

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTÉ DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

*En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie
Saharienne*

Option: Production végétale

Thème

*contribution à l'étude de la dynamique du phosphore
dans le système sol-plante d'une culture de blé dur
(Triticum durum L. Var. SIMETO) conduite en
conditions sahariennes (cas d'El-Goléa)*

Présenté par :

HAMMOUYA Abdelaziz

ZENDAH Brahim

Les membres du jury :

Président : Dr. CHELOUFI H. M.C. Univ. Ouargla

Promotrice : Mme. BOUKHALFA N. M.A. Univ. Ouargla

Co-Promoteur: Mr. DJILI B. M.A. Univ. Ouargla

Examineur : Dr. HAMDIAISSA B. M.C. Univ. Ouargla

Examineur : Mr. CHAABENA A. M.A.C.C. Univ. Ouargla

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2007/2008

...»

!"# \$ %& '(\$) \$ \$*

€ , -!"# !.01 !2 3 & \$* - \$0

5 , € , 678" % 9:0;

< 5)2.

Dédicaces

A mes grands-parents a leurs aiment.

*A ma mère si affectueuse et mon père à la qualité
exemplaire, soucieux de mes réussites.*

*A mes frères et mes sœurs : Belgacem, Mahbouba, Sara,
Ayoub, Maroua et la petite Oumaima.*

A mes oncles spécialement Adel, mes tantes et leurs fils.

A toute ma famille.

A tous mes amis (es).

*A toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apporté
leur aide.*

A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.

AZZA

Dédicaces *Dedicaces*

A mon cher père

A ma merveilleuse mère

*A toute mes frères et sœurs : Mohammed, Tayeb, Bachir,
Mabrouk, Abdelaziz, Zakaria et le petit Tahar, Kheira,
Fatima et Aouatef.*

A toute ma famille

A tous mes amis (es) sans exception

*A toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apporté
leur aide*

A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.

BRAHIM

Remerciment

Eloge à Dieu tout puissant à nous avoir donné la bravoure, la volonté et la patience pour effectuer ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Mme DERAOUI N. maître assistante à l'université d'Ouargla pour ses orientations et ses conseils. De même à notre co-promoteur Mr DJILI B. maître assistant chargé de cours à l'université d'Ouargla qui est notre pour ses orientations.

Mr CHELOUFI H. maître de conférences à l'université de Ouargla, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous tenons à remercier Mr MEKLICHE A. chargé de cours à l'INA pour ses fameux conseils durant la réalisation de ce travail.

A tous les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail Mr CHAABENA A. Maître assistant à l'université d'Ouargla et HAMDI AISSA B. Maître de conférences à l'université d'Ouargla.

Nous tenons à exprimer nos profonds respects à la famille HADJAJ pour son accueil chaleureux ainsi que la famille AZOUZ durant notre séjour à El- Goléa.

A tous les enseignants du département des sciences agronomiques ainsi qu'au personnel de la bibliothèque et du laboratoire du département d'agronomie Saharienne.

Vivement nous remercions tous les collègues en particulier ZEKOUR M. Et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à notre formation et à la réalisation de ce travail.

A une Algérie meilleure

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet combiné de quatre niveaux des doses de phosphores (80, 120, 160 et 200 U P_2O_5 /ha) avec deux types d'engrais foliaires l'Agriphos (F_1) et le Leader start (F_2) sur la dynamique du phosphore dans la relation sol-plante d'une culture de blé dur (var. Simeto) conduite dans les conditions sahariennes (cas de la région d'El-Goléa) avec trois types d'engrais phosphatés (NPK_s, TSP et NP).

La culture du blé a réagi favorablement par l'augmentation de la teneur en matière sèche sous l'action de l'engrais phosphaté (TSP) au stade deux nœuds avec un taux d'accroissement 12 %, NP au stade maturité avec une augmentation de 28 %, par contre les résultats des analyses statistiques faites sur la teneur en matière sèche au stade floraison montrent une différence non significative entre les différents types d'engrais solides (TSP, NP et NPK_s). Par ailleurs on observe un effet hautement significatif de l'engrais foliaire avec le TSP sur la teneur en matière sèche au stade deux nœuds avec un taux d'accroissement 1 % de F_2 par rapport F_1 , la même influence est obtenue avec Phosphactyl avec un taux d'accroissement 21 % de F_2 par rapport F_1 et NPK_s au stade floraison avec un taux d'accroissement 4 % de F_1 par rapport F_2 respectivement.

Les rendements ne sont pas influencés par les doses des engrais phosphatés et l'engrais foliaire sauf que F_2 dans les parcelles traitées par le TSP exercent un effet hautement significatif avec une augmentation de 8,31 % par rapport F_1 .

Les résultats concernant le P assimilable et à travers les trois stades de développement et dans les trois types d'engrais phosphatés le TSP ce qui donne les meilleures teneurs en phosphore assimilable par un accroissement de 15,16 %, 17,27 % et 15,4 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité par rapport le Phosphactyl.

Concernant les teneurs du sol en P total et à travers les trois types d'engrais phosphatés et au cours de cycle de développement on observe que le Phosphactyl est ce qui donne les valeurs le plus élevées avec une augmentation de 24,51 %, 27,08 % et 24,8 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité.

Généralement la teneur du sol en calcaire total est non influencée pas par les différents traitements.

Mots clés : Fertilisation, Phosphore, sol-plante, blé dur, conditions sahariennes, El-Goléa.

Summary

This work aims to study the effect combine of four levels of doses of phosphorus (80, 120, 160 and 200 U P_2O_5 / ha) with two types of foliar fertilizer the Agriphos (F_1) and the Leader start (F_2) On the dynamics of phosphorus in the soil-plant a culture of durum wheat (var. Simeto) driving under the conditions Saharan (case in the region of El-Goléa) with three types of phosphate fertilizers (NPKs, TSP and NP).

The cultivation of wheat has responded positively by increasing the dry matter under the action of the phosphate fertilizer (TSP) in stage two nodes with a growth rate 12 %, NP at maturity with an increase of 28 %, against the results of statistical analyses made on the dry matter to the flowering stage show a non-significant difference between different types of solid fertilizers (TSP, NP and NPKs).

In addition there is a highly significant effect of foliar fertilizer with the TSP on the dry matter at two nodes with a growth rate of 1 % F_2 compared F_1 , the same effect is achieved with Phosphactyl with a rate increase of 21 % of F_2 compared F_1 et NPKs the flowering stage with a growth rate of 4 % F_1 compared F_2 respectively.

Yields are not influenced by doses of phosphate fertilizers and foliar fertilizer except that F_2 on the parcels handled by the TSP act as a highly significant with an increase of 8,31 % compared F_1 .

The results for the P and assimilated through the three stages of development and the three types of phosphate fertilizers the TSP which data is the best levels of phosphorus by an increase of 15,16 %, 17,27 % and 15,4 % respectively at two nodes, flowering and maturity over the Phosphactyl.

Regarding the levels of soil P and total through three types of phosphate fertilizers and during development cycle can be observed that the Phosphactyl east is that given the values higher with an increase of 24,51 % 27,08 % and 24,8 % respectively at two nodes, flowering and maturity.

Generally the soil limestone total not influenced by the different treatments.

Key words: fertilization, Phosphorus, soil-plant, durum wheat, conditions Sahara, El-Goléa.

الخلاصة

ويهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير أربع جرعات من الفوسفور (80 ، 120 ، 160 و 200 وحدة P_2O_5 / هكتار) مع نوعين من الأسمدة الورقية (F_1) Leader start Agriphos (F_2) على ديناميكية الفوسفور في العلاقة تربة-نبات لزراعة القمح الصلب (صنف Simeto) تحت ظروف الصحراوية (دراسة حالة منطقة المنيعية) باستعمال ثلاثة أنواع من الأسمدة الفوسفاتية الصلبة (TSP ، NPK_S و NP).

زراعة القمح انعكست إيجابيا بزيادة نسبة المادة الجافة تحت تأثير سماد TSP في مرحلة عقدتين مع نسبة نمو 12%، NP في مرحلة النضج مع زيادة بنسبة 28%، على عكس نتائج التحليل الإحصائي المعبر عنها لنسبة المادة الجافة في مرحلة الإزهار التي كانت غير إيجابية بين مختلف أنواع الأسمدة الصلبة (TSP ، NPK_S و NP).

من جهة أخرى نلاحظ وجود تأثير جد إيجابي للأسمدة الورقية مع سماد TSP على نسبة المادة الجافة في مرحلة عقدتين مع نسبة نمو تقدر ب 1% في F_2 على غرار F_1 ، نفس الشيء بالنسبة للسماد NP مع زيادة قدرت ب 21% في F_2 على غرار F_1 و NPK_S في مرحلة الإزهار مع نسبة نمو تقدر ب 4% في F_1 على غرار F_2 ترتيبيا .

المردود لم يتأثر بجرعات الأسمدة الصلبة والورقية باستثناء أن F_2 في المساحات المعالجة ب TSP لوحظ وجود تأثير جد إيجابي له مع نسبة زيادة قدرت ب 8.31% على غرار F_1 .

فيما يخص نتائج الفوسفور المتاح وعبر كل مراحل الإنبات والأنواع الثلاثة من الأسمدة ال TSP هو من أعطى أحسن النتائج من نسبة الفوسفور المتاح بنسبة زيادة قدرت ب : 15.16، 17.27 و 15.4 % ترتيبيا في مرحلة العقدتين ، الإزهار والنضج على غرار NP .

حسب النتائج المتحصل عليها فيما يخص الفوسفور الكلي وخلال مراحل الإنبات في الأنواع الثلاثة من الأسمدة الصلبة نلاحظ أن NP هو من أعطى أحسن النسب بزيادة قدرت ب : 24.51، 27.08 و 24.8 ترتيبيا في مرحلة العقدتين ، الإزهار والنضج .

عموما نسبة الجير الكلي في التربة لم تتأثر بمختلف المعاملات.

الكلمات المفتاح : التسميد، فوسفور ، تربة-نبات ، قمح صلب ، الظروف الصحراوية ، المنيعية

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

CRPV : Centre de Recherches de Protection des Végétaux.

CT : Calcaire total

CV : Coefficient de variance

DDL : Degrés de liberté

D : Doses

Evap: Evaporation

FAO: Food and Agricultural Organization.

F : Foliaire

HS : Hautement significatif

INRA : Institut national de la recherche agronomique d'Algérie.

Insol : Insolation

U/ha : Unité par hectare

NP : Phosphactyl.

NS : Non significatif

ONM : Office national de la météorologie

PA : Phosphore assimilable

PT : Phosphore total

Pr : Précipitation.

Rdt : Rendement

S : Significatif

SBGEM : Société des boissons gazeuse et des eaux minérales

T : Température

TSP : Triple Super Phosphate

UAN : Urée d'ammonitrate

V : Vent

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Exportation de quelques cultures en phosphore	14
Tableau 2.	Classification des cultures selon leur exigence en P	14
Tableau 3.	Données climatiques de la région d'El-Goléa (1996-2006)	21
Tableau 4.	Caractéristiques physico-chimiques du sol	25
Tableau 5.	Caractéristiques de l'eau d'irrigation	25
Tableau 6.	Suivi journalier du pivot	30
Tableau 7.	Date et doses d'eau d'irrigation	31
Tableau 8.	Influence de la fertilisation phosphatée (NPK) sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds	38
Tableau 9.	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (TSP)	39
Tableau 10.	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (Phosphactyl)	40
Tableau 11.	Influence de la fertilisation phosphatée (NPK) sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison	42
Tableau 12.	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison (TSP)	43
Tableau 13.	Influence de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison	43
Tableau 14.	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade maturité (NPK _S)	46
Tableau 15.	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière (%) au stade maturité (TSP)	47
Tableau 16.	de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade maturité (Phosphactyl)	47
Tableau 17.	Influence de la fertilisation phosphatée (NPK _S) sur le rendement en grain (q/ha)	50
Tableau 18.	Influence de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le rendement en grain (q/ha)	51
Tableau 19.	Influence de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur le rendement en grain (q/ha)	52

Tableau 20.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPK)	56
Tableau 21.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP)	58
Tableau 22.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl)	62
Tableau 23.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK)	68
Tableau 24.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP)	72
Tableau 25.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl)	75
Tableau 26.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK)	79
Tableau 27.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP)	81
Tableau 28.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl)	83

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1.	Les formes du phosphore dans le sol (Gervy, 1970)	8
Figure 2.	Position géographique d'El-Goléa (encarta « modifier »)	19
Figure 3.	Diagramme Ombrothermique de "Gaussen" de la région d'El-Goléa	22
Figure 4.	Dispositif expérimental	28
Figure 5.	Teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (NPK)	41
Figure 6.	Teneur en matière sèche(%) au stade deux nœuds (TSP)	41
Figure 7.	Teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (Phosphactyl)	41
Figure 8.	Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (NPK)	45
Figure 9.	Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (TSP)	45
Figure 10.	Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (Phosphactyl)	45
Figure 11.	Teneure en matière sèche (%) au stade maturité (NPK)	49
Figure 12.	Teneure en matière sèche (%) au stade maturité (TSP)	49
Figure 13.	Teneure en matière sèche (%) au stade maturité (Phosphactyl)	49
Figure 14.	Effet de la fertilisation phosphatée (NPK) sur le rendement en grain	53
Figure 15.	Effet de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le rendement en grain	53
Figure 16.	Effet de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur le rendement en grain	53
Figure 17.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable dans le sol (NPKS) au stade deux nœuds	57
Figure 18.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPKS) au stade floraison	57
Figure 19.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPKS) au stade maturité	57
Figure 20.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds	60
Figure 21.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison	60
Figure 22.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité	60
Figure 23.	Relation phosphore assimilable et calcaire total (TSP)	61
Figure 24.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl)	65

	au stade deux nœuds	
Figure 25.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison	65
Figure 26.	Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité	65
Figure 27.	Evolution de phosphore assimilable au cours de cycle	66
Figure 28.	Relation phosphore assimilable et calcaire total (Phosphactyl)	66
Figure 29.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPKS) au stade deux nœuds	69
Figure 30.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPKS) au stade floraison	69
Figure 31.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPKS) au stade maturité	69
Figure 32.	Relation phosphore total et calcaire total (NPKS)	70
Figure 33.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds	73
Figure 34.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison	73
Figure 35.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité	73
Figure 36.	Relation phosphore total et calcaire total (TSP)	74
Figure 37.	Evolution de la teneur en phosphore total au cours de cycle de développement	77
Figure 38.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade deux nœuds	78
Figure 39.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison	78
Figure 40.	Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité	78
Figure 41.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade deux nœuds	80
Figure 42.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade floraison	80
Figure 43.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade maturité	80
Figure 44.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds	82

Figure 45.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade floraison	82
Figure 46.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade maturité	82
Figure 47.	Evolution de la teneur en calcaire total au cours de cycle de développement	84
Figure 48.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade deux nœuds	85
Figure 49.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison	85
Figure 50.	Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité	85

Sommaire

Introduction	1
--------------	---

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le phosphore et le sol

1.1. Les différents états du phosphore dans le sol	6
1.1.1. Le phosphore total	6
1.1.2. Le phosphore assimilable	6
1.2. Les formes du phosphore dans le sol	6
1.2.1. Phosphore insoluble	6
1.2.2. Phosphore soluble	7
1.2.3. Phosphore facilement échangeable	7
1.3. Les facteurs influençant l'assimilabilité du phosphore dans le sol	9
1.3.1. Le pH	9
1.3.2. La température	9
1.3.3. Le calcaire	9
1.3.4. Le pouvoir fixateur du sol	9
1.3.5. Influence des sels solubles	10
1.4. Dynamique du phosphore dans le sol	10

Chapitre II : Le phosphore et la plante

2.1. Importance et rôle du phosphore	12
2.2. Le phosphore dans la plante	12
2.3. Absorption du phosphore par la plante	13

2.4. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures	13
2.5. Excès et carence du phosphore	14
3. Interaction des autres éléments nutritifs avec le phosphore	15

Deuxième partie : Matériels et méthodes d'étude

Chapitre I : Matériels d'étude

1.1. Présentation de la région d'étude	19
1.1.1. Coordonnées géographiques	19
1.1.2. Limites Géographiques	19
1.2. Facteurs naturels	20
1.2.1. Relief	20
1.2.2. Climat	20
1.2.2.1. Pluviométrie	20
1.2.2.2. Température	21
1.2.2.3. Les Vents	21
1.2.2.4. Evapotranspiration	22
1.2.2.5. Insolation	22
1.2.3. Ressources en eau	23
1.2.3.1. Nappe Albienne	23
1.2.3.2. Nappe phréatique	23
1.2.4. Sol	23
1.2.4.1. Sol de la région saharienne	23
1.2.4.2. Sol de la région d'El-Goléa	24
1.3. Présentation du site expérimental	24

1.4. Matériel végétal	24
1.5. Sol du site expérimental	24
1.6. L'eau d'irrigation	25

Chapitre II : Méthodes d'étude

2.1. Protocole expérimental	27
2.1.1. Dispositif expérimental	27
2.1.2. Conditions de déroulement de l'essai	29
2.1.2.1. La fertilisation	29
2.1.2.1.1. Engrais azoté : UAN 32 %	29
2.1.2.1.2. La fertilisation foliaire	29
2.1.2.2. Précédent cultural	30
2.1.2.3. Désherbage	30
2.1.2.3.1. Round up	31
2.1.2.3.2. HUSSAR OF	31
2.1.2.4. L'irrigation	31
2.1.2.5. La récolte	31
2.2. Méthode de prélèvement	32
2.2.1. Le sol	32
2.2.3. Les paramètres étudiés	32
2.2.3.1. Evolution de la teneur en matière sèche	32
2.2.3.2. Le rendement en grain (rendement calculé)	32
2.2.4. Méthodes d'analyse du sol	33
2.2.4.1. La granulométrie	33
2.2.4.2. Le pH	33

2.2.4.3. Conductivité électrique	33
2.2.4.4. Calcaire total	33
2.2.4.5. La matière organique	33
2.2.4.6. Calcaire actif	34
2.2.4.7. L'azote assimilable	34
2.2.4.8. Le potassium assimilable	34
2.2.4.9. Le phosphore assimilable	34
2.2.4.10. Le phosphore total	35

Troisième partie : Résultats et discussion

Chapitre I : Effet de phosphore sur la productivité

1.1. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche	38
1.1.1. Stade deux nœuds	38
1.1.1.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	38
1.1.1.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	39
1.1.1.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	39
1.1.2. Stade floraison	42
1.1.2.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	42
1.1.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	42
1.1.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	43
1.1.3. Stade maturité	46
1.1.3.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	46
1.1.3.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	46
1.1.3.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	47

1.2. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement en grains	50
1.2.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	50
1.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	50
1.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	51

Chapitre II : Dynamique de phosphore dans le sol

2.1. Évolution du phosphore assimilable dans le sol	55
2.1.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	55
2.1.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	58
2.1.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	62
2.2. Évolution de la teneur en phosphore total dans le sol	67
2.2.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	67
2.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	71
2.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	75
2.3. Évolution de la teneur en calcaire total dans le sol	79
2.3.1. NPKS (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)	79
2.3.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)	81
2.3.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)	83
Conclusion générale	87
Références bibliographiques	91
Annexes	96

Introduction

Introduction

Avec une superficie d'environ de 2.400.000 Km² et une population estimée à 37.000.000 habitants, l'Algérie se caractérise par une étendue territoriale où les reliefs et climats sont présents, par des ressources naturelles et des potentialités énormes en agriculture, hydrocarbures et énergétiques.

L'Algérie avait connu au cours de la dernière décennie une augmentation de la population, avec comme effet direct un accroissement des besoins de consommation 2/3 des besoins alimentaires sont importés, ce qui représente le 1/3 des importations totale du pays, estimées à plus 7,5 milliards de dollars (ZENKHRI, 1998).

Rien n'est moins sûr, au regard des réductions drastiques, voire des pénuries qui affectent déjà les plus gros producteurs mondiaux de blé que sont les Etats-Unis d'Amérique et certains pays d'Europe. Les prix de vente ont été propulsés à des niveaux pour le moins ahurissants. Ces toutes dernières années, et tout porte à croire qu'ils n'arrêteront pas de grimper, favorisés en cela par un contexte de pénurie aggravé par les spéculations boursières et autres transactions informelles, qui surgissent fatalement en pareil cas. Plusieurs facteurs conjoncturels, mais aussi et surtout structurels sont à l'origine de ce rétrécissement de l'offre de céréales en général (maïs, orge, etc.) et de blé particulièrement (GRIM, 2007).

Quelle conséquence pourrait avoir cette restriction mondiale de blé sur l'Algérie, sachant que cette denrée qui constitue l'aliment de base des Algériens poserait problème si elle venait à manquer. A noter qu'en raison des prix exagérément élevés de la pomme de terre (plus de 60 DA/kg), beaucoup d'Algériens ont été forcés de se rabattre sur la consommation de pâtes alimentaires et de semoules à base de blé (GRIM, 2007). La filière céréales occupe une place très importante dans le système agroalimentaire algérien. En effet, céréaliculture jachère comprise occupe environ 80 % de la superficie agricole du pays (TALAMALI, 2004).

De l'avis d'un industriel algérien de l'agroalimentaire, l'Algérie pulvérisera cette année tous les records de consommation de blé. Une denrée stratégique, dont elle n'est malheureusement pas capable d'assurer qu'une infime quantité, les rendements algériens étant les plus faibles de tout le bassin méditerranéen (GRIM, 2007).

Afin d'atteindre l'autosuffisance en matière de produits céréaliers, il est indispensable d'augmenter le niveau de productivité. Ce dernier ne peut être réalisé qu'en mettant en œuvre un certain nombre de facteurs de production notamment un matériel végétal à haute performance, un bon travail du sol, un bon contrôle phytosanitaire, une irrigation contrôlée et une fertilisation raisonnée.

La fertilisation elle-même recouvre également un vaste ensemble de technique, des moyens et des produits, dont la mise en œuvre harmonieuse permet d'élever ou de maintenir la capacité des récoltes.

Les sols des régions sahariennes sont généralement pauvres en éléments nutritifs entre eux le phosphore. La fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale.

Le phosphore est un élément nutritif indispensable dans le développement des céréales et plus particulièrement la culture du blé. Cet élément est généralement soumis soit à une assimilation par les plantes en fonction de l'activité racinaire, soit à une déperdition par lessivage, transfert de phosphore aux formes non utilisables par la plante.

Dans le sens de la durabilité, le phosphore doit être apporté de façon à maintenir et/ou d'améliorer la fertilité du sol pour assurer la bonne relation alimentaire entre la disponibilité de P et leur absorption par la plante.

En tenant compte de l'importance du phénomène de l'interaction entre les engrais solides et liquide (foliaire) dans le développement de la culture du blé, notre travail vise à suivre la cinétique du phosphore dans des différents types et doses des engrais phosphatés avec l'utilisation des deux engrais foliaire tous à des différents stades de la culture.

La détermination de la meilleure formule se fait à partir d'échantillonnages effectués sur le sol et sur la plante à différents stades de croissance de la culture à savoir deux nœuds, floraison et maturité.

Pour des raisons pratiques de dosage du phosphore dans le végétal, qui ont contrariés la réalisation de notre objectif qui à réorienté et on s'est limité à étudier l'évolution de la teneur en matière sèche à trois stades de développement (deux nœuds, floraison et maturité) et le rendement grains ; ainsi que l'évolution de la teneur du sol en phosphore assimilable, P total et calcaire total.

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Le phosphore et le sol

1.1. Les différents états du phosphore dans le sol

1.1.1. 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).

1.1.2. 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).

1.2. Les formes du phosphore dans le sol

1.2.1. 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**).

1.2.2. 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**).

1.2.3. 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 (figure 1).

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).

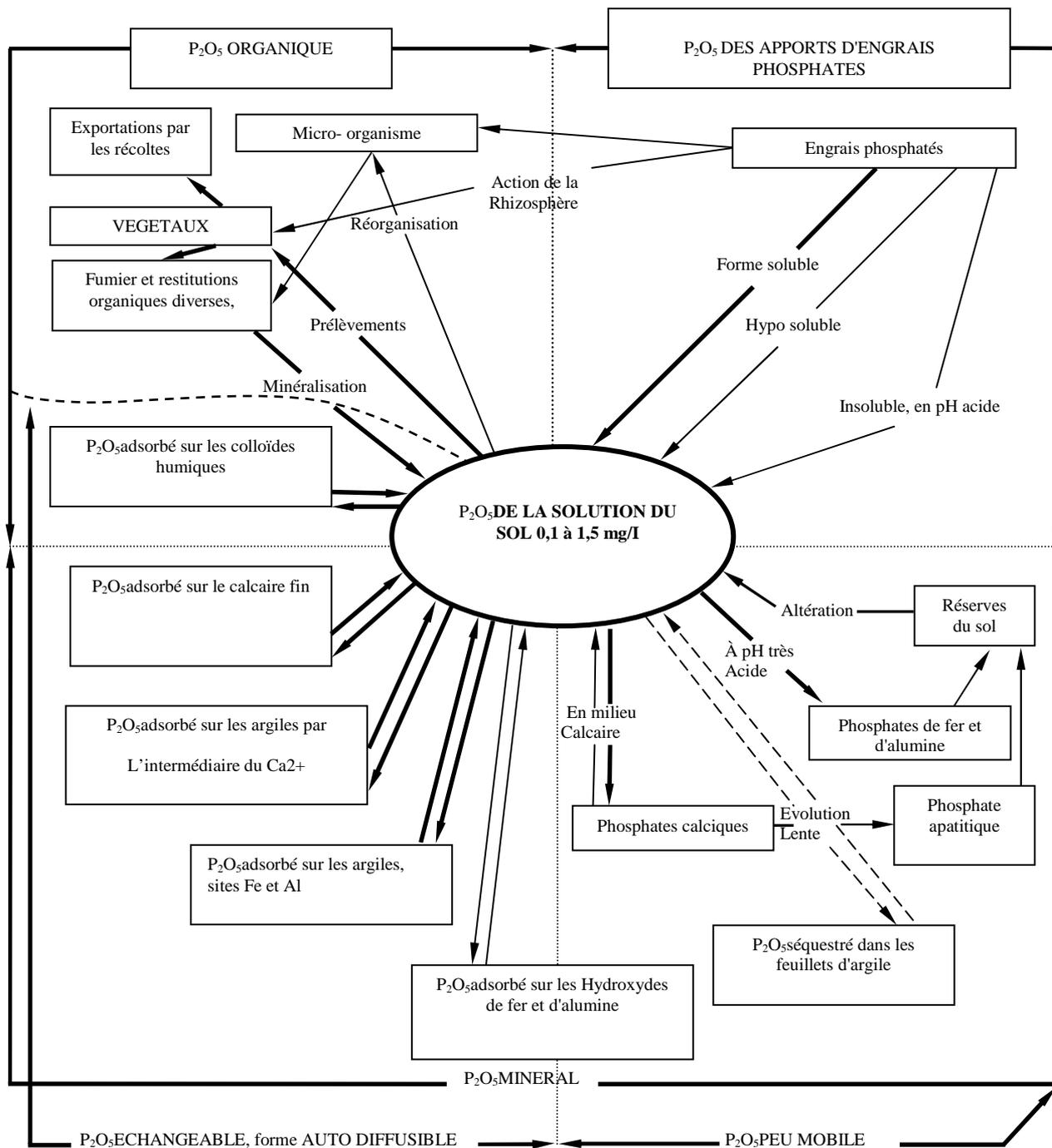


Figure 1. Les formes du phosphore dans le sol (GERVY, 1970).

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

1.3.1. 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 pH >11.

1.3.2. 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.

1.3.3. 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.

1.3.4. 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**).

1.3.5. 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.

1.4. 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**

Chapitre II

Le phosphore et la plante

2.1. 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 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 celluloseux.

2.2. 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. Ces derniers doués de la propriété de la

réplication ; 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 cellulaire (**GACHON, 1969**).

2.3. Absorption du phosphore par la plante

La nutrition phosphatée des plantes ne peut être assuré que par du phosphore présent sous forme de Phosphates H_2PO_4 ; $H_2PO_4^-$; HPO_4^{-2} ; PO_4^{-2} (**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% complémentaire sont libérés de la phase solide par désorption ou dissolution des minéraux durant la croissance (**HINSINGER, 2001**).

2.4. 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 P_2O_5 / 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 P_2O_5 à fournir dans le sol, mais également des formes de P_2O_5 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.

Tableau 1. Exportation de quelques cultures en phosphore

Culture	Nature de produit	P ₂ O ₅ 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	0,1	500
	Plante entière	0,1	

VILAIN (1997)

Aussi, les cultures peuvent être classées selon leurs exigences en P (tableau 2).

Tableau 2. Classification des cultures selon leur exigence en P

Très exigeante	Betterave, Colza, 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)

2.5. 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**).

3. 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 P-Ca (**RAZI, 2006**).

Deuxième partie

Matériels et méthodes

Chapitre I

Matériels d'étude

1.1. Présentation de la région d'étude

El-Menia est une oasis rattachée à la wilaya de Ghardaïa se trouvant à mi – chemin sur l'axe routier "Alger- Tamanrasset" elle occupe un couloir entre la falaise (Battent) et les dernières 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 de ressources hydriques relativement importantes (**BELERAGUEB, 1996**).

1.1.1. Coordonnées géographiques

Il se trouve dans une altitude de 397 m avec une longitude de 2°87 mn Est et une latitude de 30°57 mn Nord (figure 2).

1.1.2. Limites Géographiques

El-Goléa se trouve presque dans le centre d'Algérie : limité au Nord par le chebka de m'zab, au Sud par plateau de Tademaït, à l'Est par Hamada de Ouargla et à l'Ouest par l'Erg-occidental (figure 2).

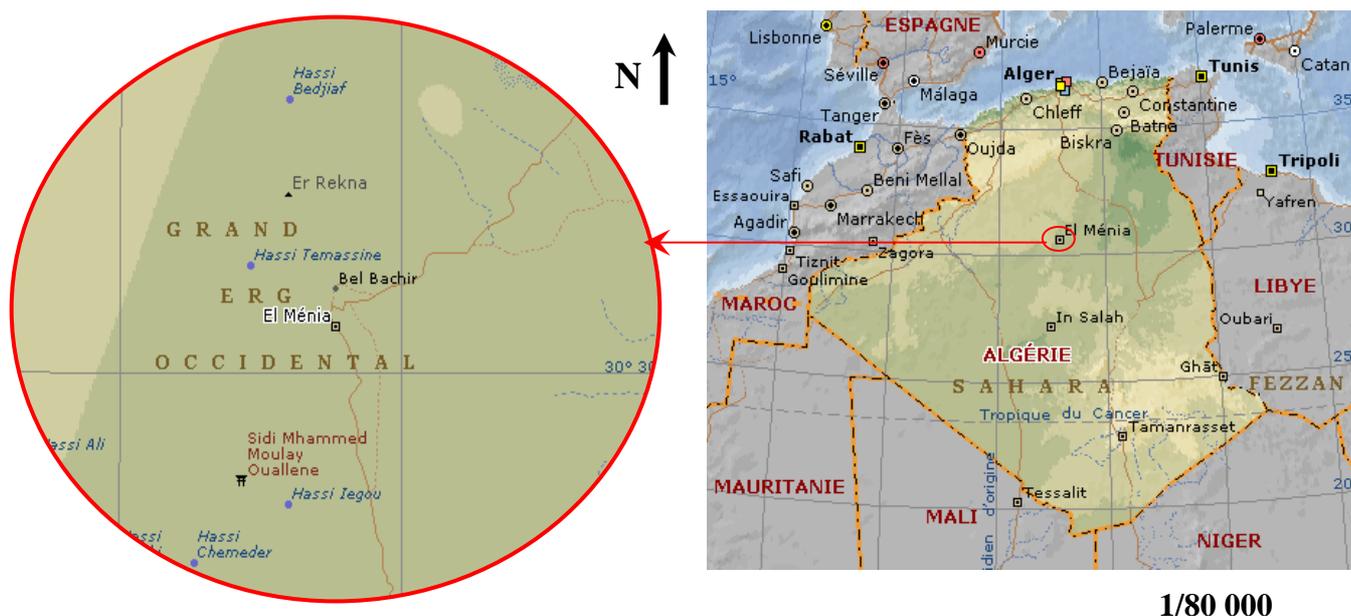


Figure 2. Position géographique d'El-Goléa (encarta 2006 « modifier »)

1.2. Facteurs naturels

1.2.1. Relief

L'allure générale des terrains est caractérisée par une faible pente du Nord (amont) vers le Sud (aval) (BELERAGUEB, 1996).

1.2.2. Climat

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 les précipitations ; elle est caractérisée par son hiver rigoureux et froid et son "été" Sec et chaud (BELERAGUEB, 1996).

1.2.2.1. Pluviométrie

La même unité englobe toutes les eaux météoriques qui tombent surface de la terre sous forme liquide (pluie, rosée etc....).

A El-Ménia comme au Sahara, les précipitations sont que la moyenne annuelle ne dépasse pas 5,20 mm (tableau 3).

1.2.2.2. Température

Les températures sont très élevées pouvant dépasser les 40°C. L'aridité est accentuée par des vents de sable parfois très violents.

L'analyse des données prise à la station météo d'El-Menia nous permet de noter que leur amplitude journalière est de l'ordre de 1°C jusqu'à 6°C.

Tableau 3. Données climatiques de la région d'El-Goléa (1996-2006)

Mois	T0min (0C)	T0max (0C)	T0moy (0C)	Precip (mm)	H (%)	Vitesse de vent (m/s)	Insolation (H)	ETP (mm)
J	4,96	6,74	18,65	8,96	49,6	4,4	208,4	80,8
F	7,73	8,6	21,92	0,74	7,7	3,65	197,9	109,6
M	11	14,5	28,6	12,57	9,7	4,1	262	162,7
A	17,4	23,4	61,8	13,45	6	4,45	222,9	206,2
M	22,3	33	47,34	2,74	3,37	4,73	270,8	250,5
J	21,2	25,8	32,12	0,5	3,55	3,68	277,5	281,5
JL	23	28,9	62,25	0,28	3,18	3,6	262,7	314,6
O	24,22	30,3	34,7	0,96	2,3	3,74	245	326,6
S	18,33	24,9	29,55	2,8	3,2	4,1	234	256,8
O	14,5	19,5	23,7	8,46	3,95	3,34	228,6	179,3
N	6	12,5	15,72	9,76	5	5,13	187	97,1
D	2,18	6,9	11,25	1,55	5,87	2,66	214	111,3
Moyenne annuelle	16,18	17,6	32,3	62,77 *	8,61	3,96	2810,8 *	2377 *

* : cumul

ONM d'El-Goléa (2007)

1.2.2.3. Les Vents

Il est à noter que dans nos régions sahariennes, les vents sont inévitables. Le vent Nord-est est le plus dominant, il intervient habituellement au mois de février et se poursuit jusqu'à la fin Avril. Ainsi le sirocco provoqué par le vent Sud-est survient en été et ces vents Nord –Est et Sud- Ouest posent particulièrement des problèmes.

1.2.2.4. Evapotranspiration

L'évapotranspiration est en fonction d'autres éléments climatiques (T° , insolation, vitesse du vent) et compte tenu de la pluviométrie et l'humidité de l'air très basse, l'évapotranspiration ne peut être que forte ; elle est de l'ordre 198 mm/an (tableau 3).

1.2.2.5. Insolation

Il ressort du tableau 3 que l'insolation a atteint sa valeur maximale en juin (277,5 h). La durée annuelle est de 2811,6 h. Elle peut varier d'une année à l'autre et d'une période à l'autre (BELERAGUEB, 1996).

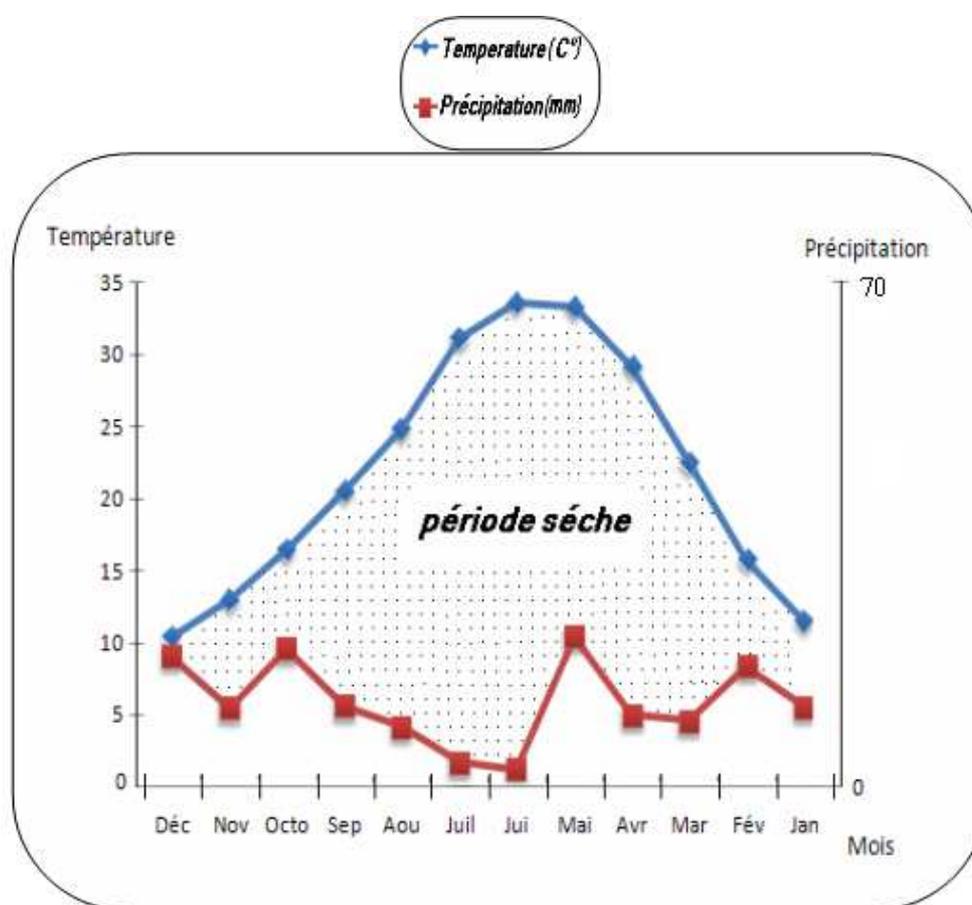


Figure 3. Diagramme Ombrothermique de "Gausse" de la région d'El-Goléa

1.2.3. Ressources en eau

Les caractéristiques du climat montrent que les précipitations sont très faibles pour provoquer l'écoulement (figure 2); l'oasis doit son eau des nappes souterraines à travers des puits et des forages (**BELERAGUEB, 1996**).

1.2.3.1. Nappe Albienne

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

1.2.3.2. 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 où 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 au Nord de l'oasis, elle monte progressivement vers le Sud à des profondeurs inférieures à 1 m.

1.2.4. Sol

1.2.4.1. Sol de la région saharienne

Les sols peuvent être classés grossièrement en trois groupes :

- ❖ Les sols désertiques (regs) : sols sablonneux et graveleux.
- ❖ Les sols limono-argileux: terrasses des vallées,...
- ❖ Les sols salés (halomorphes) : nappes phréatiques salées, sebkha,...

Généralement les sols sahariens ont une texture sablo limoneuse avec une faible teneur en phosphore, azote et oligo-éléments. Les sols sont aussi caractérisés par un pH élevé qui réduit la disponibilité des oligo-éléments et un taux de calcaire total élevé ayant un effet négatif sur l'assimilation du phosphore, potassium et l'azote par la plante. On note aussi une faible teneur en matière organique d'où une faible teneur en matière organique et par conséquent une faible capacité d'échange cationique (<5 méq / 100g de terre) (**BELERAGUEB, 1996**).

1.2.4.2. Sol de la région d'El-Goléa

Les sols d'El-Goléa ne sont pas des sols au sens agronomique du terme ; mais du sable plus ou moins calcaire imprégné de matière salante et pratiquement dépourvus d'humidité, condition faisant obstacle à toute vie normale (**BAHMANI, 1987**).

En dehors de la palmerai, 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 caractérisée par une granulométrie assez rasière: Sables fins, Sables fins légèrement limoneux. En profondeur la variabilité est plus grande, on observe des niveaux granilo-caillouteux et des niveaux argileux. La pédogenèse est dominée par l'action de la nappe phréatique et les sels qu'elle contient, cette action se traduit par des phénomènes d'hydraumorphie et d'allomorphie (**BELERAGUEB, 1996**).

1.3. Présentation du site expérimental

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de la ferme « **HADJADJ Mahmoud** » qui se situe à 20 km du Nord de la ville d'El-Goléa. Elle a été créée en 1990 et couvre une superficie de 750 ha.

1.4. Matériel végétal

La variété utilisée est le blé dur *Triticum durum* var. Simeto d'origine Italienne (Sicile) récemment introduite en Algérie.

C'est une variété alternative, résulte d'un croisement entre deux variétés *Capeit* x *Valnova*.

Elle a été choisie pour sa résistance à la verse et sa productivité **CRPV (2004)**.

Elle est caractérisée par une bonne faculté germinative (98%) et un poids de 1000 grains de 54,8 g (annexe 1).

1.5. Sol du site expérimental

On a effectuée deux prélèvements pour caractériser le sol des parcelles expérimentales, le premier concernant l'initial (0-20 cm) avant la mise en culture, la deuxième au stade deux nœuds pour les horizons. Nous avons effectué les analyses du sol au laboratoire pédagogique du département des sciences agronomiques de l'Université de Ouargla. Les résultats des

analyses montrent que notre sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH neutre ; et pauvre en éléments nutritifs d'où la nécessité d'apports d'engrais.

Description d'un profil pédologique

*La région d'El-Goléa : (20km Nord de ville d'El-Goléa)

*Date de description : 03/02/2007

*Temps : ensoleillé, peu de nuage.

*Topographie : Pente nulle

*Geomorphologi : Plain inter-colline, des terrains de crétacé inférieurs.

*Localisation exacte du profile : Centre pivot, sixième travée (pivot 50 ha)

*Culture : Céréaliculture, blé dur (stade tallage)

Description de profil (solum)

-AP : frais, jaune rougeâtre, sableux, particulaire, masse d'enracinement très fines, beaucoup de taché noirâtre, limité progressive.

-C2 : frais, jaune rougeâtre, sableux, particulaire peu de racine, peu de tache grise noirâtre, limité progressive, quelque cailleux(1%)

-C1 : frais, cailleuteus,(cailleux angulaire ,de taille 3 à 5 cm-80%)

-R: Bloc de -30 à 40 cm de diametre

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié

Analyses	Caractéristiques	Profondeur 0-20 cm	Horizons		
			0-11cm	11-22cm	22-30cm
Physiques	Sable grossier %	55.9	19.5	15.1	17.0
	Sable fin %	37.4	75.0	64.4	66.0
	Argile + Limon %	6.8	5.5	20.5	17.0
Chimiques	pH	7,2	7,2	7,5	7,8
	CE (dS/m) à 25 ⁰ C	3,17	3,29	3,54	3,78
	Calcaire total (%)	5,93	8.1	6,75	6,2
	Calcaire actif (%)	3.1	2.6	3.1	3.6
	Matière organique (%)	0.06	0.23	0.36	0.43
	Azote assimilable (ppm)	25,4	46,4	45,7	45,9
	Potassium assimilable (ppm)	12,3	20,5	21,6	22,1
	Phosphore assimilable (ppm)	6,52	6,13	6,05	4,28
	Phosphore total (ppm)	18,06	13,25	14,40	10,75

1.6. L'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe Albienne qui se trouve à une profondeur de 200m (BELERAGUEB, 1996). Elle est très importante et qualifiée de grand appareil hydraulique du Sahara (SAVORAIN, 1947).

Tableau 5. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Paramètres	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺ + mg/l	Na ⁺ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	F mg/l	RS mg/l	pH
Eau d'irrigation	24	7	28	36	20	2,4	traces	0,3	180	7,4

S.B.G.E.M (El-Goléa-2007)

Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation (DURAND, 1983), l'eau utilisée appartient à la classe C₄.S₂ qui présente des caractéristiques suivantes, eau utilisable avec un léger lessivage, le danger d'alcalinisation est très fort (tableau 5).

Chapitre II

Méthodes d'étude

2.1. Protocole expérimental

Le phosphore remplissant un grand nombre de fonction, comprend l'influence marquée d'une bonne alimentation en cet élément sur la croissance et le développement (BELAID, 1996).

L'étude de son comportement et de son devenir dans le sol et dans le végétal est très importante pour éviter l'efficiencia dans la fertilisation phosphatée.

2.1.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est le modèle hiérarchisé à deux facteurs fixes, engrais foliaires (F1, F2) subordonné à engrais au sol (D₁, D₂, D₃ et D₄).

L'essai présente au total 24 parcelles élémentaires espacées de 1 m, chaque parcelle mesure 75 m de long sur 24 m de large soit une superficie de 1800 m² (figure 4).

Engrais solides

- Triple superphosphate (TSP) dosant 46 % de P₂O₅, c'est une forme d'engrais entièrement soluble dans l'eau.
- NPK_S (8%,36%,15+13.5%), à un pH acide (égal à 4). L'azote se présente sous la forme ammoniacale.
- Phosphactyl, dose 20% de N et 22% de P.

L'application des engrais est réalisée au semis. Pour les trois types, nous avons testé quatre (04) doses différentes qui sont les suivantes :

D₁ = 80 U/ha; D₂ = 120 U/ha; D₃ = 160 U/ha; D₄ = 200 U/ha.

Engrais foliaires

Les deux engrais foliaires sont fractionnés en deux apports (½, ½), 2,5 litres au stade trois feuilles et 2,5 litres au stade tallage de la culture.

- Agriphos

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

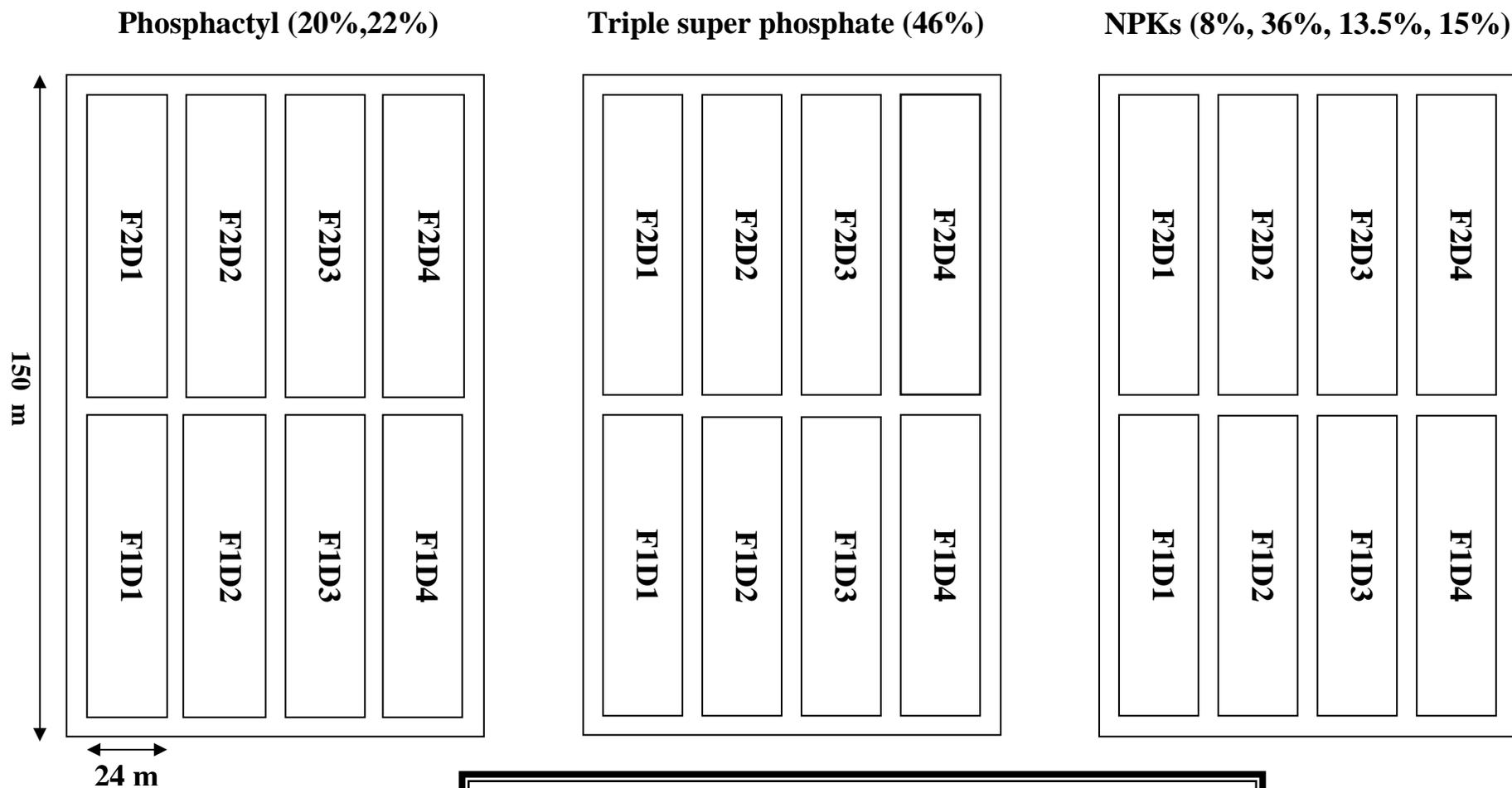


Figure 4. Dispositif expérimental

D : dose F : foliaire

- Leader Start

Solution d'engrais NP contenant du Magnésium pour pulvérisation foliaire, 3,2 % Azote nitrique 47 g/L ; 30 % anhydride phosphorique (P_2O_5) soluble dans l'eau (447 g/L) ; 4,3 % oxyde de Mg (MgO) soluble dans l'eau (63 g/L).

2.1.2. Conditions de déroulement de l'essai

Le semis a été réalisé le 03/12/2006 avec un semoir direct sur les chaumes de culture précédente, à une dose 2 q/ ha et une profondeur variant entre 4-5 cm.

2.1.2.1. La fertilisation

La fertilisation consiste à apporter les fertilisants aux plantes sous formes d'engrais simples ou composés ces engrais doivent satisfaire les besoins de blé en complétant les fournitures du sol (tableau 6).

2.1.2.1.1. Engrais azoté (UAN 32 %)

Engrais liquide constitué d'un mélange de nitrate d'ammonium ($NH_4 NO_3$), l'Urée ($H_2N-CO-NH_2$) et l'eau. Ce dernier a été apporté sur plusieurs fractions au cours des stades de développement du blé, avec une dose de 218,5 Kg/ha N (tableau 6).

2.1.2.1.2. La fertilisation foliaire

- Safe-N

Engrais azoté foliaire qui dose 28 % N, pulvérisée avec l'eau d'irrigation sur trois fractions de 2,5 l/ha, au stade un feuille, épi 1 cm et floraison, (tableau 6).

- Fertileader 469

Solution qui contient le phosphore, l'azote, potasse et les oligo-éléments [4 % N, 6 % P_2O_5 , 9 % K_2O , 0,05 % B, 0,02 % Cu, 0,02 % Fe, 0,1 % Mn, 0,01 % Mo et 0,05 % Zn], ramené à une dose de 2,5 l/ha, ramenée par fertirrigation au stade épi 1 cm.

- Compound-Pholate

Engrais de correction de carence représente un mélange d'oligo-éléments [2,4 % Cu, 1,6 % Fe, 6 % Mn et 3 % Zn], la dose appliquée est de 4,5 Kg/ha sur deux fractions, au stade 1 feuille et épi 1 cm.

Tableau 6. Suivi journalier du pivot

Stades repères	Date d'apport	Dose apportée UAN	Dose apportée Safe N
Semi – levée (1 feuille)	29/12/06	31 kg/ha N	
	08/01/2007	31 kg/ha N	
Levée – début tallage	14/01/2007		2,5 l/ha
	26/01/2007	31 kg/ha N	
début tallage – épi 1 cm	14/02/2007	2.4 kg/ha N	
	16/02/2007	21kg /ha N	
	24/02/2007		2,5 l/ha
Floraison- maturité	28/02/2007	26 kg/ha N	
	07/03/2007	21 kg/ha N	
	20/03/2007	21 kg/ha N	
	29/03/2007	17 kg/ha N	
	14/04/2007	17 kg/ha N	
Somme		218,5 kg/ha N	5 l/ha

2.1.2.2. Précédent cultural

Notre parcelle expérimentale a eu comme précédent cultural " sorgho fourrager " durant la campagne (2005/2006).

2.1.2.3. Désherbage

Plusieurs études ont été faites sur la sensibilité du blé aux mauvaises herbes et la forte nuisibilité des adventices. Le recours au désherbage chimique devient une nécessité.

2.1.2.3.1. Round up

Herbicide foliaire, total, ayant une action systémique. Il a été appliqué sur la parcelle expérimentale avant semis (03/12/2006) à une dose de 2L/ha.

2.1.2.3.2. HUSSAR OF

Est un herbicide sélectif à double action des blés durs et blés tendres, grâce à sa composition ce dernier permet de lutter contre les mauvaises herbes dicotylédones et monocotylédones et les graminées. La pulvérisation de l'herbicide est application au stade deux nœuds de blé à une dose de 1 l/ha.

2.2.1.2.4. L'irrigation

L'étude climatique de la région d'El-Goléa, montre la nécessité d'apporter l'eau aux cultures par voie artificielle (centre pivot) à cause du manque de précipitations (tableau 7).

Tableau 7. Date et doses d'eau d'irrigation

Stade repères	Date d'apport	Quantité (mm)
Semis-levée (1feuille)	26/12/06-04/01/07	58
Levée-début-tallage (4feuilles)	04/01/07-26/01/07	75
Début-tallage-épi 1cm	26/01/07-21/02/07	110
Epi 1cm-floraison	21/02/07-14/04/07	320
Floraison-maturité	14/04/07-08/05/07	205
Total		765

2.2.1.2.5. La récolte

La récolte manuelle de la plante entière (tige+épi) sur dix mètres linéaires, est réalisée le 22/05/2007.

2.2.2. Méthode de prélèvement

2.2.2.1. Le sol

Les échantillons sont prélevés à raison de cinq (5) échantillons par parcelle. Ces derniers sont mélangés et constituent trois échantillons qui sont analysés individuellement (calcaire total, phosphore total et assimilable). Le profil du sol est exploré sur une seule profondeur de 0-20 cm. Les prélèvements des échantillons du sol sont réalisés au stade deux nœuds, floraison et maturité.

2.2.3. Les paramètres étudiés

L'ensemble des paramètres étudiés sont réalisés au laboratoire pédagogique de l'université de Ouargla sauf cas du phosphore et calcaire total sont dosés au laboratoire de l'INA.

2.2.3.1. Evolution de la teneur en matière sèche

Les échantillons du blé prélevés, sont pesés avant et après leur passage à l'étuve à 60⁰ C pendant 48 heures pour déterminer l'évolution de la teneur en matière sèche au cours du cycle de la culture (2 nœuds, floraison, maturité).

2.2.3.2. Le rendement en grain (rendement calculé)

Au stade maturité nous effectuons un comptage de nombre d'épi par mètre carré de grain par épi et le poids de 1000 grains (PMG). Ce paramètre est calculé par la relation suivante :

$$\frac{\text{épis} / m^2 \times \text{grains} / \text{épi} \times \text{PMG}}{1000}$$

2.2.4. Méthodes d'analyse du sol

2.2.4.1. La granulométrie

La granulométrie a été déterminé par la méthode de tamisage pour déterminé les proportions physiques de trois particules (sable grossier, sable fin, limon + argile).

2.2.4.2. Le pH

C'est l'un des facteurs qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Il a été déterminé à l'aide d'un pH mètre d'une suspension d'un rapport : sol/eau de 1/5.

2.2.4.3. Conductivité électrique

C'est un moyen d'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. La C.E. (25°C) du sol a été mesuré par un conductimètre d'une suspension d'un rapport : sol/eau de 1/5.

2.2.4.4. Calcaire total

Le calcaire total du sol a été déterminé par une attaque avec un acide chlorhydrique concentré (6N) en utilisant le calcimètre de BERNARD.

2.2.4.5. La matière organique

Le dosage des matières organiques se fait par la méthode ANNE, elle consiste à prendre l'échantillon du sol 1g de terre fine et ajoute 10ml de solution aqueuse de bichromate de potassium (KCr_2O_7) à 8% et 15ml de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré après 30mn, ensuite on ajoute 150ml d'eau distillée et quelque goutte de diphénylamine et titré par une solution de sulfate de fer ($FeSO_4$) et comparer la couleur (passe de bleu foncé au bleu vert) de solution avec le témoin (sans sol).

2.2.4.6. Calcaire actif

Pour le dosage de calcaire actif, on utilise la propriété du calcaire de se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble. L'excès de solution d'oxalate est ensuite dosé (oxalate d'ammonium) par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

2.2.4.7. L'azote assimilable

Le dosage de l'azote assimilable se fait par la méthode de KJELDAHL. pour le deux formes d'azote (NH_4^+ et NO_3^-), l'extraction a été faite par l'utilisation d'une solution de 5g du sol + 50ml de KCl (2molaires), après une extraction on ajoute au filtrat 0,2g d'alliage de DEWARDA et 0,2 g de l'oxyde de magnésium (MgO), puis un titrage avec le H_2SO_4 (N/20), et le principe de ce dosage, les ions NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- sont extraits au sol par KCal. Le NO_3^- et NO_2^- se transforment en NH_4^+ par réduction avec l'alliage de DEWARDA et les deux formes de NH_4^+ alors dosées par distillation au Buchi, en présence de MgO calciné.

2.2.4.8. Le potassium assimilable

Le potassium est dosé par le spectrophotomètre à flamme, d'une suspension d'un rapport : sol/eau de 1/5.

2.2.4.9. Le phosphore assimilable

Il est déterminé par la méthode Olsen recommandée pour les sols calcaires, neutres ou basiques. Le bicarbonate de sodium est utilisé pour extraire le phosphore disponible dans le sol, ce dernier est mis en réaction avec le molybdate d'ammonium dans un milieu acide pour former de l'acide molybdophosphorique.

La réaction de l'acide ascorbique avec l'acide molybdophosphorique réduit ce dernier en un complexe de couleur bleu. Le spectrophotomètre mesure l'absorbance qui est proportionnelle à la concentration du phosphore.

2.2.4.10. Le phosphore total

La méthode repose sur une minéralisation à l'aide d'un mélange d'acide sulfurique-sélénieux. Un traitement à une température de 375⁰C suivie d'une analyse spectrophotométrie.

Troisième partie

résultat et discussion

Chapitre I

effet de phosphore sur la productivité

1.1. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche

La matière sèche est l'un des indicateurs révélateur des conditions de capture des éléments nutritifs du milieu (THEVENET, 1993).

La teneur en matière sèche du blé est influencée par un certain nombre de facteurs dont les conditions climatiques, la fertilité potentielle du sol, la dose de semis (densité de peuplement) et la variété. Pour un bon résultat, il est nécessaire de fournir au sol des éléments fertilisants au fur et à mesure des besoins de la culture et en particulier les dates d'intervention.

Dans cet essai nous avons déterminé la teneur en matière sèche qui exprimée en (%) à différents stades de développement (deux nœuds, floraison et maturité) de la culture.

1.1.1. Stade deux nœuds

1.1.1.1. NPK_s (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance (tableau 1, annexe 2) montre des différences hautement significatives de l'effet des engrais foliaire par une augmentation (1,92 %) de F₁ par rapport F₂, et un effet non significatif de l'effet des doses de NPK_s sur la teneur en matière sèche au stade deux nœuds (tableau 8).

Cette teneur n'évolue pas avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 79,21 % obtenu avec D₃ (160 U P₂O₅/ha) à 83,38% obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Tableau 8. Influence de la fertilisation phosphatée (NPK_s) sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F₁	80,28	80,28	81,78	83,22	81,39	Effet F : HS Effet D : NS
F₂	79,56	79,56	76,64	83,54	79,83	
Moyenne	79,92	79,92	79,21	83,38	80,61	

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec l'Agriphos (81,39 %) de l'engrais foliaire (figure 5).

Par contre la meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ (200 U P₂O₅ /ha avec leader start) de 83,54 % de matière sèche (figure 5).

1.1.1.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences non significatives de l'effet des doses de TSP et des engrais foliaires sur la teneur en matière sèche au stade deux nœuds (Tableau 9).

Tableau 9. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (TSP)

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F ₁	79,82	82,08	82,36	82,44	81,68	Effet F : N.S Effet D : N.S
F ₂	81,00	80,78	82,98	82,86	81,91	
Moyenne	80,41	81,43	82,67	82,65	81,79	

Ces taux présentent une légère augmentation avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 80,41 % dans D₁ (80 U P₂O₅ /ha) à 82,67 % obtenu au niveau de D₃ (160 U P₂O₅ /ha).

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec Leader start (81,91 %) de l'engrais foliaire (figure 6).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅ /ha avec Leader start) (figure 6).

1.1.1.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences non significatives de l'effet des doses de NP et des engrais foliaires sur la teneur en matière sèche au stade deux nœuds (Tableau 10).

Ces taux présentent une petite augmentation avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 81,31 % dans D₄ (200 U P₂O₅/ha) à 84,55 % obtenu au niveau de D₃ (160 U P₂O₅ /ha).

Par ailleurs, le Leader start (F₂) présente le meilleur taux de matière sèche (82,78 %) (Figure 7).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅ /ha avec Leader start) (figure 7).

Tableau 10. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (Phosphactyl)

Doses Engrais foliaires	D₁	D₂	D₃	D₄	Moyenne	Signification
F₁	82,40	83,30	82,32	82,00	82,50	Effet F : N.S Effet D : N.S
F₂	81,94	81,80	86,78	80,62	82,78	
Moyenne	82,17	82,55	84,55	81,31	82,64	

D'après les résultats obtenus dans le stade deux nœuds de qu'il s'agit la teneur en matière sèche de blé, le meilleur taux est obtenu au niveau de Phosphactyl avec un moyen général de 82,64 %.

Les expériences menées par **ROMER** et **SCHILING (1986)** montrent que les besoins du blé en phosphore sont peu importants au cours des premiers stades de développement de la plante (levée jusqu'à la mi-montaison).

L'application foliaire a été démontrée comme étant une méthode efficace sur céréales en 1950, (**GOODING** et **DAVIES ,1992**).

Toutes carences en phosphore sur céréales en début montaison se traduit par un défaut de monter des talles, ce même auteur soulignent que les besoins de blé en phosphore sont beaucoup plus importants à partir de la mi-montaison (**FARDEAU, 1985**).

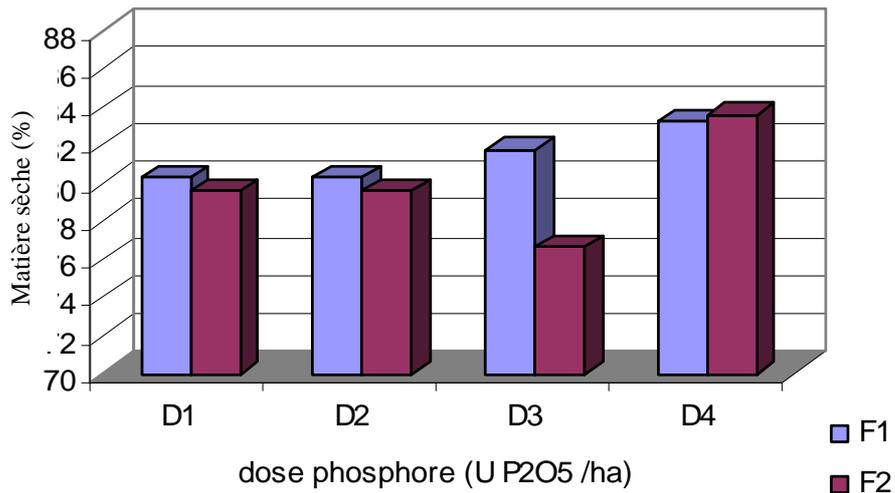


Figure 5. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade deux noeuds (NPK_s)

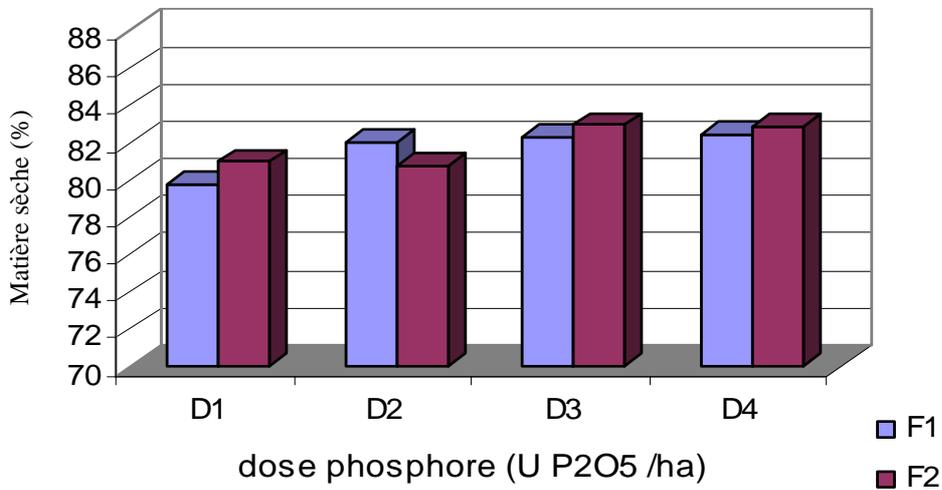


Figure 6. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade deux noeuds (TSP)

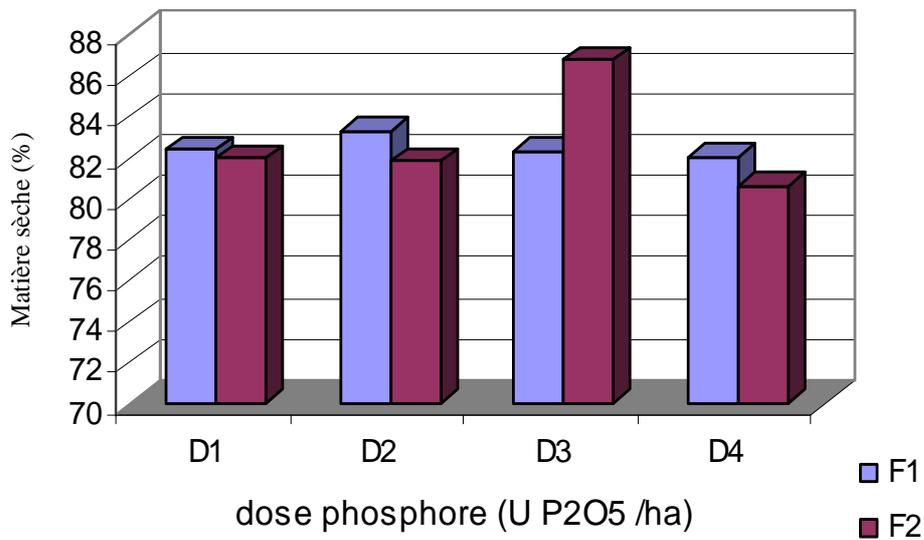


Figure 7. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade deux noeuds (Phosphactyl)

1.1.2. Stade floraison

1.1.2.1. NPK_S (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance (tableau 1, annexe 2) indique des différences significatives de l'effet des engrais foliaires et non significatives de l'effet des doses de NPKs sur la teneur en matière sèche au stade floraison (tableau 11).

Cette teneur n'évolue pas avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 48,31 % obtenu avec D₁ (80 U P₂O₅/ha) à 58,13 % obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec l'Agriphos (54,39 %) avec une augmentation de 5,59 % par rapport le Leader start concernant l'effet de l'engrais foliaire (figure 8).

Ainsi la meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₁ (160 U P₂O₅ /ha et l'Agriphos) avec 59,24 % de matière sèche.

Tableau 11. Influence de la fertilisation phosphatée (NPK) sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F₁	44,36	55,38	59,24	58,6	54,39	Effet F : S Effet D : NS
F₂	52,25	44,72	50,76	57,66	51,35	
Moyenne	48,31	50,05	55,00	58,13	52,87	

1.1.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences hautement significatives de l'effet des engrais foliaires et non significatives de l'effet des doses de TSP sur la teneur en matière sèche au stade floraison (Tableau 12).

Ces taux présentent une variation avec les doses de phosphore, elle passe de 56,58 % dans D₃ (160 U P₂O₅/ha) à 59,42 % obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec l'Agriphos (61,57 %) qui représente une augmentation de 10,64 % par rapport le Leader start (figure 9).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₄ x F₁ (200 U P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 63,42 % de matière sèche.

Tableau 12. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison (TSP)

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F₁	61,64	59,52	61,7	63,42	61,57	Effet F : H.S Effet D : N.S
F₂	56,88	56,3	51,46	55,42	55,02	
Moyenne	59,26	57,91	56,58	59,42	58,29	

1.1.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences hautement significatives de l'effet des engrais foliaires et non significative de l'effet des doses de NP sur la teneur en matière sèche au stade floraison (Tableau 13).

Ces taux présentent une augmentation avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 56,24 % dans D₁ (80 U P₂O₅/ha) à 69,39 % obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le Leader start (F₂) présente le meilleur taux de matière sèche (82,78 %) qui passe l'Agriphos par 15,08 % concernant l'effet des engrais foliaires (Figure 10).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ (200 U P₂O₅ /ha avec Leader start) avec 71,98 % de matière sèche.

Tableau 13. Influence de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur la teneur en matière sèche (%) au stade floraison

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F₁	49,98	59,74	54,78	66,80	57,82	Effet F : H.S Effet D : N.S
F₂	63,10	65,32	71,96	71,98	68,09	
Moyenne	56,54	62,53	63,37	69,39	62,96	

D'après les résultats obtenus dans le stade floraison de qu'il s'agit la teneur en matière sèche de blé, le meilleur taux est obtenu au niveau de Phosphactyl avec un moyen général de 62,96%.

L'apport d'éléments par voie foliaire présente des avantages comparés aux apports au sol, par leur doses d'application suivant les exigences de la culture ; des stades précis d'application suivant les besoins des cultures ; ainsi elle évite l'effet de l'insolubilité du aux caractères intrinsèques du sol ; outre elle contribue à l'incorporation dans le programme des protections phytosanitaires et elle aide à l'économie dans le temps et financièrement (**BRAHIMI et CHERGUI, 2001**).

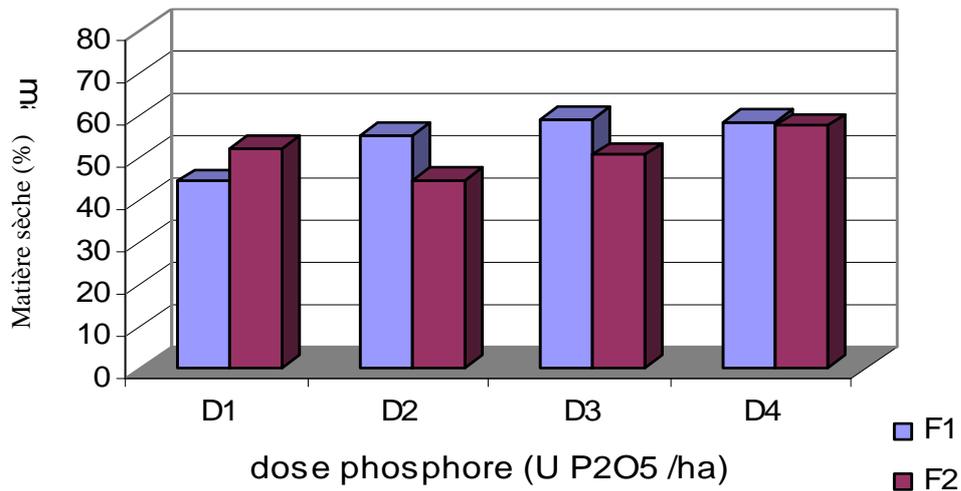


Figure 8. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade floraison (NPK₅)

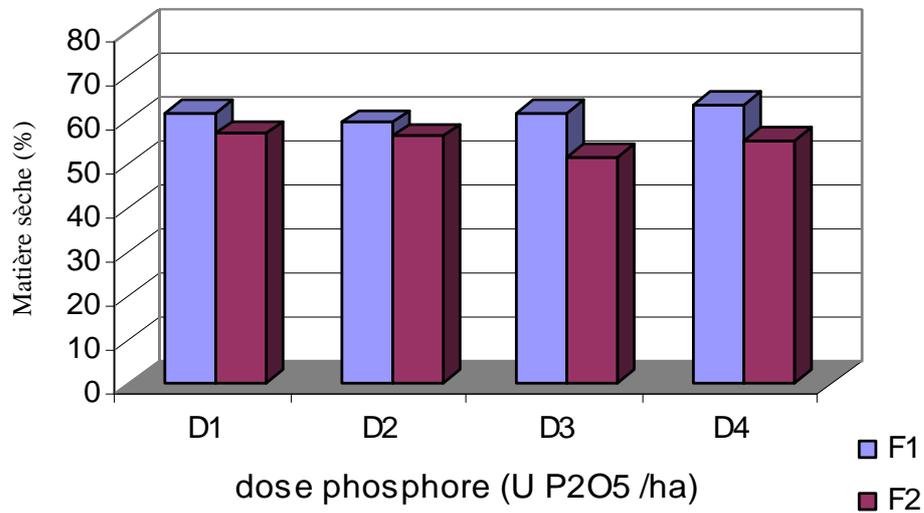


Figure 9. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade floraison (TSP)

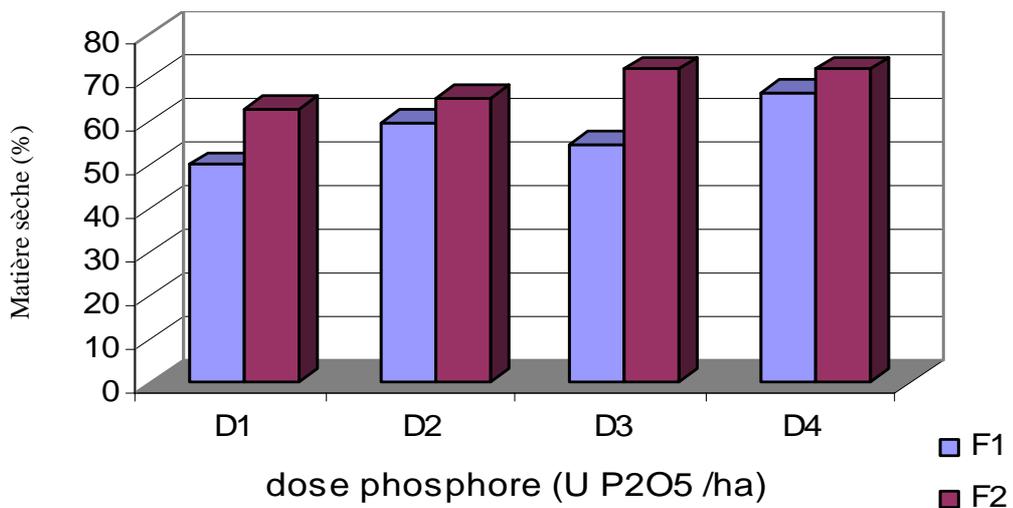


Figure 10. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade floraison (Phosphactyl)

1.1.3. Stade maturité

1.1.2.1. NPK_S (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance (tableau 1, annexe 2) indique des différences non significatives de l'effet des doses de NPK_S et de l'effet des engrais foliaires sur la teneur en matière sèche au stade maturité (tableau 14).

Cette teneur fait des perturbations avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 54,57 % obtenu avec D₂ (120 U P₂O₅/ha) à 58,04 % obtenu au niveau de D₁ (80 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec l'Agriphos (56,98 %) concernant l'effet de l'engrais foliaire (figure 11).

Ainsi la meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅ /ha avec le Leader start) avec 59,66 % de matière sèche.

Tableau 14. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade maturité (NPK_S)

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F ₁	58,00	58,44	54,08	57,4	56,98	Effet F : N.S Effet D : N.S
F ₂	58,08	50,70	59,66	55,88	56,08	
Moyenne	58,04	54,57	56,87	56,64	56,53	

1.1.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences non significatives de l'effet des doses de TSP et hautement significatives des engrais foliaires sur la teneur en matière sèche au stade maturité (Tableau 15).

Ces taux présentent une variation avec les doses de phosphore, elle passe de 51,3 % dans D₁ (80 U P₂O₅/ha) à 57,64 % obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le meilleur taux de matière sèche est enregistré avec l'Agriphos (58,35 %) avec une augmentation de 14,67 % par rapport le Leader start (figure 12).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₄ x F₁ (200U P₂O₅/ ha avec l'Agriphos) avec 68,04 % de matière sèche.

Tableau 15. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière (%) au stade maturité (TSP)

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F ₁	50,3	56,64	58,42	68,04	58,35	Effet F : H.S Effet D : N.S
F ₂	52,3	54,66	44,98	47,24	49,79	
Moyenne	51,3	55,65	51,7	57,64	54,07	

1.1.3.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance (tableau 4, annexe 2) montre des différences significatives de l'effet des engrais foliaires et hautement significative de l'effet des doses de NP sur la teneur en matière sèche au stade floraison (Tableau 16).

Ces taux présentent une augmentation (27,02 % de plus de D₂ par rapport D₄) avec les doses croissantes de phosphore, elle passe de 48,88 % dans D₂ (120 U P₂O₅/ha) à 66,98 % obtenu au niveau de D₄ (200 U P₂O₅/ha).

Par ailleurs, le Leader start (F₂) présente le meilleur taux de matière sèche (57,05 %) avec une augmentation de 2,66 % par rapport l'Agriphos (Figure 13).

Tandis que la meilleure interaction est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ et D₄ x F₁ (200 U P₂O₅/ha avec Leader start et l'Agriphos) avec 66,98 % de matière sèche.

Tableau 16. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche (%) au stade maturité (Phosphactyl)

Doses Engrais foliaires	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Signification
F ₁	45,76	51,30	58,10	66,98	55,53	Effet F : S Effet D : H.S
F ₂	52,66	46,46	62,12	66,98	57,05	
Moyenne	49,21	48,88	60,11	66,98	56,29	

D'après les résultats obtenus dans le stade maturité de qu'il s'agit la teneur en matière sèche de blé, le meilleur taux est obtenu au niveau de NPK_S avec un moyen général de 56,53 %.

La production de la matière sèche évolue jusqu'au stade floraison, puis diminue légèrement pour atteindre la maturité, la croissance de la culture semble être constante entre les deux stades floraison et maturité (**DERAOUI, 2004**).

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 la culture (**BENHAMMOUDA, 2000**).

L'azote et le phosphore sont tous deux facteurs limitant ; au-delà, des apports plus importants d'azote ne sont pleinement valorisés que s'il y a apport de phosphore (**THELIER et al, 1996**).

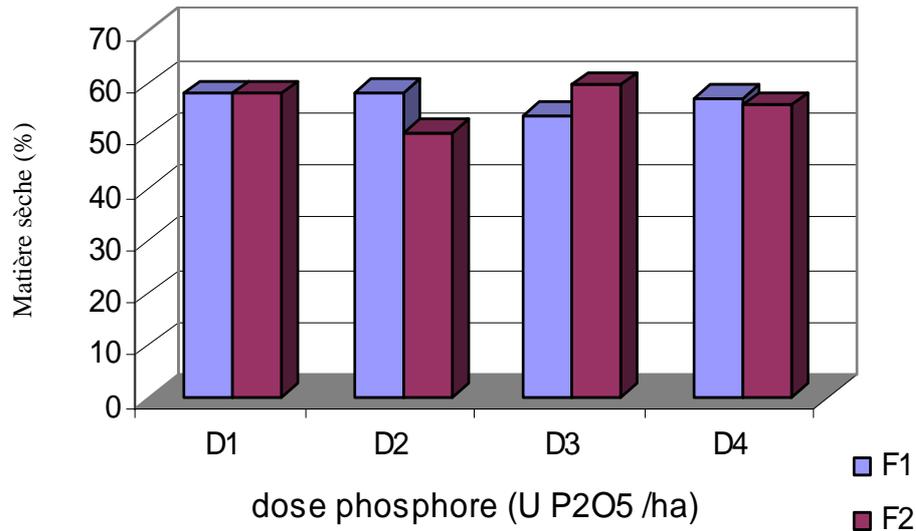


Figure 11. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade maturité (NPK_c)

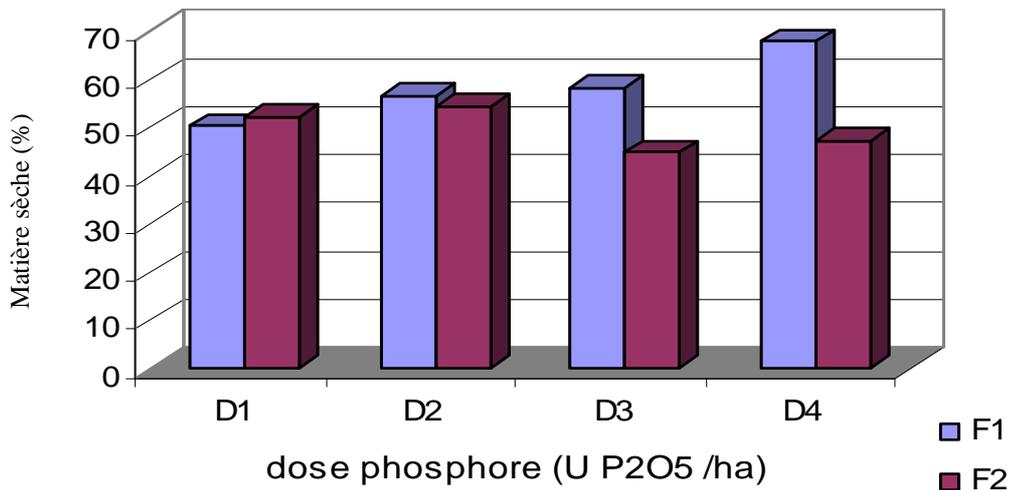


Figure 12. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade maturité (TSP)

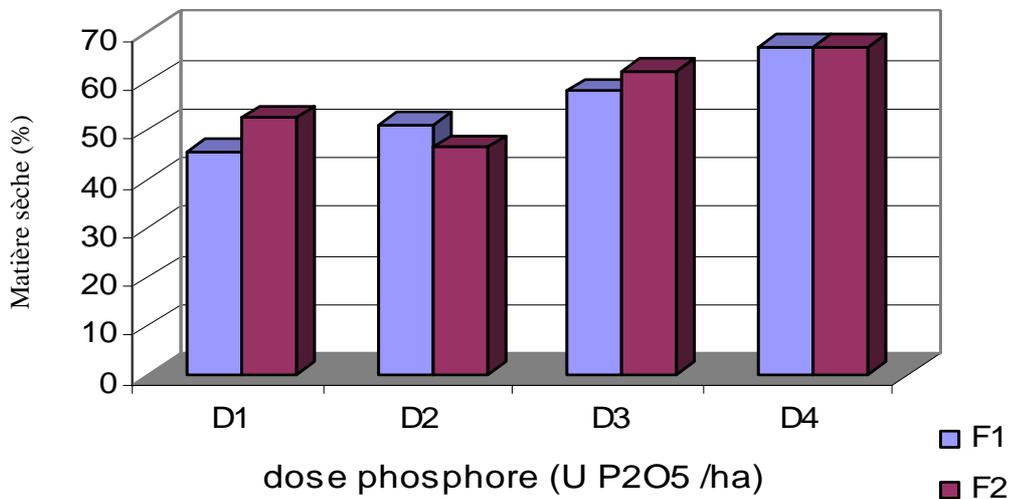


Figure 13. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en matière sèche au stade maturité (Phosphactyl)

1.2. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement en grains

1.2.1. NPK_S (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 1, annexe 3), montrent qu'il n'y a aucun effet significatif des doses de l'engrais NPK_S vis-à-vis l'engrais foliaire sur le rendement en grain (tableau 17).

Ainsi le meilleur rendement est obtenu avec la dose D₁ (80 U P₂O₅ /ha) de 90,8 q/ha par contre le plus faible est de 76,7 q/ha obtenu avec D₄ (200 U P₂O₅ /ha), concernant l'effet des doses de NPK_S sur le rendement en grains.

Par rapport l'effet des engrais foliaires le Leader start c'est qu'il présente le meilleur rendement qui atteint 88,05 q/ha (figure 14).

En matière de l'interaction on registre la meilleure combinaison au niveau de D₁x F₂ (80 U P₂O₅ /ha avec le Leader start) qui représente un rendement de 97,3 q/ha.

Tableau 17. Influence de la fertilisation phosphatée (NPK_S) sur le rendement en grain (q/ha)

Doses Engrais foliaires	D1	D2	D3	D4	Moyenne	Signification
F1	84,3	76,6	71	75,5	76,85	Effet D : N.S Effet F : N.S
F2	97,3	85,6	91,4	77,9	88,05	
moyenne	90,8	81,1	81,2	76,7	82,45	

1.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

Les valeurs moyennes du rendement en grain et l'interprétation statistique des résultats sont consignées dans le tableau 18.

L'analyse de la variance (tableau 2, annexe 3) de ce paramètre est ne révèle pas des différences significatives entre les doses d'engrais phosphatées par contre les engrais foliaires exerce un effet hautement significative sur le rendement en grain.

Le rendement obtenu avec D₄ (200U P₂O₅ /ha) est de 109,87 q/ha c'est le meilleur résultat d'ailleurs on registre le plus faible rendement avec D₁ (80 U P₂O₅ /ha) de 78,71 q/ha.

De qu'il s'agit l'effet des engrais foliaires le Leader start (F₂) se qui représente le meilleur rendement avec 97,58 q/ha avec une augmentation de 8,31 % par rapport l'Agriphos (figure 15).

La combinaison D₄x F₂ c'est qu'il donne le meilleur résultat (133,2 q/ha) en effet de l'interaction des doses de TSP avec l'engrais foliaire.

Tableau 18. Influence de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le rendement en grain (q/ha)

Doses Engrais foliaires	D1	D2	D3	D4	Moyenne	Signification
F1	74,15	90,5	106,68	86,54	89,47	Effet D : NS Effet F : HS
F2	83,28	71,96	101,9	133,2	97,58	
Moyenne	78,71	81,23	104,3	109,87	93,52	

1.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

Les valeurs moyennes du rendement en grain et l'interprétation statistique des résultats sont consignées dans le tableau 19.

L'analyse de la variance (tableau 3, annexe 3) montre qu'il n'y a aucun effet significatif des doses de l'engrais Phosphactyl vis-à-vis l'engrais foliaire sur le rendement en grain.

Alors que le rendement varie entre 29,67 q/ha dans D₃ (160 U P₂O₅ /ha) et 115,78 q/ha dans D₄ (200 U P₂O₅ /ha).

Chez l'engrais foliaire (figure 16), le Leader start représente la valeur le plus élevée (85,65 q/ha).

La combinaison D₄x F₂ c'est qu'il donne le meilleur résultat (133,35 q/ha) en effet de l'interaction des doses de TSP avec l'engrais foliaire.

Tableau 19. Influence de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur le rendement en grain (q/ha)

Doses Engrais foliaires	D1	D2	D3	D4	moyenne	Signification
F1	69,38	91,52	31,34	98,22	72,16	Effet D : NS Effet F : NS
F2	71,82	109,45	28	133,35	85,65	
moyenne	70,6	100,48	29,67	115,78	78,9	

A travers les résultats de rendement en grains obtenus avec les trois types d'engrais (NPK_s, TSP et NP) on consigne que la meilleure valeur est au niveau de NPK_s (93,52q/ha).

Il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphaté, qui font augmenté le rendement et amélioré la solubilité et l'absorption du phosphore. (HAFSI, 1990).

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. (AISSA et al, 2001)

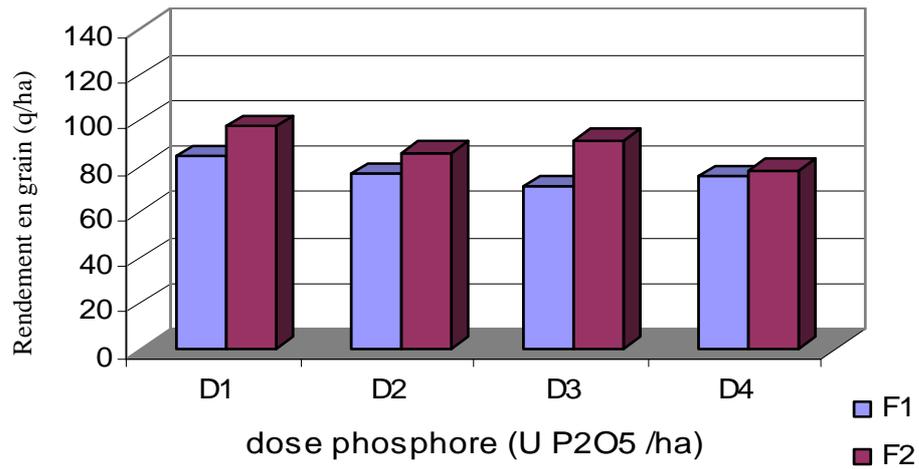


Figure 14. Effet de la fertilisation phosphatée (NPK_s) sur le rendement en grain.

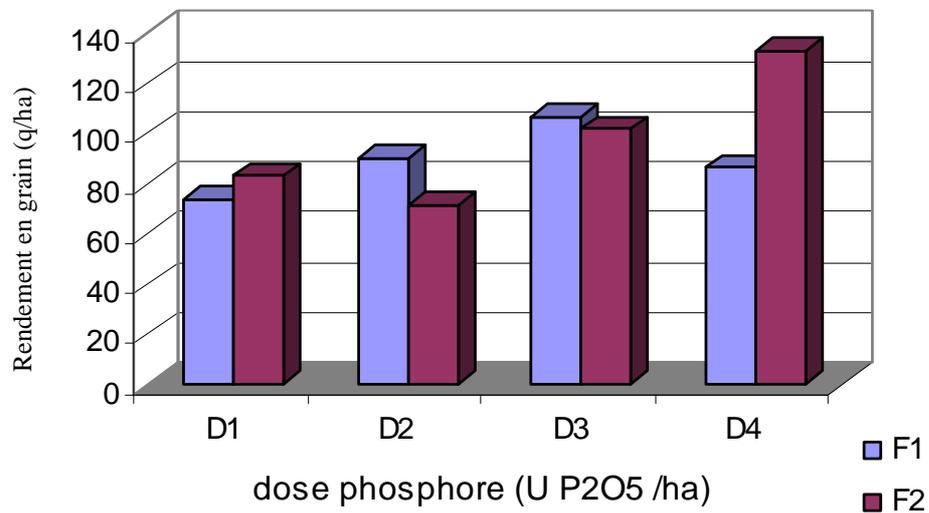


Figure 15. Effet de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le rendement en grain.

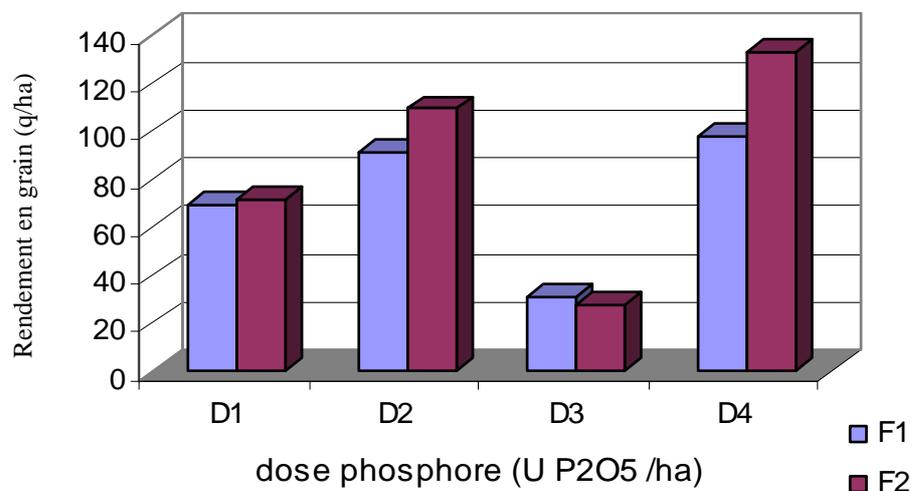


Figure 16. Effet de la fertilisation phosphatée (Phosphactyl) sur le rendement en grain.

Chapitre II

dynamique de phosphore dans le sol

2.1. Évolution du phosphore assimilable dans le sol

L'évolution de la teneur en phosphore assimilable dans le sol dépend d'un certain nombre de paramètres dont la richesse du sol en matière organique, le taux de la minéralisation, les exportations par les plantes, les pertes par lixiviation et la texture du sol.

Dans le but de connaître la contribution de la fertilisation phosphatée dans la dynamique et l'enrichissement du sol et suivre l'évolution de cet élément, des prélèvements à une profondeur de (0-20) cm, ont été effectués pour doser le phosphore assimilable à trois stades de la culture à savoir deux nœuds, floraison et la maturité.

2.1.1. NPK_s (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance montre des différents effets des doses de NPK_s et l'engrais foliaires sur la teneur en phosphore assimilable aux différents stades de la culture (annexe 4, tableau 1, 2 et 3).

Les résultats présentés dans le tableau 20, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée augmente la teneur en phosphore assimilable.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatés et des engrais foliaires sont significatifs sur la teneur en phosphore assimilable, cette teneur passe de 12,92 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 15,86 ppm obtenue avec 160 U P₂O₅ /ha (avec une augmentation de 18,54 %) pour les doses de phosphore, concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est de 14,31 ppm obtenue avec l'Agriphos qui représente une augmentation de 1,19 % par rapport au Leader start (figure 17). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅ /ha avec Leader start) avec 16,15 ppm de P assimilable dans le sol.

Au stade floraison la teneur en P assimilable du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, cette teneur atteint les 14,31 ppm obtenue avec l'Agriphos avec une augmentation de 2,8 % par rapport au Leader start. D'ailleurs elle est non significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatés apportés, cette teneur varie entre 12,91 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha et 15,91 ppm obtenue avec 160 U P₂O₅ /ha (figure 18). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U de P₂O₅/ha avec Leader start) avec 16,42 ppm de P assimilable dans le sol.

Tableau 20. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPK_S)

stade	Doses	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires						
Deux nœuds	F ₁	12,71	13,29	15,57	15,68	14,31	Effet F : S Effet D : S
	F ₂	13,14	13,72	16,15	13,56	14,14	
	Moyenne	12,92	13,5	15,86	14,62	14,22	
floraison	F ₁	12,43	13,49	15,41	15,94	14,31	Effet F : H.S Effet D : N.S
	F ₂	13,40	13,02	16,42	12,82	13,91	
	Moyenne	12,91	13,25	15,91	14,38	14,11	
maturité	F ₁	12,45	13,28	15,43	14,16	13,81	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂	13,10	13,63	15,91	13,70	14,08	
	Moyenne	12,77	13,45	15,67	13,93	13,95	

Au stade maturité la teneur en P assimilable du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatées apportés, cette teneur passe de 12,77 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅/ha à 15,67 ppm obtenue avec 160 U P₂O₅/ha avec une augmentation de 18,5 %. Par contre elle est non significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, qui a une valeur de 14,08 ppm (Leader start) et de 13,81 ppm (Agriphos). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅/ha avec Leader start) avec 15,91 ppm de P assimilable dans le sol (figure 19).

Quelque soit le stade de la culture, la meilleure teneur en phosphore assimilable est obtenu au niveau de l'interaction (D₃ x F₂).

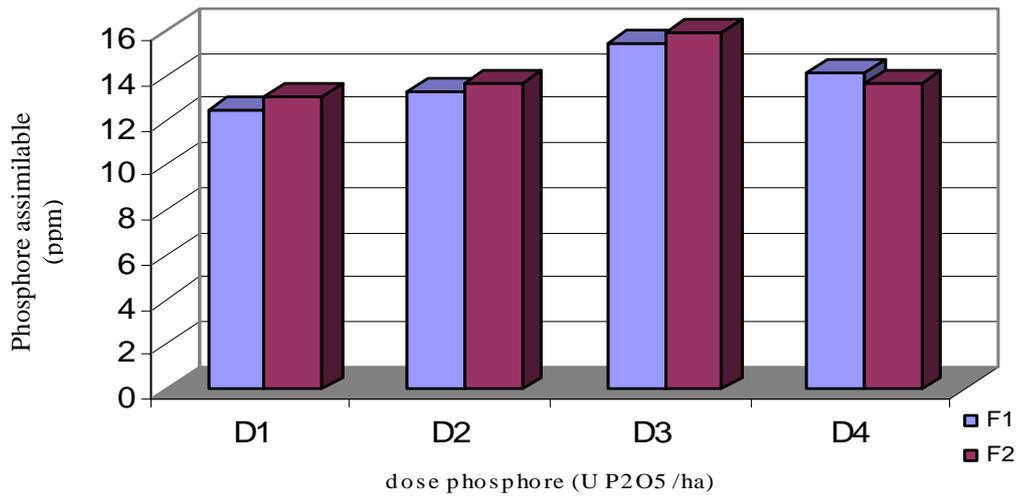


Figure 17. Évolution de la teneur en phosphore assimilable dans le sol (NPK_S) au stade deux noeuds

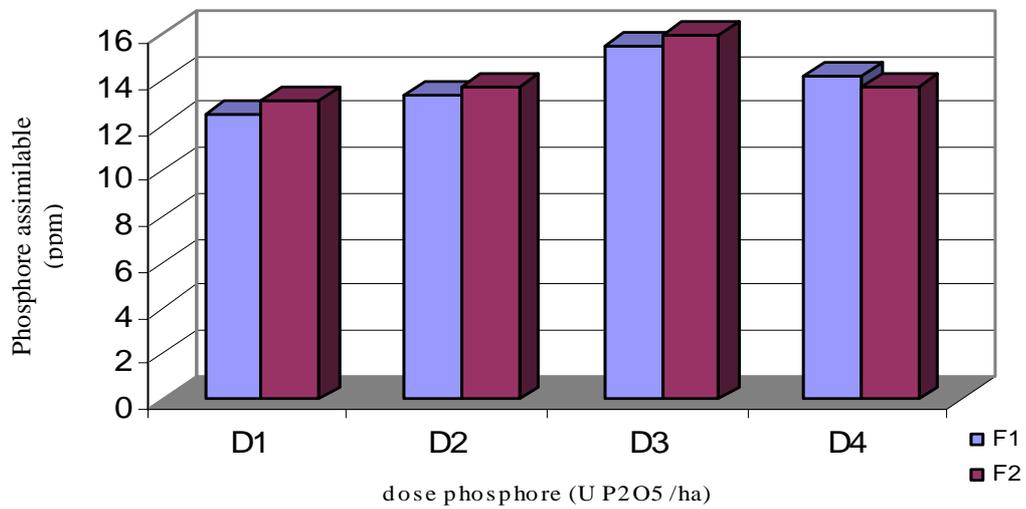


Figure 18. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPK_S) au stade floraison

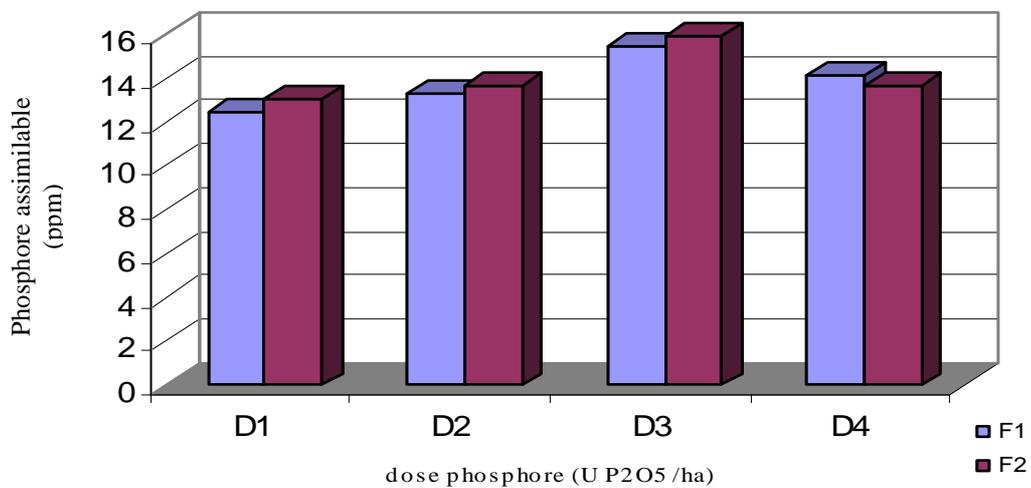


Figure 19. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (NPK_S) au stade maturité

2.1.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance montre des différents effets des doses de phosphore et l'engrais foliaires sur la teneur en phosphore assimilable aux différents stades de la culture (annexe 4, tableau 4, 5 et 6).

Les résultats présentés dans le tableau 21, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée et l'apport de l'engrais foliaire augmentent la teneur en phosphore assimilable.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatées est hautement significative par rapport aux engrais foliaires qui exercent un effet non significatif sur la teneur en phosphore assimilable, cette teneur passe de 14,13 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 16,62 ppm obtenue avec 200 U P₂O₅ /ha, avec une augmentation de 14,98 % de D₁ par rapport D₄ pour les doses de phosphore, concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est obtenue avec le Leader start de 15,99 ppm (figure 20). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₂ x F₂ (120 U P₂O₅ /ha avec Leader start) avec 17,13 ppm de P assimilable dans le sol (figure 20).

Tableau 21. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP)

stade	Doses	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires						
Deux nœuds	F ₁	14,25	15,96	16,15	16,32	15,67	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂	14,02	17,13	15,90	16,92	15,99	
	Moyenne	14,13	16,54	16,02	16,62	15,83	
floraison	F ₁	14,50	15,24	16,90	17,58	16,05	Effet F : S Effet D : H.S
	F ₂	13,80	17,34	17,62	16,74	16,37	
	Moyenne	14,15	16,29	17,26	17,16	16,21	
maturité	F ₁	14,40	15,70	16,51	16,89	15,87	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂	14,19	16,90	16,76	17,50	16,34	
	Moyenne	14,29	16,30	16,63	17,19	16,10	

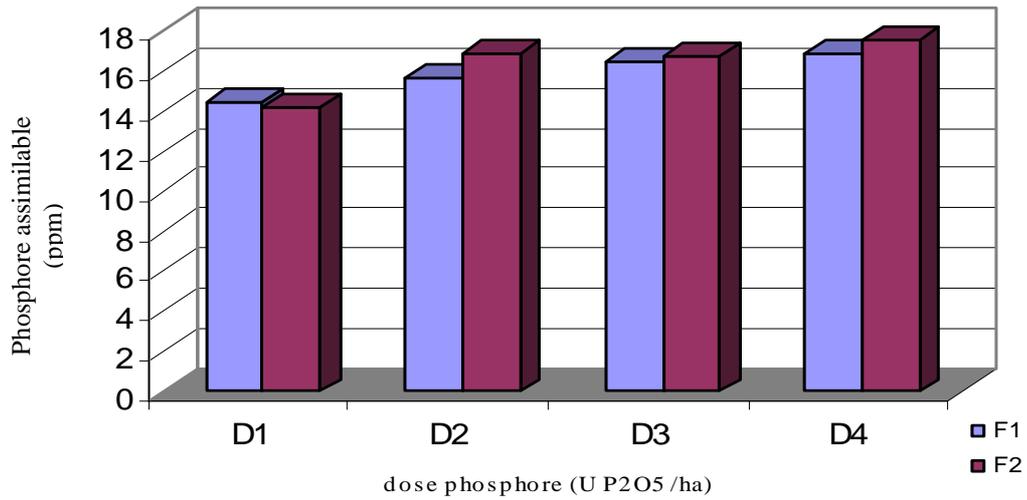


Figure 20. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux noeuds

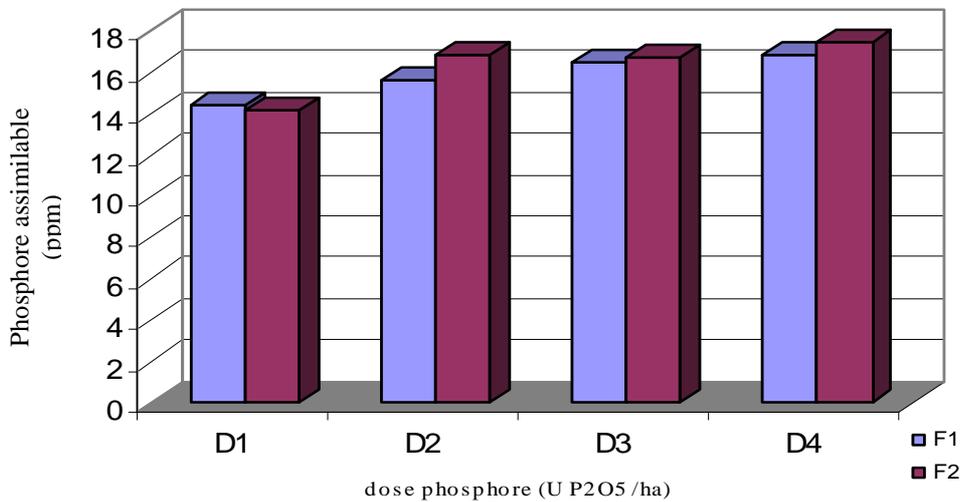


Figure 21. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison

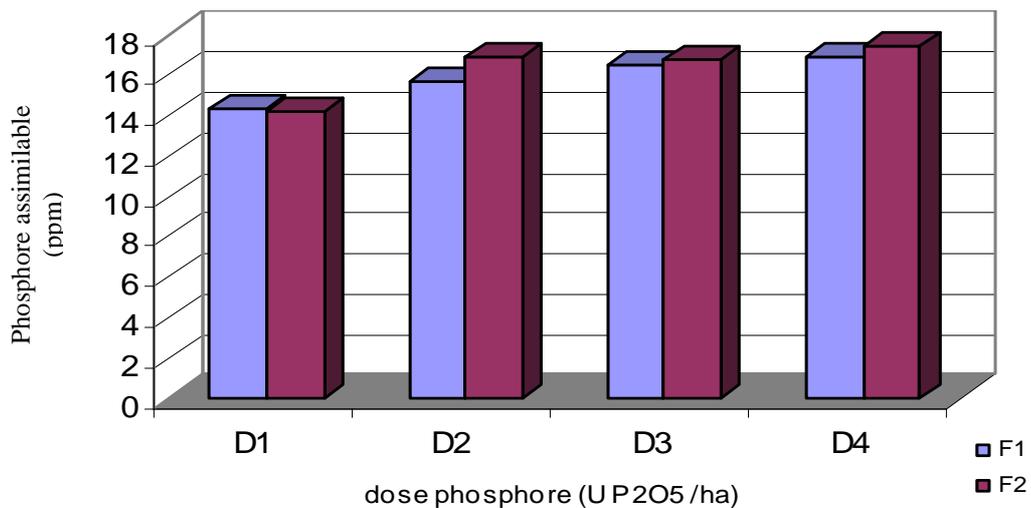


Figure 22. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité

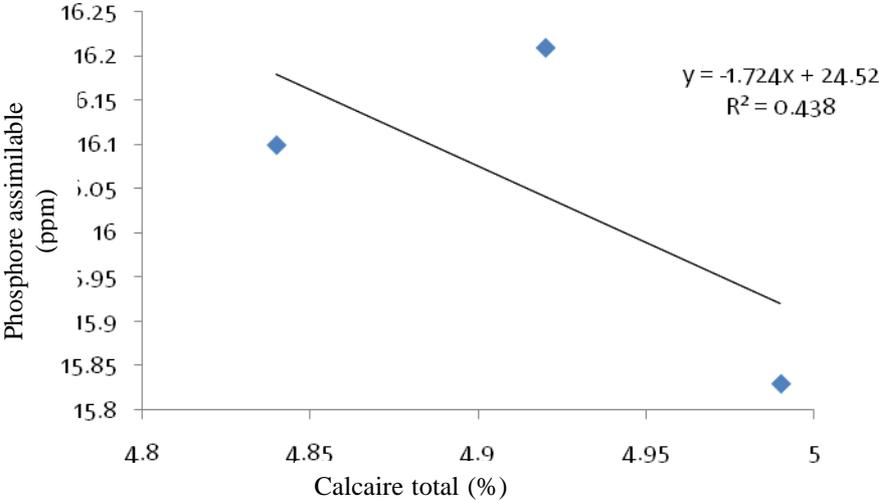


Figure 23. Relation phosphore assimilable et calcaire total (TSP)

2.1.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance montre des différents effets des doses de phosphore et l'engrais foliaires sur la teneur en phosphore assimilable aux différents stades de la culture (annexe 4, tableau 7, 8 et 9).

Les résultats présentés dans le tableau 22, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée et l'apport d'engrais foliaire augmentent la teneur en phosphore assimilable.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatées et les engrais foliaires est hautement significative sur la teneur en phosphore assimilable, cette teneur passe de 11,32 ppm obtenue avec 120 U P₂O₅ /ha à 16,66 ppm obtenue avec 200 U P₂O₅ /ha qui représente une augmentation de 32,05 % pour les doses de phosphore, concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est de 13,83 ppm obtenue avec le Leader start, (figure 24) qui augmente l'Agriphos par 5,78 %. La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₁ (200 U P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 17,27 ppm de P assimilable dans le sol.

Tableau 22. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl)

stade	Doses		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires							
Deux nœuds	F ₁		11,33	10,03	13,51	17,27	13,03	Effet F : H.S Effet D : H.S
	F ₂		12,22	12,61	14,43	16,05	13,83	
	Moyenne		11,77	11,32	13,97	16,66	13,43	
floraison	F ₁		10,56	11,25	14,85	17,02	13,42	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		11,85	11,57	13,73	16,47	13,40	
	Moyenne		11,20	11,41	14,29	16,74	13,41	
maturité	F ₁		10,77	11,69	13,15	16,93	13,13	Effet F : S Effet D : H.S
	F ₂		12,66	12,51	14,43	16,81	14,10	
	Moyenne		11,71	12,10	13,79	16,87	13,62	

Au stade floraison la teneur en P assimilable du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatés apportés, cette teneur passe de 11,20 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 16,74 ppm obtenue avec 200 U P₂O₅ /ha, l'augmentation touche la 33,09 %, et non significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 13,42 ppm obtenue avec l'Agriphos, (figure 25). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₁ (200 U P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 17,02 ppm de P assimilable dans le sol.

Au stade maturité la teneur en P assimilable du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatés apportés, cette teneur passe de 11,71 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 16,87 ppm obtenue avec 200 U P₂O₅ /ha avec une augmentation de 30,59 %, et significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 14,10 ppm obtenue avec le Leader start, qui dépasse l'Agriphos par 6,9 % (figure 26). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₁ (200 U P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 16,93 ppm de P assimilable dans le sol.

Quelque soit le stade de la culture, la meilleure teneur en phosphore assimilable est obtenu au niveau de l'interaction (D₄ x F₁).

A travers les trois stades de développement et dans les trois types d'engrais phosphatés le TSP se qui données les meilleures teneurs en phosphore assimilable par un accroissement de 15,16 %, 17,27 % et 15,4 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité par rapport le Phosphactyl (figure 27).

Des corrélations significatives sont enregistrées entre la teneur en phosphore assimilable et le taux de calcaire total dans le sol ($r=0,946^*$) (Figure 28). Ceci confirme les résultats obtenus par **(GERVY, 1970)**

L'apport d'engrais phosphaté a provoqué un enrichissement du sol en P₂O₅. Les quantités de phosphore assimilable sont rapprochées entre-elles à peu près à différentes doses des engrais solides et avec l'addition des engrais foliaire. Les résultats obtenus attestent qu'a obtenue avec **DERAOUI (2004)** qui soulignée que l'utilisation du phosphore par plante est appréciée par l'utilisation des engrais qui semble être lié aux doses de l'engrais appliqué. Il dépend à la fois du facteur du pouvoir fixateur des sols (**ARAKRAK, 1989**).

La cinétique décroissante de disponibilité du phosphore assimilable dans le sol est essentiellement le fait des prélèvements du phosphore par les plantes mais aussi du aux transferts du phosphore vers des formes inassimilables lorsque le temps de contact entre sol et apport d'engrais croit (**GERVY, 1970 ; ARAKRAK, 1989 et FARDEAU, 1993**).

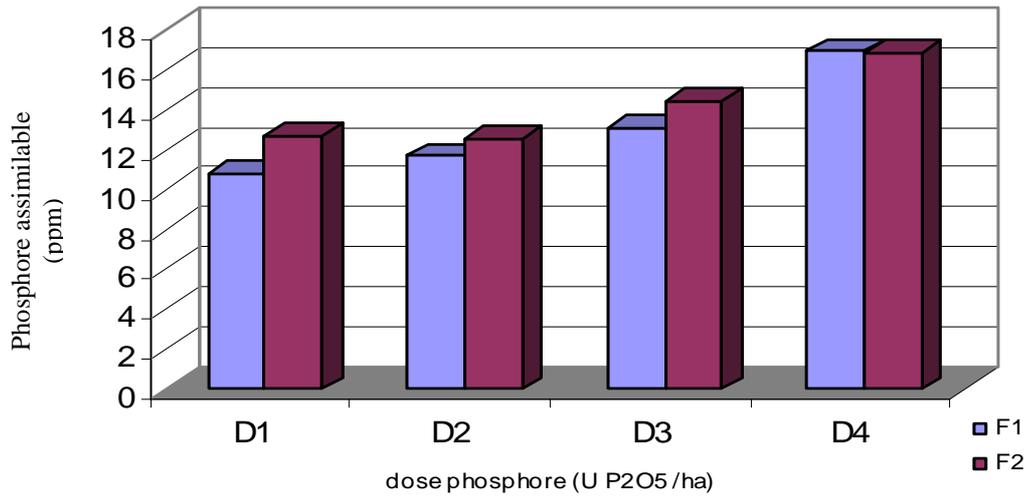


Figure 24. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade deux noeuds

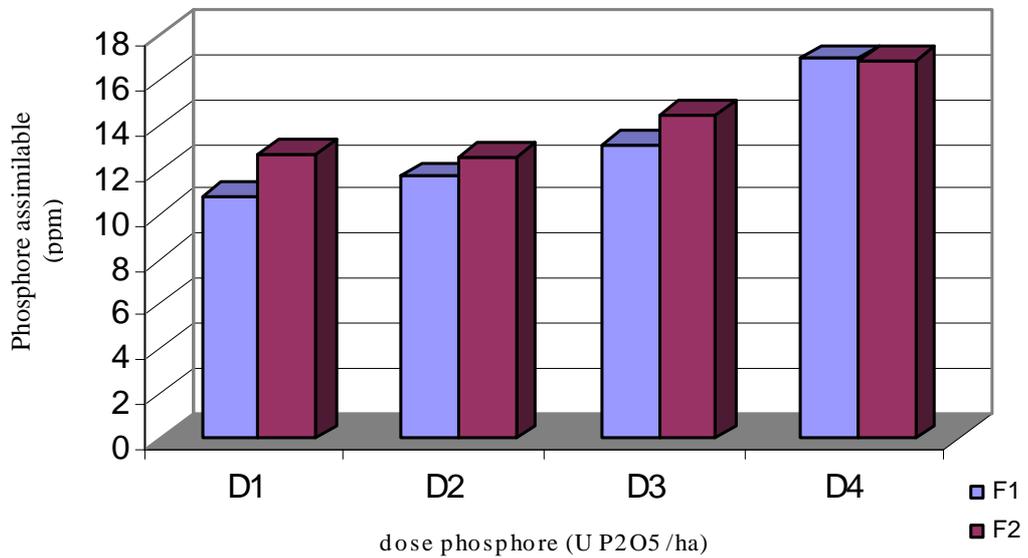


Figure 25. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison

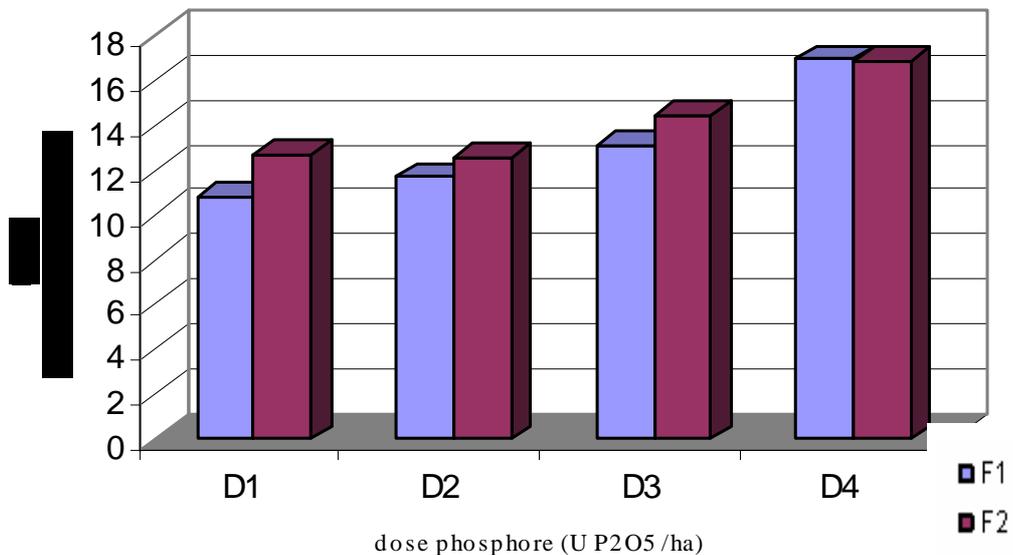


Figure 26. Evolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité

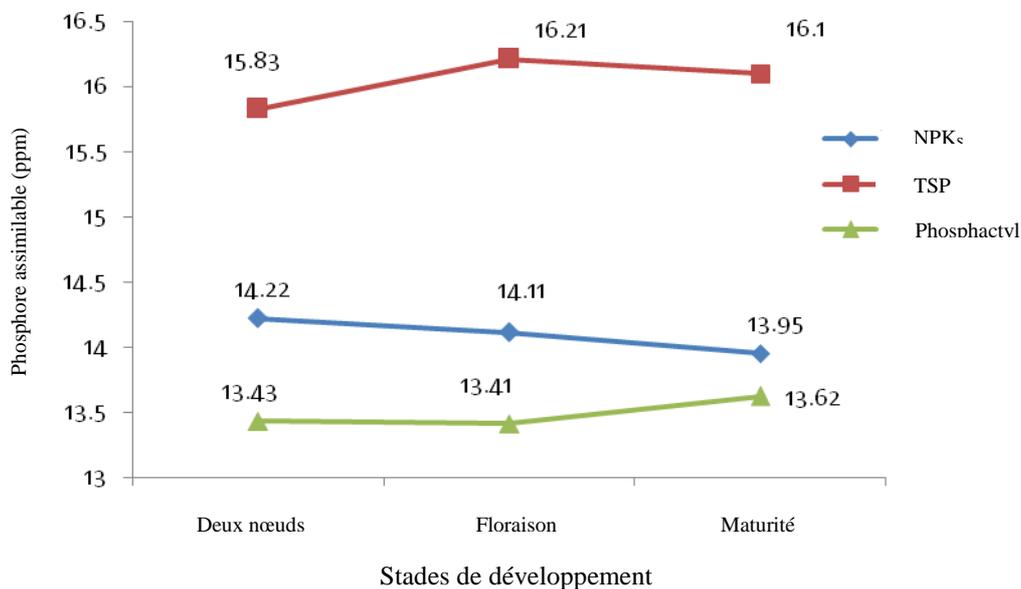


Figure 27. Evolution de phosphore assimilable au cours de cycle

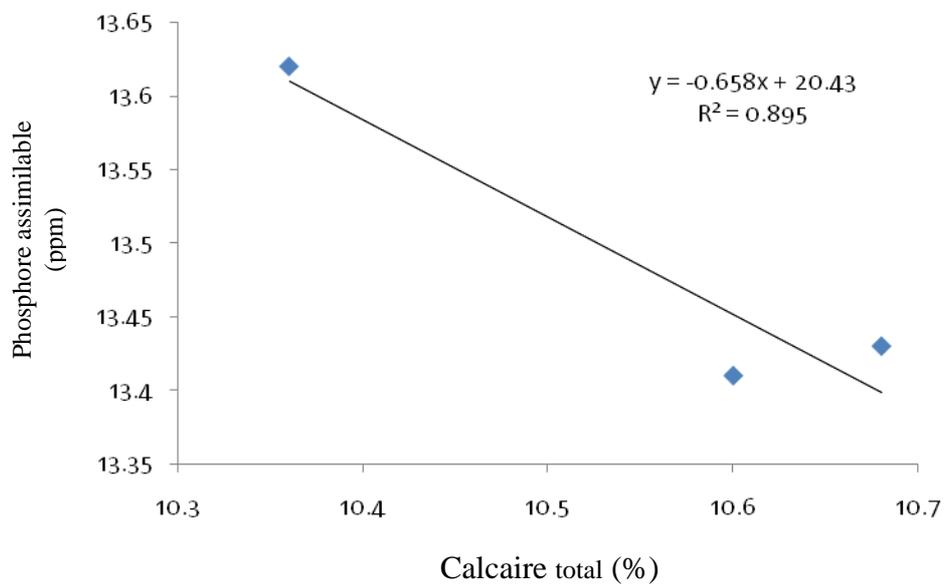


Figure 28. Relation phosphore assimilable et calcaire total (Phosphactyl)

2.2. Évolution de la teneur en phosphore total dans le sol

Dans le but de connaître la contribution de la fertilisation phosphatée dans l'enrichissement du sol et suivre l'évolution des teneurs du phosphore total dans le sol, des prélèvements à trois stades de culture ont été effectués pour doser le phosphore total à une profondeur de (0-20) cm. Parmi les pratiques culturales les plus appliquées aux conditions des grandes cultures, la fertilisation phosphatée envisagée sous ses multiples aspects, il semble être l'une des techniques les plus aptes à permettre le progrès immédiat dans ce domaine.

2.2.1. NPK_s (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives sous l'effet des doses de phosphore et non significatives sous l'effet des engrais foliaires sur la teneur en phosphore total dans les trois stades de la culture (annexe 5, tableau 1, 2 et 3).

Les résultats présentés dans le tableau 23, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée augmente la teneur en phosphore total.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatées est hautement significatif, par contre les engrais foliaires pratiquent un effet non significatif sur la teneur en phosphore total, cette teneur passe de 33,85 ppm obtenue avec 120 U de P₂O₅ /ha à 41,31 ppm obtenue avec 200 U de P₂O₅ /ha, avec une augmentation de 18,06 % pour les doses de phosphore, concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est de 37,01 ppm obtenue avec l'Agriphos, (figure 29). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ (200 U de P₂O₅ /ha avec le Leader start) avec 41,73 ppm de P total dans le sol.

Au stade floraison la teneur en P total du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatées apportés, cette teneur passe de 32,73 ppm obtenue avec 120 U de P₂O₅ /ha à 40,58 ppm obtenue avec 200 U de P₂O₅ /ha, avec une augmentation de 19,34 % ; et non significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 36,87 ppm obtenue avec le Leader start, (figure 30). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ (200 U de P₂O₅ /ha avec le Leader start) avec 40,97 ppm de P total dans le sol.

Au stade maturité la teneur en P total du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatées apportés, cette teneur passe de 34,53 ppm obtenue avec 120 U de P₂O₅ /ha à 40,66 ppm obtenue avec 200 U de P₂O₅ /ha, avec une augmentation de 15,08 % ; et non significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 36,77 ppm obtenue avec l'Agriphos, (figure 31). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₄ x F₂ (200 U de P₂O₅ /ha avec le Leader start) avec 41,70 ppm de P total dans le sol.

Des corrélations significatives sont enregistrées entre la teneur en phosphore total et le taux de calcaire total dans le sol ($r=0,931^*$) (Figure 32). Ceci confirme les résultats obtenus par (GERVY, 1970)

Tableau 23. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_s)

stade	Doses		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires							
Deux nœuds	F ₁		36,00	33,49	37,67	40,89	37,01	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		36,55	34,22	34,23	41,73	36,68	
	Moyenne		36,27	33,85	35,95	41,31	36,84	
floraison	F ₁		34,45	32,69	37,80	40,20	36,28	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		37,46	32,78	36,30	40,97	36,87	
	Moyenne		35,95	32,73	37,05	40,58	36,57	
maturité	F ₁		36,08	34,05	37,32	39,63	36,77	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		33,95	35,02	35,90	41,70	36,64	
	Moyenne		36,01	34,53	36,61	40,66	36,70	

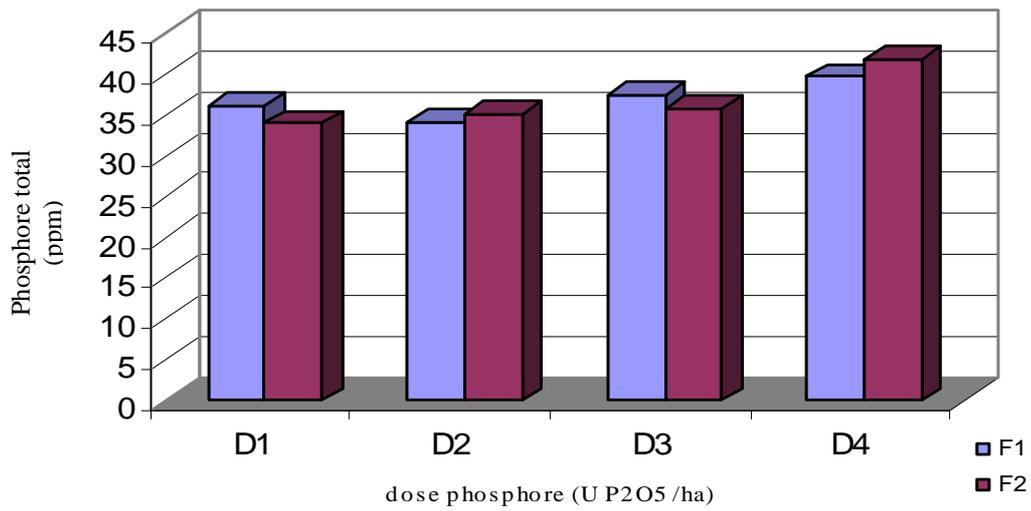


Figure 29. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_S) au stade deux noeuds

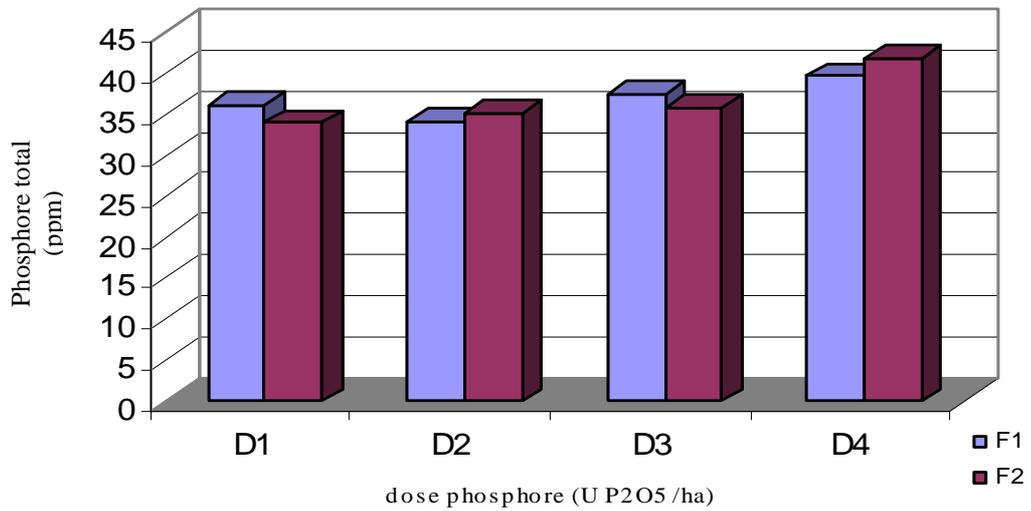


Figure 30. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_S) au stade floraison

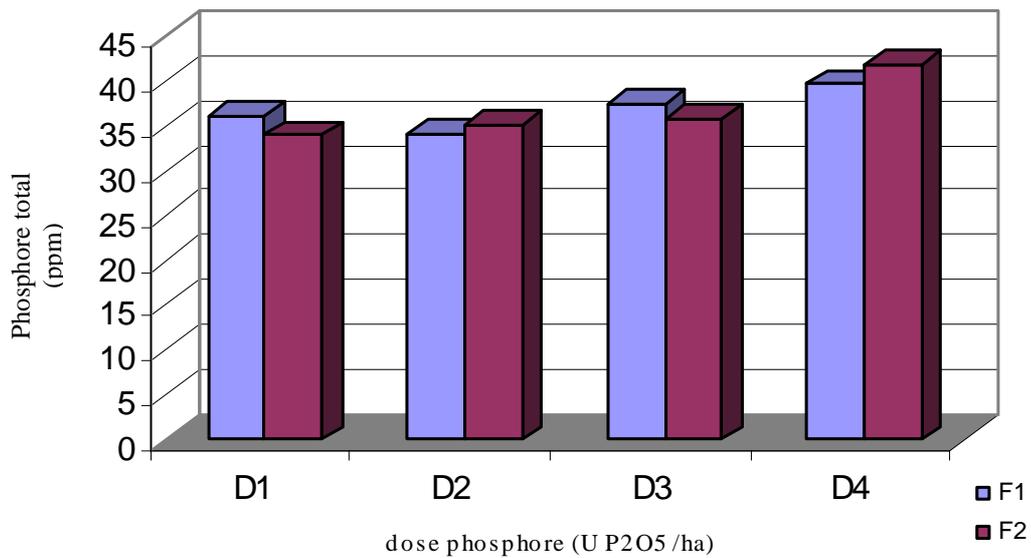


Figure 31. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_S) au stade maturité

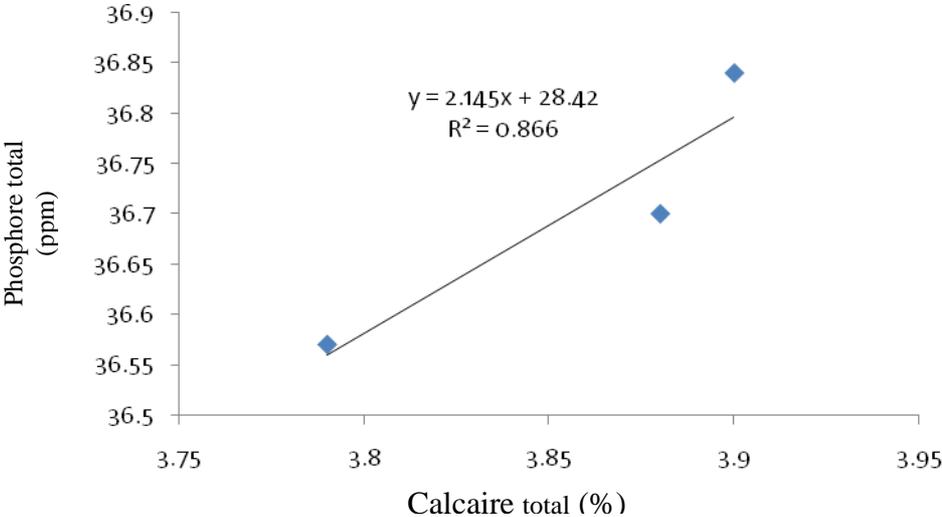


Figure 32. Relation phosphore total et calcaire total (NPK_s)

2.2.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance montre des différents effets des doses de phosphore et l'engrais foliaires sur la teneur en phosphore total aux différents stades de la culture (annexe 5, tableau 4, 5 et 6).

Les résultats présentés dans le tableau 24, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée augmente la teneur en phosphore total du sol.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatées est hautement significatif et significatif pour les engrais foliaires sur la teneur en phosphore total, cette teneur passe de 39,05 ppm obtenue au niveau de 160 U de P_2O_5 /ha à 50,74 ppm obtenue au niveau 120 U de P_2O_5 /ha avec un taux d'accroissement de 23,04 %, pour les doses de phosphore. Concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est de 43,36 ppm obtenue avec l'Agriphos (figure 33) qui représente une augmentation de 0,23 % par rapport à Leader start. La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de $D_2 \times F_2$ (120 U de P_2O_5 /ha avec le Leader start) avec 50,90 ppm de P total dans le sol.

Tandis que la teneur en P total du sol au stade floraison varie d'une façon hautement significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 44,03 ppm obtenue avec le Leader start avec une augmentation de 1,95 % par rapport l'Agriphos; et non significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatées apportés, cette teneur varie entre 39,59 ppm obtenue avec 160 U de P_2O_5 /ha et 50,99 ppm obtenue avec 120 U de P_2O_5 /ha (figure 34). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de $D_2 \times F_2$ (120 U de P_2O_5 /ha avec le Leader start) avec 52,15 ppm de P total dans le sol.

Au stade maturité la teneur en P total du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatées apportés, cette teneur passe de 33,38 ppm obtenue avec 160 U de P_2O_5 /ha à 50,90 ppm obtenue avec 120 U de P_2O_5 /ha, qui représente une augmentation de 34,42 % ; et significative sous l'effet des engrais foliaires apportés, la meilleure valeur est de 44,75 ppm obtenue avec le Leader start, qui représente une augmentation de 2,32 % par rapport l'Agriphos (figure 35). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de $D_2 \times F_2$ (120 U de P_2O_5 /ha avec le Leader start) avec 51,48 ppm de P total dans le sol.

Tableau 24. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP)

stade	Doses		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires							
Deux nœuds	F ₁		43,07	50,58	36,53	43,27	43,36	Effet F : S Effet D : H.S
	F ₂		41,23	50,90	41,58	39,33	43,26	
	Moyenne		42,15	50,74	39,05	41,30	43,31	
floraison	F ₁		41,83	49,84	36,11	44,90	43,17	Effet F : H.S Effet D : N.S
	F ₂		45,40	52,15	43,07	35,51	44,03	
	Moyenne		43,61	50,99	39,59	40,20	43,60	
maturité	F ₁		44,24	50,33	36,57	43,70	43,71	Effet F : S Effet D : H.S
	F ₂		45,90	51,48	42,19	39,45	44,75	
	Moyenne		45,07	50,90	39,38	41,57	44,23	

Des corrélations hautement significatives sont enregistrées entre la teneur en phosphore total et le taux de calcaire total dans le sol ($r=0,985^{**}$) (Figure 36). Ceci confirme les résultats obtenus par (GERVY, 1970)

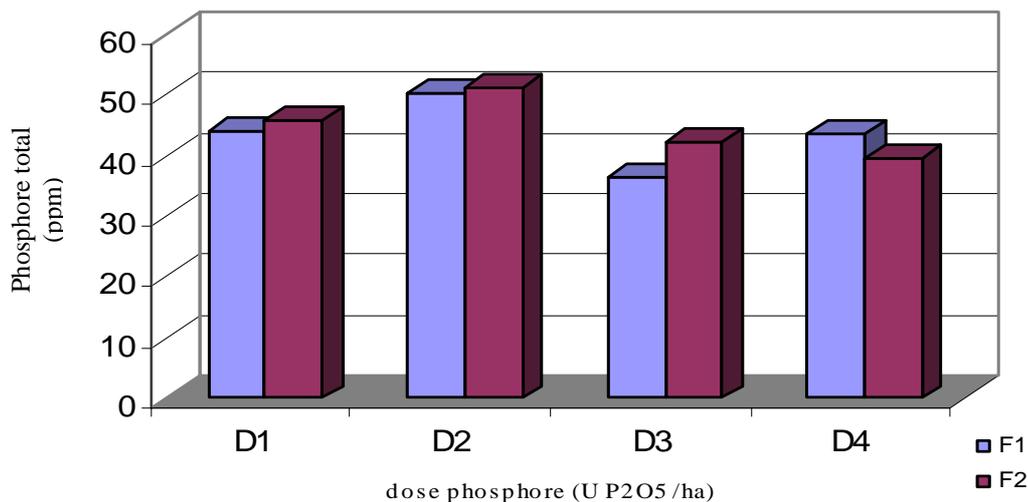


Figure 33. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux noeuds

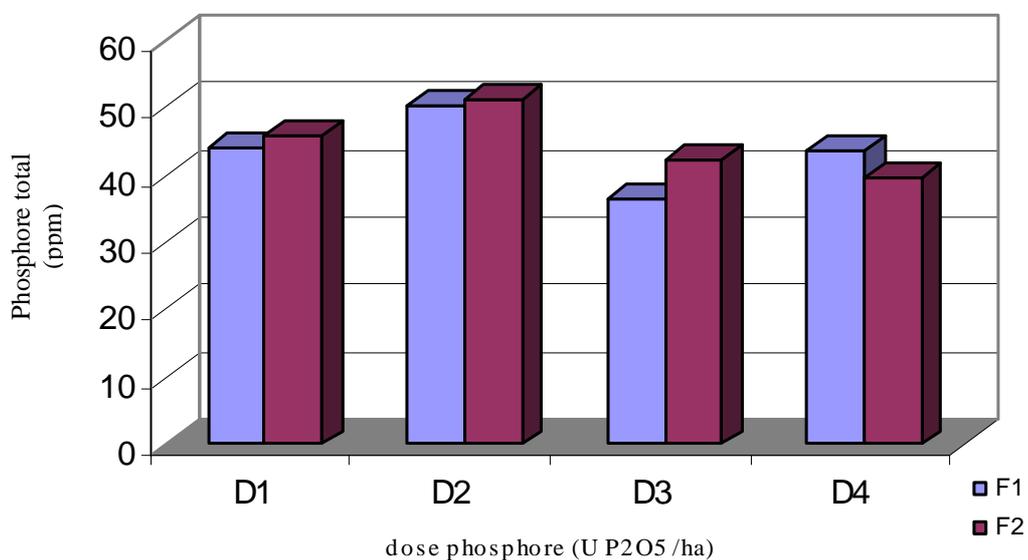


Figure 34. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison

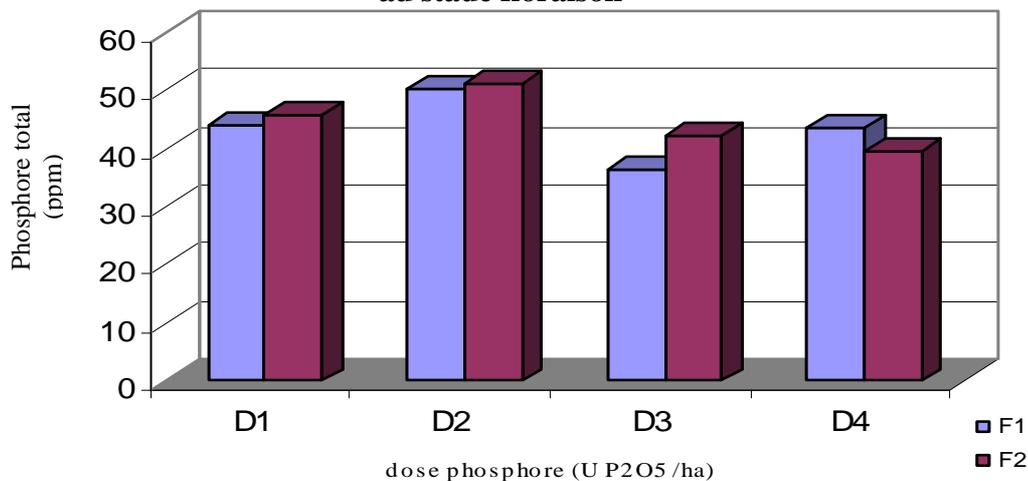


Figure 35. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité

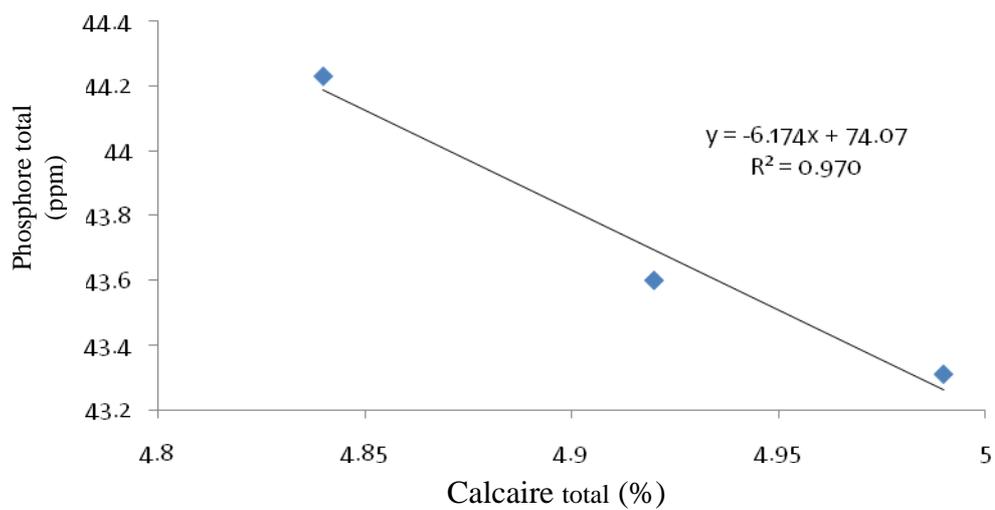


Figure 36. Relation phosphore total et calcaire total (TSP)

2.2.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance montre les différents effets des doses de phosphore et d'engrais foliaires sur la teneur en phosphore total aux différents stades de la culture (annexe 5, tableau 7, 8 et 9).

Les résultats présentés dans le tableau 25, montrent pour les différents stades, que la fertilisation phosphatée augmente la teneur en phosphore total du sol.

Au stade deux nœuds, l'effet des doses d'engrais phosphatées est hautement significatif et non significatif pour les engrais foliaires sur la teneur en phosphore total du sol, cette teneur passe de 51,45 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 55,96 ppm obtenue avec 200 U P₂O₅ /ha, l'augmentation de la teneur en P total entre les doses atteint 8,06 %. Concernant l'engrais foliaire la meilleure valeur est de 49,04 ppm obtenue avec le Leader start (figure 38). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₁ (160 U P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 56,78 ppm de P total dans le sol.

Tableau 25. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl)

stade	Doses		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires							
Deux nœuds	F ₁		50,65	51,61	56,78	35,22	48,56	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		52,26	53,92	55,15	34,84	49,04	
	Moyenne		51,45	52,76	55,96	35,03	48,80	
floraison	F ₁		52,08	53,48	56,67	36,04	49,57	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		51,23	57,31	58,12	36,23	50,72	
	Moyenne		51,65	55,39	57,39	36,13	50,15	
maturité	F ₁		50,08	52,15	57,65	36,53	49,10	Effet F : N.S Effet D : H.S
	F ₂		50,12	52,51	55,22	36,19	48,51	
	Moyenne		50,10	52,33	56,43	36,36	48,80	

Au stade floraison la teneur en P total du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatés apportés, cette teneur passe de 51,65 ppm obtenue avec 80 U P₂O₅ /ha à 57,39 ppm obtenue avec 160 U P₂O₅ /ha, l'augmentation de la teneur en P total entre les doses atteint 10% (figure 39). Et non significative sous l'effet des engrais foliaires apportés. La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃ x F₂ (160 U P₂O₅ /ha avec le Leader start) avec 58,12 ppm de P total dans le sol.

Au stade maturité la teneur en P total du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses d'engrais phosphatés apportés, cette teneur passe de 50,10 ppm obtenue avec 80 U de P₂O₅ /ha à 56,43 ppm obtenue avec 160 U de P₂O₅ /ha ; la valeur la plus élevée dépasse la plus faible de 11,22 %. L'effet des engrais foliaires apportés est non significatif, la meilleure valeur est de 49,10 ppm obtenue avec l'Agriphos, (figure 40). La meilleure combinaison est enregistrée au niveau de D₃x F₁ (160 U de P₂O₅ /ha avec l'Agriphos) avec 57,65 ppm de P total dans le sol.

On observe que la teneur des sols en phosphore total est supérieure à celle de l'assimilable et par rapport à la teneur initiale. Seule la quantité de phosphore mesurée à l'analyse est nettement modifier par l'apport de phosphore.

En matière de comparaison entre les trois types d'engrais phosphatés et au cours de cycle de développement on observe que le Phosphactyl est se qu'il donné les valeurs le plus élevées avec une augmentation de 24,51 %, 27,08 % et 24,8 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité c'est que concerne les teneurs du sol en phosphore total (figure 37).

La dynamique de nutrition phosphatée du peuplement est constante à long terme de suivi et réagi très rapidement à un apport de phosphore (**THELIER et al, 1996**).

L'évolution des divers engrais phosphatés dans le sol a été fréquemment abordée sous l'aspect de leur vieillissement, c'est-à-dire des changements qu'ils sont susceptibles de subir au cours du temps **GACHON (1973)**.

La matière organique jouant un rôle protecteur vis-à-vis du phosphore (**CHAMINADE, 1968 ; HASHIMOTO et HAMANISHI, 1972 ; FARES, 1976**).

Dans les sols calcaires, les ions orthophosphate solubles évoluent vers des phosphates de calcium, plus stables et moins assimilables pour les plantes (BLANCHET et al. 1963, 1971 ; GACHON, 1972, 1973 ; ARVIEU et BOUVIER, 1974 ; FARDEAU et al. 1977).

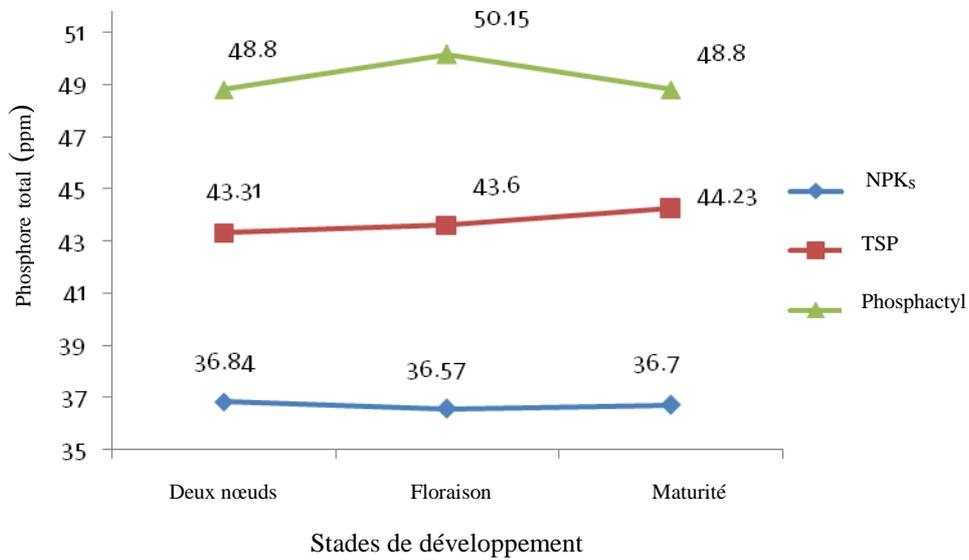


Figure 37. Evolution de la teneur en phosphore total au cours de cycle de développement

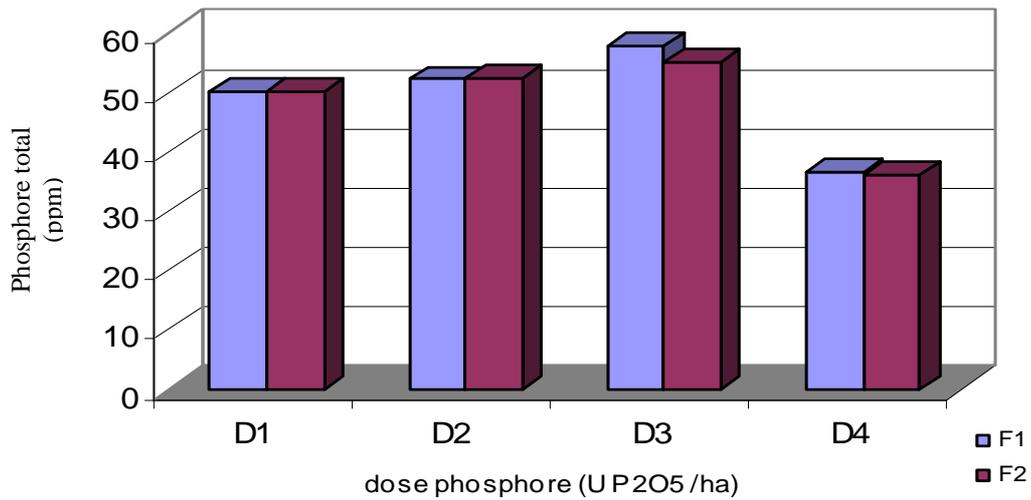


Figure 38. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade deux noeuds

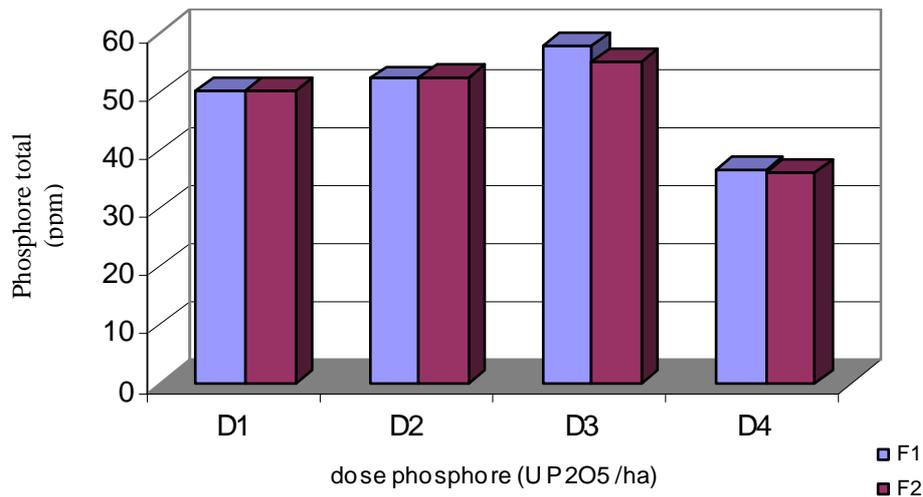


Figure 39. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison

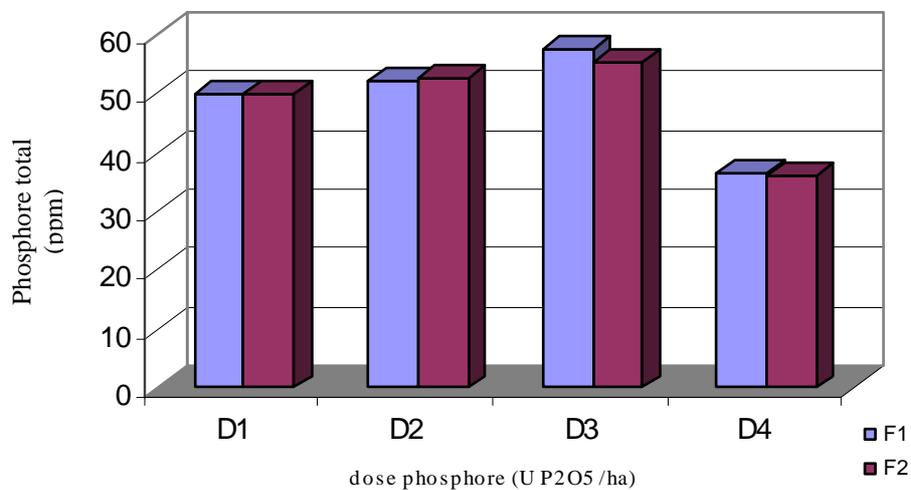


Figure 40. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité

2.3. Évolution de la teneur en calcaire total du sol

A cause de la transformation du phosphore assimilable (ionique) à une autre forme inassimilable sous l'effet essentiellement du calcaire, notamment les phosphates de calcium finissent pour aboutir au stade de l'apatite qui est insoluble, de ce fait et afin de connaître la relation entre le phosphore et le calcaire total, on détermine la teneur en calcaire total du sol à trois stades de la culture de blé à savoir deux nœuds, floraison et maturité.

2.3.1. NPK_S (8 %, 36 %, 15 % + 13,5 %)

L'analyse de la variance montre des différences non significatives du calcaire total des différents traitements à différents stades de la culture (annexe 6, tableau 1, 2 et 3).

Les résultats présentés dans le tableau 26, montrent pour les différents stades, que la teneur en calcaire total ne varie pas (significativement) avec les différents traitements. Les teneurs les plus élevées 4,06 % obtenue avec la dose 80 U de P₂O₅ /ha au stade deux nœuds et de 3,97 % obtenu avec l'Agriphos au stade deux nœuds, et la teneur le plus faible est de 3,66 % enregistrée avec la dose 120 U de P₂O₅ /ha au stade floraison et de 3,73 % enregistrée avec Leader start au stade floraison (figure 41, 42 et 43).

Tableau 26. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK_S)

stade	Doses	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires						
Deux nœuds	F ₁	4,07	3,83	3,85	4,12	3,97	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	4,05	3,79	3,80	3,72	3,84	
	Moyenne	4,06	3,81	3,83	3,92	3,90	
floraison	F ₁	3,85	3,66	3,80	4,14	3,86	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	3,85	3,65	3,84	3,57	3,73	
	Moyenne	3,85	3,66	3,82	3,85	3,79	
maturité	F ₁	3,89	3,79	3,79	4,02	3,87	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	3,92	3,93	3,88	3,78	3,88	
	Moyenne	3,90	3,86	3,83	3,90	3,88	

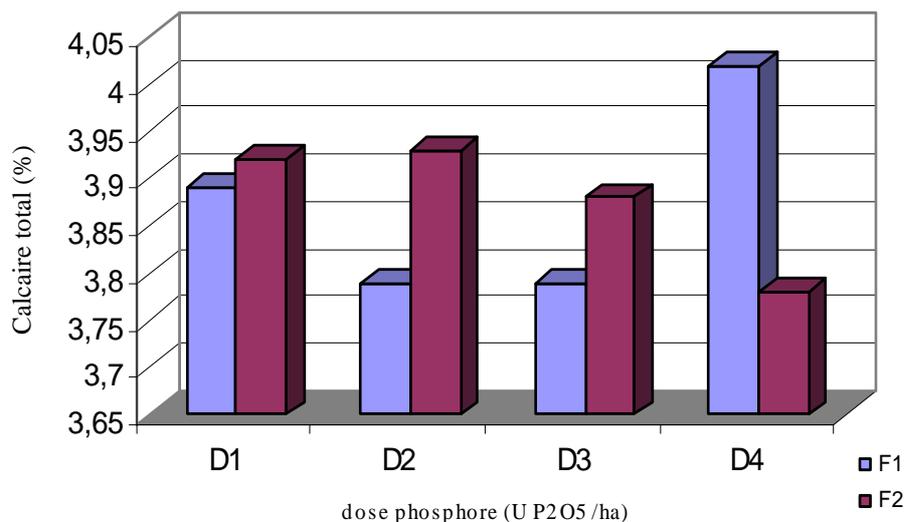


Figure 41. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade deux noeuds

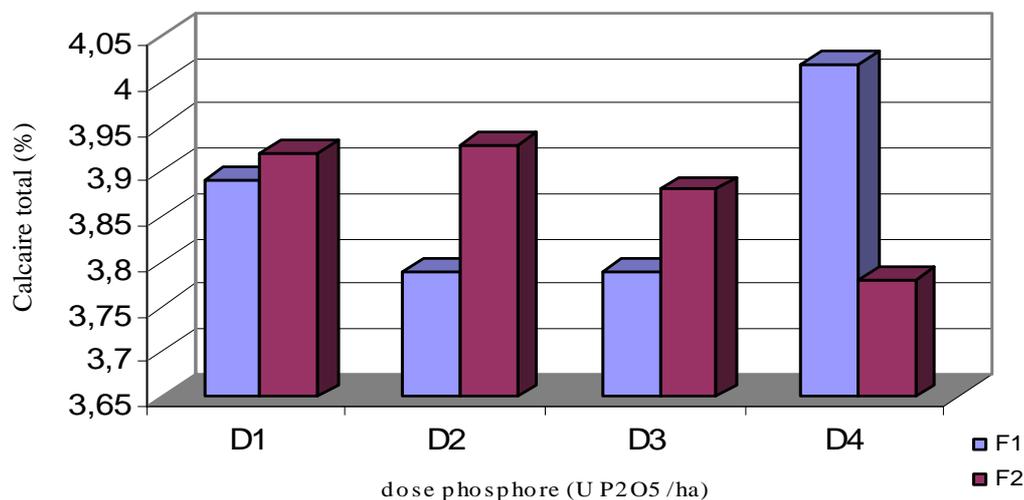


Figure 42. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade floraison

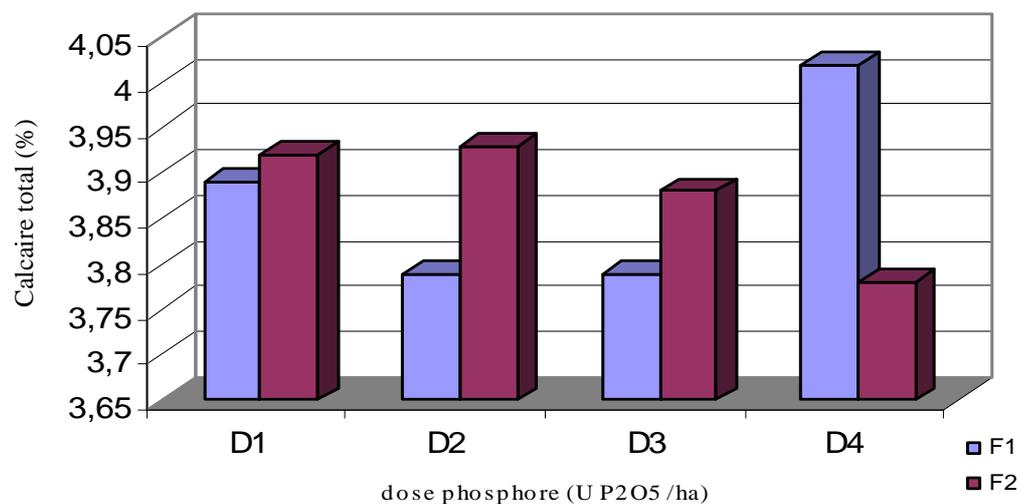


Figure 43. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (NPK) au stade maturité

2.3.2. Triple superphosphate (TSP 46 %)

L'analyse de la variance montre des différences non significative sous l'effet des différents traitements sur la teneur en calcaire total aux différents stades de la culture (annexe 6, tableau 4, 5 et 6).

Les résultats présentent dans le tableau 27, montrent pour les différents stades, que la teneur en calcaire total dans le sol ne présente pas une variation significative avec les différents traitements. La teneur la plus élevée est de 5,10 % obtenues avec la dose 120 U de P₂O₅ /ha aux deux nœuds et de 5,01 % obtenu avec le Leader start au stade deux nœuds ; et la teneur la plus faible est de 4,70 % enregistrée avec la dose 200 U de P₂O₅ /ha au stade maturité et de 4,81 % enregistrée avec le Leader start au stade maturité (figure 44, 45 et 46).

Tableau 27. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP)

stade	Doses	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires						
Deux nœuds	F ₁	5,02	5,17	4,76	4,88	4,96	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	5,13	5,03	5,01	4,90	5,01	
	Moyenne	5,07	5,10	4,88	4,89	4,99	
floraison	F ₁	5,14	4,69	4,97	4,71	4,88	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	5,00	5,05	4,95	4,86	4,96	
	Moyenne	5,07	4,87	4,96	4,78	4,92	
maturité	F ₁	4,96	5,01	4,84	4,73	4,88	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂	5,12	4,74	4,70	4,67	4,81	
	Moyenne	5,04	4,87	4,77	4,70	4,84	

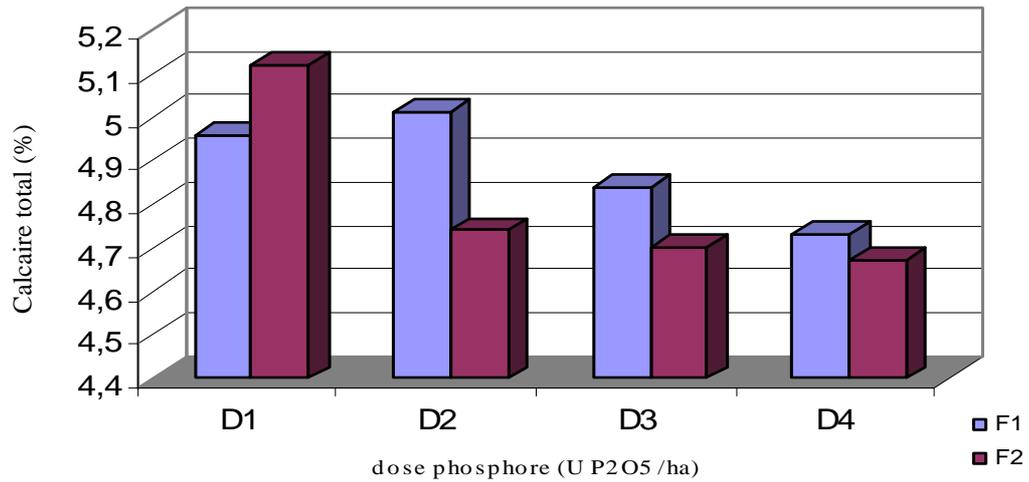


Figure 44. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade deux noeuds

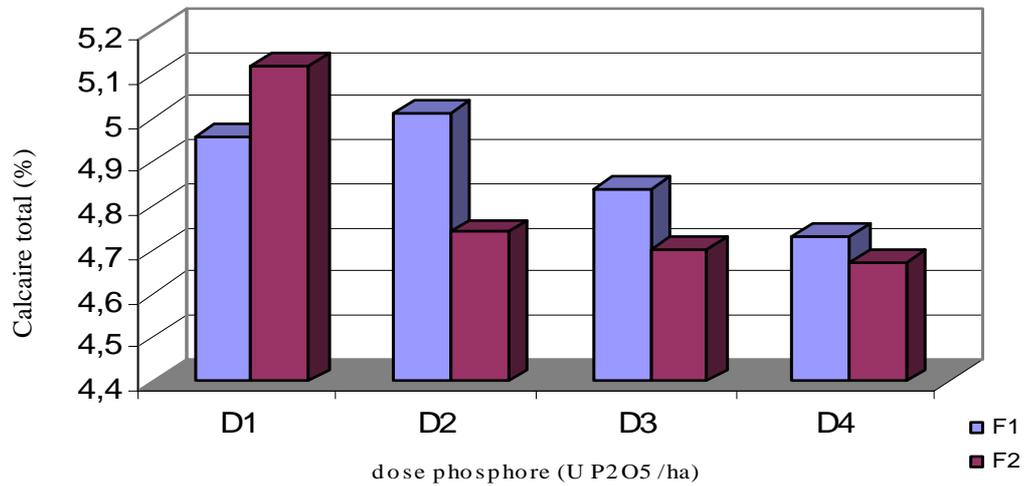


Figure 45. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade floraison

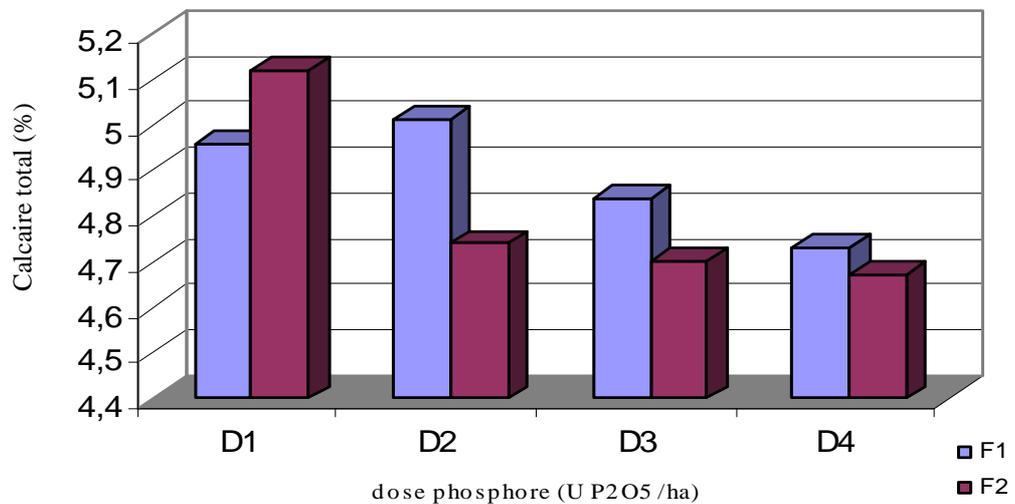


Figure 46. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (TSP) au stade maturité

2.3.3. Phosphactyl (NP 20 %, 22 %)

L'analyse de la variance montre des différences non significative sous l'effet des différents traitements sur la teneur en calcaire total aux différents stades de la culture cependant que en remarque un effet significatif de l'engrais foliaire au stade maturité (annexe 6, tableau 7, 8 et 9).

Tableau 28. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl)

stade	Doses		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Moyenne	Analyse statistique
	Engrais foliaires							
Deux nœuds	F ₁		10,21	11,60	9,87	10,91	10,65	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂		10,60	10,31	10,23	11,67	10,70	
	Moyenne		10,40	10,95	10,05	11,29	10,68	
floraison	F ₁		10,85	11,11	9,90	11,18	10,76	Effet F : N.S Effet D : N.S
	F ₂		10,25	10,06	10,05	11,39	10,44	
	Moyenne		10,55	10,58	9,97	11,28	10,60	
maturité	F ₁		10,56	11,16	9,66	11,08	10,61	Effet F : S Effet D : N.S
	F ₂		9,50	9,72	10,16	11,09	10,12	
	Moyenne		10,03	10,44	9,91	11,08	10,36	

Les résultats présentés dans le tableau 28, montrent pour les différents stades, que la teneur en calcaire total ne varie pas (significativement) à la fonction des traitements. La teneur la plus élevée est de 11,29 % obtenues avec la dose 200 U de P₂O₅ /ha aux deux nœuds et de 10,70 % obtenu avec Leader start au stade deux nœuds ; et la teneur la plus faible est de 9,91 % enregistrée avec la dose 160 U de P₂O₅ /ha au stade maturité et de 10,12 % enregistrée avec Leader start au stade maturité (figure 48, 49 et 50). Malgré que la signification de l'engrais foliaire donne une augmentation de 4,62 % de calcaire total qui obtenu avec l'Agriphos par rapport le Leader start (figure 50).

A travers les stades de développement et dans les trois types d'engrais phosphatés on observe que le Phosphactyl est ce qui présente le teneur le plus élevées de la teneur en calcaire total du sol, donc cette hétérogénéité influe négativement sur notre essai (figure 47).

Quand la teneur du calcaire augmente, les réactions du Ca^{++} et CaCO_3 avec le phosphore deviennent plus intenses et par conséquent le phosphore lié au Ca^{++} est très élevé dans les sols calcaires (**DIEHL, 1975**).

Les engrais phosphatés apportés au sol calcaire se dissolvent et libèrent des ions phosphoriques qui vont prendre diverses voies d'organisation dans le milieu (**DUTIL, 1997**). Le calcaire actif présente des propriétés absorbantes comparables à celle de l'argile, à condition que le pH ne s'élève pas au dessus de 7 (**DUCHAUFFOUR, 2001**).

Le calcaire (CaCO_3) exerce un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques contre leur adsorption énergétique par le fer libre (**GERVY, 1970**).

Le calcium dans le sol joue un rôle primordiale ; non seulement il assure le maintien d'une bonne structure en flocculant les colloïdes, mais encore il intervient puissamment dans les mécanismes de fixation du phosphore (**LAMBERT, 1979**).

GERVY (1970) indique que la précipitation calcique n'existe qu'à des pH élevés supérieurs à 8. Lorsque le calcaire est présent à forte concentration, le phosphore pré existant sous forme mono, bi ou tricalcique évolue vers la forme apatitique considérée insoluble (**FARDEAU, 1994**).

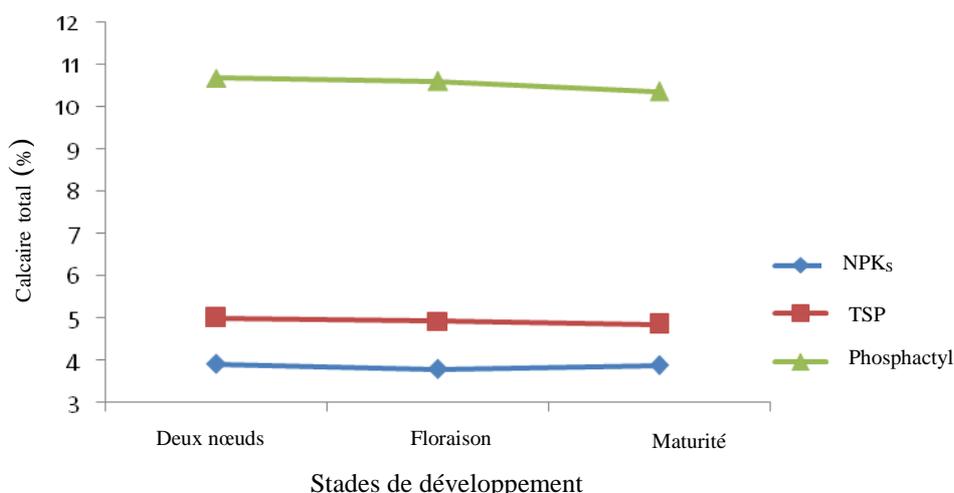


Figure 47. Evolution de la teneur en calcaire total au cours de cycle de développement

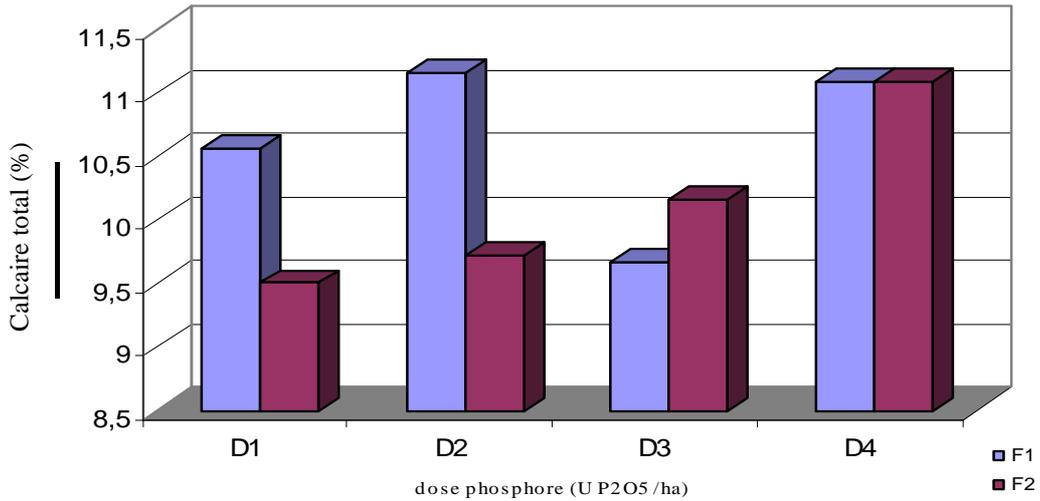


Figure 48. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade deux noeuds

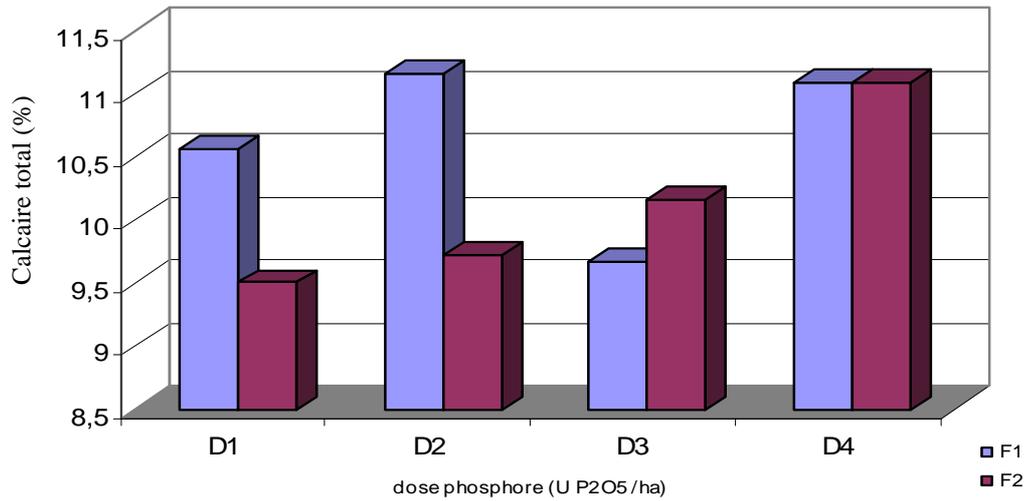


Figure 49. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade floraison

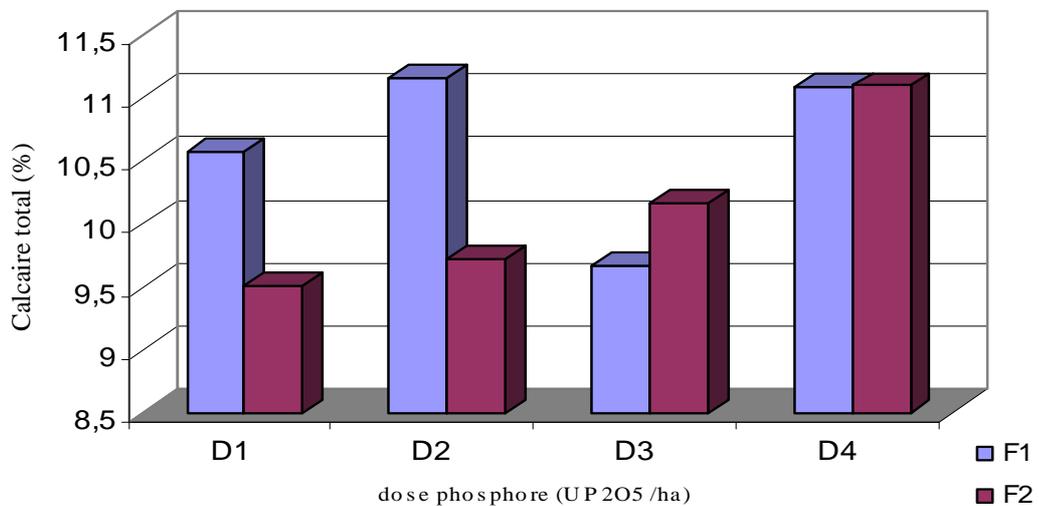


Figure 50. Évolution de la teneur en calcaire total (%) dans le sol (Phosphactyl) au stade maturité

Conclusion générale

Conclusion générale

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

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

Ce travail de recherche réalisé au niveau de la ferme HADJADJ Mahmoud (région d'El-Goléa Wilaya de Ghardaïa). Nous avons de ce fait mis en place un protocole expérimental pour pouvoir suivre la dynamique de phosphore et juger son efficacité de phosphore sur la fertilisation phosphatée à partir des quatre doses de trois types d'engrais phosphatés et deux types d'engrais foliaires sur une culture de blé dur.

A partir des résultats obtenus durant le cycle végétatif de blé, nous tirons les conclusions suivantes :

L'appréciation de l'efficacité des traitements à été réalisée à travers les mesures biométriques sur les teneurs en matière sèche au cours du cycle végétatif de blé, il en ressort :

Des différences non significatives observées dans tous les stades de culture sous l'effet des doses de NPK_s, alors que l'engrais foliaire exerce un effet hautement significatif au stade deux nœuds et significatif au stade floraison, avec respectivement 1,92 % et 5,59 % d'augmentation de F₁ (l'Agriphos) par rapport F₂ (le Leader start), par contre elle est non significatif au stade maturité.

Les résultats obtenus dans les parcelles traitées par le TSP montrent des différences non significatives à l'exception de l'engrais foliaire qui exerce un effet hautement significatif dans les deux stades floraison et maturité avec respectivement 10,64 % et 14,67 % d'augmentation de F₁ par rapport F₂.

Les doses de Phosphactyl donnent un effet non significatif dans les deux premiers stades et hautement significatif au stade maturité avec une augmentation de 27,02 % de plus de D_2 par rapport D_4 . L'effet de l'engrais foliaire est non significatif au stade deux nœuds, hautement significatif au stade floraison et significatif au stade maturité, Sachant que les taux d'accroissement de F_2 par rapport à F_1 sont respectivement de 15,08 % et 2,66 % du taux de matière sèche.

Le rendement grain varie de façon non significative sous l'action des trois types d'engrais solides (TSP, Phosphactyl et NPKs) par contre L'engrais foliaire a influencé positivement Le rendement grain dans le cas du TSP avec un taux d'accroissement de 8,31 % de F_2 par rapport F_1 .

En générale, les résultats concernant le phosphore assimilable dans la couche (0-20) cm du sol montrent une disponibilité plus importante dans le cas de TSP par rapport au deux autres engrais.

Les teneurs en phosphore assimilable présente un effet significative au stade deux nœuds et hautement significative au stade maturité (avec augmentation de 18,54 % et 18,5 % respectivement de D_3 par rapport D_1) par l'apport des doses de NPK_S et par l'apport des engrais foliaires qui représente un effet significative aux stades deux nœuds et hautement significative au stade floraison (avec augmentation de 1,19 % et 2,8 % respectivement de F_1 par rapport F_2).

Dans les parcelles traitées par le TSP l'engrais foliaire ne présente pas d'effet, sauf que dans le stade floraison (respectivement avec un taux d'accroissement de 1,96 % de F_2 par rapport F_1), qu'il exerce un effet significatif ; par contre les doses de TSP et quelques soit le stade de développement ils présentent un effet hautement significatif, le taux d'augmentation est de 14,98 % (de D_1 par rapport D_4), 18,01 % (de D_1 par rapport D_3) et 16,87 % (de D_1 par rapport D_4) respectivement.

A différents stades de la culture, les doses de Phosphactyl montrent un effet hautement significatif (le taux d'augmentation est de 32,05 %, 33,09 % et 30,59 % respectivement de D_1 par rapport D_4); les engrais foliaires exercent un effet hautement significatif au stade deux nœuds et significatif au stade maturité (avec un accroissement de 5,78 % de F_1 par rapport F_2 et 6,9 % de F_2 par rapport F_1), par contre elle est non significatif au stade floraison.

Concernant les teneurs du sol en phosphore total, les doses de NPKs pratique un effet hautement significatif dans tous les stades (le taux d'augmentation est de 18,06 %, 19,34 % et 15,08 % respectivement de D_2 par rapport D_4), les engrais foliaires et dans tous les stades représente un effet non significative.

L'effet des doses de TSP est hautement significatif aux stade deux nœuds et maturité (le taux d'augmentation est de 24,04 % et 34,42 % respectivement de D_3 par rapport D_2), mais non significatif au stade floraison ; par contre l'engrais foliaire révèle un effet hautement significatif au stade floraison et significatif aux stades deux nœuds et maturité, le taux d'augmentation est de 0,23 % (de F_2 par rapport F_1), 1,95 % (de F_1 par rapport F_2) et 2,32 % (de F_1 par rapport F_2).

Quelque soit le stade de développement, les doses de Phosphactyl présentent un effet hautement significatif (le taux d'augmentation est de 8,06 %, 10 % et 11,22 % respectivement de D_4 par rapport D_3), par contre les engrais foliaires donnent un effet non significatif a travers les stades de développement.

La teneur du sol en calcaire total n'est pas influencée par l'apport des engrais phosphatés et des engrais foliaires.

Au terme de cette étude menée sur une seule campagne (2006/2007), il ressort que l'efficacité de la fertilisation phosphatée est liée à plusieurs facteurs :

- conditions de semis (profondeur de semis, dose de semis) ;
- conditions d'humidité du sol ;
- arrêts raisonnés de l'irrigation ;
- fertilisation azotée et potassique adéquate ;
- maîtrise de désherbage.

Des progrès significatifs sont encore possibles en matière d'amélioration de la productivité par la mise en place de stratégie de fertilisation à partir de données d'essais expérimentaux de longue durée, qui sont considérés comme bases de raisonnement et ont pour objectif de garantir une alimentation minérale phosphatée non limitant de la production des grandes cultures tout en évitant la surfertilisation et en préservant la fertilité du sol à moyen terme.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- AISSA A.D. et MHIRI A., (2001)** : Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie. 5 p.
- ANONYME., (1985)** : Méthodes et technique de l'analyse de terres. DOC.N⁰34, centre national de la recherche.
- ARAKRAK., (1989)** : Caractérisation de l'assimilabilité des ions PO_4^{-3} en sol calcimorphes. Thèse docteur de l'I.N.P.L. France. Sciences agronomiques 120p.
- ARVIEU J.C ; BOUVIER O (1974)** : Les processus chimiques de l'évolution des phosphates en sols calcaires. Bull. Ass. Fr. Et. Sol., 4, 207-225.
- BAHMANI. (1987)** : Monographie agricole. Direction des services agricole, wilaya de Ghardaïa ; daïra El-Goléa ; commune El-Goléa. P₅
- BAYENS J., (1967)** : Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliquée aux plantes agricoles. Ed. Naiwelaerts Louvain ; 278 pages.
- BELAID D., (1987)** : Etude de la fertilisation azoté et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba 3) en condition de déficit hydrique. Mémoire de magistère. I.N.A. 108 p.
- BELAID D., (1996)** : Aspect de la céréaliculture algérienne P₅₂
- BELERAGUEB M., (1996)** : Monographie agricole. Direction des services agricole, wilaya de Ghardaïa ; daïra El-Goléa ; commune El-Goléa. Pp : 1-6
- BENHAMMOUDA M., (2000)** : Production du blé dur en fonction de la variété et du régime hydrique en Tunisie. Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures. Vol. 8, Numéro 8 ; Novembre-Décembre ; 611-4. Notes de recherches. 4 pages.
- BLANCHET R, CROUZET C, STUDER R, CHAUMONT C., (1963)** : première indication sur la dynamique du phosphore dans les sols calcaires de campagne Berrichonne. C.R. Acad. Agr. Fr. (48), 305-317.
- BLANCHET R, BOSCH M, GEFLI N, HILAIRE A., (1971)** : vieillissement d'engrais phosphatés dans le sol et conduite de la fertilisation. Ann. Agro. 22 (6), 687-703.
- BOUCHARD C., HELEMEN M. et JEFFROY M.H., (1998)** : fertilisation azotée du blé d'hiver. Pers.Agr.n⁰ 237, pp. 69-76.
- BUCKMANE., (1990)** : Agriculture et fertilisation .Ed. Norsk hydro a.s.258p.
- CHAMINADE R., (1968)** : Rôle spécifique de la matière organique sur la nutrition et le rendement des végétaux. « Semaine d'étude sur le thème matière organique et la fertilité du sol » 22-27 Avril, 777-799 ;

- DERAOUI 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. 84 p.
- DEZIRI S., (1986)** : Evolution des engrais phosphatés dans les sols calcaires : cinétique d'insolubilisation suivant la teneur et la taille de la calcite. Thèse Ing Agr INA El Harrach, 48 p
- DIEHL J.A., (1975)** : Agriculture générale Encyclopédie agricole. Pp : 205-211.
- DUCHAUFFOUR P., (2001)** : Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. 6^{ème} Ed. De l'Abrégé de pédologie. 325p.
- DUTHIL J., (1973)** : Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, ed.J.B.Baillièrre.654p.
- DUTIL P., (1997)** : La fertilisation phosphatée des sols calcaires. An. Agro. I.N.A. Vol VI n^o 2, 2, pp : 75-80.
- FARDEAU J.C, CHABOUIS C, HETIER J.H., (1977)** : Méthodes des cinétiques de dilution isotopique des ions PO_4 et K : application à l'analyse des modifications de fertilité dans les essais de très longue durée. Bull. Ass. Fr. Et. Sol. 2, 111-122.
- FARDEAU F., (1985)** : la fertilisation raisonnée. Pers.Agri., n^o 132, pp. 3-10.
- FARDEAU et al, (1991)** : Contribution à l'étude d'utilisation des phosphates naturels dans la fertilisation phosphatée d'un sol saharien, P11.
- FARDEAU J.C., (1993)** : Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante. Perspectives agricoles n^o :181-juin, pp : 17-22.
- FARDEAU J.C., (1994)** : Phosphore bio disponible du sol estimé par la méthode des cinétiques d'échanges isotopiques entre des ions $^{31}PO_4$ et $^{32}PO_4$. Tiré à part, 15p.
- FARES F, (1976)** : contribution à l'étude du phosphore associé à la matière organique du sol. Thèse Doct. Univ. Nancy, 218p.
- GACHON L., (1969)** : La fertilisation phosphatée : Panorama des recherches récentes effectuées en France. Phosphore et Agri., n^o 53, pp : 17-19.
- GACHON L., (1972)** : Fractionnement du phosphore labile en relation avec le type de sol. Ann. Agro. 23 (4), 429-444.
- GACHON L., (1973)** : vieillissement de divers engrais phosphatés en relation avec le type du sol, étudié par la méthode de chang et jackson. Ann. Agro. 24 (5), 585-613.
- GERVY R., (1970)** : Les phosphates et l'agriculture .Edition DUNOD, paris.298 p.
- GILLES (1969)** : Rôle de la fumure phosphatée dans l'alimentation hivernale du blé. Phosphore et Agri., n^o52, pp: 19-26.

- GOODING N.J. et DAVIES W.P., (1992):** foliar urea fertilization of cereals. Fertilizer search, n^o 32, pp. 209-217.
- GRIM N., (2007) :** fondation méditerranéenne d'études stratégiques. Maison des technologies – place Georges en Pompidou - 83000 TOULON - FRANCE. Pp 2.
- GROS A. (1977) :** L'acide phosphorique, les engrais phosphatés. Guide pratique de la fertilisation. Ed. Maison rustique-Paris, 377 p.
- HAFSI M., (1990) :** Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions de hautes plaines Sétifiennes. I.N.A. 124 p.
- HALILAT M.T., (1993) :** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magistère. I.N.E.S. a Batna. 130 p.
- HASHIMOTO Y, HAMANISHI K., (1972):** Inhibiting effect of humates and nitrohumates on phosphorus fixation in soil. 9. Inhibiting effect of Ca—compounds on phosphorus fixation. J. Sci. Soil and Manure, Japan, 43 (2), 53-59. (Soil Fert. 1975, 38 (1), 49).
- HINSINGER, (2001):** Bioavailability of soil inorganic phosphorus in rhizospheres as affected by root-induced chemical changes, review. INRA. U.M.R. Plant and soil, 237: 173-175.
- KEBRI, F., (2003) :** Avec un niveau de consommation de 60 millions de q/an, l'Algérie un grand consommateur. Partenaires. Mensuelle de la chambre française de commerce et d'industrie en Algérie. N^o 41 décembre, 23p
- LAMBERT J.C., (1979) :** «La fertilisation phosphatée » revue cultivars. N^o115, pp : 96-97.
- LEIKAM D.F., MURPHY L.S., KISSEL D.E., WHITNEY D.A., et MSERH H.C., (1983):** Effect of nitrogen and phosphorus application and nitrogen source in winter wheat grand yield and leaf tissue phosphorus. Soil. SCI. SOC. AM.G, (47)3 :530-535.
- MEKLIICHE 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.
- ONM (2007) :** Office National de la Météorologie, rapport sur les données climatiques d'El-Goléa.
- 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.

- ROMER W. et SCHILING G., (1986):** Phosphorus requirements of the wheat plant in various stage of its life. Plant and soil. Vol.92, n^o 2, pp.228-229.
- SAVORIN J., (1947) :** Monographie agricole P5.
- S.B.G.E.M. (El-Goléa-2007) :** Société des boissons gazeuses et des eaux minérales.
- SNOUSSI et HALITIM A., (1996) :** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. gst.sols 5-4. : 289-298.
- TALAMALI L., (2004) :** Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC), Alger, Algérie, La Nouvelle République pp 4.
- THELIER-HUCHE L., BONISCHOT R., CONTAT F., et SALETTE J., (1996) :** Incidence a long terme d'une absence prolongée de fertilisation phosphatée sur prairie permanente. Revue Fourrages. N^o 145, pp : 53-62.
- THEVENET G., (1993) :** la fertilisation raisonnée. Du concept du raisonnement aux applications pratiques : la démarche du comifer. Ingénieurs de la vie. N^o 427/fév-mars. pp : 28-34.
- VEZ A., (1975) :** Fumure azotée de blé d'automne sur la base d'expérience récente. Revus Suisse d'agri. 7, pp 177-188.
- VILAIN M., (1997) :** La production végétale. Les composantes de la production. Ed 13^{eme}. 478 p.
- ZENKHRI. S (1998) :** Le développement de l'agriculture saharienne comme alternative aux ressources épuisables. Séminaire internationale.102 p.

Annexes

ANNEXE 1

Tableau 1. Caractéristique de la variété SIMETO

Caractéristique	
Caractéristiques Morphologiques	<ul style="list-style-type: none"> -Hauteur de la plante : 85,2 cm -Port : semi érigé -Paille : creuse
Caractéristiques Physiologiques	<ul style="list-style-type: none"> -Froid : peu sensible -Verse : peu sensible Résistance aux maladies - Oïdium : modérément sensible - Septoriose : modérément sensible -Rouille brune : peu sensible
Caractéristiques Technologique	<ul style="list-style-type: none"> - Protéines (%) : 14,7 - Gluten (%) : 9,1 - Résistance au métadinage : modérément résistante - Résistance a la mouchure : modérément sensible

Source : CRPV Italie (2004)

ANNEXE 2

Tableau 1. Teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (NPK_S)

Effet	DDL	Test F	F théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,356164	2,9	4,46	80,61	5	NS
foliaire (doses)	4	4,514	2,67	3,97		9	HS
Erreur	32						

Tableau 2. Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (NPK_S)

Effet	DDL	Test F	F théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,308237	2,9	4,46	52,87	27	NS
Foliaire (doses)	4	3,496	2,67	3,97		23	S
Erreur	32						

Tableau 3. Teneur en matière sèche (%) au stade maturité (NPK_S)

Effet	DDL	Test F	F théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,052326	2,9	4,46	56,53	10	NS
Foliaire (doses)	4	0,273	2,67	3,97		7	NS
Erreur	32						

Tableau 4. Teneur en matière sèche (%) au stade deux nœuds (TSP)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,33	2,9	4,46	81,79	5	NS
Foliaire (doses)	4	0,26	2,67	3,97		2,5	NS
Erreur	32						

Tableau 5. Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (TSP)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,632	2,9	4,46	58,29	6	NS
Foliaire (doses)	4	4,528	2,67	3,97		18	THS
Erreur	32						

Tableau 6. Teneur en matière (%) au stade maturité (TSP)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,808	2,9	4,46	54,07	15	NS
Foliaire (doses)	4	7,382	2,67	3,97		31	THS
Erreur	32						

Tableau 7. Teneur en matière (%) au stade deux nœuds (Phosphactyl)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,236842	2,9	4,46	82,64	34	NS
Foliaire (doses)	4	1,26	2,67	3,97		9	NS
Erreur	32						

Tableau 8. Teneur en matière sèche (%) au stade floraison (Phosphactyl)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,841913	2,9	4,46	62,96	28	NS
Foliaire (doses)	4	9,846	2,67	3,97		31	THS
Erreur	32						

Tableau 9. Teneur en matière sèche (%) au stade maturité (Phosphactyl)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy. G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	14,30642	2,9	4,46	56,29	8	THS
Foliaire (doses)	4	3,903	2,67	3,97		7	S
Erreur	32						

ANNEXE 3

Tableau 1. Rendement (q/ha) en grain (NPK_s)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,84	2,9	4,46	79,996	11,12	NS
foliaire (doses)	4	0,73	2,67	3,97		8,2	NS
Erreur	32						

Tableau 2. Rendement (q/ha) en grain (TSP)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,78	2,9	4,46	88,88	6,93	NS
foliaire (doses)	4	4,19	2,67	3,97		12,27	HS
Erreur	32						

Tableau 3. Rendement (q/ha) en grain (Phosphactyl)

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,73	2,9	4,46	96,84	17,48	NS
foliaire (doses)	4	1,39	2,67	3,97		12,22	NS
Erreur	32						

ANNEXE 4

Tableau 1. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(NPK_s) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	5,14	3,24	5,29	14,22	22,3	S
foliaire (doses)	4	4,40	3,01	4,77		9,84	S
Erreur	16						

Tableau 2. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(NPK_s) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,46	3,24	5,29	14,11	23,47	N.S
foliaire (doses)	4	4,45	3,01	4,77		14,95	H.S
Erreur	16						

Tableau 3. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(NPK_s) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	24,77	3,24	5,29	13,95	21,73	H.S
foliaire (doses)	4	0,37	3,01	4,77		4,36	N.S
Erreur	16						

Tableau 4. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	11,67	3,24	5,29	15,83	17,95	H.S
foliaire (doses)	4	0,69	3,01	4,77		5,25	N.S
Erreur	16						

Tableau 5. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	5,46	3,24	5,29	16,21	21,82	H.S
foliaire (doses)	4	2,29	3,01	4,77		9,33	S
Erreur	16						

Tableau 6. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	13,23	3,24	5,29	16,10	19,20	H.S
foliaire (doses)	4	0,72	3,01	4,77		5,27	N.S
Erreur	16						

Tableau 7. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	9,75	3,24	5,29	13,43	44,55	H.S
foliaire (doses)	4	3,67	3,01	4,77		14,26	H.S
Erreur	16						

Tableau 8. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	33,38	3,24	5,29	13,41	48,04	H.S
foliaire (doses)	4	1,24	3,01	4,77		8,31	N.S
Erreur	16						

Tableau 9. Évolution de la teneur en phosphore assimilable (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	14,97	3,24	5,29	13,62	42,22	H.S
foliaire (doses)	4	2,20	3,01	4,77		10,90	S
Erreur	16						

ANNEXE 5

Tableau 1. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_s)
au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	11,98	3,24	5,29	36,84	21,03	HS
foliaire (doses)	4	5,01	3,01	4,77		6,07	NS
Erreur	16						

Tableau 2. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_s)
au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	14,05	3,24	5,29	36,57	21,67	HS
foliaire (doses)	4	4,47	3,01	4,77		5,78	NS
Erreur	16						

Tableau 3. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (NPK_s)
au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	10,53	3,24	5,29	36,70	18,59	HS
foliaire (doses)	4	4,42	3,01	4,77		5,72	NS
Erreur	16						

Tableau 4. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	9,43	3,24	5,29	43,31	28,97	HS
foliaire (doses)	4	16,70	3,01	4,77		9,43	S
Erreur	16						

Tableau 5. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,83	3,24	5,29	43,60	29,42	NS
foliaire (doses)	4	57,99	3,01	4,77		17,46	HS
Erreur	16						

Tableau 6. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	7,53	3,24	5,29	44,32	27,85	HS
foliaire (doses)	4	20,14	3,01	4,77		10,14	S
Erreur	16						

Tableau 7. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	131,17	3,24	5,29	48,80	47,05	HS
foliaire (doses)	4	4,02	3,01	4,77		4,10	NS
Erreur	16						

Tableau 8. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	85,05	3,24	5,29	50,15	47,06	HS
foliaire (doses)	4	6,55	3,01	4,77		5,10	NS
Erreur	16						

Tableau 9. Évolution de la teneur en phosphore total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	196,63	3,24	5,29	48,80	43,67	HS
foliaire (doses)	4	2,31	3,01	4,77		3,11	NS
Erreur	16						

ANNEXE 6

Tableau 1. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (NPK) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,32	3,24	5,29	3,90	7,28	NS
foliaire (doses)	4	0.06	3,01	4,77		6,31	NS
Erreur	16						

Tableau 2. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (NPK) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,45	3,24	5,29	3,79	6,12	NS
foliaire (doses)	4	0,12	3,01	4,77		9.14	NS
Erreur	16						

Tableau 3. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (NPK) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	0,21	3,24	5,29	3,88	2,15	NS
foliaire (doses)	4	0,03	3,01	4,77		4,63	NS
Erreur	16						

Tableau 4. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (TSP) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,36	3,24	5,29	4,99	5,67	NS
foliaire (doses)	4	0,03	3,01	4,77		3,68	NS
Erreur	16						

Tableau 5. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (TSP) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,34	3,24	5,29	4,92	6,03	NS
foliaire (doses)	4	0,06	3,01	4,77		5,20	NS
Erreur	16						

Tableau 6. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol (TSP) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	2,90	3,24	5,29	4,84	7,47	NS
foliaire (doses)	4	0,04	3,01	4,77		4,38	NS
Erreur	16						

Tableau 7. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade deux nœuds

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,94	3,24	5,29	10,68	12,68	NS
foliaire (doses)	4	0,94	3,01	4,77		9,08	NS
Erreur	16						

Tableau 8. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade floraison

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	3,04	3,24	5,29	10,60	12,42	NS
foliaire (doses)	4	0,56	3,01	4,77		7,11	NS
Erreur	16						

Tableau 9. Évolution de la teneur en calcaire total (ppm) dans le sol
(Phosphactyl) au stade maturité

Effet	DDL	Test F	F. théorique		Moy.G	C.V %	Signification
			5 %	1 %			
doses	3	1,29	3,24	5,29	10,36	12,50	NS
foliaire (doses)	4	1,29	3,01	4,77		11,00	S
Erreur	16						

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de quatre niveaux des doses de phosphores (80, 120, 160 et 200 U P₂O₅ /ha) avec deux types d'engrais foliaires l'Agriphos (F₁) et le Leader start (F₂) sur la dynamique du phosphore dans la relation sol-plante d'une culture de blé dur (var. Simeto) conduite dans les conditions sahariennes (cas de la région d'El-Goléa) avec trois types d'engrais phosphatés (NPK_s, TSP et NP).

La culture du blé a réagi favorablement par l'augmentation de la teneur en matière sèche sous l'action de l'engrais phosphaté (TSP) au stade deux nœuds avec un taux d'accroissement 12 %, NP au stade maturité avec une augmentation de 28 %, par contre les résultats des analyses statistiques faites sur la teneur en matière sèche au stade floraison montrent une différence non significative entre les différents types d'engrais solides (TSP, NP et NPK_s).

Par ailleurs on observe un effet hautement significatif de l'engrais foliaire avec le TSP sur la teneur en matière sèche au stade deux nœuds avec un taux d'accroissement 1 % de F₂ par rapport F₁, la même influence est obtenue avec Phosphactyl avec un taux d'accroissement 21 % de F₂ par rapport F₁ et NPK_s au stade floraison avec un taux d'accroissement 4 % de F₁ par rapport F₂ respectivement.

Les rendements ne sont pas influés par les doses des engrais phosphatés et l'engrais foliaire sauf que F₂ dans les parcelles traitées par le TSP exercent un effet hautement significatif avec une augmentation de 8,31 % par rapport F₁.

Les résultats concernant le P assimilable et à travers les trois stades de développement et dans les trois types d'engrais phosphatés le TSP se qui données les meilleures teneurs en phosphore assimilable par un accroissement de 15,16 %, 17,27 % et 15,4 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité par rapport le Phosphactyl.

Concernant les teneurs du sol en P total et à travers les trois types d'engrais phosphatés et au cours de cycle de développement on observe que le Phosphactyl est se qu'il donné les valeurs le plus élevées avec une augmentation de 24,51 %, 27,08 % et 24,8 % respectivement au stade deux nœuds, floraison et maturité.

Généralement la teneur du sol en calcaire total n'influe pas par les différents traitements.

Mots clés : Phosphore, sol-plante, blé dur, conditions sahariennes, El-Goléa.

Summary

This work aims to study the effect of four levels of doses of phosphorus (80, 120, 160 and 200 U P₂O₅ / ha) with two types of foliar fertilizer the Agriphos (F₁) and the Leader start (F₂) On the dynamics of phosphorus in the soil-plant a culture of durum wheat (var. Simeto) driving under the conditions Saharan (case in the region of El-Goléa) with three types of phosphate fertilizers (NPK_s, TSP and NP).

The cultivation of wheat has responded positively by increasing the dry matter under the action of the phosphate fertilizer (TSP) in stage two nodes with a growth rate 12 %, NP at maturity with an increase of 28 %, against the results of statistical analyses made on the dry matter to the flowering stage show a non-significant difference between different types of solid fertilizers (TSP, NP and NPK_s).

In addition there is a highly significant effect of foliar fertilizer with the TSP on the dry matter at two nodes with a growth rate of 1 % F₂ compared F₁, the same effect is achieved with Phosphactyl with a rate increase of 21 % of F₂ compared F₁ et NPK_s the flowering stage with a growth rate of 4 % F₁ compared F₂ respectively.

Yields are not influenced by doses of phosphate fertilizers and foliar fertilizer except that F₂ on the parcels handled by the TSP act as a highly significant with an increase of 8,31 % compared F₁.

The results for the P and assimilated through the three stages of development and the three types of phosphate fertilizers the TSP which data is the best levels of phosphorus by an increase of 15,16 %, 17,27 % and 15,4 % respectively at two nodes, flowering and maturity over the Phosphactyl.

Regarding the levels of soil P and total through three types of phosphate fertilizers and during development cycle can be observed that the Phosphactyl east is that given the values higher with an increase of 24,51 % 27,08 % and 24,8 % respectively at two nodes, flowering and maturity.

Generally the soil limestone total not influenced by the different treatments.

Key words: Phosphorus, soil-plant, durum wheat, conditions Sahara, El-Goléa.

الخلاصة

ويهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير أربع جرعات من الفوسفور (80 ، 120 ، 160 و 200 وحدة P₂O₅ / هكتار) مع نوعين من الأسمدة الورقية Agriphos (F₁) Leader start (F₂) على ديناميكية الفوسفور في العلاقة تربة-نبات لزراعة القمح الصلب (صنف Simeto) تحت ظروف الصحراوية (دراسة حالة منطقة المنيعية) باستعمال ثلاثة أنواع من الأسمدة الفوسفاتية الصلبة (TSP، NPK_s و NP).

زراعة القمح انعكست إيجابيا بزيادة نسبة المادة الجافة تحت تأثير سماد TSP في مرحلة عقدتين مع نسبة نمو 12 %، NP في مرحلة النضج مع زيادة بنسبة 28 %، على عكس نتائج التحليل الإحصائي المعبر عنها لنسبة المادة الجافة في مرحلة الإزهار التي كانت غير إيجابية بين مختلف أنواع الأسمدة الصلبة (TSP، NPK_s و NP).

من جهة أخرى نلاحظ وجود تأثير جد إيجابي للأسمدة الورقية مع سماد TSP على نسبة المادة الجافة في مرحلة عقدتين مع نسبة نمو تقدر ب 1 % في F₂ على غرار F₁، نفس الشيء بالنسبة للسماد NP مع زيادة قدرت ب 21 % في F₂ على غرار F₁ و NPK_s في مرحلة الإزهار مع نسبة نمو تقدر ب 4 % في F₁ على غرار F₂ ترتيبيا.

المردود لم يتأثر بجرعات الأسمدة الصلبة والورقية باستثناء أن F₂ في المساحات المعالجة ب TSP لوحظ وجود تأثير جد إيجابي له مع نسبة زيادة قدرت ب 8.31 % على غرار F₁.

فيما يخص نتائج الفوسفور المتاح وعبر كل مراحل الإنبات والأنواع الثلاثة من الأسمدة ال TSP هو من أعطى أحسن النتائج من نسبة الفوسفور المتاح بنسبة زيادة قدرت ب : 15.16 ، 17.27 و 15.4 % ترتيبيا في مرحلة العقدتين ، الإزهار والنضج على غرار NP .

حسب النتائج المتحصل عليها فيما يخص الفوسفور الكلي وخلال مراحل الإنبات في الأنواع الثلاثة من الأسمدة الصلبة نلاحظ أن NP هو من أعطى أحسن النسب بزيادة قدرت ب : 24.51 ، 27.08 و 24.8 % ترتيبيا في مرحلة العقدتين ، الإزهار والنضج .
عموما نسبة الجير الكلي في التربة لم تتأثر بمختلف المعاملات.

الكلمات المفتاح : فوسفور ، تربة-نبات ، قمح صلب ، الظروف الصحراوية ، المنيعية