93
doses	14347	2	7174	0.192	0.825672	NS	
engrais*doses	28825	4	7206	0.193	0.941341	NS	
Résiduelle	2689104	72	37349				

Tableau 12. Tableau de l'analyse de la variance de l'indice de récolte

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	0.04196	2	0.02098	6.280	0.003061	HS	14,63
doses	0.02635	2	0.01318	3.944	0.023692	S	
engrais*doses	0.02303	4	0.00576	1.723	0.154234	NS	
Résiduelle	0.24053	72	0.00334				

Tableau 13. Tableau de l'analyse de la variance de la teneur de la plante en phosphore (stade floraison)

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	0.005026	2	0.002513	110.292	0.000000	S	5,88
doses	0.000209	2	0.000104	4.581	0.013401	HS	
engrais*doses	0.000846	4	0.000211	9.283	0.000004	HS	
Résiduelle	0.001640	72	0.000023				

Tableau 14. Tableau de l'analyse de la variance de la teneur de la plante en phosphore dans les grains

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	0.000070	2	0.000035	0.4831	0.618868	NS	33,33
doses	0.000075	2	0.000038	0.5173	0.598335	NS	
engrais*doses	0.000520	4	0.000130	1.7925	0.139706	NS	
Résiduelle	0.005223	72	0.000073				

Tableau 15. Tableau de l'analyse de la variance de la teneur de la plante en phosphore dans la paille

	S.C.E	D.D.L	MC	F.obs	pro	Signification	CV(%)
engrais	0.001110	2	0.000555	3.44	0.037355	S	5,88
doses	0.002505	2	0.001253	7.77	0.000882	HS	
engrais*doses	0.002596	4	0.000649	4.02	0.005306	HS	
Résiduelle	0.011610	72	0.000161				

Annexe II

Tableau1. Caractéristiques de la variété ''Carioca'' (CNCC, 2009)

a. Fiche variétale	
Variété	carioca
Obtenteur	Serasem
Demandeur	ITGC
Origine	France
Année d'inscription	1999
Pedigree	H114 18 X Mon dur
b. Caractéristiques agronomiques	
Rendement	Elevé
c. Caractéristiques technologiques	
PMG	Elevé
Qualité semoulière	Bonne
Mitadinage	Sensible
Teneur en protéines	14.79%
d. Résistance aux maladies	
Oïdium feuille	Faiblement sensible
Rouille brune	Moyennement sensible
Oïdium Epi	résistante
Septoriose	Faiblement sensible
e. Désignation du caractère	
Epoque d'épiaison	Précoce
Hauteur de la plante (tige, épi et barbes)	Courte
Couleur de la barbe	Noire
Couleur de l'épi à maturité	Blanc
Forme du grain	Allongée
Type de développement	Hiver

Résumé

Notre étude a été conduite au cours de la campagne 2009/2010. Elle a pour objectif d'étudier les effets de trois types de doses de phosphore différentes (30, 60 et 90 unités de P₂O₅ /ha) et trois types d'engrais phosphatés : MAP, SSP et Fosfactyl sur le rendement du blé dur (variété carioca) sous pivot dans la région d'El-Menia.

Selon les résultats obtenus, les engrais phosphatés apportés à différentes doses ainsi que leur interaction ont influencés significativement sur la plus part des paramètres du rendement, de croissance et les teneurs en phosphore du végétal. L'engrais MAP a influencés positivement les différentes composantes du rendement et le rendement calculé l'interaction MAP*60u P₂O₅ a favorisé le meilleur rendement grains. L'engrais SSP a favorisé la meilleure production de biomasse, le meilleur indice de récolte est obtenu avec l'engrais MAP et la dose D30. Les meilleures teneurs en phosphore sont obtenues avec l'engrais MAP. Les interactions qui ont enregistrées les meilleurs taux sont MAP*D90 u P₂O₅ et MAP*D60 u P₂O₅ pour les grains et les pailles respectivement.

Mots clés : blé dur, Sahara, pivot, fertilisation phosphatée, phosphore

Summary

Our study has been conducted during follow up 2009/2010. It aims at studying the effects of three different doses of phosphorus (30, 60 and 90 units of P₂O₅ / ha) and three types of phosphate fertilizers: MAP, SSP and Fosfactyl on performance of hard wheat (Carioca variety) under pivot in the region of El-Menia.

According to the obtained results, the fertilizers phosphates of different doses besides to its interaction influencing signifying on the most of performance parameters, of the increasing and the phosphor keepers of vegetables. The fertilizers MPA has influenced positively the different components of performance and calculated performance the interaction MPA * 60u P₂O₅ which favorite the best squall. the SSP fertilizers has favorite the best production of biomass, the better index of harvesting with MPA and the D30 fertilizers. the best phosphor keepers has been obtained by MPA. The registered interactions which have a better rate are : MAP*D90 u P₂O₅ et MAP*D60 u respectively the squalls and straws.

Key words: durum wheat, Sahara, pivot, fertilization, phosphorus

المخلص

الدراسة التي قمنا بها تمت خلال الموسم 2010/2009 ، الهدف منها ، هو دراسة تأثير ثلاث تراكيز مختلفة من الفسفور (30.60.90 وحدة P₂O₅/هك) وثلاث أنواع من الأسمدة، الفوسفاتية MAP.SSP Fosfactyl. على مردود القمح الصلب (صنف carioca) تحت الري المحوري في منطقة المنية.

علي ضوء النتائج المحصل عليها ، الأسمدة الفوسفاتية المطبقة على معظم عوامل المردود ، النمو ، ومحتوى النبات من الفسفور السماد MAP اثر ايجابيا على مختلف مقومات المردود و المردود الحسابي ، التفاعل MAP*60UP₂O₅ أعطى أحسن مردود للبذور السماد SSP اظهر أحسن إنتاج من المادة الجافة ، أحسن مؤشر حصاد حصل عليه من طرف سماد MAP مع تطبيق الجرعة D30 أحسن محتوى من الفسفور في النبات حصل عليها من طرف السماد MAP التفاعلات التي أعطت اعلى محتوى هي MAP*90uP₂O₅ و MAP*60uP₂O₅ بالنسبة للبذور والتبن على الترتيب

الكلمات المفتاحية/ القمح الصلب. الصحراء. المرش المحوري. التسميد الفوسفاتي. الفسفور