

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCE DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
En Vue l'obtention Du Diplôme D'ingénieur D'Etat
Spécialité : Agronomie saharienne
Option : Mise en valeur

THEME

**Étude de la cinétique d'absorption du
phosphore par le ray- grass**

Présenté et soutenu publiquement par

M^{elle}, DJEGHBALA Samira

Le 29 /09/2011

Devant le jury :

Président :	CHELOUFI H.	M.C.A Uni. Kasdi Merbah
Promoteur :	DERAOUI N.	M.A.A Uni. Kasdi Merbah
Examineur :	DADDI BOUHOUN M.	M.C.B Uni. Kasdi Merbah
Examineur :	DJILI B.	M.A.A Uni. Kasdi Merbah

Année universitaire : 2010/2011



Remerciement

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

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements à Mme DERAOUI N. maître assistante à l'université d'Ouargla, qui a fait preuve d'une grande patience et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique m'ont permis de mener à terme ce projet. Son encadrement était des plus exemplaires. Qu'elle trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Mes remerciements les plus profonds à mon enseignant **Mr CHELOUFI H.** maître de conférences « A » à l'université d'Ouargla pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le Jury.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à **Mr DADDI BOUHOUN M.** maître de conférences « B » à l'université de Kasdi Merbah Ouargla pour avoir voulu faire partie du Jury. **Mr DJILI B.** maître assistant « A » à l'université d'Ouargla pour ces aides.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe du service du laboratoire en pédologie en particulier le responsable **Mr. BEGARI A.**, **Mr MSITFA N.D.**, du laboratoire de conservation et de préservation de bioressource en particulier aussi le responsable Mme **IDDER S.**, et du laboratoire de l'INRA Touggourt est surtout **Mr ALLAM A.K.**, Mme **MARROUCHI W.**

Sans oublier de remercier tout les travailleurs de l'exploitation de département d'agronomie.

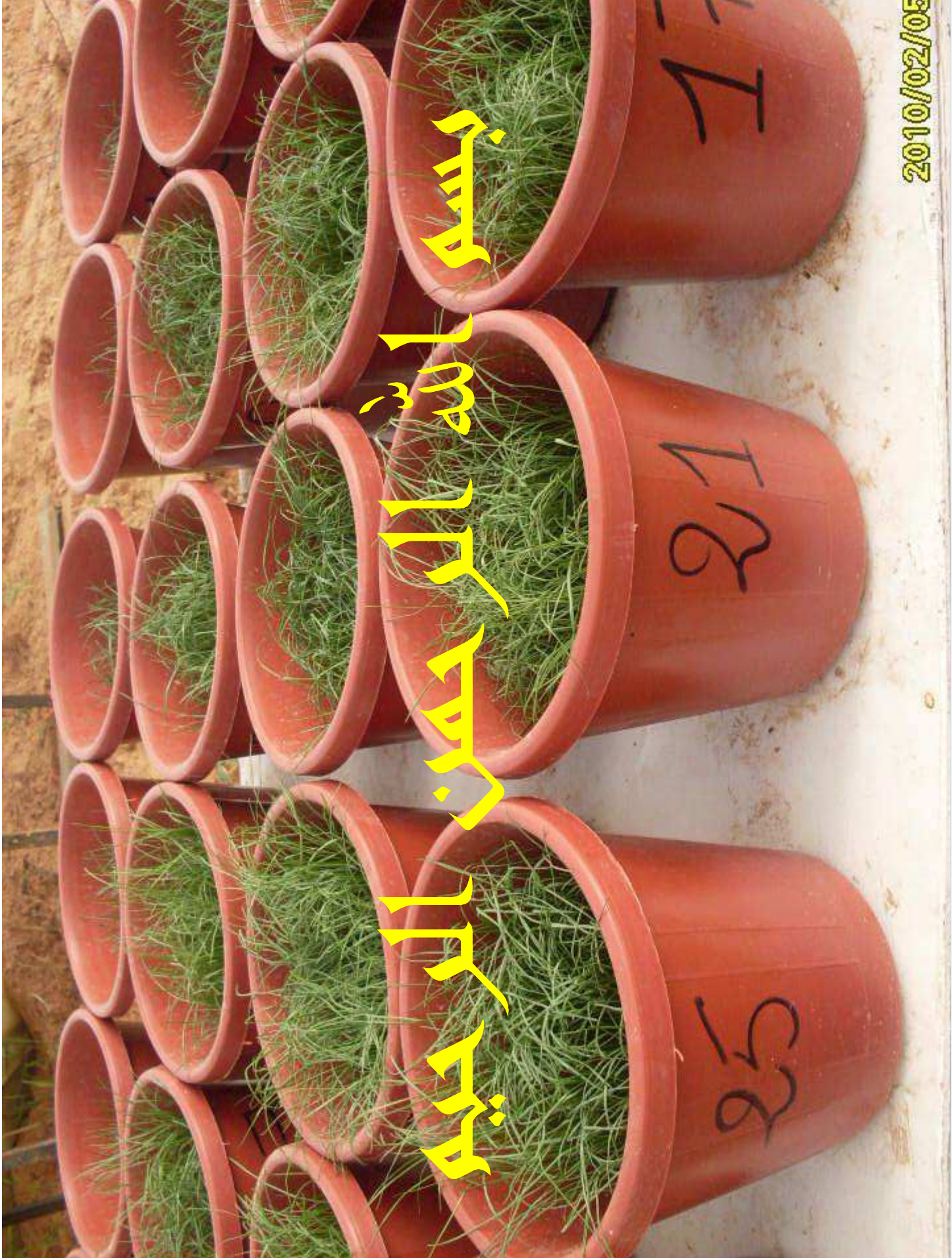
En fin je remercier cordialement tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

à réaliser ce travail est surtout **Mr KEHEL SAN K.**

M^{elle} Samira



بسم الله الرحمن الرحيم



2010/02/08

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Département des Sciences Agronomiques



thème

**Étude de la cinétique d'absorption du phosphore
par le ray-grass**

Encadré par :

Mme DERAOUIN.

Présenté par :

DJEGHBALA Samira

Année Universitaire : 2010/2011

Plan

1. Introduction

2. Matériel et méthodes d'étude

3. Résultats et discussion

4. Conclusion et perspectives

Introduction

- ✓ La fertilisation phosphatée en général, sont des apports de substances phosphatés particulier, répondent à des objectifs bien précis. A court terme, accroît et améliore les récoltes dans les limites assurant la rentabilité des apports; et à long terme, elle permet d'assurer également la pérennité du système de production par le maintien de la fertilité des sols (GACHON, 1983).
- ✓ Plusieurs études ont montré que l'apport d'engrais phosphaté améliore la quantité de la matière sèche produite et augmente les quantités de P absorbé par la plante de ray-grass (GERVY, 1970; BELAID, 1987; RAZI, 2006).

- ✓ Les sols des régions sahariennes sont généralement pauvres en éléments nutritifs entre eux le phosphore.
- ✓ La recherche de la dose optimale pour un rendement maximum reste toujours l'objet principal de plusieurs études.
- ✓ L'objectif de notre travail est d'étudier le statut phosphorique d'un sol sous l'effet de différentes sources et doses de phosphore, et sa cinétique d'absorption par la culture de ray-grass.

Matériels et méthodes



Matériel d'étude

Engrais

SSP (0-20-0)
FOS (3-22-0)
MAP (12-52-0)

Matériel végétal

- Ray-grass d'Italie
- Var. GEMINI
- Facile à planter
- Germination rapide
- Réalisation de plusieurs coupes

Sol

- Sableux
- pH alcalin
- Pauvre en éléments minéraux

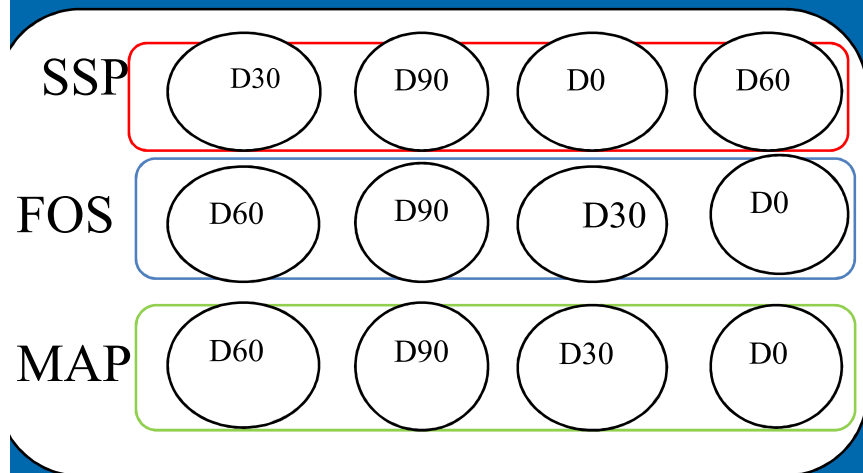
Eau d'irrigation

pH = 7,81
C.E = 3,17
mS/cm
SAR = 6,94
Classe : C4S1

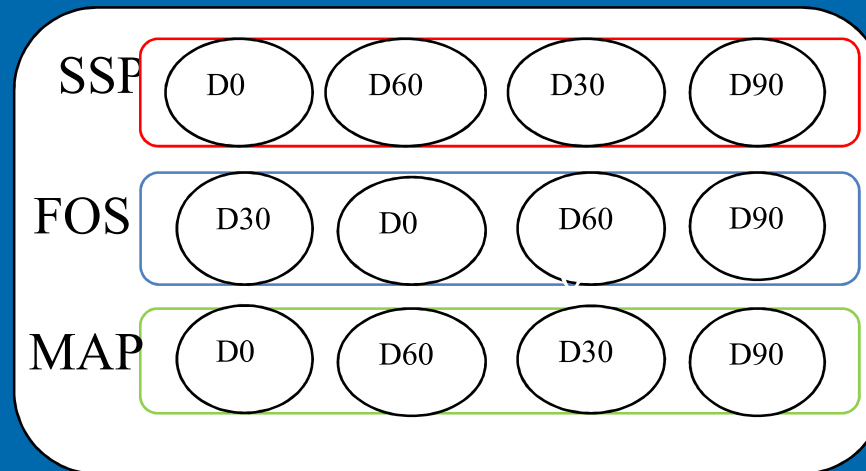
Pots

- plastique
- Diamètre 17,7cm
- Hauteur 16 cm
- Capacité de 2 kg

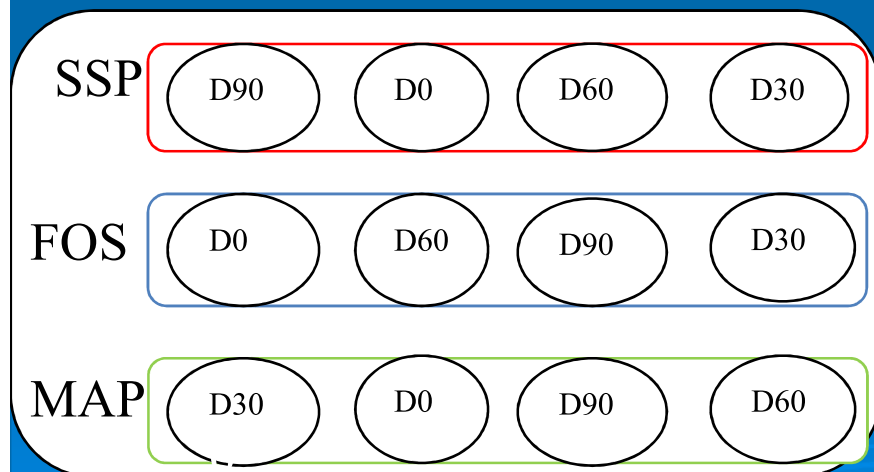
Dispositif expérimental



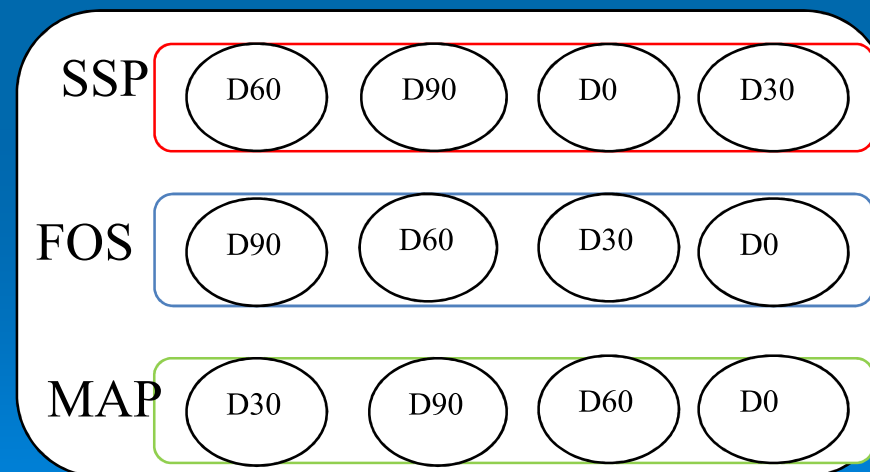
Bloc 1



Bloc 3



Bloc 2



Bloc 4

Méthodes d'étude

Durée de l'essai : 51 jours

Un prélèvement / 15 jours

Sol

• 03 prélèvements/pot

↓
échantillon mélange

• Profondeur de
prélèvement : 7cm .

04 échantillons
par traitement

- Coupe 1
- Coupe 2
- Coupe 3

Végétal

Fauche des plantes pour
Chaque pot se fait
à 3 cm /surface du sol

Paramètres étudiés

Evolution du phosphore dans le sol

Le végétal

Evolution de la matière sèche au cours de cycle

Evolution de la teneur en P de la culture

Exportations en P par la culture

Résultats et discussion

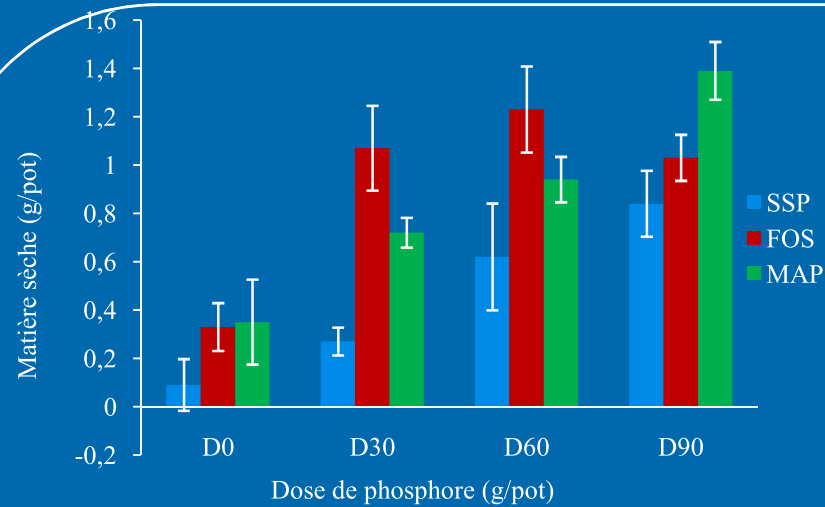


Figure 8. Effet de fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 1ère coupe

Effet dose:***
 Effet engrais: **
 Effet interaction: **

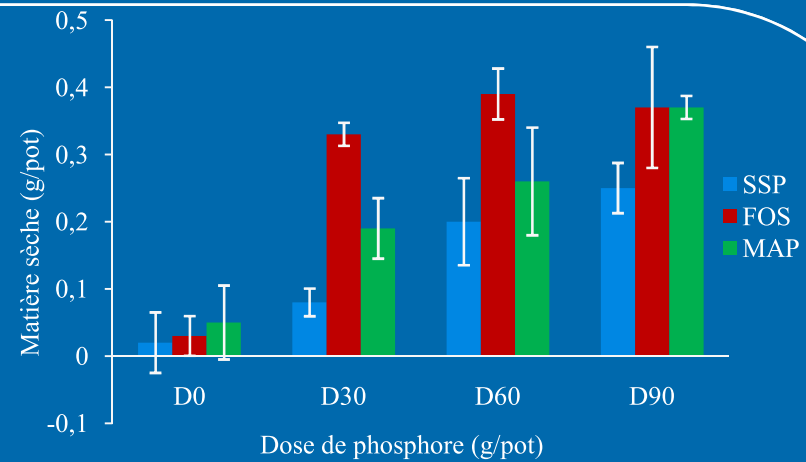


Figure 9. Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 2ème coupe

Effet dose:***
 Effet engrais: **
 Effet interaction: **

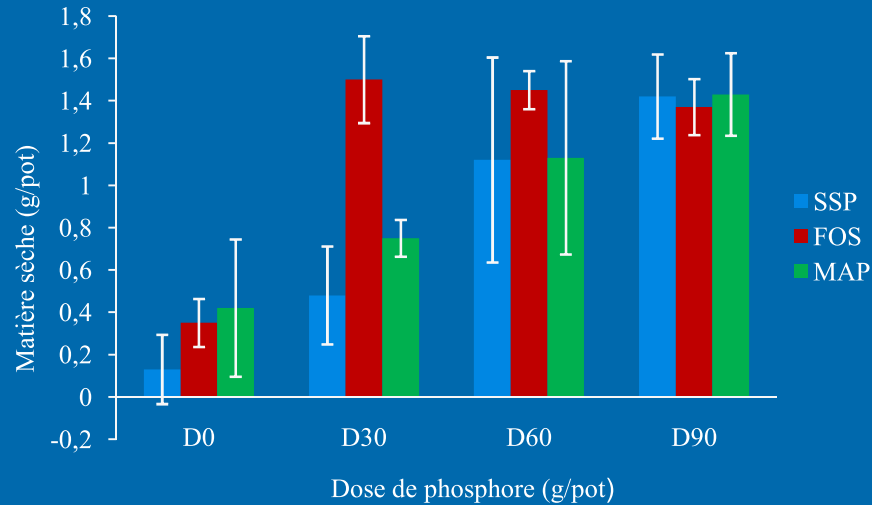


Figure 10. Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 3ème coupe

Effet dose: **
 Effet engrais: **
 Effet interaction: **

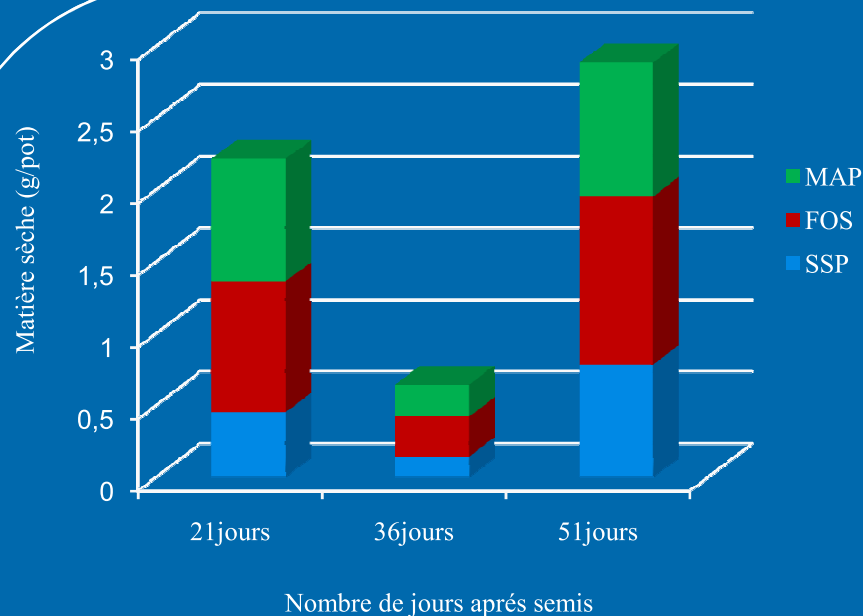


Figure 12. Cumule de la matière sèche en fonction du nombre de jours après semis

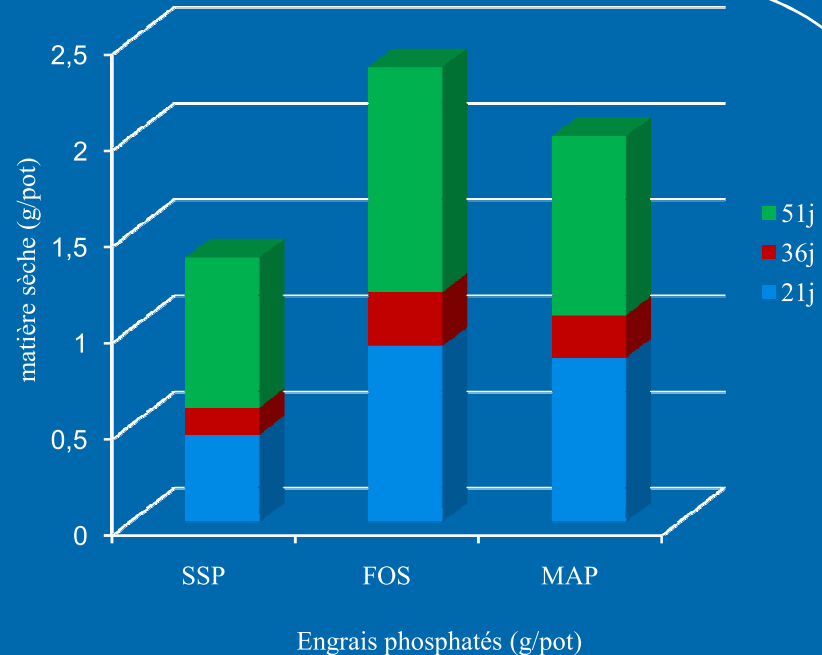


Figure 13. Cumule de la matière sèche en fonction des engrais

❖ La croissance des plantes du ray-grass continue jusqu'au premier prélèvement réalisé 21 jours après semis ; puis décroît jusqu'à arrivé un minimum de production enregistrée en deuxième coupe .

❖ La dose 90 U P_2O_5 /ha a favorisé les meilleures productions dépassant le témoin de 80%, 91% et 79% respectivement en 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} coupes.

❖ l'engrais FOS a donné les cumuls les plus élevés avec 0,91, 0,28 et 1,17g/pot respectivement pour la 1^{ère}, 2^{ème} et la 3^{ème} coupe (figure 13).

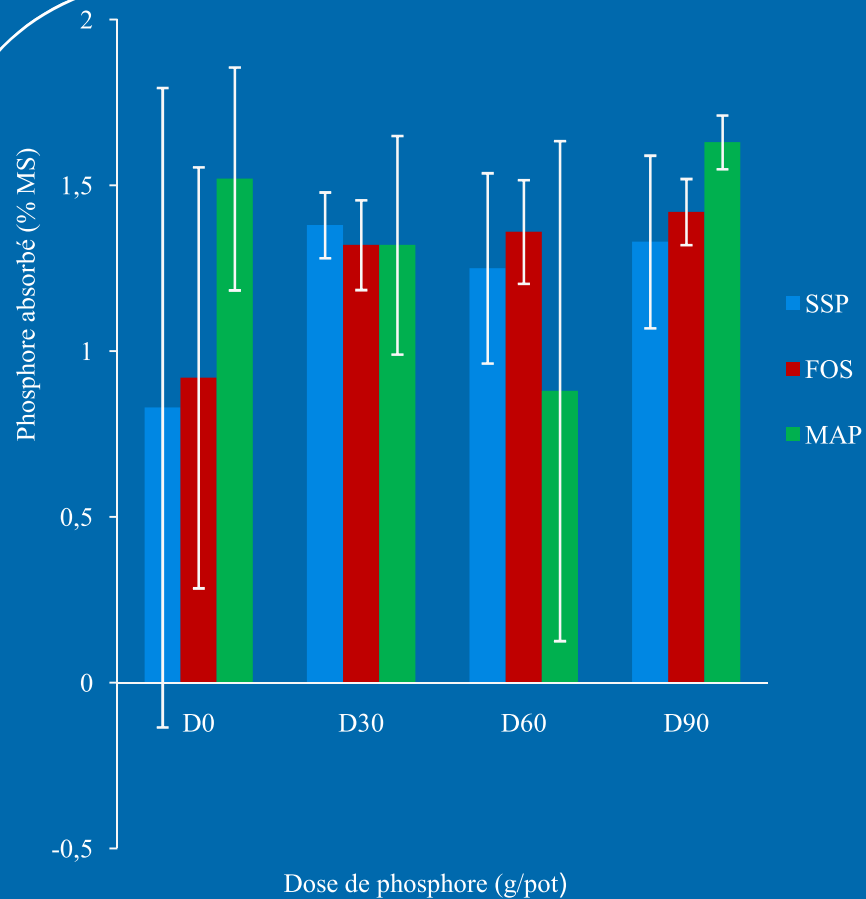


Figure14. Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture en 1ère coupe

Effet dose: NS
 Effet engrais: NS
 Effet interaction: NS

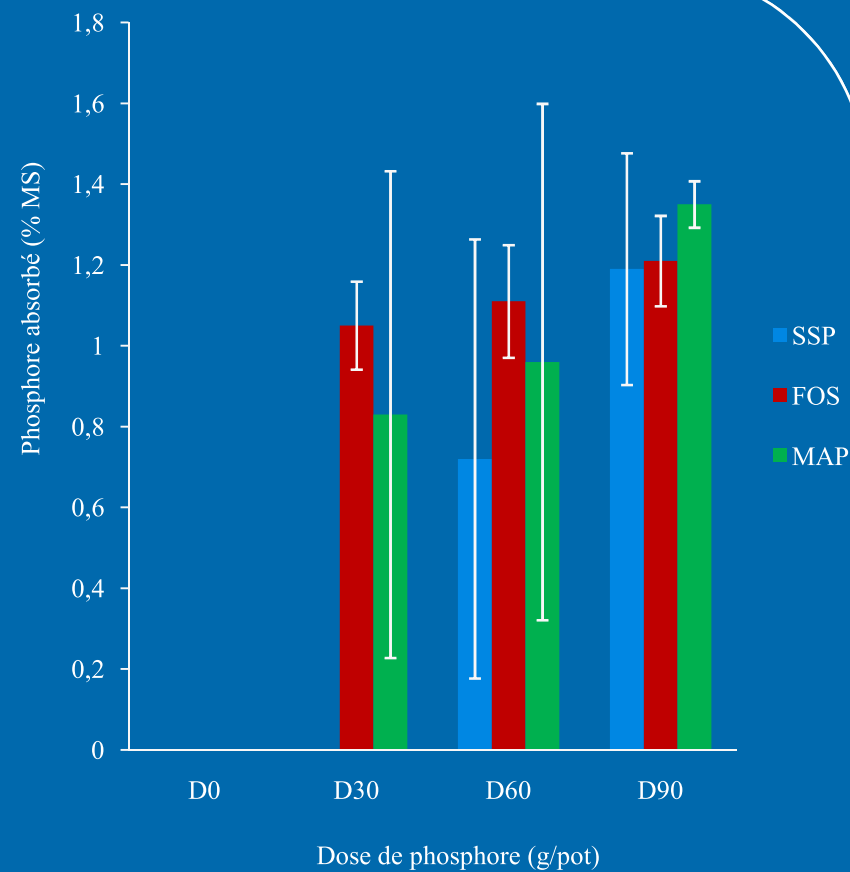
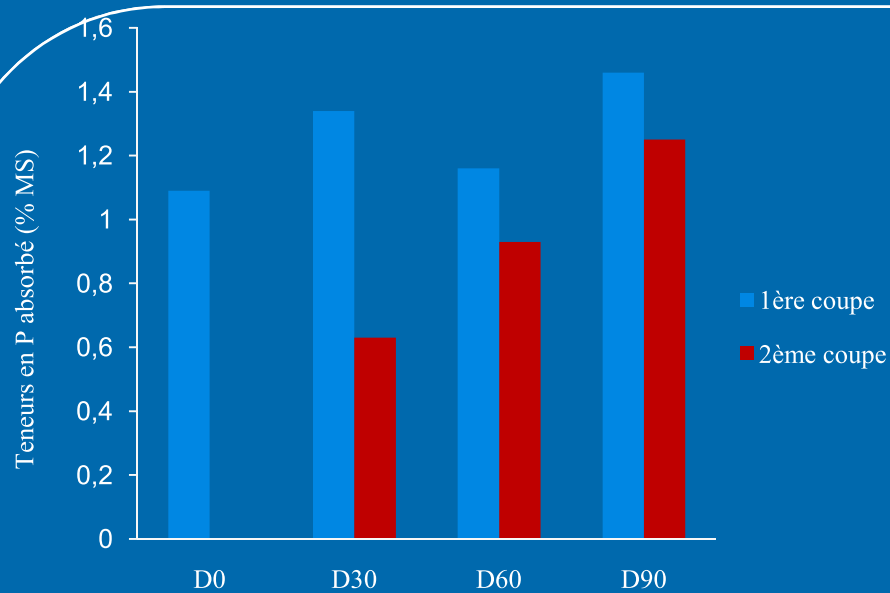


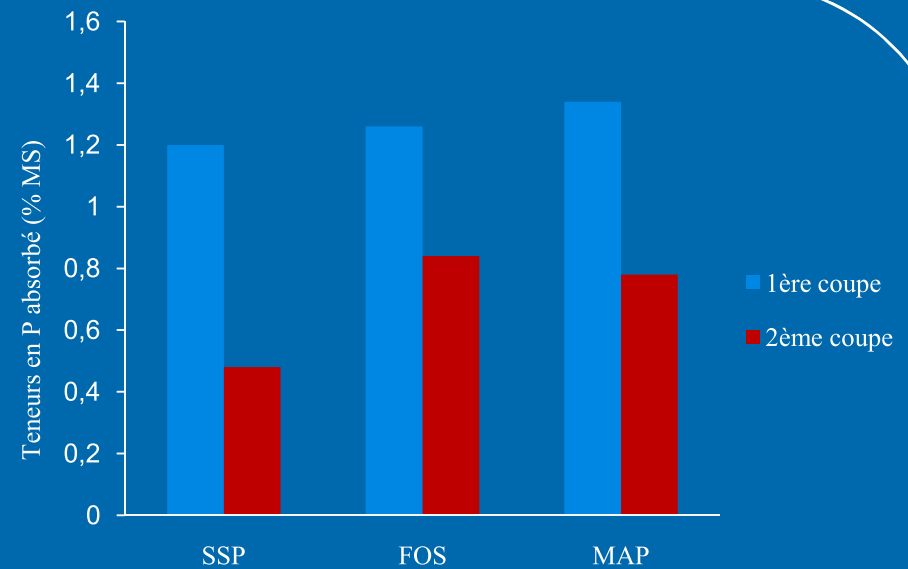
Figure 15. Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture au 2ème coupe

Effet dose : **
 Effet engrais : **
 Effet interaction : *



Doses de phosphore (g/pot)

Figure 17. Evolution du phosphore absorbé en fonction des doses



Engrais phosphaté (g/pot)

Figure 18. Evolution du phosphore absorbé en fonction des engrais

- ❖ La différence entre le D90 et D0 U P_2O_5 est marquée d'une augmentation de 61,78% en 1^{ère} coupe et de 74,06% en 2^{ème} coupe.
- ❖ Les deux engrais MAP au 1^{ère} coupe et FOS au 2^{ème} coupe qui ont donné la meilleure absorption avec 1,34 % et 0,84% suivent l'ordre.
- ❖ La meilleure combinaison obtenue D90*MAP avec 1,63% à la 1^{ère} coupe.

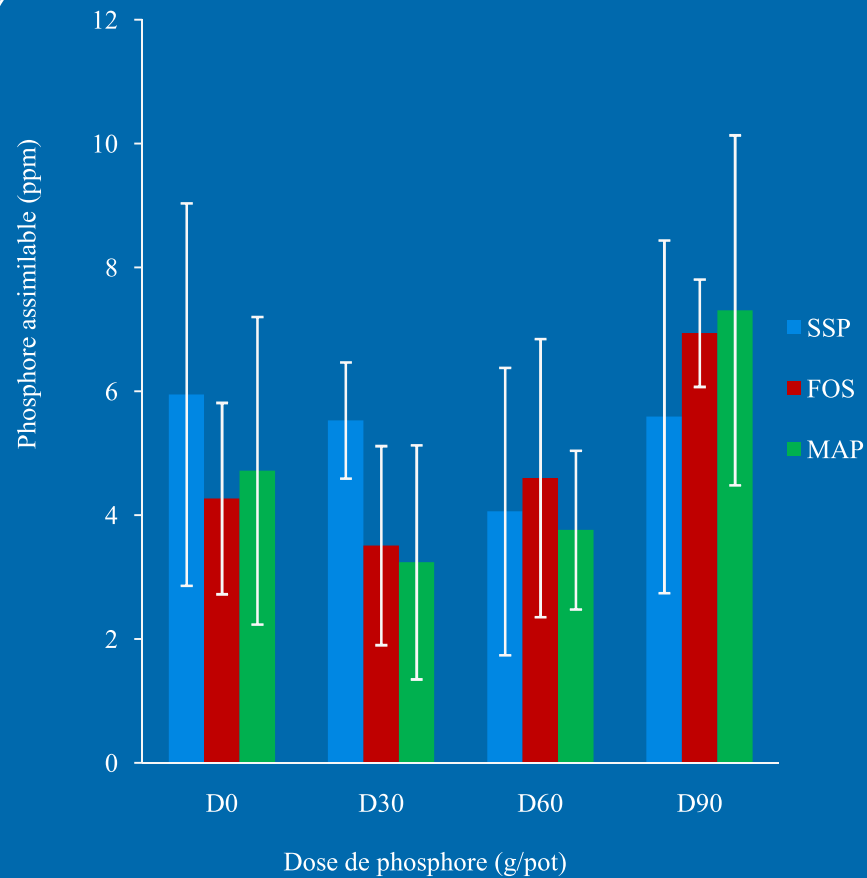


Figure 19. Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 1ère coupe

Effet dose: NS
 Effet engrais : NS
 Effet interaction : NS

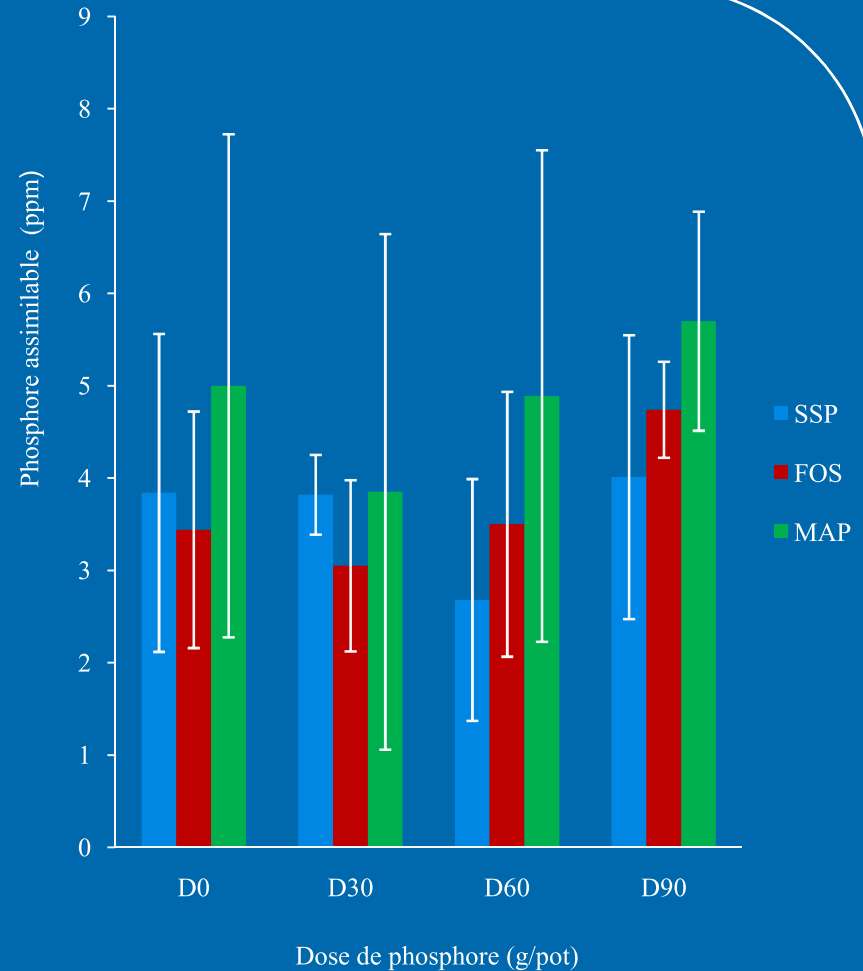


Figure 20. Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 2ème coupe

Effet dose : NS
 Effet engrais : NS
 Effet interaction : NS

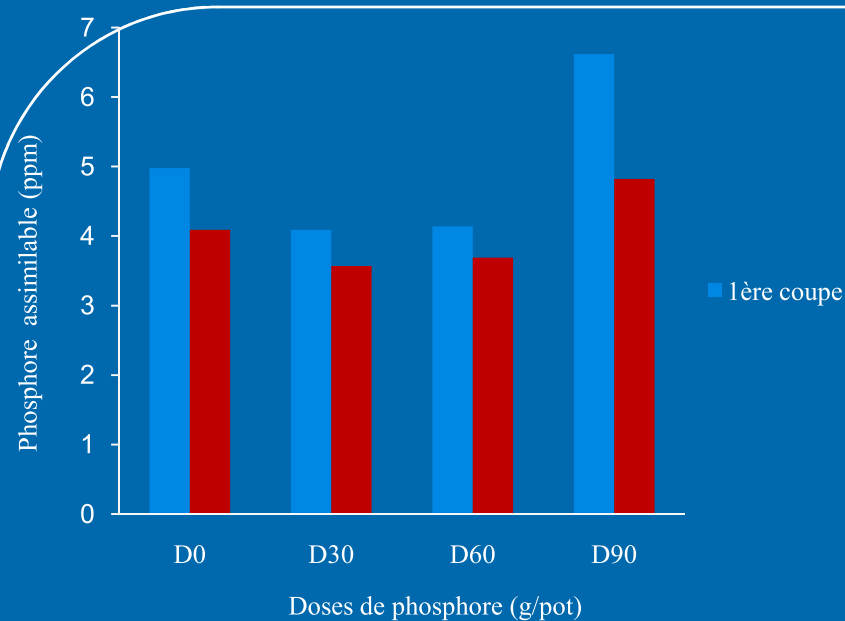


Figure 21. Evolution du phosphore assimilable en fonction des doses au cours du cycle

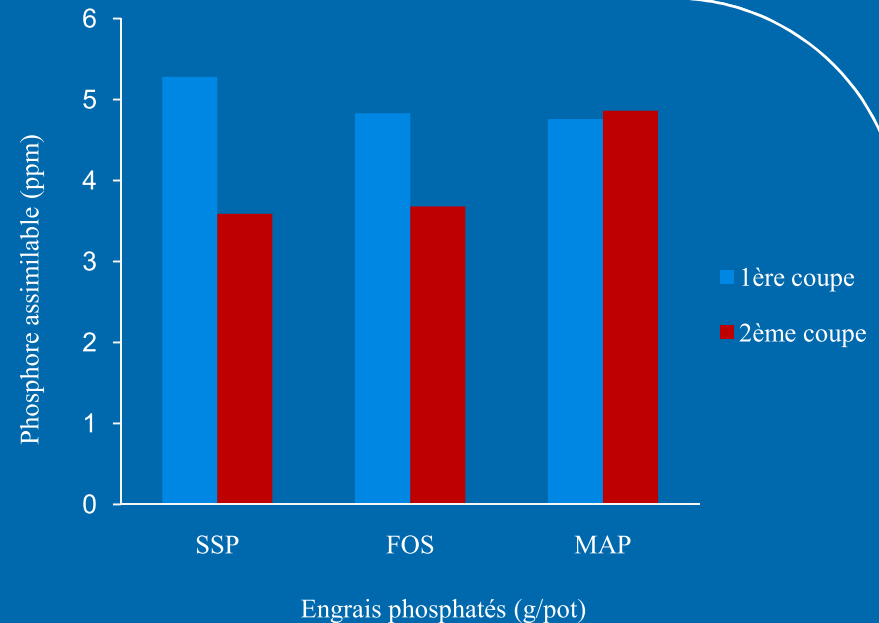


Figure 22. Evolution du phosphore assimilable en fonction des engrais au cours du cycle

❖ Au cours du cycle de ray-grass les quantités de phosphore assimilable ont diminuées en première coupe de 24%, 67%, 77% et 72,5% respectivement pour les doses D0, D30, D60 et D90 U P₂O₅/ha par rapport aux quantités initiales. A la deuxième coupe, il n'en restait que des quantités de 28,86%, 20,24% et 20,03% respectivement pour les niveaux de doses 30, 60 et 90 U P₂O₅/ha.

❖ l'évolution de cet élément montre que l'écart le plus important est enregistré par l'engrais SSP avec 1,69 ppm, suivi par le FOS 1,15ppm et enfin le MAP où on marque une légère stabilité des teneurs .

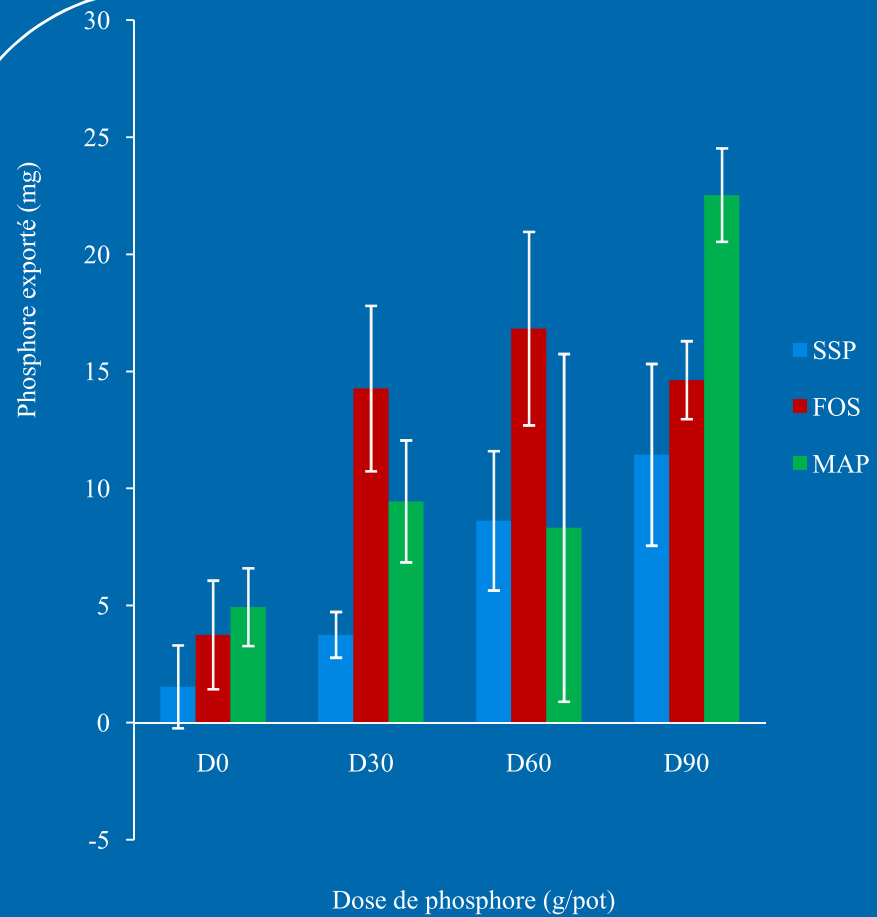


Figure 23. Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 1ère coupe

Effet dose : ***
 Effet engrais : ***
 Effet interaction : ***

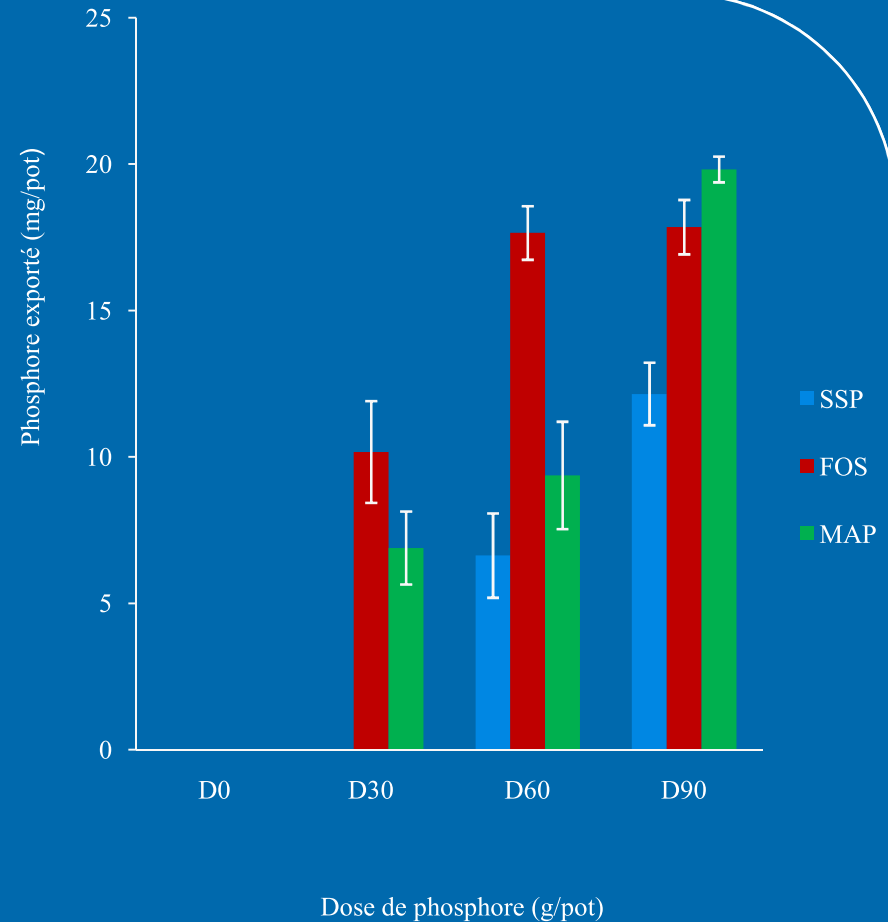


Figure 24. Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 2ème coupe

Effet dose : ***
 Effet engrais : **
 Effet interaction : *

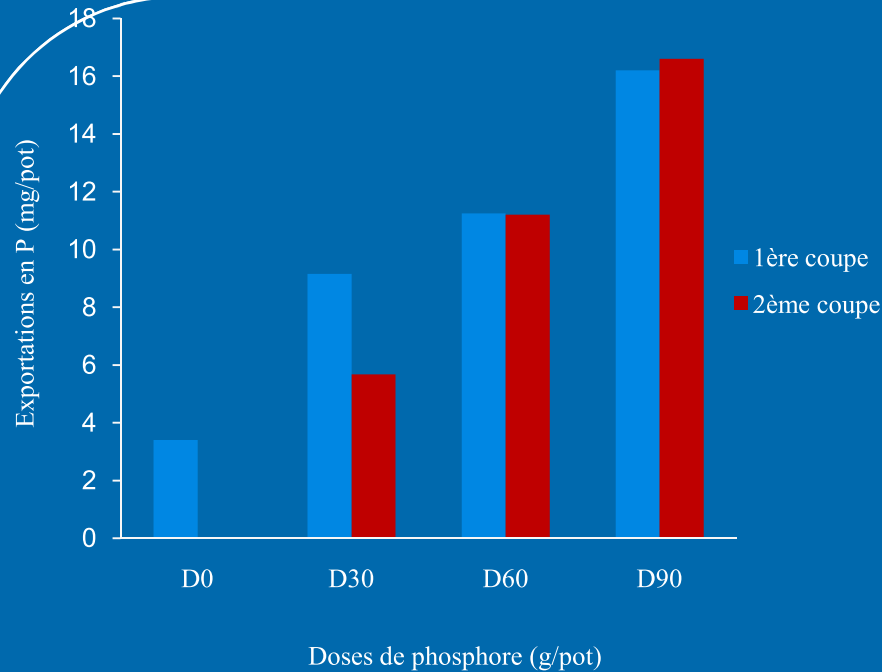


Figure 25. Evolution des exportations en P par le ray-grass en fonction des doses

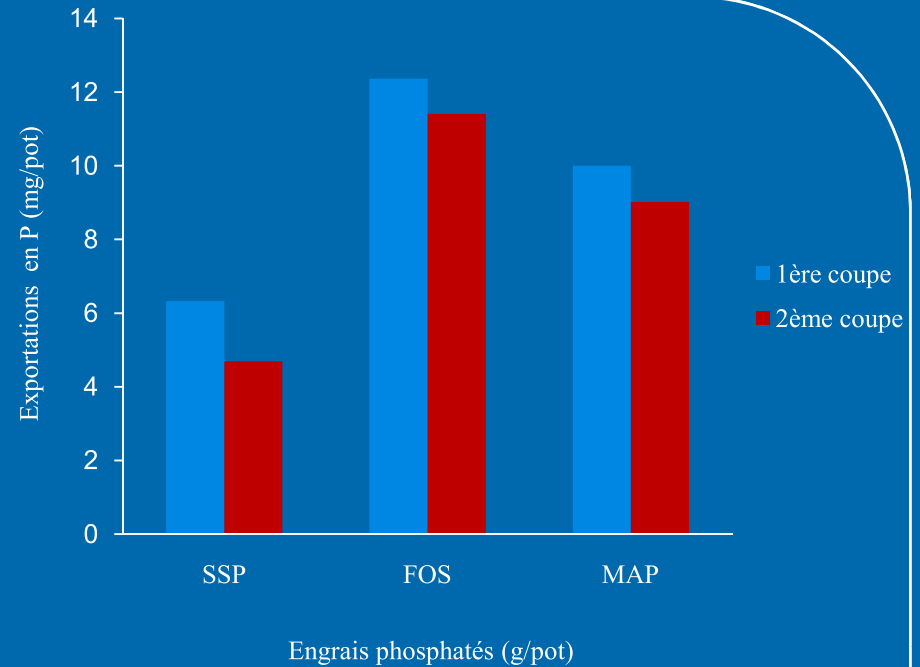


Figure 26. Evolution des exportations en P par le ray-grass au cours du cycle en fonction des engrais

- ❖ L'écart d'exportations entre les deux coupes (1^{ère} par rapport à la 2^{ème}) le plus élevé est enregistré par la dose D30 U P₂O₅/ha avec (38%) ; suivi par D60 U P₂O₅/ha (0,35%) et D90 U P₂O₅/ha (-2,4%).
- ❖ On remarque une tendance à la diminution des exportations en P des trois engrais étudiés de la 1^{ère} par rapport à la 2^{ème} coupe. Les écarts sont de 26%, 8% et 10% respectivement pour les engrais SSP, FOS et MAP.

Relations entre les paramètres étudiés

Paramètre étudiés	C.R
MS (g/pot)- Pabsorbé (%) en 2ème coupe	0,824***
MS (g/pot)- EXP. P(mg/por) en 1ère coupe	0,898***
MS (g/pot)-EXP. P(mg/pot) en 2ème coupe	0,879***
P. absorbé (%) - EXP.P(mg/pot) en 1ère coupe	0,548***
P. absorbé (%) - EXP.P(mg/pot) en 2ème coupe	0,896***
P. assimilable(ppm)- P. absorbé (%) en 1ère coupe	0,504***
P. assimilable(ppm)- P. absorbé (%) en 2ème coupe	0,293*
P. Assimilable(ppm)- EXP.P (mg/pot) en 1ère coupe	0,366*
P. assimilable (ppm)- EXP.P (mg/pot) en 2ème coupe	0,293*

Conclusion

Le phosphore dans le sol

Quantité initiale

6,52ppm

Apport des engrais

Première coupe

D0	75%
D30	67%
D60	77%
D90	72,5%

Deuxième coupe

D30	28,86%
D60	20,24%
D90	20,03 %

- ✓ Prélèvements du P par les plantes;
- ✓ Transfert du P vers des formes non assimilables lorsque le temps de contact sol-engrais croît.
- ✓ Sur un sol pauvre, l'apport d'engrais phosphaté permet d'atteindre très rapidement le niveau de production des sols régulièrement fertilisés

Le phosphore dans la plante

- **La teneur du P dans la matière sèche décroît lorsque la Teneur de P assimilable dans le sol est faible.**
- **La teneur du P de la matière sèche la plus élevée est obtenue au niveau du traitement 90 U/ha et l'engrais FOS .**

Recommandations

- Control des conditions d'humidité du sol;
- Réalisation des apports de phosphore au plus près des besoins des cultures;
- Fertilisation azotée et potassique adéquate;

Perspectives

- Suivi de la dynamique de l'élément fertilisant P dans le système sol-plante;
- Étude des modalités d'apports de l'engrais phosphaté;
- Étude des interactions entre P et les autres éléments nutritifs (N,K).
- Essais de longue durée .



LISTE DES ABREVIATIONS

A.N.R.H	Agence nationale des ressources hydrauliques
F.O.S	Fosfacyl
H.S	Hautement significatif
M.A.P	Mono ammonium phosphate
N.S	Non significatif
S	Significatif
S.S.P	Simple superphosphate
T.H.S	Très hautement significatif

TABLE DES MATIERES

Introduction

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : le phosphore et le système sol – plante

1. Le phosphore dans le sol	
1.1. Les différents états du phosphore dans le sol	03
1.1.1. Le phosphore total	03
1.1.2. Le phosphore assimilable	03
1.2. Dynamiques du phosphore dans le sol	04
1.2.1. Le phosphore soluble dans la solution du sol	05
1.2.2. Le phosphore insoluble des roches mères	05
1.2.3. Le phosphore facilement échangeable	06
1.3. Cycle de phosphore dans le sol	08
1.4. Les facteurs influençant l'assimilabilité du phosphore dans le sol	08
1.4.1. Facteurs physiques du sol	08
1.4.2. Facteurs chimiques du sol	09
1.4.3. Facteurs biologiques du sol	12
1.5. Les pertes du phosphore	12
2. Le phosphore et la plante	
2.1. Importance et rôle du phosphore	12
2.1.1. Importance de phosphore	12
2.1.2. Rôle de phosphore	13
2.2. Rythme d'absorption du phosphore par la plante	13
2.3. Excès et carence du phosphore	14

2.4. Interactions des éléments nutritifs et le phosphore	15
--	----

Chapitre II : Le ray- grass d'Italie

2.1. Généralité	17
2.2. Caractères botaniques	18
2.2.1. Les caractères systématiques	18
2.2.2. Les caractères morphologiques	19
2.3. Les exigences de culture	20
2.3.1. Exigences édaphiques	20
2.3.2. Exigences climatiques	20
2.3.3. Exigences hydriques	21
2.4. Le cycle végétatif	21
2.5. Maladies et ravageurs	22

Chapitre III : La fertilisation phosphatée

3.1. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures	23
3.2. Raisonnement de la fertilisation phosphatée	24
⇒ Un raisonnement fondé sur l'analyse des essais de longue durée	24
⇒ Une méthode développée autour de quatre critères	25
3.3. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en phosphore des Cultures Fourragères	25

Deuxième partie : Matériels et méthodes

Chapitre I : Présentation de site expérimentale

1.1. Situation géographique	26
1.2. Conditions climatiques	26

1.2.1. Etudes des paramètres climatiques	27
1.2.2. Synthèse climatique	29
1.2.2.1. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS	29
1.2.2.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger	30
1.3. Données climatiques de la campagne 2010-2011	32

Chapitre II : Protocole expérimental

2.1. Matériel d'étude	33
2.1.1 Le sol	33
2.1.2 Eau d'irrigation	33
2.1.3 Matériel végétal (Le ray-grass d'Italie)	33
2.1.4. Les pots	34
2.2. Méthode expérimental	34
2.2.1. Protocole expérimental	34
2.2.1.1. Dispositif expérimental	34
2.2.2. Conduite de l'essai	37
2.2.2.1. Préparation des pots	37
2.2.2.2. Semis	37
2.2.2.3. Irrigation	37
2.2.2.4. Fertilisation	38
2.2.3. Dates et méthode de prélèvement	39
2.2.3.1. Dates de prélèvement	39
2.2.3.2. Méthodes de prélèvement	39
2.2.4. Paramètres étudiés	39
2.2.4.1. Evolution de production de la matière sèche au cours du cycle de végétal	39
2.2.4.2. Cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass d'Italie	39

2.2.4.3. Dynamique du phosphore assimilable dans le sol	39
2.2.5 Méthodes d'analyses	40
2.2.5.1. Analyse au niveau du sol (analyse granulométrie, pH, CE....)	40
2.2.5.2. Analyse au niveau de la plante (dosage de phosphore)	41

Troisième partie : Résultats et discussions

Chapitre I : Evolution de la matière sèche au cours de cycle de la culture

1.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (1ère coupe)	43
1.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (2ème coupe)	45
1.3. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (3ème coupe)	46
1.4. Evolution de la matière sèche au cours de cycle de développement de la culture	48

Chapitre II : Cinétique d'absorption du phosphore par la plante

2.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbée par le ray-grass (1ère coupe)	51
2.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur de phosphore absorbée par le ray-grass (2ème coupe)	52
2.3. Evolution du phosphore absorbée par la culture au cours de cycle de Développement	54

Chapitre III : Dynamique du phosphore assimilable dans le sol

3.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (1ère coupe)	57
3.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (2ème coupe)	58

3.3. Evolution du phosphore assimilable dans le sol au cours de cycle de développement	59
Chapitre IV : Les exportations du phosphore par le ray-grass	
4.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (1ère coupe)	63
4.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (2ème coupe)	64
4.3. Evolution des exportations du phosphore par la culture de ray-grass	65
4.4. Etude des corrélations entre les différents paramètres étudiés	67
Conclusion générale	70
Références bibliographiques	72
Annexe	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Exigences des cultures en phosphore (SNOUSSI et al 1996)	24
Tableau 2	Données climatiques de la région d'Ouargla (1999-2009)	26
Tableau 3	Données climatiques de la campagne 2010-2011	32
Tableau 4	Caractéristiques physico- chimiques de l'eau d'irrigation	33
Tableau 5	Caractéristiques physico-chimiques du sol	42
Tableau 6	Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (g/pot) en 1 ^{ère} coupe	43
Tableau 7	Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (g/pot) en 2 ^{ème} coupe	45
Tableau 8	Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (g/pot) en 3 ^{ème} coupe	46
Tableau 9	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbée par le ray-grass (% MS) en 1 ^{ère} coupe	51
Tableau 10	Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbée par le ray-grass (% MS) en 2 ^{ème} coupe	52
Tableau 11	Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 1 ^{ère} coupe	57
Tableau 12	Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 2 ^{ème} coupe	58
Tableau 13	Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (mg/pot) en 1 ^{ère} coupe	63
Tableau 14	Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (mg/pot) en 2 ^{ème} coupe	64
Tableau 15	Des corrélations entre les différents paramètres étudiés	69

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Les formes de phosphore dans le sol (GERVY, 1970)	07
Figure 2	Effet du pH de la solution du sol sur les formes solubles du phosphore (STANLEY, 1955)	10
Figure 3	Ray-grass d'Italie (aux stades végétatifs et reproducteur)	18
Figure 4	Semence de ray-grass d'Italie	20
Figure 5	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'Ouargla (1999-2009)	30
Figure 6	Climagramme pluviothermique d'EMBERGER de la région de Ouargla	31
Figure 7	Dispositif expérimental	36
Figure 8	Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 1ère coupe	44
Figure 9	Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 2ème coupe	46
Figure 10	Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 3ème coupe	48
Figure 11	Evolution de la matière sèche au cours de cycle de développement	48
Figure 12	Cumule de la matière sèche en fonction du nombre de jours après semis	49
Figure 13	Cumule de la matière sèche en fonction des engrais	50
Figure 14	Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture en 1ère coupe	52
Figure 15	Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture en 2ème coupe	53
Figure 16	Relation entre matière sèche produite et phosphore absorbé en 2ème coupe	54
Figure 17	Evolution du phosphore absorbé en fonction des doses	55
Figure 18	Evolution du phosphore absorbé en fonction des engrais	55
Figure 19	Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 1ère coupe	58
Figure 20	Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 2ème coupe	59
Figure 21	Evolution du phosphore assimilable en fonction des doses au cours du cycle	60
Figure 22	Evolution du phosphore assimilable en fonction des engrais au cours du cycle	61
Figure 23	Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 1ère coupe	64

Figure 24	Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 2ème coupe	65
Figure 25	Evolutions des exportations en P par le ray-grass en fonction des doses	66
Figure 26	Evolutions des exportations en P par le ray-grass au cours de cycle en Fonction des engrais	67
Figure 27	Relation matière sèche produite et phosphore absorbé en 2ème coupe	68

Introduction

Le phosphore (P), est un élément qui est largement distribué dans la nature. Il est considéré avec l'azote (N) et le potassium (K) comme un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. 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 (GERVY, 1970).

La fertilisation en général, sont des apports de substances phosphatés particulier, répondent à des objectifs bien précis. A court terme, accroît et améliorer les récoltes dans les limites assurant la rentabilité des apports ; et à long terme, elle permet d'assurer également la pérennité du système de production par le maintien de la fertilité des sols (GACHON, 1983).

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

Depuis longtemps, plusieurs essais ont montré que les engrais étaient l'un des facteurs essentiel de la production agricole, l'azote, le phosphore et le potassium sont les éléments majeurs de la fumure minérale, ces engrais permettent de doubler et tripler les rendements. Les plantes cultivées se développent mieux si elles reçoivent des doses correctes d'éléments nutritifs, elle sont plus vertes et plus saines, elles poussent plus vite et plus haut et produisent d'avantage (FAO, 1980 in GHOUINI et HAFIDI,2009).

Plusieurs des travaux réalisés sur la fertilisation phosphatée. Les résultats des essais menés par RÖMER (1985), ont montré que la croissance des organes des plantes influence l'absorption du phosphore par les racines. Ce même auteur travaillant sur une culture de blé, à montré que l'application précoce du phosphore augmente le nombre d'épillets/épie. Le nombre de grain/épi et la matière sèche du blé. La précocité est ainsi de 15 jours par rapport à des parcelles ne recevant pas d'engrais phosphatés.

D'après RAZI (2006), l'apport de l'engrais phosphaté améliore la quantité de la matière sèche produite et augmente les quantités de phosphore absorbées par la plante de ray-grass.

Plusieurs auteurs GERVY (1970), DUTHIL (1973), BELAID (1987), montrent qu'il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphatés dont d'une augmentation des rendements et d'une amélioration de la solubilité de l'absorption du phosphore.

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 (HAMMOUYA et ZENDAH, 2008).

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

A travers de notre expérimentation, nous avons étudié ; la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass, sous l'influence des trois types d'engrais phosphatés avec des différents doses, dans un sol calcaire d'el Goléa. La détermination de la meilleure formule se fait à partir d'échantillonnages effectués sur le sol et sur la plante à partir des 3 coupes au cours du cycle de développement de ray-grass à savoir (21, 36 et 51 jours) après semis.

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

❖ Le phosphore dans le sol

1.1. les différents états du phosphore dans le sol

Le phosphore existe dans le sol à l'état assimilable ou inassimilable par les plantes.

1.1.1. le phosphore total

C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol qu'elle soit minérales ou organiques (BAIZE, 2000).

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

La richesse en P_2O_5 des sols est très variable et dépend le plus souvent de leur origine géologique et des minéraux constitutifs. Les sols granitiques sont les plus pauvres (teneur moyenne du granite : 0.08%), les sols volcaniques les plus riches (basalte : 0.35%) (DIEHL, 1975).

Les sols dérivant des roches ignées sont plus riches en phosphore total que les roches issues des roches sédimentaires (DUTHIL, 1967).

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 propose de la fertilité du sol et des mesures à prendre afin de l'entretenir (DEZIRI, 1986).

1.1.2. Le phosphore assimilable

Appelé aussi « réserve labile » ou « fraction labile », c'est le phosphore susceptible d'être absorbé par les racines (BAIZE, 2000).

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).

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‰.

1.2. Dynamique du phosphore dans le sol

Le phosphore est un élément chimique, peu mobile. Et la dynamique du phosphore : C'est le passage des ions d'un état dissous dans la solution du sol à un état fixé réciproquement ; Ce passage se fait sous l'influence d'un certain nombre de facteurs et des mécanismes physico-chimiques et biologiques.

La connaissance de la dynamique d'un élément est indispensable au diagnostic de la fertilité d'un sol et à l'estimation des correctifs à apporter (BOSC, 1976).

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 (DUTHIL, 1967).

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

Il existe pour les ions phosphatés un état d'équilibre minéral entre la phase solide et la phase liquide.

Si dans un sol, la plante prélève du phosphore ; la solution du sol est appauvrie en cet élément, le phosphore est libéré de la phase solide à la phase liquide (FARDEAU, 1993).

La plus grande partie ou quantité de phosphore se trouve dans la phase solide et la plus faible quantité étant dissoute dans l'eau du sol (BOSC, 1976).

L'évolution de l'acide phosphorique dans le sol est encore mal connue et ceci malgré l'utilisation de l'isotope radioactif P^{32} pour suivre les déplacements du phosphore dans le sol et dans la plante (FARDEAU, 1989).

1.2.1. Le phosphore soluble dans la solution du sol

La solution du sol est une source alimentaire possible mais très réduite par rapport aux besoins des végétaux, sa concentration est très faible est presque constante du fait des échanges continuels avec le phosphore absorbé (DIEHL, 1975).

GERVY (1970), dans les sols cultivés, la teneurs en phosphore dissout dans la solution du sol est comprise entre 0.1 et 1.5 mg/l de P_2O_5 . En cas de prélèvement par les racines ce sont les réserves du sol aisément échangeable qui libèrent des ions phosphoriques.

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.

1.2.2. Le phosphore insoluble des roches mères

Les formes dites « insolubles » ne font néanmoins pas partie des réserves inassimilable 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).

DUTHIL (1967), montre qu'en sols calcaires les ions orthophosphates en solution évoluent en présence de calcite vers des formes insolubles suivant un enchaînement régulier des réactions conduisant à la formation de :

- Phosphate mono- calcique ;
- Phosphate bi- calcique ;
- Phosphate tricalcique.

Une évolution du phosphore soluble et échangeable qui intervient en milieu très acide et souvent réducteur AL^{3+} et Fe^{2+} et il se forme du phosphate d'alumine ou de fer insoluble (ou peu soluble).

1.2.3. Le phosphore facilement échangeable

Ce sont les ions phosphoriques absorbés sur le complexe absorbant du sol. Ils participent aux échanges constants (**SOL- SOLUTION**) et constituent l'essentiel du « pool alimentaire » des plantes (FRDEAU et al, 1991).

L'acide phosphorique est anion, et ne peut être retenu par le complexe que par l'intermédiaire d'un cation : fer, aluminium, potassium, mais plus généralement le calcium (LABBERT, 1979b). Dans un sol calcaire, la fixation du phosphore s'opère grâce à un «ponte calcique», le calcium sert de lien entre le phosphore et l'argile.

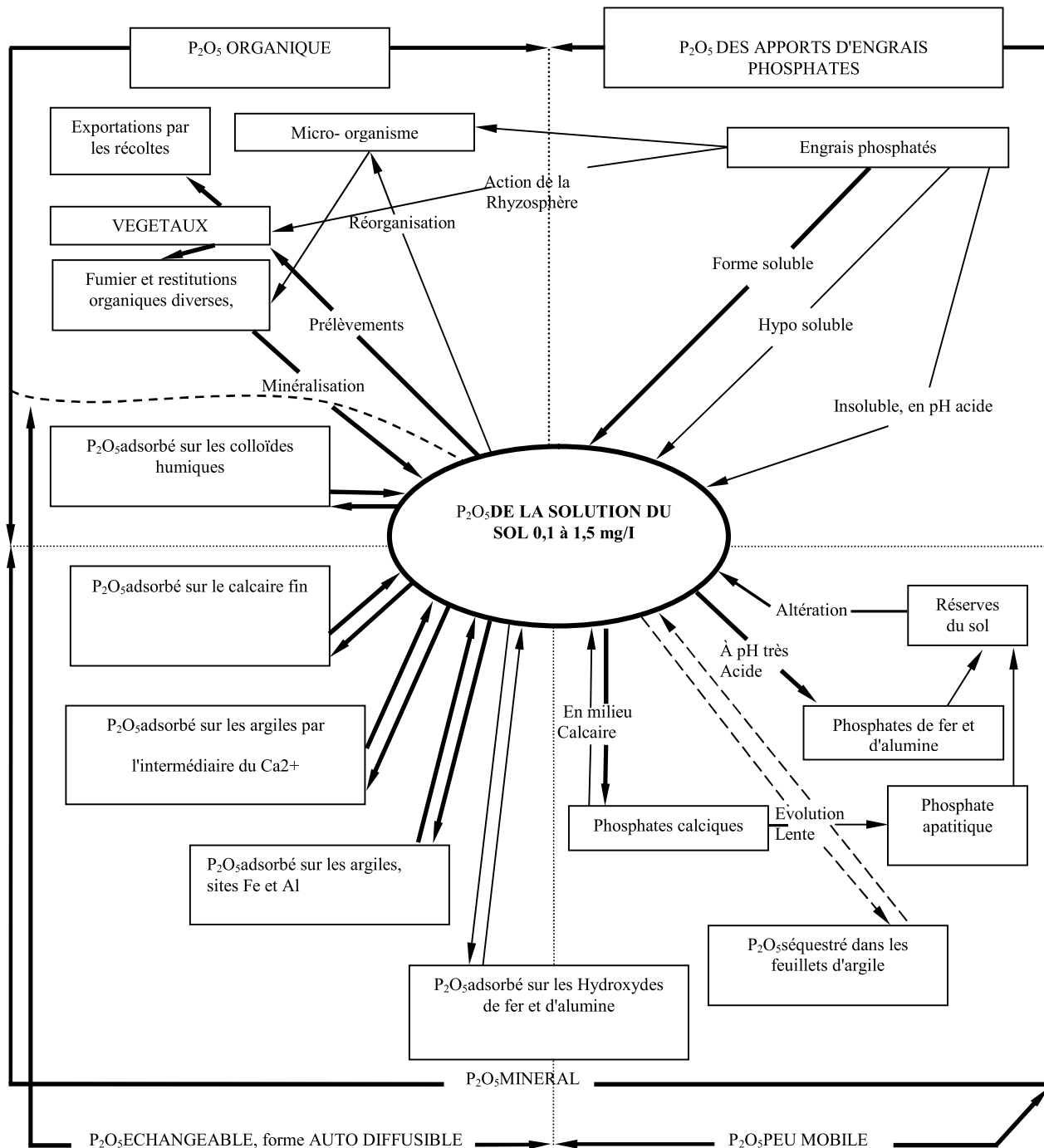


Figure 1. Les formes du phosphore dans le sol (GERVY, 1970).

1.3. le cycle de phosphore dans le sol

Les roches ignées subissent des altérations et des érosions sous l'effet des facteurs climatiques. Ce sont probablement les premiers moyens de diffusion du phosphore vers les mers et océans et vers d'autres lieux.

La quantité de phosphore présente dans un sol est une conséquence directe de la richesse de la roche-mère, mais cette conséquence est diversement modifiée par certains processus caractéristiques de l'évolution du sol, tels que l'accumulation de la matière organique, le lessivage (latérisation, podzolisation, décalcification), le mode de mise en valeur, etc.

(GERVY, 1970).

Dans le sol et après une fertilisation phosphatée, on assiste à des prélèvements variés soit par les microflore telluriques, soit par les végétaux et les animaux.

La décomposition de ces derniers donne lieu à des débris qui sont transportés par les eaux jusqu'aux océans.

La minéralisation de la matière organique provenant des résidus animaux et végétaux libère le phosphore qui est accumulé dans leurs tissus (GERVY, 1970).

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

Beaucoup des facteurs qui contrôlent le processus d'immobilisation et de libération du phosphore.

1.4.1. Facteurs physiques du sol

- **La texture**

Selon BAEYENS (1967), la texture influe sur la disponibilité du phosphore ; lorsque la teneur en argile augmente la rétention en phosphore augmente, le type d'argile influe aussi. La kaolinite et les oxydes de Fer et d'aluminium retiennent beaucoup plus de phosphore que les argiles de type 2-1. Le phosphore est moins soluble dans les sols argileux que les sols sableux. Donc : La teneur en phosphore d'un sol croît avec la finesse de la texture.

- **Aération et compaction du sol**

L'oxygène est nécessaire pour le prélèvement du phosphore par les racines dans les sols compacts. La plante n'absorbe pas convenablement le phosphore, aussi dans les sols compactés, les mouvements de l'eau réduits, ce qui a par conséquent de diminuer la diffusion du phosphore vers les racines (DUTHIL, 1973).

- **La température**

La température influe sur les réactions biologiques et chimiques du phosphore, les températures faibles réduisent le taux de minéralisation du phosphore organique par diminution de l'activité microbienne, aussi elles diminuent la croissance des racines et le taux de diffusion du phosphore. Le développement racinaire et l'aptitude des plantes à absorber le phosphore peuvent être retardés par le climat froid (DUTHIL, 1973).

- **L'humidité du sol**

Elle est nécessaire pour l'absorption des ions phosphatés par la plante, car la dessiccation diminue la solubilité des phosphates elle est nécessaire aussi pour les processus de diffusion qui est un moyen important de transport du phosphore dans la solution du sol jusqu'à la surface racinaire (DUTHIL, 1973). Une certaine humidité est toujours nécessaire pour l'absorption du phosphore par les plantes, c'est -à-dire en année sèche l'apparition de carence phosphorique est plus précoce qu'en année humide elle est plus tardive et souvent plus légère (CHARLES, 1976). Le ray-grass d'Italie est une plante appétante et rustique, résistant bien à l'excès d'humidité hivernal (DUTHIL, 1967).

1.4.2. Facteurs chimiques du sol

- **Le pH**

Le pH détermine les formes du phosphore dans le sol. Dans les sols acides les ions H_2PO_4 sont dominants, lorsque le pH augmente il y a d'abord la prédominance d'ions HPO_4^{2-} , ce ci est dû à l'influence de la dynamique d'autres éléments tels que Ca^{2+} , Fe^{3+} et Al^{3+} (DUTHIL, 1973).

Le pH optimum par l'assimilation du phosphore se situe au voisinage de la neutralité. Les formes dissoutes dans la solution du sol sont facilement utilisables par les plantes seraient en premier lieu les ions H_2PO_4^- et en deuxième lieu les ions HPO_4^{2-} (GERVY, 1970).

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

Nous avons de dire que le pH des sols cultivés était approximativement, compris entre 5 et 8,2 et le pH varie avec la nature de la roche mère (ELJARD, 1979).

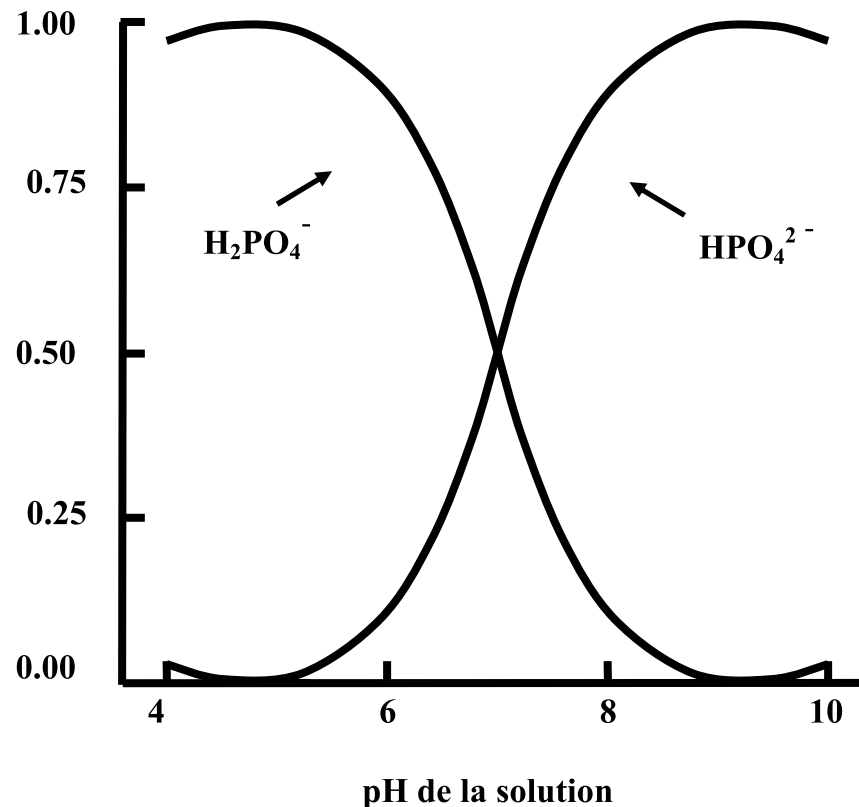


Figure 2. Effet du pH de la solution du sol sur les formes solubles du phosphore (STANLEY, 1955)

- **La matière organique**

La matière organique est une source de phosphore, sa minéralisation donne le phosphate assimilable par la plante (DUTHIL, 1973).

Selon GERVY (1970), les acides organiques tels que citrates, oxalates et lactates, issus de la décomposition de la matière organique dissolvent les phosphates de fer, d'aluminium et de calcium. Fardeau (1993) indique dans le même contexte que les quantités de phosphates fixés diminuent lorsque le contenu en matière organique croît.

• **Le calcaire**

Le calcaire va contribuer à la libération des ions calcium (DUTHIL, 1976).

Le calcaire à faible concentration, (DUTHIL, 1973) souligne que le calcaire joue un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques contre leur absorption énergétique par le fer et l'aluminium libre. 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.

Aussi le rapport calcaire Actif/calcaire Total s'il est supérieur à $\frac{1}{4}$ y'aura des répercussions négatifs sur la nutrition phosphatée de la plante.

Le calcium joue un rôle primordial ; 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, 1979b).

• **Les 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.

Le ray-grass est une plante résistante aux sels, elle accepte jusqu'à 10 g/litre (HELLER, 1969 in ALLAM, 1999).

• **Le pouvoir fixateur**

Pour les anions, il n'y a pas de règle de fixation. La plus part d'entre eux ne sont pas retenus par le sol : Cl^- , SO_4^- et surtout NO_3^- , azote nitrique. Seul l'anion phosphorique HPO_4^- est retenu.

Sa fixation s'explique en particulier, par la formation d'un pont calcique (deux cations Ca^{++} assurent la liaison entre le complexe argilo-humique et HPO_4^- qui sont électronégatif (LOUIS.J., 1979). La présence de Ca^{++} autour d'une micelle d'argile tend tout d'abord à neutraliser les charges électronégatives (GERVY, 1970).

Plus le pouvoir fixateur est élevé et moins le sol est riche en phosphore assimilable (SOINS et al, 1999) ; ils considèrent que le proportionnel au :

- Taux de matière organique.
- Taux d'argile.
- Taux de calcaire et le pH.

1.4.3. Facteurs biologiques du sol

- **Effet des résidus de cultures**

L'incorporation des résidus dans le sol augmente l'activité microbienne, le phosphore peut être immobilisé par les microorganismes comme il peut être libéré. Beaucoup de facteurs contrôlent le processus d'immobilisation et de libération du phosphore dont : l'aération du sol, l'humidité, la fertilité,...etc (ARMSTRONG, 1999 in RAZI ,2006).

- **Effet des racines**

Les racines influent par la libération de substances acides permettant la solubilisation des éléments nutritifs du sol et favorisent la structure et le mouvement de l'eau dans le sol.

1.5. Les pertes du phosphore

BUCKMAN (1990), l'érosion est la principale cause des pertes en phosphate.

L'horizon superficiel (la couche labourée) étant riche en phosphates, des pertes importantes ont lieu lorsque l'érosion est forte.

En sols sableux, les phosphates ne sont pas toujours bien retenus. Lorsque de fortes pluies suivent des apports élevés d'engrais phosphatés, le phosphore migre en profondeur (BUCKMAN, 1990).

❖ Le phosphore et la plante

2.1. Importance et rôle du phosphore

2.1.1. Importance du phosphore

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N-P-K) apportés par les engrais et le plus anciennement connu.

A l'exception de l'azote aucun autre élément n'est aussi essentiel au développement de la plante que le phosphore.

Le phosphore participe tout d'abord à l'élaboration de l'ensemble des tissus qui constituent un végétal (GERVY, 1970).

2.1.2. Rôle du phosphore

2.1.2.1. Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore est un élément indispensable de la nutrition végétal, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire (LAMBER, 1979b).

D'après BAZTIN (1967), il joue un rôle central dans les transferts d'énergie, principalement sous forme d'ATP, qu'il s'agisse de la photosynthèse ou de la respiration intégrante des acides nucléiques. D'après DUTHIL (1973), le rôle essentiel d'accumulateur d'énergie fait intervenir le phosphore dans les phénomènes anaboliques et cataboliques.

Exemple : au cours de l'élaboration des tissus cellulose chez les céréales, ce que leur permet de mieux résister à la verse physiologique (GERVY, 1970).

Le phosphore améliore la composition organique des plantes de ray-grass, notamment la teneur en facteur de croissance comme par exemple la thiamine (DUTHIL, 1967).

2.1.2.2. Rôle agronomique du phosphore

Il influence particulièrement la croissance du système racinaire, aussi il augmente la surface racinaire et permet donc d'accroître le prélèvement des éléments nutritifs du sol (BAEYENS, 1967).

Selon GERVY (1970), le phosphore intervient dans la formation des feuilles, des fleurs et de la pousse de l'année. Il favorise aussi la fécondation des plantes et il donne un développement des bourgeons de l'année suivante.

D'autre part le phosphore favorise la croissance, la précocité et la résistance au froid et aux maladies. Il intervient dans la détermination des rendements, son action sur la productivité en grains est bien plus marquée que sur le poids des organes végétatifs (DIEHL, 1975).

2.2. Rythme d'absorption du phosphore par la plante

L'absorption des éléments nutritifs par les cultures varie selon le stade végétatif. Les céréales à croissance rapide; absorbent l'azote et le potassium au rythme journalier de 5kg et le phosphore en quantité dix fois plus faibles (BUCKMAN, 1990).

La plante absorbe le phosphore nécessaire sous forme d'ions monophosphatés $H_2PO_4^-$ et diphosphatés HPO_4^{2-} . Les quantités de phosphore absorbées sous forme diphosphatée sont plus importantes sur les terres basiques (GERVY, 1970).

L'absorption du phosphore est très rapide en début de végétation et s'arrête à peu près vers la fin de la période de croissance (après l'épiaison chez les céréales), elle reste cependant assez régulière pendant toute la végétation (DIEHL, 1975).

Les racines extraient le phosphore à partir du «*pool alimentaire*» du sol, cette alimentation s'effectue sur 1 à 2mm au maximum. Ainsi le phosphore assimilable pour les plantes est celui qui est capable de se dissoudre pendant la croissance de la plante. Le phosphore de l'engrais est généralement plus assimilable que le phosphore du sol (GERVY, 1970).

De la faible mobilité du phosphore dans le sol découle deux conséquences relatives à l'alimentation de la plante :

L'intérêt d'une prospection racinaire du sol de plus en plus possible permettant d'atteindre un maximum de sites nutritifs. Toutes techniques culturales favorisant le développement racinaire améliore ainsi l'alimentation phosphatée des plantes.

La pratique de la localisation des engrais dans les sols pauvres à pouvoir fixateur élevé, conduisant à une augmentation de la production (MOREL, 1996 in RAZI, 2006). Les prélèvements du phosphore sont directement liés à la croissance de la plante (EVERS, 2002 in RAZI, 2006).

En général, l'absorption du phosphore est à peu près terminée à la fin de la période de croissance maximale, elle reste cependant régulière pendant toute la végétation.

2.3. Excès et carence du phosphore

Les excès de phosphore peuvent causer un effet dépressif sur les rendements, sur les sols légers lors d'année sèche. Cet effet peu être attribué à une plus grande rapidité du processus de maturation et à une réduction a lieu de la croissance végétal (LAMBERT, 1979a).

Au contraire, la carence en phosphore se manifeste sur les végétaux par des symptômes extrêmes graves :

Une présence insuffisante de phosphore dans le milieu ou le végétal puis son alimentation minérale se traduit le plus souvent par des retards de croissance, un moindre développement, des accidents végétatifs et, bien entendus, une production amoindrie. Aussi, une réduction du

développement des racines avec peu de ramification, l'alimentation est donc plus limitée (GERVY, 1970).

La plante sans P_2O_5 voit sa végétation diminuée et sa floraison retardée (GERVY, 1970), donc la récolte peut diminuer jusqu'à 50% (BAEYENS, 1967).

2.4. Interactions des éléments nutritifs et le phosphore

P/N : Les éléments nutritifs sont susceptibles d'exercer les uns sur les autres des actions qui aboutissent soit à stimuler, soit à inhiber leur absorption par le végétal.

Il ne sert à rien de forcer la dose d'un des trois éléments principaux de la fertilisation si l'un des deux autres vient à manquer, chaque élément ne fait jouer son plein effet qu'en présence d'une quantité suffisante des deux autres.

C'est ainsi qu'il existe des interactions entre phosphore et potasse, entre azote et potasse sont généralement les plus remarquables. En effet, les doses élevées d'azote utilisées en l'absence d'une nutrition potassique correcte des céréales entraînent une sensibilité aux maladies et accidents, la verse en particulier.

On constate que l'apport conjugué d'engrais azotés et phosphatés donne les meilleurs résultats et que l'apport d'azote, s'il permet à lui seul une certaine amélioration est beaucoup mieux valorisé en présence d'engrais phosphaté, on peut en conclure qu'apporter de l'azote sans avoir un niveau suffisant de phosphore, autre la perte directe due au manque de phosphore, constitue une perte supplémentaire par manque à gagner (BELAID, 1996).

Les apports concomitants d'engrais azotés et phosphatés exercent une action sensible sur l'enrichissement en P des fourrages (GERVY, 1970).

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 de protéines, fixation symbiotique du phosphore...). L'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore par la plante (LEIKAM et al, 1983).

P/k : Selon GERVY (1970), L'apport du mélange chlorure de potasse et phosphate sur graminée fourragère, avait un coefficient d'efficacité supérieur aux apports séparés de phosphates et de chlorure de potasse, il y'a une relation de synergisme entre le phosphore et le potassium (DUTHIL, 1967).

P/S : La relation entre le phosphore et le soufre est de types synergisme pour les cultures fourragères, alors qu'on a observé un effet antagoniste sur le maïs (RAZI, 2006; DUTHIL, 1967).

P/Mg : Certains auteurs ont signalé un synergisme entre ces deux éléments sur des cultures de ray-grass, maïs...etc, il semble que le Mg entraîne une meilleure dissolution du phosphore dans la solution du sol (RAZI, 2006; DUTHIL, 1967).

P/Ca²⁺ : Par contre, lorsque les cations Ca²⁺ se trouvent en quantité importante dans le sol, il y a un effet antagoniste entre le phosphore et le calcium par la formation des composés insolubles P- Ca (RAZI, 2006).

Aussi le rapport Ca²⁺/Mg influe sur l'assimilation de phosphore lorsque la teneur en Mg²⁺ augmente.

2.1. Généralité

Le ray-grass d'Italie est une espèce annuel ou bisannuelle ; *Lolium Italicum* (espèce bisannuel) et; *Lolium multiflorum* (espèce annuel), de hauteur 30 à 50cm stade herbacé, 90 à 120 cm au stade floraison ; plus ou moins gazonnante cultivée comme plante fourragère (SOLTNER, 1979).

Le ray-grass d'Italie, c'est une plante graminée fourragère de haut valeur nutritive (cultivée exclusivement pour l'alimentation animale), implantée seule ou en mélange ; plante très rustique à germination rapide, facile à planter même en semis tardif (DUTHIL, 1967), et plus facile à utiliser. C'est grâce à ces qualités qu'il a été la première graminée à être cultivée à grande échelle (GILLET, 1980).

Le ray-grass d'Italie est la graminée fourragère la plus semée en France, est présent dans un grand nombre de régions d'élevage, comme la Bretagne, la Normandie, l'Est de la France ou le Sud-Ouest. Depuis quelques années, on le cultive aussi dans les régions de production de maïs comme interculture pour obtenir un couvert végétal dès la récolte du maïs (Source électronique 1).

Dans toute cette gamme, les sélectionneurs ont créé des variétés dites tétraploïdes à côté des variétés traditionnelles dites diploïdes. Cette différence n'apporte que de légères modifications, dont la principale porte sur la teneur en eau (GILLET, 1980).

Le poids de 1000 graines est de 2 à 2,5g pour les variétés diploïdes (14 chromosomes), et 3 à 4,5g pour les tétraploïdes (28 chromosomes).

Le ray-grass d'Italie c'est une culture dérobé, implantée à l'automne et retournée au printemps (SOLTNER, 1988).



(Source électronique 2)

Figure 3. Ray-grass d'Italie (aux stades végétatif et reproducteur)

2.2. Caractère botanique

2.2.1. Les caractères systématiques : (classification classique).

Nom commun : ivraie multiflore, ivraie à nombreuses fleurs, ivraie d'Italie, ray-grass d'Italie, زوان معمر.

Nom scientifique : *Lolium multiflorum* Lam.

Règne : plante (végétal).

Embranchement : spermaphytes

Divison : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae (Graminée)

Sous famille : Pooideae

Tribu : Poeae

Genre : Lolium

2.2.2. Les caractères morphologiques

A. Appareil racinaire

Les racines sont très superficielles (type fasciculé), essentiellement concentrées dans les 5 premiers centimètres, elles n'explorent guère le sol au dessous de 15 à 20 cm, même si certaines peuvent aller jusqu'à un mètre (GILLET, 1980).

B. Appareil aérienne

- **Les feuilles**

Les feuilles sont de limbe étroit et leur surface inférieure est luisante (ANONYME, 1982) ; de couleur vert foncé, nervures égales et parallèles, préfoliation (disposition des feuilles dans la gaine) pliée et aplatie ; Base de la tige anthocyanée, ligule et oreillettes courtes (DUTHIL, 1967). Les feuilles sont brillantes et très souple ; celles des tétraploïdes sont plus foncées et plus larges que celles des diploïdes (GILLET, 1980).

- **La tige**

Les tiges provenant de l'allongement des entre-nœuds des talles à la montaison (SOLTNER, 1988). Elles sont longues et légèrement creuses : en phase reproductrice (c'est-à-dire la plupart du temps), le ray-grass d'Italie a une végétation très haute et elles versent facilement (GILLET, 1980).

- **Les semences**

Les semences aplaties en section transversal, portant une arête terminale à peu près aussi longue que la semence (6 mm). Baguette large et aplatie, à section ovoïde, de forme carrée au sommet (DUTHIL, 1967).



Figure 4. Semence de ray-grass d'Italie (Source électronique 2)

C. Appareil reproducteur

- **Les oreillettes**

Les oreillettes sont petites (courte) et embarrassantes (ANONYME, 1982 ; DUTHIL, 1967).

- **L'inflorescence**

Est une inflorescence en épi ou en panicule (SOLTNER, 1988) ; l'inflorescence est un épi d'épillets à deux rangs seulement.

La qualité et la dimension des organes sont variables, ils sont moins nombreux et plus gros chez les tétraploïdes que chez les diploïdes (GILLET, 1980).

2.3. Les exigences de culture

2.3.1. Exigences édaphiques

Le ray-grass d'Italie préfère les sols humides, profonds, bien drainés et fertiles (ANONYME, 1982).

II.3.2. Exigences climatiques

Le ray-grass d'Italie est bien adapté au climat tempéré et subtropical humide et doux. Les basses températures freinent la croissance du ray-grass d'Italie (ANONYME, 1982). Il pousse un peu en hiver doux. Mais il est sensible à la sécheresse, son comportement estival dépend

énormément de son âge. Le ray Grass d'Italie est adapté une température fraîches ; Son optimum est environ de 18 à 20°C (GILLET, 1980). Le zéro de végétation est bas, de 3 à 4°C (DUTHIL, 1967).

2.3.3. Exigences Hydriques

GILLET (1980), on dite que le ray-grass c'est la graminée la plus riche en eau, les besoins en eau sont de 7000 à 8000 m³/ ha soit 700 à 800 mm de septembre à Mai. Selon la pluviométrie on apporte de 500 à 1000 m³/ha et par mois en deux irrigations (ANONYME, 1981 ; in ALLAM, 1991).

2.4. Le cycle végétatif : (Développement de la culture)

Contrairement aux céréales et aux autres graminées annuelles, les graminées pluriannuelles des prairies présentent deux cycles de végétation.

A. Le premier cycle

De la germination à la maturation des graines, deux étapes caractérisent ce premier cycle :

a- La période végétatif :

De la germination à d'ébauche de l'épi : germination pré tallage-tallage. .

b- La période reproductrice :

La formation et la croissance de l'épi.

B. Le deuxième cycle

Commence au moment de la reprise de la végétation, généralement en fin d'été-automne et se termine en hiver.

Ce deuxième cycle est le plus souvent exclusivement herbacé, puisque la plupart des graminées n'épient qu'une fois par an (SOLTNER ,1979).

2.5. Maladies et ravageurs

En général, les variétés tétraploïdes semblent moins sensibles aux maladies que les diploïdes (GILLET, 1980).

La maladie la plus importante est la Rouille couronnée (*Puccinia coronata*) qui affecte la qualité fourragère de la plante, et diminuer son acceptabilité par les animaux (ANONYME, 1982).

Et les ravageurs sont : **les vers blancs**, Cette vers est deviennent dangereuses lorsque l'infestation dépasse 15 larves/m².

Introduction

Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent être prélevés par la plante dans le sol. Ils doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous forme assimilable.

L'objectif de la fertilisation est de satisfaire les besoins des plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions économiquement rentables et respectueuses de l'environnement (LLORENS, 2001).

3.1. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures

Les besoins des plantes en phosphore sont estimés entre 0,5 à 0,75 kg par quintal de matière sèche totale produite en fin de cycle (DUTHIL, 1967). Les demandes quotidiennes peuvent atteindre et dépasser les flux d'un kilogramme de phosphore par hectare au cours de la phase de croissance maximale (GACHON, 1983).

Il faut distinguer entre le besoin en phosphore de la plante et leur facilité d'assimilation du phosphore, que dans un mélange, légumineuse-herbe (prairies), les premières sont favorisées par la fumure phosphatée et au contraire elles disparaissent plus facilement en sol pauvre en P (BAEYENS, 1967).

Une insuffisance du phosphore dans le milieu où le végétal puise son alimentation minérale se traduit le plus souvent par des retards de croissance, un moindre développement, à des accidents végétatifs et à des productions amoindries. Les troubles entraînés par une alimentation phosphorée déficiente apparaissent principalement lors des stades de végétation qui sont les plus exigeants en cet élément : germination, période d'installation de la culture, tallage des graminées, croissance, floraison, fructification (DEZIRI, 1986).

D'après BAILLAND (1987), les sols bien pourvus en P_2O_5 assimilable et dont le pouvoir fixateur est modéré, la fumure phosphatée d'entretien doit s'établir à environ 100-120Kg de P_2O_5 /ha.

Les plantes cultivées ont des exigences annuelles qui se situent entre 40 et 120kg/ha suivant les espèces végétales, le type de production et les potentialités pédoclimatiques, mais il faut également tenir compte du rythme des 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 dotée d'une action suffisamment rapide pour compléter ou supplier les fournitures de l'horizon cultivé (VILAIN, 1997 in RAZI, 2006).

La production de 1g de matière sèche par une plante requiert un prélèvement d'environ 3mg de P (FARDEAU et CONESA, 1994).

Le tableau 1 montre que les cultures peuvent être classées selon leurs exigences en phosphore de :

Tableau 1. Exigences des cultures en phosphore (SNOUSSI et al, 1996)

Exigences	Espèces
Très exigeante	Betterave, colza, luzerne, pomme de terre
Moyennement exigeante	Blé suivant un blé, blé dur, orge, pois, ray-grass, sorgho
Peu exigeante	Avoine, blé tendre, seigle, soja, tournesol

Plusieurs études ont montré que des apports d'entretien annuels étaient souhaitables aussi bien pour éviter les rétrogradations que pour assurer la régularité de teneur en P_2O_5 de l'herbe (DUTHIL, 1967).

3.2. Raisonnement de la fertilisation phosphatée

D'après LLORENS (2001), la fertilisation se base sur deux critères de raisonnement :

⇒ Un raisonnement fondé sur l'analyse des essais de longue durée

Quand on applique des doses croissantes d'engrais sur un sol, deux résultats importants se dégagent dans une grande majorité d'essais. Ils concernent :

- ❖ La dose d'engrais à appliquer en fonction du niveau de la teneur du sol : en sol « pauvre », on peut obtenir un bon rendement en ajustant la dose, par contre on pourra limiter les quantités apportées en sol « riche ».
- ❖ La teneur d'un sol qui ne s'exprime pas de la même manière en fonction de l'exigence de la culture. La même teneur d'un sol peut s'avérer insuffisante pour une culture et satisfaisante ou excédentaire pour une autre.

⇒ Une méthode développée autour de quatre critères

Les quatre critères de base sont donc :

- ❖ L'exigence des cultures ;
- ❖ Les teneurs de phosphore dans le sol ;
- ❖ Devenir des résidus du précédent ;
- ❖ Passé récent de fertilisation.

3.3. Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en phosphore des cultures fourragères

En sol pauvre en phosphore, l'herbe présente une teneur faible en cet élément. Le taux de phosphore de 0,2% de matière sèche est considéré comme un seuil au-dessous duquel il ne faudrait pas descendre (fourrage de mauvaise qualité et sa consommation par les animaux conduits à des maladies). La teneur en phosphore de l'herbe jeune est élevée (0,3 à 0,4% de P dans la MS) (RAZI, 2006).

RICHARD (1959) in RAZI (2006), note que l'augmentation de la teneur en P dans les foins fertilisés par rapport au foin témoin a ainsi évolué entre 12 à 18% des foins déjà bons, pour des foins pauvres à l'origine, l'augmentation peut s'étaler entre 30 à 40%.

Le ray-grass italien récolté au stade pâture dans le Finistère, parmi lesquels une forte proportion de tresse au stade de repousses épiées, contiennent en moyenne 4g/kg de matière sèche en phosphore. Au cours de 5 années d'expérimentation (1975 à 1979). La moyenne des teneurs des ray-grass d'Italie au stade pâture se situe généralement entre 3 et 3.8g/kg alors que quelques échantillons atteignent 5g/kg. Il s'agit ici de ray-grass d'Italie semés au printemps et prélevé au cours des 1^{ère} et 2^{ème} pâtures.

DUTHIL (1967), montre que des apports d'entretien annuels étaient souhaitables aussi bien pour éviter les rétrogradations que pour assurer la régularité de teneur en P₂O₅ de l'herbe.

Chapitre I. Présentation de site expérimentale

1.1. Situation géographique

L'exploitation du département d'agronomie saharienne (L'I.T.A.S) se situe au sud ouest de Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. L'exploitation a été créée en 1959, par le service colonial pour la mise en valeur.

L'exploitation, se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Ses coordonnées sont les suivantes :

- ✧ Latitude: 31° 57' Nord.
- ✧ longitude: 5° 20' Est.
- ✧ L'altitude est comprise entre 132,5 et 134,0 m.

En 1979, l'exploitation a été confiée à l'Institut Technologique d'Agriculture Saharienne (I.T.A.S). Elle s'étend sur une superficie totale de 32 ha.

Le périmètre couvre une superficie de 32 hectares, dont les 14,4 hectares sont aménagées et réparties en quatre secteurs à savoir : Secteur A, Secteur B, Secteur C, Secteur D.

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott.

1.2. Conditions climatiques

Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une faible précipitation, une luminosité intense, les températures sont très élevées, pouvant dépasser 50°C et une forte évaporation.

Les données climatiques sur une période de 10 ans entre 1999 et 2009 sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Données climatiques de la région d'Ouargla (1999-2009)

Paramètres mois	Température (°C)			Précipitation (mm)	Humidité (%)	Vitesse de vent (m/s)	Evaporation (mm)	Insolation (H)
	Max	min	Moy					
Janvier	18.33	5.71	11.65	4.75	71.1	3.23	227.18	108.36
Février	20.66	6.66	13.56	0,78	52.09	3.36	230.45	148.36
Mars	25.74	10.66	18.30	4.54	42.36	3.99	266.26	231.54
Avril	30.04	15	22.69	1.17	38.54	4.56	284.18	309.27
Mai	34.87	20.10	27.67	1.40	35.27	4.91	279.72	363.54
Juin	39	24.99	32.74	0.28	26.72	4.52	300.45	452.09
Juillet	43.60	28.16	35.05	0.63	25.18	4.18	336.45	504
Aout	43.32	27.58	34.24	1.67	27.36	3.95	322	482
Sep	37.36	23.5	30.51	3.38	38.09	4.05	259	323.9
Octobre	32.22	18.07	26.1	8.68	45.63	3.4	259.63	252.81
Novembre	23.74	10.20	16.85	7.86	57.72	2.71	245.18	247.63
Décembre	19.07	6.24	12.66	2.01	71.09	2.35	195.36	117.55
Moyenne	30.66	16.40	23.50	*37.15	44.26	3.76	295.087	*3205.86

* : Cumul

Source O.N.M. (2010)

1.2.1. Etude des paramètres climatiques

1.2.1.1. Température

Ouargla est caractérisé par des températures très élevées. La température moyenne annuelle est de **23,50°C**. La température est de **43,60 °C** en Juillet pour le mois le plus chauds et de **5,71°C** en Janvier pour le mois le plus froids (tableau2).

1. 2.1.2. Précipitation

Dans la région de Ouargla, les précipitations sont très rares et irrégulières, elles varient d'une année à l'autre et reçoit un cumul annuelle de l'ordre de **37,15mm**.

Les répartitions sont marquées par une sécheresse absolue en Juin et Juillet et par deux maxima en Octobre avec **8,68 mm** et **7,86mm** en Novembre (tableau2).

1.2.1.3. Vent

Les vents soufflent du Nord et du Sud. Les vents les plus fréquents en hiver sont les vents d'Ouest tandis qu'au Printemps, les vents du Nord –Est et de l'Ouest qui dominent. En été, ils soufflent du Nord-Est et de Sud-Ouest (ROUVILOIS-BRIGOL ,1975).

Les vents sont fréquents au Printemps, la moyenne est de 3,76 m/s. Ils ont des vitesses moyennes très variables comprises entre 2,35m/s au mois de Décembre et de 4 ,91 m /s au mois de mais (tableau2).

1.2.1.4. Evaporation

Selon DUBIEF (1950), le Sahara apparait comme la région du monde qui possède l'évaporation la plus élevée.

La synthèse des données climatiques de la région d'Ouargla montre que l'évaporation minimum est de l'ordre de 195,36mm au mois de Décembre. On registre le maximum d'évaporation (336,45mm) au mois de Juillet, avec une moyenne annuelle de 295,087mm (tableau2).

1.2.1.5. Humidité de l'air

L'humidité relative au Sahara est faible, souvent inférieure à 20 (MONOD, 1992), même dans les montagnes, ou ce n'est qu'exceptionnellement que l'on observe des valeurs plus fortes si tandis qu'au Sahara septentrionale, elle est généralement comprise entre 20 et 30 pendant l'été et s'élevé à 50 et 60 parfois d'avantage en Janvier (OZENDA, 1991).

Pour cette région, l'humidité relative de l'air est très faible, elle varie entre 25 et 71 %, sur un intervalle de 10 ans, le maximum de l'humidité enregistré est de **71,09%** au Décembre et une moyenne annuelle de **44,26 %** (tableau2).

1.2.1.6. Insolation

L'ensoleillement est considérable à Ouargla, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année (TOUTAIN, 1979). Avec 138 jours en moyenne de l'année ou le ciel est totalement clair (ROUVILLOIS BRIGOL, 1975).

Pour cette région, La durée moyenne annuelle de l'insolation est de **3205,86h/mois**, avec un maximum de **504 h** en Juillet et de **108,36h** au mois de Janvier.

1.2.2. Synthèse climatique

Pour étayer la synthèse climatique de notre région d'étude, nous avons présenté à travers un diagramme ombro-thermique de Gaussen et BAGNOULS à fin d'en définir la période sèche et un climagramme **d'Emberger** pour la située dans son étage bioclimatique.

1.2.2.1. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermique de BABNOULS et GAUSSEN, permet la suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté :

- ✧ En abscisse par les mois d'années.
- ✧ En ordonnées à gauche par les précipitations en mm.
- ✧ En ordonnées à droite par les températures moyennes en C°.
- ✧ Une échelle de $P = 2T$.

L'aire comprise entre les deux courbes représente au période sec. Dans la région de Ouargla nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULIS (figure 5) montre que le climat d'Ouargla est caractérisé par une sécheresse permanente tout l'année où les précipitations sont toujours inférieures au double de température

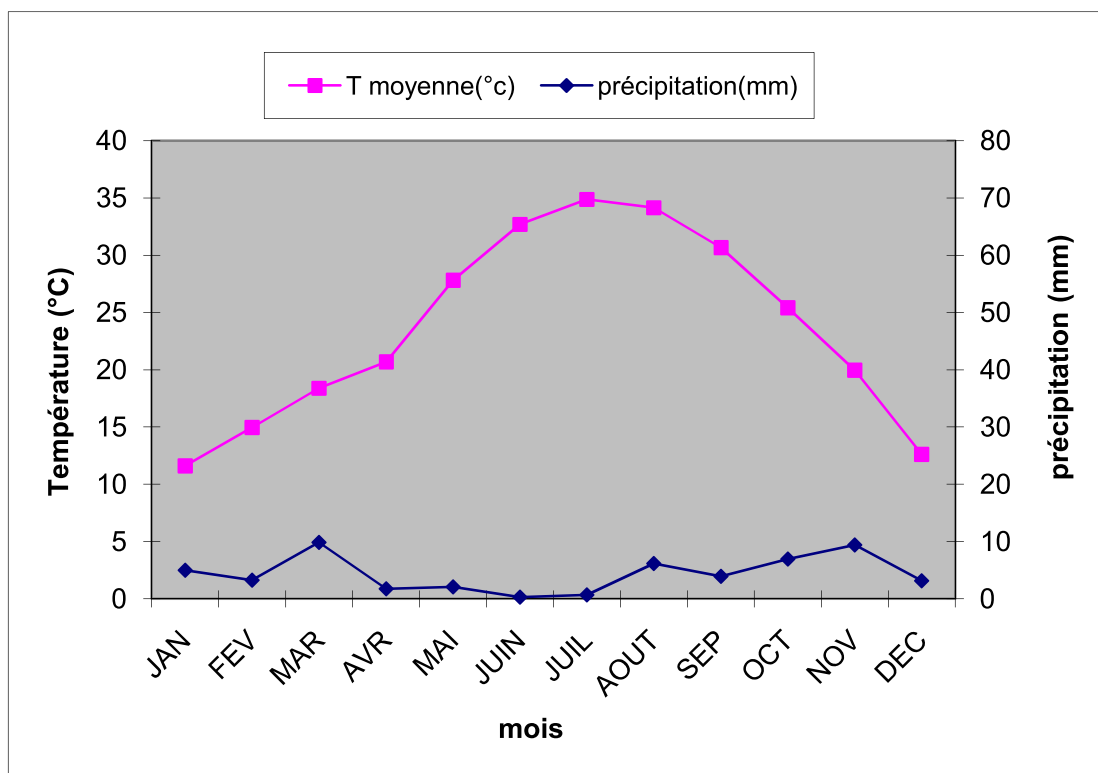


Figure 5. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région d'Ouargla (1999-2009)

1.2.2.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté

- En abscisse : par le moyen des minima du mois le plus froid.
- En ordonnée : par le quotient pluviothermique d'Emberger.

Nous avons utilisés la formule de **Stewart (1969)** adoptée pour l'Algérie et le Maroc, qui se présente comme suivant ;

$$Q^2 = 3.43 P/M-m$$

Q^2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

3.43 : Coefficient de **Stewart** établie pour l'Algérie et Maroc.

P : Pluviométrie moyenne annuelle exprimée en (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud exprimé en °C.

m : Température minimale du mois le plus froids exprimé en °C.

D'après la figure 6, le quotient pluviothermique (Q_2) de la région de Ouargla est de 3.36 ce qui permet de la classer dans l'étage bioclimatique Saharien, à hiver doux.

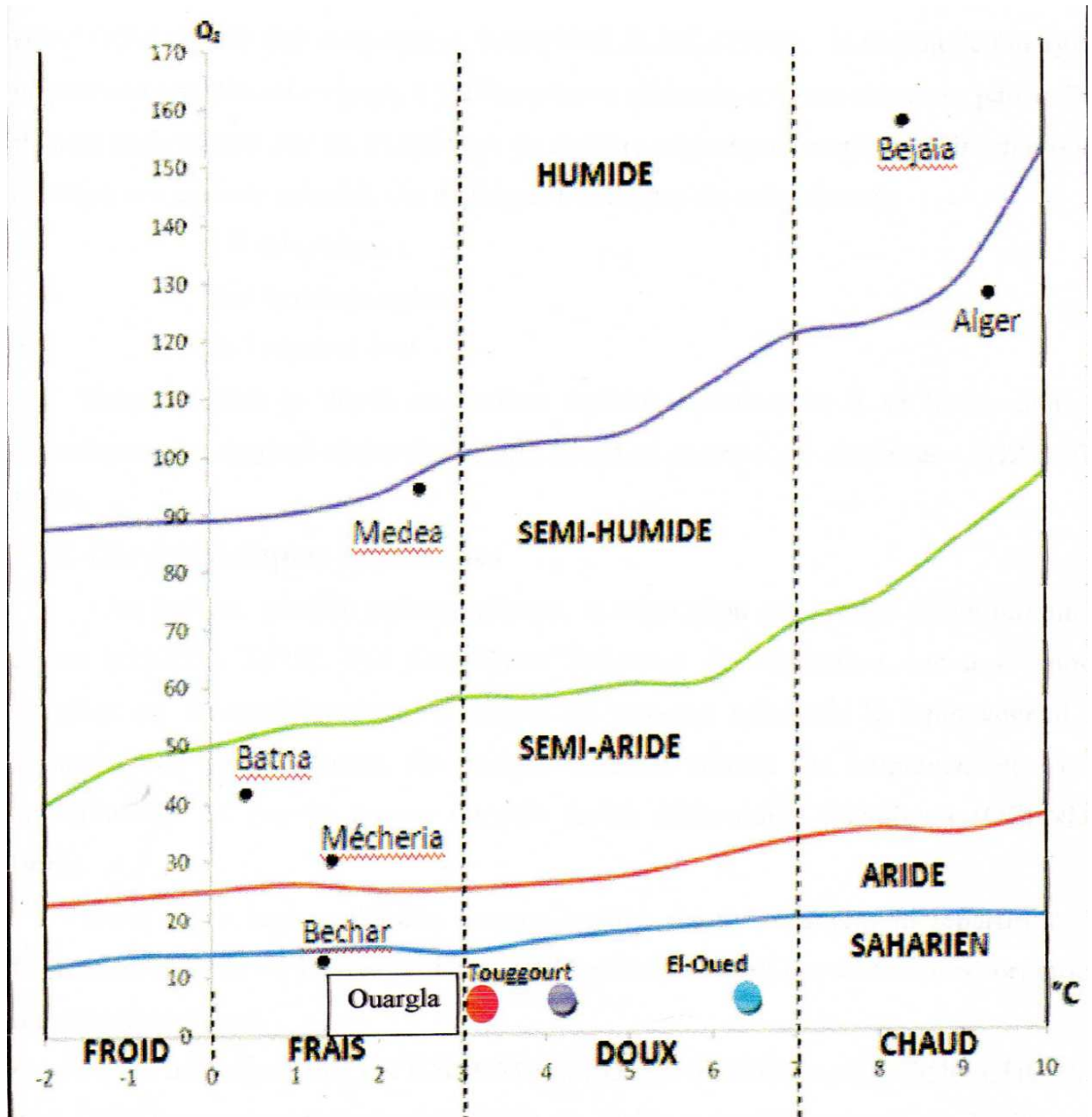


Figure 6. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER dans la région du Ouargla

1.3. Données climatiques de la campagne 2010-2011

Le tableau 3, montre que la température maximale durant le cycle de la culture ne dépasse pas 32°C, et la température minimale est de l'ordre de 6,6°C.

L'humidité est élevée au mois de Janvier (53%) ; les vents violents sont enregistrés au mois d'avril.

Tableau 3. Données climatique de la campagne 2010-2011

Paramètres Mois	Température (°C)			Précipitation (mm)	Humidité (%)	Vitesse de vent (m/s)	Evaporation (mm)	Insolation (H)
	Max	min	Moy					
Janvier	21,6	6,6	14,1	4,4	53	2,8	109	249
Février	25,4	9,6	17,5	0	46	3,6	131	198
Mars	28,1	12,9	20,5	0	39	4	186	219
Avril	31,3	17,9	24,6	0,7	39	4,7	211	263

Source O.N.M. (2011)

Chapitre II : Protocole expérimental

2.1. Matériel d'étude

2.1.1. Sol

Le sol expérimenté provient de l'exploitation de Hadjadj située à El Goléa. Les échantillons sont prélevés à 20 cm de profondeur, après séchage à l'air libre, ils sont ensuite broyés et tamisés à 2 mm.

2.1.2. Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation utilisée est celle du forage de l'exploitation de l'I. T. A. S, pompée à partir de la nappe moïpliocène qui se trouve à une profondeur de 60 à 200 m, avec une salinité variant de 1,89 à 4,60g/l (ROUVILLOIS- BRIGOL, 1975).

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation

Paramètres	pH	CE ms/cm	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	So ₄ ²⁻ (mg/l)	Hco ₃ ⁻ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	SAR
Eau d'irrigation	7,81	3,17	590	29	956,2	1050	99,13	129,2	330	6,94

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

Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation (DURAND, 1983), l'eau utilisée appartient à la classe C₄S₁ qui présente une sévérité légère. L'indice SAR est de 6,94 (tableau 4).

2.1.3. Matériel végétal (le ray-grass d'Italie)

La plante test choisie est le ray-grass d'Italie variété Gémini. Le ray-grass d'Italie c'est la graminée la plus facile à implanter et l'une des plus faciles à utiliser (JILLET, 1980) ; elle peut être semé à n'importe quelle période de l'année et permet de réaliser plusieurs coupes (GACHON, 1988).

2.1.4. Les pots

Des pots en plastique d'une capacité de 2 kg sont utilisés. Ayant une forme circulaire, un diamètre de 17,7cm et une hauteur de 16cm. Les pots sont perforés à la base pour permettre l'évacuation de l'excès d'eau.

2.2. Méthode expérimental

2.2.1. Protocole expérimental

L'objectif de notre travail est d'étudier la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass dans un sol de la région d'El Goléa, sous l'effet de différentes sources et doses phosphoriques. En effet le test de CHAMINADE (1960) permet d'étudier la fertilité phosphatée à court terme, utilisée par plusieurs auteurs dont GACHON (1988) et LAMBERT (1992).

Notre essai est conduit en pots et sous abri (serre en plastique) a duré 51 jours. Un suivi de l'évolution du phosphore assimilable et de son absorption par la plante en fonction du temps 21j, 36j et 51j après semis est réalisé, ce qui a permis d'effectuer trois prélèvements du sol et du végétal.

2.2.1.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un Split plot comportant 12 traitements et 4 répétitions (blocs) avec trois (3) types d'engrais phosphatés appliqués à quatre (4) doses différentes.

➤ Les engrais phosphatés

Pour notre expérimentation, trois engrais phosphaté sont testés :

- **Le simple super phosphate : SSP (0-20-0)**

Le super phosphate simple est un engrais minéral phosphaté obtenu par attaque chimique d'un phosphate naturel par un acide, acide sulfurique, ou acide phosphorique.

Il constitue une bonne source de phosphore avec une solubilité dans l'eau variant entre 85% et 90%. Pour notre expérimentation le SSP utilisé dose 20% de P_2O_5 (0- 20- 0).

- **Le Fosfactyl : (3-22-0)**

C'est un engrais soufré à triple effet Solubilisant, protecteur et stimulant. Dans le cadre de notre essai le Fosfactyl utilisé dose 22% de P_2O_5 (3- 22- 0) avec 18% SO_3 .

- **Le mono ammonium phosphate : MAP (12-52-0)**

C'est un engrais soluble dans l'eau. Pour notre expérimentation le MAP utilisé dose 52% de P_2O_5 (12- 52- 0).

➤ **Les doses testées sont :**

$D_0 = 0 \text{ U } P_2O_5/\text{ha}$; $D_1 = 30 \text{ U } P_2O_5/\text{ha}$; $D_2 = 60 \text{ U } P_2O_5/\text{ha}$; $D_3 = 90 \text{ U } P_2O_5/\text{ha}$.

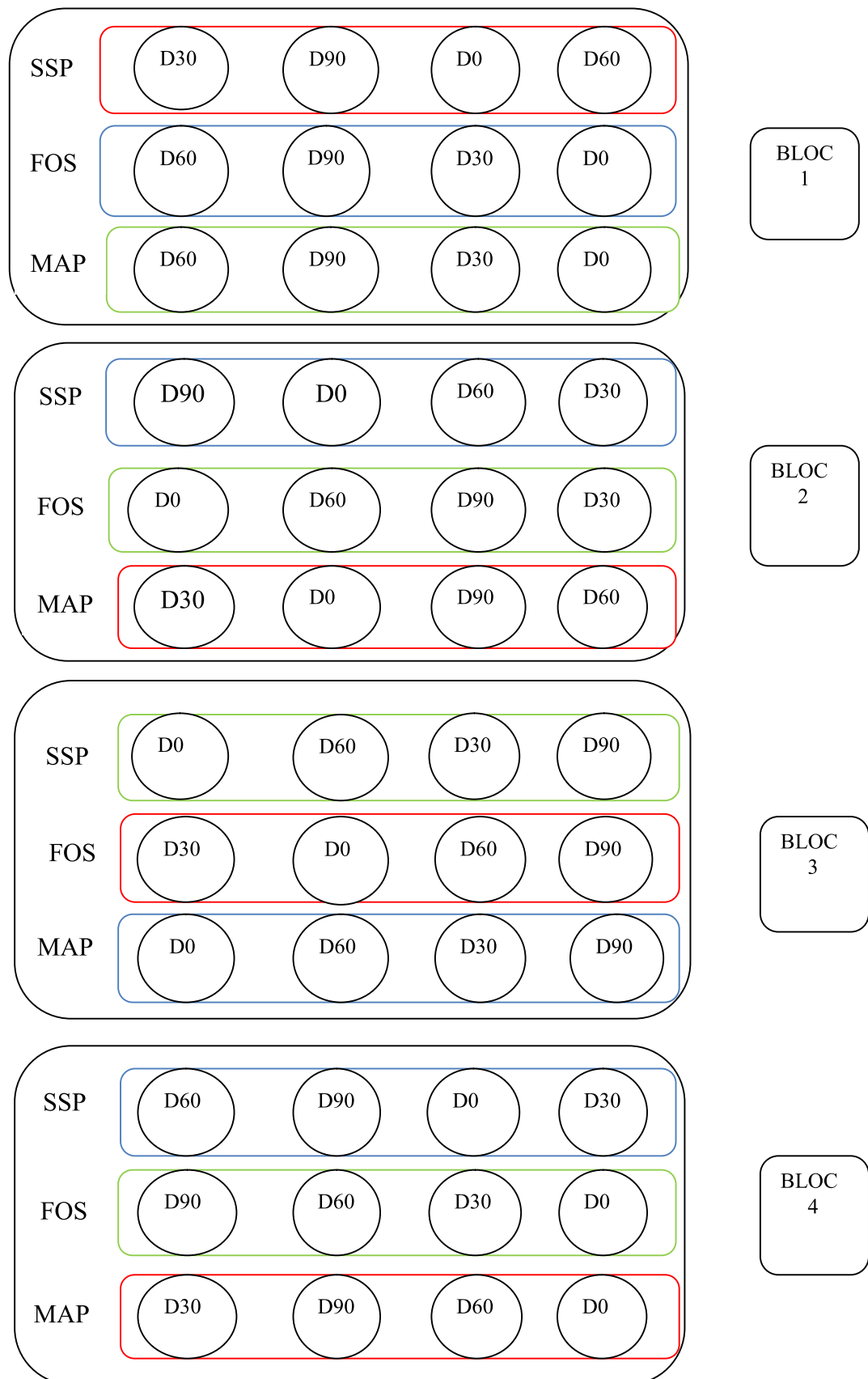


Figure 7. Dispositif expérimental

2.2.2. Conduite de l'essai

L'essai est réalisé dans une serre à une température variant entre **22 à 25°C**. Les pots sont bien exposés à la lumière, et la serre bien aérée.

2.2.2.1. Préparation des pots

Nous avons mis une quantité du gravier dans les pots puis remplir chacun avec 1,5 kg de sol pour faciliter l'infiltration de l'eau.

2.2.2.2. Semis

Dans chaque pot 2g de ray-grass sont enfuis manuellement aussi régulièrement possible, pour avoir une biomasse suffisante à chaque coupe, d'un coté pour permettre d'effectuer les analyses et d'un autre coté pour assurer une bonne colonisation du sol par la plante (GACHON et TRIBOI, 1988). Le semis est réalisé le 28/01/2010, à une profondeur ne dépassant pas 2 cm. Les semences sont bien couvertes et tassées afin de favoriser un meilleur contact sol- semence.

2.2.2.3. Irrigation

Les pots sont irrigués à 1/3 de la capacité de rétention (CR) en début de cycle de la culture, puis cette quantité a passé au 2/3 du CR quand les conditions de température et les besoins de la culture ont augmentés.

Nous avons déterminé la capacité de rétention du sol par humectation et saturation en eau de 3 pots de yaourt, perforés à la base et contenant 100g de sol chacun (PS). Laissés ressuyés pendant 24 heures puis pesés (PH).

$$CR = \frac{PH - PS}{PS} * 100$$

CR = capacité de rétention

PH = poids humide

PS = poids sec

1/3 CR = 24ml ; 2/3 CR = 48ml

2.2.2.4. Fertilisation

➤ Principe de calcul des doses d'engrais

$$da = M / (P \times S) \iff M = da \times P \times S$$

M : poids du sol d'1ha

da : densité apparente

P : profondeur de prélèvement (m)

S : surface (1ha)

$$M = 1,47 \times 0,2 \times 10^4 = 2940 \text{ m}^3$$

$$1\text{m}^3 = 1\text{tonne}$$

Masse d'1 ha du sol = 2940 tonnes

➤ Quantité des doses d'engrais par pot

Prenant comme exemple la dose D30 :

$$\begin{array}{l} 30\text{kg/ha de P}_2\text{O}_5 \longrightarrow 2940 \cdot 10^3\text{kg de sol} \\ x \qquad \qquad \qquad \longrightarrow 1,5\text{kg de sol} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 30\text{kg/ha de P}_2\text{O}_5 \\ x \end{array}} \right\} \Rightarrow x = 15,30 \text{ mg/1,5kg de sol}$$

- Fertilisation phosphatée

D0 = 0 mg/1,5kg de sol; D30 = 15,30 mg/1,5kg de sol; D60 = 30,61 mg/1,5kg de sol; D90 = 45,91 mg/1,5kg de sol.

- Fertilisation azotée potassique

Les deux engrais azoté (Urée 46%) et potassique (Sulfate de potassium 50%) sont apportées en quantité de 60ppm et 50ppm respectivement en 3 fractions durant tout le cycle du végétal.

2.2.3. Dates et méthode de Prélèvement

2.2.3.1. Dates de prélèvement

Les prélèvements du sol et du végétal sont réalisés simultanément après 21 jours, 36 et 51 jours du semis (à 21, 15 et 15 jours d'intervalle). Le 1^{er} prélèvement a eu lieu le 17/02/2010, le second 03/03/2010 et le 3^{ème} s'est fait le 17/03/2010.

2.2.3.2. Méthodes de prélèvement

❖ Prélèvement du végétal

La 1^{er} et la 2^{ème} coupe sont réalisées à 3cm du sol. Le troisième prélèvement du végétal a concerné la plante entière (feuilles + racines), ces derniers sont bien lavés pour éliminer la terre.

❖ Prélèvement des échantillons de sols

Les échantillons sont prélevés dans deux endroits différents de chaque pot à l'aide d'un cylindre ayant 5 cm de diamètre et 7 cm de profondeur. Les échantillons sont ensuite séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm.

2.2.4. Paramètres étudiés

2.2.4.1. Evolution de production de la matière sèche au cours de cycle de végétal

Les échantillons du végétal des trois prélèvements sont séchés à l'étuve à 60 °C pendant 24h ; broyés et pesés.

2.2.4.2. Cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass d'Italie

Les échantillons qui ont servi à la détermination de la matière sèche sont utilisés pour le dosage du phosphore total du végétal dans la 1^{ère} et la 2^{ème} coupe. Ce paramètre n'est pas déterminé dans le 3^{ème} prélèvement.

2.2.4.3. Dynamique du phosphore assimilable dans le sol

Les teneurs en phosphore assimilable Olsen sont déterminées pour les deux prélèvements du sol seulement. Le dosage du P n'est pas réalisé dans le 3^{ème} prélèvement.

2.2.5. Méthodes d'analyses

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

❖ Analyse au niveau du sol

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

B* Mesure de pH : c'est un facteur qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Elle s'effectue à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée selon un rapport 1/5.

C* Mesure de conductivité électrique : la conductivité électrique c'est une moyenne d'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. Elle à été déterminé par le conductimètre sur une suspension avec un rapport de sol/ eau à une température de 25°C.

D* Dosage de calcaire : Dans notre essai il dosé par la méthode volumétrique utilisant le calcimètre de **BERNARD**.

E* Dosage du calcaire actif : La méthode utilisée est de **DROUINEAU- GALET** cette méthode ne conviennent qu'aux sols contenant moins de 2% de MO. 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 par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

F* La matière organique : elle déterminé par la méthode de **calcination**.

C* Mesure de conductivité électrique : La conductivité électrique c'est une moyenne d'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. Elle à été déterminé par le conductimètre sur une suspension avec un rapport de sol/ eau à une température de 25°C.

D* Dosage de calcaire : Dans notre essai il dosé par la méthode volumétrique utilisant le calcimètre de **BERNARD**.

E* Dosage du calcaire actif : La méthode utilisée est de **DROUINEAU- GALET** cette méthode ne conviennent qu'aux sols contenant moins de 2% de MO. 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 par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

F* La matière organique : elle déterminé par la méthode de **calcination**.

J* Dosage du phosphore assimilable : Il est déterminé par la méthode Olsen recommandée pour les sols calcaires, neutres ou basiques. Le bicarbonate de sodium utilisé pour extraire le phosphore disponible dans le sol, 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 avec molybdophosphorique réduit ce dernier en un complexe de couleur bleu. Le spectrophotomètre mesure l'absorbance qui est proportionnelle à la concentration du phosphore.

❖ **Analyse au niveau de la plante**

Dosage de phosphore assimilable.

❖ **Sol du site expérimental:**

Les résultats analytiques présentés dans le tableau 4, montrent que le sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH légèrement alcalin (7,82). La salinité du sol est faible (CE= 0,33ds/m), un taux de matière organique très faible (0,15%). Le taux de calcaire dans le sol est de 5,85% ; insuffisamment pourvu en éléments nutritifs (N.P.K), par conséquent les apports d'engrais sont nécessaires (tableau 5).

Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques du sol

Caractéristiques		Profondeur 0-20cm
Physiques	Granulométrie :	
	Sable grossier %	29,7
	Sable fine %	59,8
	Argile + Limon %	10,2
Chimiques	pH	7,82
	CE (ds/m) à 25°C	0,33
	Calcaire total %	5,85
	Calcaire actif %	0,5
	Matière organique %	0,15
	Calcaire actif/ Calcaire total	0,08
	Phosphore assimilable (ppm)	6,52

Chapitre I. Evolution de la matière sèche au cours du cycle de la culture

La définition d'une dose optimale de fertilisant (simple ou composé) a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche à travers le monde (BAYENS, 1967 ; DUTHIL, 1967 ; GERVY, 1970 ; DIEHL, 1975 ; BELAID, 1987 ; GACHON et TRIBOI, 1988 ; HAFSI, 1990 ; FARDEAU, 1993...).

Les facteurs qui agissent sur le devenir de fertilisants minéraux sont multiples et divers et qu'il est donc impératif de passer par une expérimentation afin de préciser les doses et les formes d'engrais à apporter pour un meilleur profit par les plantes cultivées.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de notre essai 2009-2010 sont synthétisés et commentés dans ce qui suit.

1.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (1^{ère} coupe)

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

Dans cet essai nous avons déterminé la matière sèche produite à différentes coupes (21 jours, 36 jours et 51 jours après semis).

Les résultats de l'analyse de variance montrent l'effet très hautement significatif des doses d'engrais phosphatés sur la production de matière sèche, avec une moyenne générale de 0,74g/pot (tableau 6, annexe1).

Tableau 6. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de la matière sèche (g/pot) en 1^{ère} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0,09	0,27	0,62	0,84	0,45b	Dose:14,5% Engrais:20,5%	Effet dose: T.H.S Effet engrais: H.S Effet engrais X doses : H.S
FOS	0,33	1,07	1,23	1,03	0,91a		
MAP	0,35	0,72	0,94	1,39	0,85a		
Moy	0,26d	0,68c	0,93b	1,08a	0,74		

Les doses d'engrais ont influencées positivement la matière sèche du ray-grass, dont la quantité augmente avec l'accroissement des doses d'engrais utilisées. La teneur de phosphore passe de

0,26g/pot obtenue avec D0 à 1,08g/pot obtenue avec D90 u P_2O_5 qui représente une augmentation de 75,93%.

Les engrais phosphatés ont eu un effet hautement significatif sur ce paramètre. La production de matière sèche la plus élevée est obtenue par l'engrais FOS avec 0,91g/pot par contre le SSP a enregistré la production la plus faible de 0,45g/pot. L'engrais phosphaté FOS dépasse l'engrais SSP de 0,46 g/pot, soit un écartement de 50,55%.

La meilleure interaction est enregistrée au niveau de la combinaison D90*MAP avec 1,39g/pot par contre la plus faible interaction est enregistrée au niveau de D0*SSP avec 0,09g/pot. L'écart entre les deux interactions D90*MAP et D0*SSP est de 93,53%.

Le test de NEWMAN- KEULS révèle pour les doses quatre groupes homogènes (a, b, c et d), qui sont présentés respectivement par les doses D90 U P_2O_5 /ha avec 1,08g/pot ; D60 U P_2O_5 /ha avec 0,93g/pot ; D30 U P_2O_5 /ha avec 0,68g/pot et D0 U P_2O_5 /ha avec 0,26g/pot.

Pour les engrais, deux groupes homogènes (a et b) sont formés. Le premier rassemble les deux engrais FOS et MAP avec respectivement 0,91g/pots et 0,85g/pot. Le deuxième groupe est formé par l'engrais SSP avec 0,45g/pot.

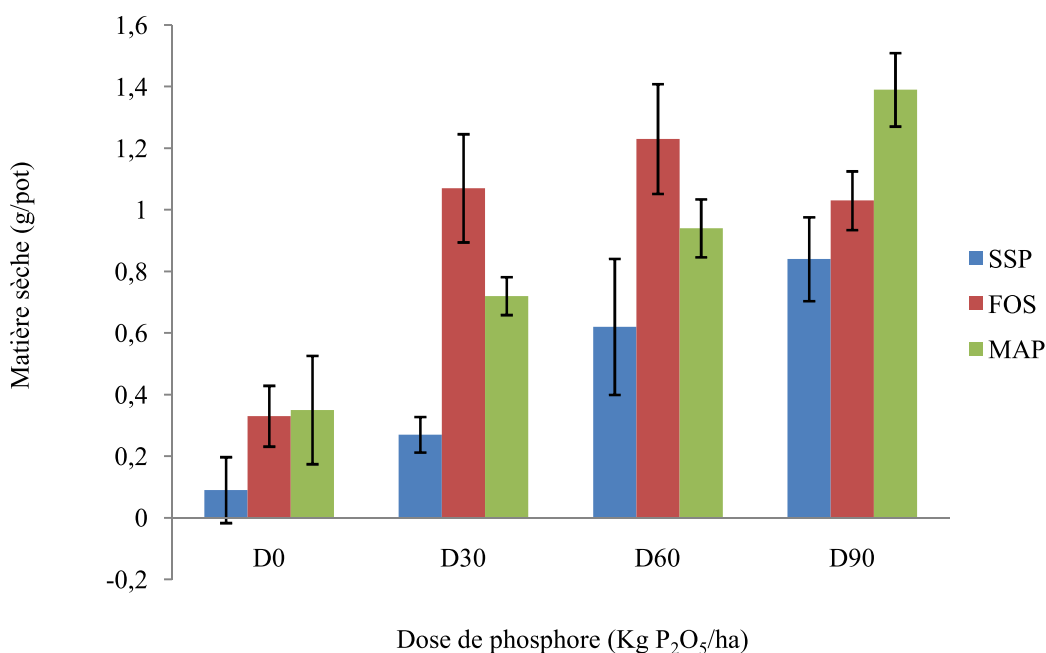


Figure 8. Effet de fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 1ère coupe

1.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (2^{ème} coupe)

D'après les résultats consignés dans le tableau7, on remarque que l'apport du phosphore exerce un effet positif sur la biomasse produite. La moyenne générale est de 0,21g/pot.

Tableau7. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de la matière sèche (g/pot) en 2^{ème} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0,02	0,08	0,20	0,25	0,14c	Dose: 11,5% Engrais: 26,1%	Effet dose: T.H.S Effet engrais: H.S Effet engrais X doses : H.S
FOS	0,03	0,33	0,39	0,37	0,28a		
MAP	0,05	0,19	0,26	0,37	0,22b		
Moy	0,03d	0,20c	0,29b	0,33a	0,21		

La production de matière sèche est influencée de façon très hautement significative sous l'effet des doses du phosphore. Elle passe de 0,03g/pot obtenu au niveau de la dose D0 U P₂O₅ /ha à 0,33g/pot obtenu au niveau de la dose D90 U P₂O₅ /ha soit une augmentation de 90,9%.

Par ailleurs les engrais phosphatés ont eu un effet hautement significatif, la plus importante biomasse produite est enregistrée au niveau de l'engrais FOS avec 0,28g/pot et la plus faible biomasse est obtenue au niveau de l'engrais SSP avec 0,14g/pot. L'engrais FOS dépasse l'engrais SSP de 50%.

La valeur la plus élevée est marquée au niveau de la combinaison D60*FOS avec 0,39g/pot par contre la plus faible valeur est obtenue au niveau de la combinaison D0*SSP avec 0,02g/pot, soit un écart de 94,8%.

La comparaison des moyennes a permis de regrouper pour les doses quatre groupes homogènes (a, b, c et d), qui renferme respectivement les doses D90 (0,33g/pot), D60 (0,29g/pot), D30 (0,20g/pot) et D0 (0,03g/pot).

En ce qui concerne les engrais phosphatés, trois groupes homogènes (a, b et c) sont obtenus.

Le groupe (a) est formé par l'engrais FOS avec 0,28g/pot, le groupe (b) formé par l'engrais MAP avec 0,22g/pot et le groupe (c) qui formé par l'engrais SSP avec 0,14g/pot.

COLOMB (2001) in RAZI (2006) a montré que la diminution de la biomasse produite et par fois la réduction de surface foliaire sont dues lorsque la teneur en phosphore assimilable dans le sol est faible.

Selon DESIRI (1986), 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.

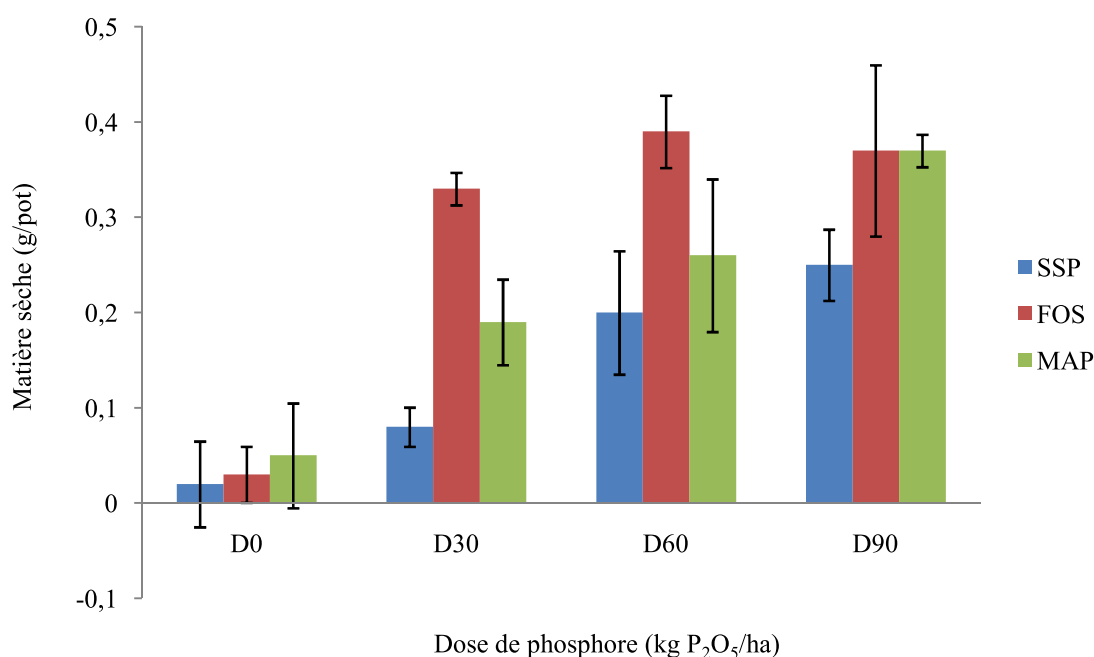


Figure 9. Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 2^{ème} coupe

1.3. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (3^{ème} coupe)

A la 3^{ème} coupe, nous avons pesé les plantes entières (feuilles+racines). Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 8 et la figure (10).

Tableau 8. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de la matière sèche (g/pot) en 3^{ème} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0,13	0,48	1,12	1,42	0,78b	Dose: 20,5% Engrais: 28,5%	Effet dose: H.S Effet engrais: H.S Effet engrais X doses : H.S
FOS	0,35	1,50	1,45	1,37	1,17a		
MAP	0,42	0,75	1,13	1,43	0,93ab		
Moy	0,30c	0,91b	1,23a	1,41a	0,96		

L'analyse de variance montre que les facteurs engrais, doses et leur interaction ont eu un effet hautement significatif sur la matière sèche produite. La moyenne générale est de 0,96g/pot (tableau 8, annexe3).

La production de matière sèche a tendance à augmenter avec l'accroissement des doses. Cette production passe de 0,30g/pot obtenue par le témoin à 1,41g/pot obtenue avec D90 U P₂O₅ soit un écartement de 78,73%.

Pour les engrais, la meilleure production est enregistrée au niveau de l'engrais FOS avec 1,17g/pot, par contre la plus faible valeur 0,78 g/pot est enregistrée au niveau de l'engrais SSP. L'écart entre les deux engrais est de 66,66%.

La matière sèche produite la plus élevée est obtenue au niveau de la combinaison D30*FOS avec 1,50g/pot et la plus faible est enregistrée au niveau de la combinaison D0*SSP avec 0,13g/pot avec une augmentation de 91,34%.

La comparaison des moyennes pour les doses met en évidence trois groupes homogènes (a, b et c). Le premier groupe (a) renferme les deux doses du phosphore D90 U P₂O₅ et D60 U P₂O₅ avec respectivement 1,41 et 1,23g/pot. Le deuxième groupe (b) est formé par la dose D30 U P₂O₅ avec 0,91g/pot. Le troisième groupe (c) formé par le témoin avec 0,30g/pot.

Pour les engrais, trois groupes homogènes (a, ab et b) sont formés, le premier groupe (a) formé par l'engrais FOS avec 1,17g/pot. Le groupe (b) formé par le SSP avec 0,78g/pot et un groupe intermédiaire (ab) qui est formé par le MAP avec 0,93g/pot.

On remarque que le niveau de la fertilisation se corrèle significativement avec la quantité de matière sèche produite (RAZI, 2006).

D'après THÉLIER-HUCHÉ et al (1996), il existe une interaction entre l'azote et le phosphore ; des apports importants d'azote ne sont pleinement valorisées que s'il y'a apport de phosphore.

Donc, la culture de ray-grass a réagi favorablement à un apport de phosphore par augmentation de la production de matière sèche.

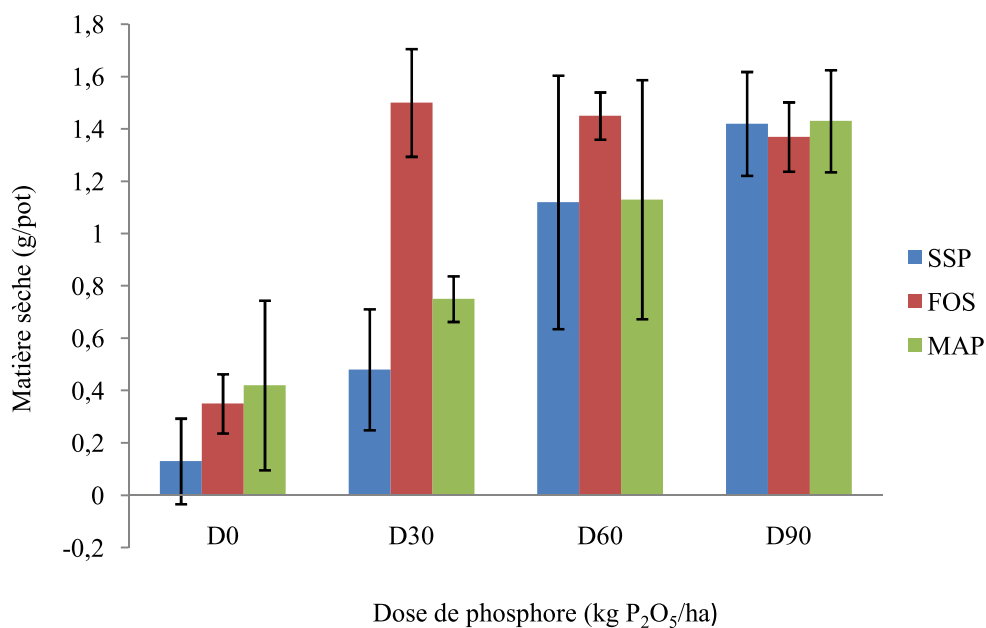


Figure 10. Effet de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche en 3^{ème} coupe

1.4. Evolution de la matière sèche au cours du cycle de développement de la culture

La croissance des plantes du ray-grass continue jusqu'au premier prélèvement réalisé 21 jours après semis ; puis décroît jusqu'à arrivé un minimum de production enregistrée en deuxième coupe.

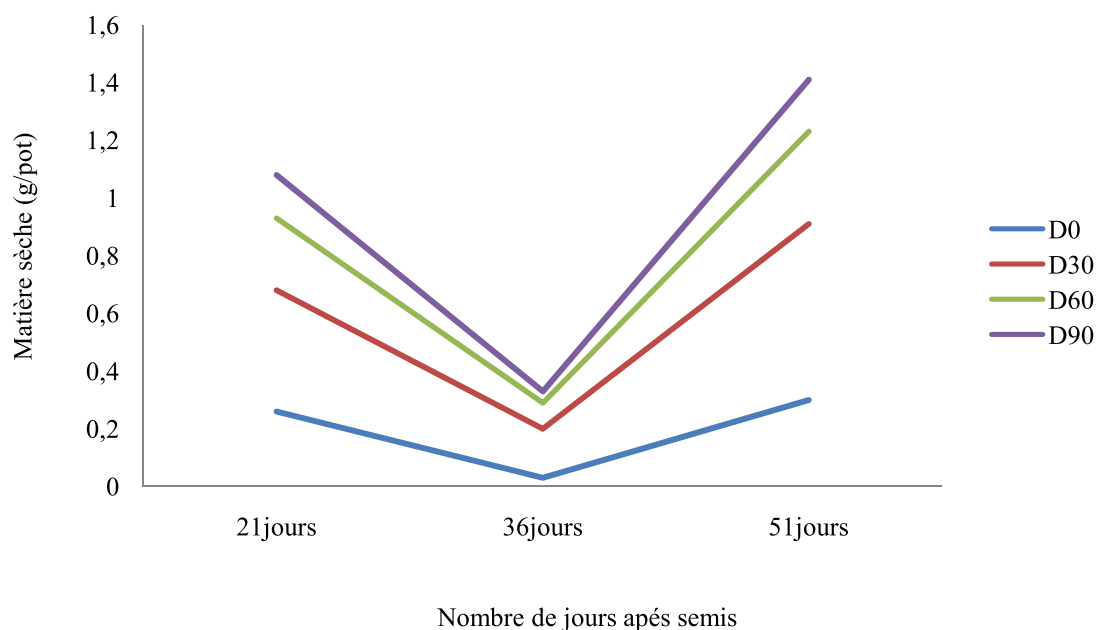


Figure 11. Evolution de la matière sèche au cours du cycle de développement

Cette décroissance est due aux conditions de stress thermique et nutritionnel (eau et éléments nutritifs) qui ont affectées la culture durant cette période. En troisième coupe, on assiste à une reprise de croissance où la production de matière sèche augmente jusqu'à atteindre son maximum. La dose D90 U P_2O_5 /ha a favorisé la réalisation des meilleurs résultats par rapport aux autres doses en enregistrant 1,08 ; 0,33 et 1,41 g/pot dans les trois coupes (figures 11 et 12).

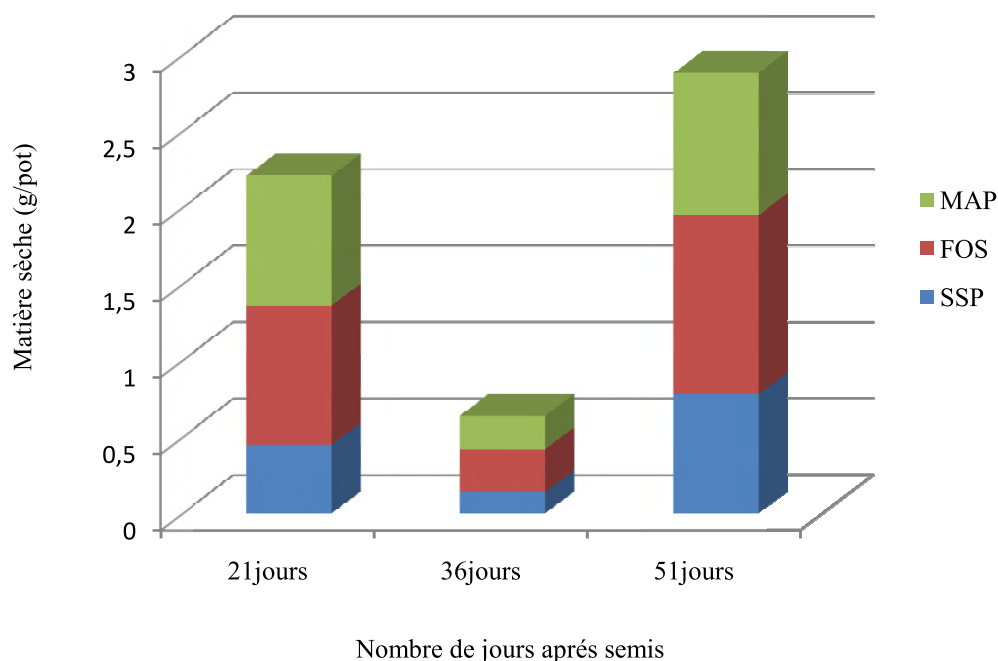


Figure 12. Cumule de la matière sèche en fonction du nombre de jours après semis

En matière de comparaison entre les trois types d'engrais phosphatés au cours du cycle de développement, il faut souligner que l'engrais FOS a donné les cumuls les plus élevés avec 0,91, 0,28 et 1,17g/pot respectivement pour les 1^{ère} coupe, 2^{ème} coupe et 3^{ème} (figure 13).

La diminution de la matière sèche produite et la réduction de la surface foliaire, sont des signes de carence phosphatée à cause de la diminution du phosphore assimilable dans le sol.

La déficience en phosphore fait diminuer la biomasse des plantes, la surface foliaire est réduite et la culture présente une faible production. COLOMB, 2001 in RAZI, 2006 a montré que la diminution de la biomasse produite a lieu lorsque la teneur en phosphore assimilable dans le sol est faible.

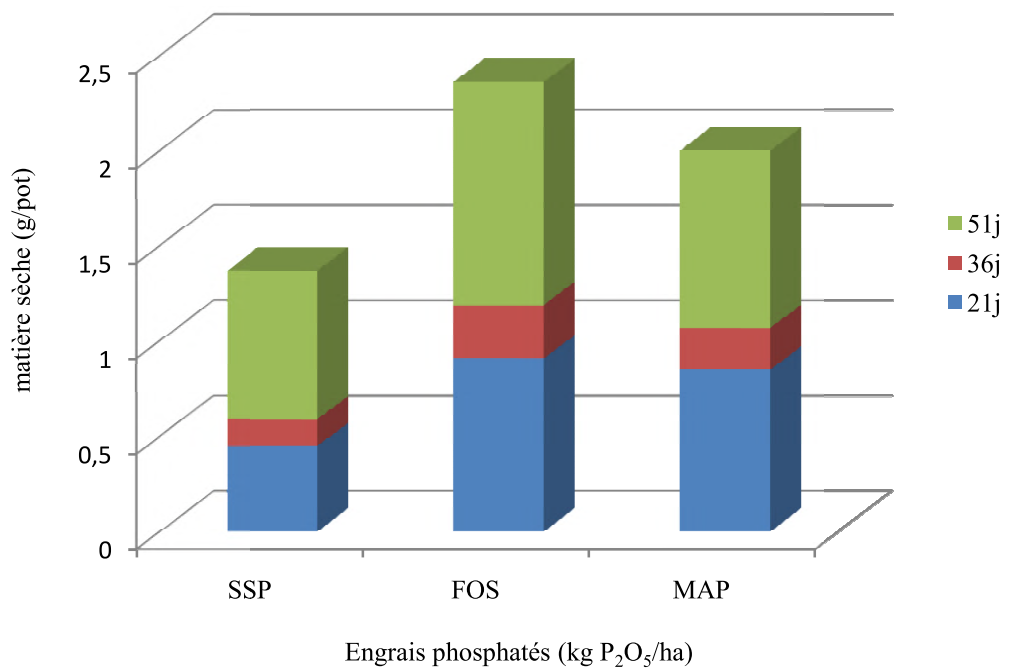


Figure 13. Cumule de la matière sèche en fonction des engrais

Chapitre II. Cinétique d'absorption du phosphore par la plante

Les quantités du phosphore absorbé par la culture de ray-grass sont déterminées par la matière sèche produite et la teneur en phosphore dans la plante (en % de matière sèche).

2.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbé par le ray-grass (1^{ère} coupe)

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 9 et illustrés par la figure (14).

Tableau 9. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbé par le ray-grass (%MS) en 1^{ère} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0,83	1,38	1,25	1,33	1,20	Dose:36,1% Engrais:28,7%	Effet dose: NS Effet engrais: NS Effet engrais X doses : NS
FOS	0,92	1,32	1,36	1,42	1,26		
MAP	1,52	1,32	0,88	1,63	1,34		
Moy	1,09	1,34	1,16	1,46	1,26		

L'analyse de variance, montre que les facteurs doses, engrais et leur interaction n'ont eu aucun effet significatif sur le taux de P₂O₅ absorbé par la culture. La moyenne générale est de 1,26% MS (tableau 9, annexe 4).

Malgré la non signification des résultats on note que les teneurs en P les plus élevées sont obtenues par la dose D90 U P₂O₅ par contre les teneurs les plus faibles sont enregistrées par le témoin.

Le taux du phosphore absorbé par le ray-grass a passé de 1,09% MS obtenu au niveau du témoin à 1,46% MS au niveau de la dose D90 U P₂O₅.

L'effet des engrais sur l'absorption de P₂O₅ est non significatif par le ray-grass. La meilleure valeur est enregistrée au niveau de l'engrais MAP avec 1,34% MS en comparaison avec les deux autres engrais phosphatés.

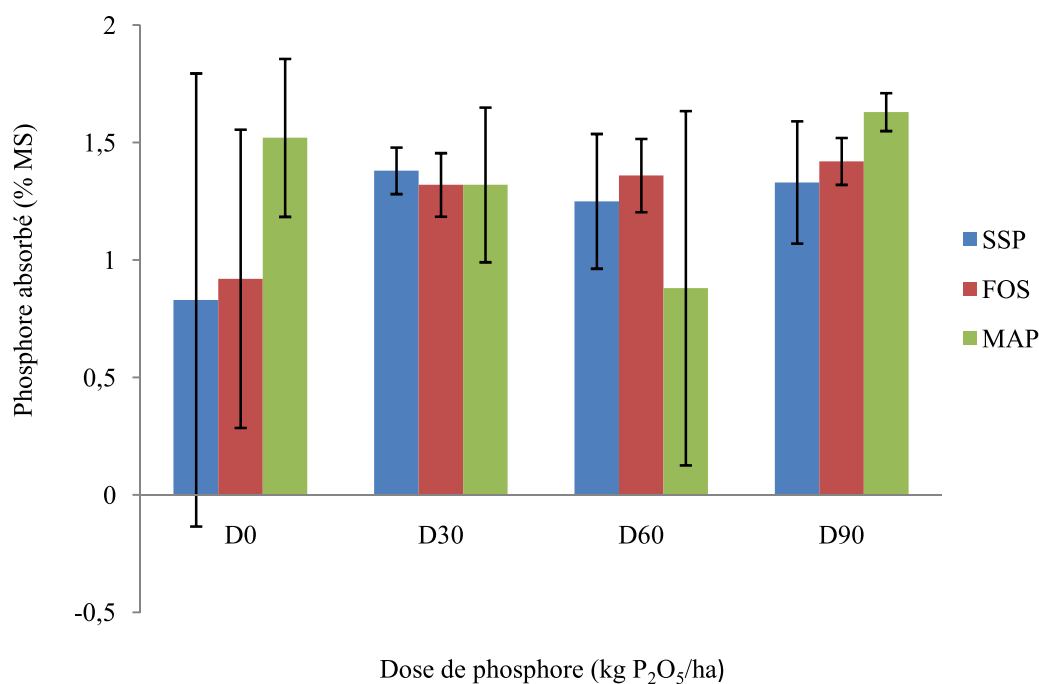


Figure14. Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture en 1ère coupe

Selon RAZI (2006), il existe des corrélations hautement significatives entre la matière sèche produite et la concentration en phosphore du ray-grass, par contre aucune liaison significative n'a été enregistrée entre ces deux paramètres dans notre intervalle expérimental.

2.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbée par le ray-grass (2^{ème} coupe).

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 10 et illustrés par la figure (15).

Tableau 10. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbé par le ray-grass (%MS) en 2^{ème} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0,00	0,00	0,72	1,19	0,48a	Dose: 36,9% Engrais : 47,2%	Effet dose: H.S Effet engrais: H.S Effet engrais X doses: S
FOS	0,00	1,05	1,11	1,21	0,84a		
MAP	0,00	0,83	0,96	1,35	0,78a		
Moy	0,00c	0,63b	0,93ab	1,25a	0,70		

Les résultats d'analyse de la variance révèlent des différences hautement significatives des engrais et de leurs doses sur le taux du P en 2^{ème} coupe, l'interaction a eu un effet significatif.

La teneur du phosphore prélevée par la plante la plus élevée est enregistrée au niveau de la dose D90 U P_2O_5 avec 1,25% MS. Au niveau du témoin, l'obtention d'une quantité de matière sèche faible (0,1 et 0,4 g) a contrarié la réalisation du dosage du P.

L'absorption la plus importante est obtenue au niveau de l'engrais phosphaté FOS avec 0,84% MS par contre le SSP a enregistré la valeur la plus faible avec 0,48% MS.

Concernant l'interaction, la meilleure absorption du phosphore par le ray-grass est présentée par la combinaison D90* MAP avec 1,35% MS.

Le test de NEWMAN-KEULS détermine les groupes homogènes suivant : pour les doses trois groupes homogènes (a, b et c) sont obtenus ; le groupe (a) est formé par la dose D90 U P_2O_5 avec 1,25% MS, le groupe (b) rassemble les deux doses D60 et D30 U P_2O_5 avec 0,93 et 0,63% MS et la troisième groupe (c) formé par la dose D0 U P_2O_5 avec une absorption nulle.

Pour les engrais un seul groupe homogène (a) est formé renfermant les trois engrais FOS avec 0,84% MS, le MAP avec 0,78% MS et le SSP avec 0,48% MS.

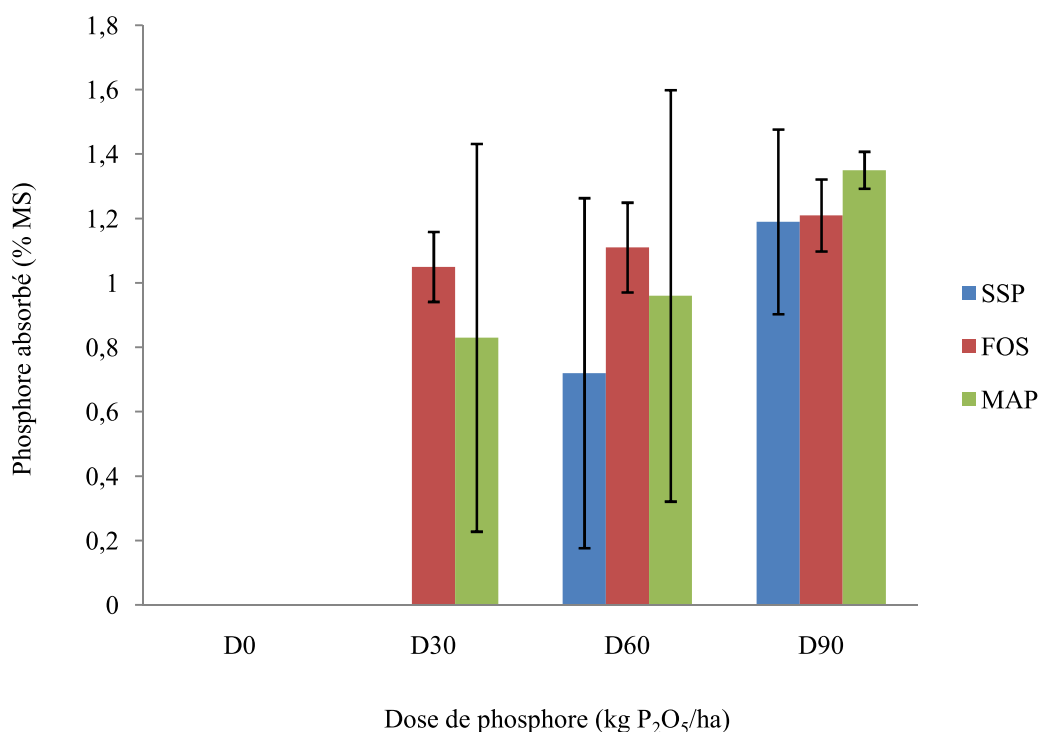


Figure 15. Effet de la fertilisation phosphatée sur le taux du phosphore absorbé par la culture au 2ème coupe

L'établissement de la courbe de tendance (figure 16) montre qu'il existe une liaison très hautement significative entre la matière sèche produite et la teneur de P_2O_5 absorbé par le ray-grass ($r = 0,824^{***}$).

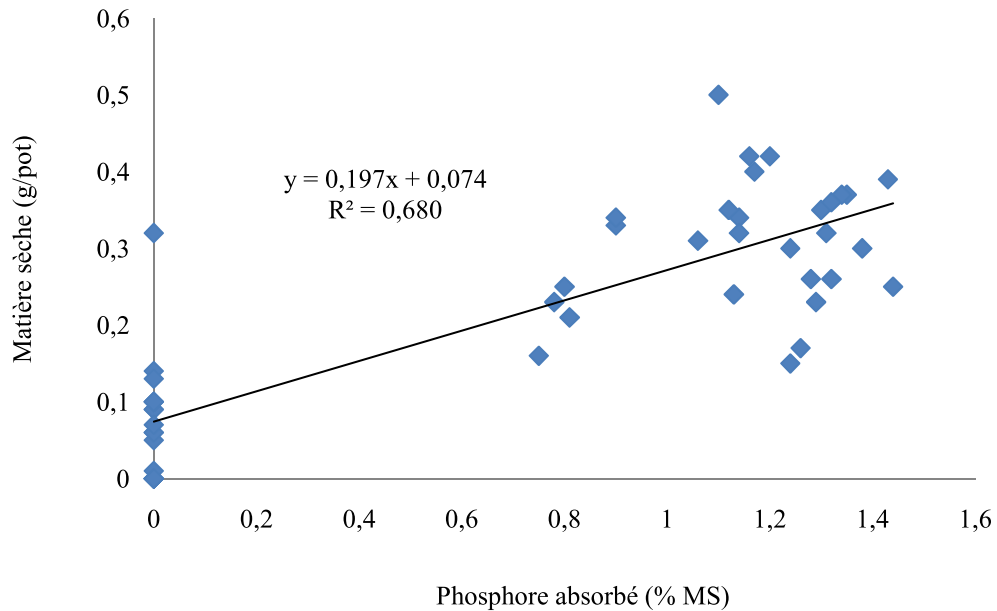


Figure 16. Relation entre matière sèche produite et phosphore absorbé en 2^{ème} coupe

2.3. Evolution du phosphore absorbé par la culture au cours du cycle de développement

Les deux figures (17 et 18) montrent qu'il existe une diminution des teneurs en phosphore du végétal au cours de la 2^{ème} coupe par rapport à la première à cause des températures élevées parvenues lors du sirocco au cours de la période précédant la deuxième coupe. L'effet des températures élevées s'est traduit négativement sur l'humidité du sol par une évapotranspiration importante.

En matière de comparaison entre les doses engrais phosphatés au cours de deux coupes végétatives. Il faut souligner que la dose D90 U P_2O_5 sont marqué les meilleurs résultats par rapport aux autres doses.

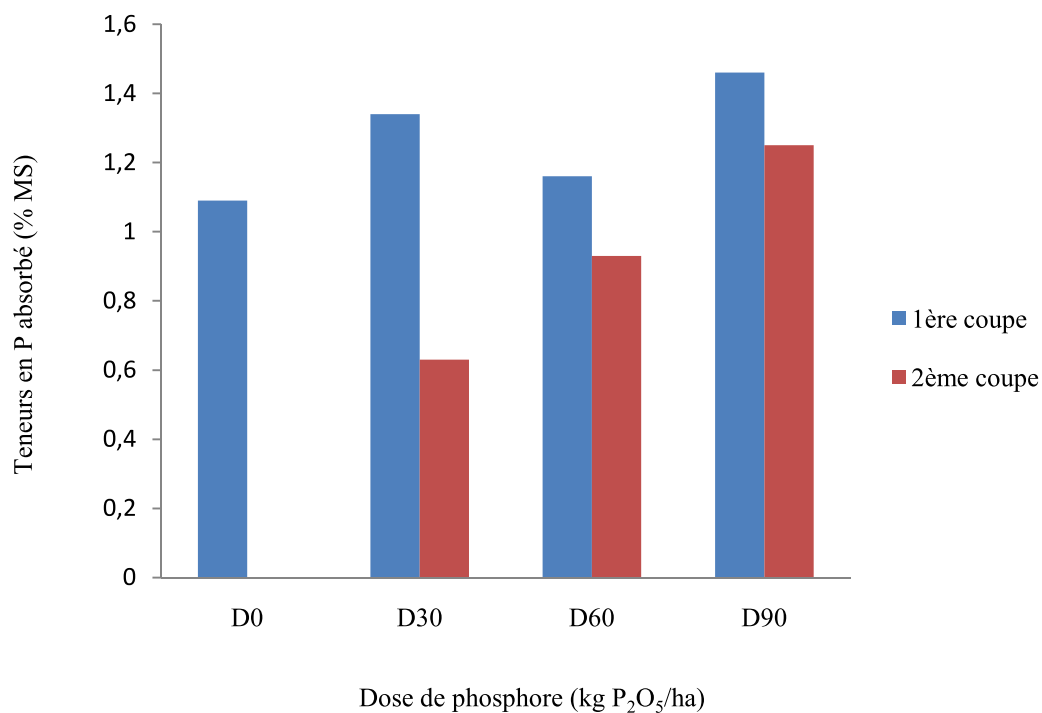


Figure 17. Evolution du phosphore absorbé en fonction des doses

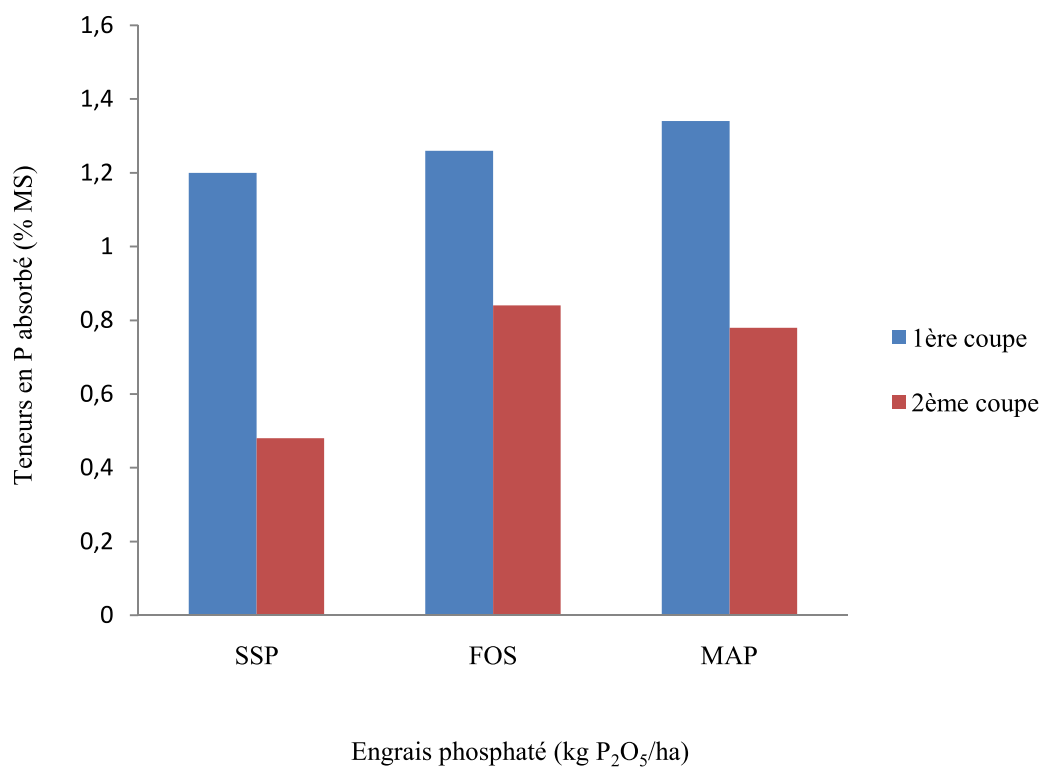


Figure 18. Evolution du phosphore absorbé en fonction des engrais

Les travaux de (BELAID, 1987 ; HAFSI, 1990), ont montré qu'il existe une synergie entre les éléments nutritifs N. P. K, et il existe aussi des interactions entre les engrais azotés et phosphatés, qui font augmenter le rendement et améliorer la solubilité et l'absorption du phosphore (HAFSI, 1990).

Conclusion : Un bon niveau de réserve assimilable de phosphore ; un système racinaire puissant, un sol à une humidité convenable voisin de la neutralité suffissent pour assurer une meilleure alimentation phosphorique des plantes.

Chapitre III. Dynamique du phosphore assimilable dans le sol

L'évolution de la quantité en phosphore assimilable dans le sol dépend d'un certains nombre de facteurs dont, l'enrichissement du sol en matière organique, le taux de Ca^{2+} dans le sol, le pH du sol, les exportations par les cultures, les pertes par lixiviation et la texture du sol.

3.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (1^{ère} coupe)

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 11 et la figure (19).

Tableau 11. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 1^{ère} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	5,95	5,53	4,06	5,59	5,28	Dose: 43,7% Engrais: 43,8%	Effet dose: NS Effet engrais: NS Effet engrais X doses : NS
FOS	4,27	3,51	4,60	6,94	4,83		
MAP	4,72	3,24	3,76	7,31	4,76		
Moy	4,98	4,09	4,14	6,62	4,96		

L'analyse de variance montre que l'effet des facteurs doses, engrais et interaction sur l'assimilabilité de phosphore dans le sol est non significative. La moyenne générale est 4,96 ppm.

La quantité de P_2O_5 assimilable dans le sol la plus élevée est obtenue au niveau de la dose D90 U P_2O_5 avec 6,62 ppm et la plus faible obtenue au niveau de la dose D30 U P_2O_5 avec 4,09 ppm.

Par ailleurs le SSP présente la plus importante valeur de 5,28 ppm, par contre la plus faible 4,76 ppm est marquée au niveau de l'engrais MAP. La combinaison D90*MAP a favorisée le meilleur résultat en enregistrant 7,31 ppm.

Quelque soit l'engrais phosphaté utilisé (FOS ou MAP), la meilleure quantité en phosphore assimilable est obtenue au niveau de la dose D90 U P_2O_5 , sauf pour l'engrais SSP où la quantité la plus élevée est présentée par le témoin.

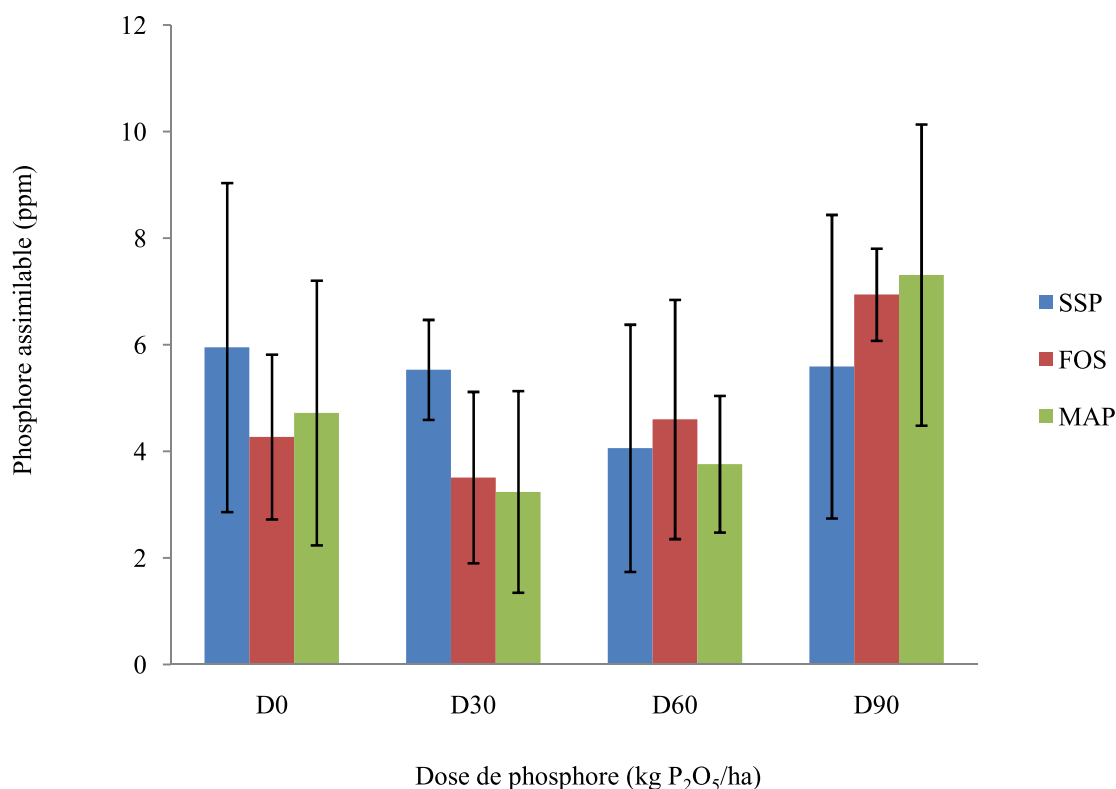


Figure 19. Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 1ère coupe

3.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (2^{ème} coupe)

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 12 et la figure (20).

Tableau 12. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 2^{ème} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	3,84	3,82	2,68	4,01	3,59	Dose: 48,4% Engrais: 40,0%	Effet dose: NS Effet engrais: NS Effet engrais X doses : NS
FOS	3,44	3,05	3,50	4,74	3,68		
MAP	5,00	3,85	4,89	5,70	4,86		
Moy	4,09	3,57	3,69	4,82	4,04		

Les résultats d'analyse de variance (tableau 12, annexe 7) révèlent que les facteurs doses, engrais et leur interaction n'ont eu aucun effet significatif sur le taux de P₂O₅ assimilable dans le sol. La moyenne générale est de 4,04 ppm.

Malgré la non signification des résultats, on note que la quantité de P_2O_5 la plus importante est obtenue au niveau de la dose D90 U P_2O_5 , et l'engrais MAP a favorisé les teneurs les plus élevées quelque soit la dose appliquée (figure 20).

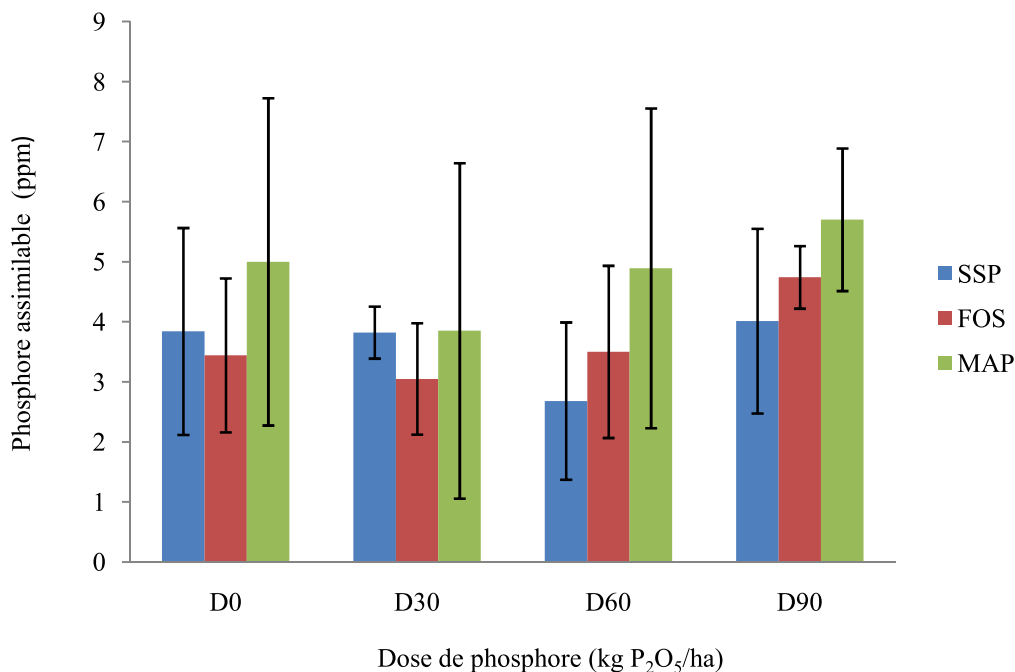


Figure 20. Teneurs en phosphore assimilable dans le sol en 2ème coupe

3.3. Evolution du phosphore assimilable dans le sol au cours de cycle de développement

D'après les résultats des tableaux (11 et 12) et les figures (19 et 20) on déduit que la teneur du phosphore dans le sol la plus importante est enregistrée au niveau de la dose D90 U P_2O_5 /ha.

Les figures (21 et 22) montrent une tendance à la diminution des quantités de phosphore assimilable dans le sol quelque soient les doses et les engrais appliqués au cours du cycle.

L'apport d'engrais phosphaté a provoqué un enrichissement du sol en phosphore. Au cours du cycle du ray-grass les quantités de phosphore assimilable ont diminuées en première coupe de 24%, 67%, 77% et 72,5% respectivement pour les doses D0, D30, D60 et D90 U P_2O_5 /ha par rapport aux quantités initiales. A la deuxième coupe, il n'en restait que des quantités de 28,86%, 20,24% et 20,03% respectivement pour les niveaux de doses 30, 60 et 90 U P_2O_5 /ha.

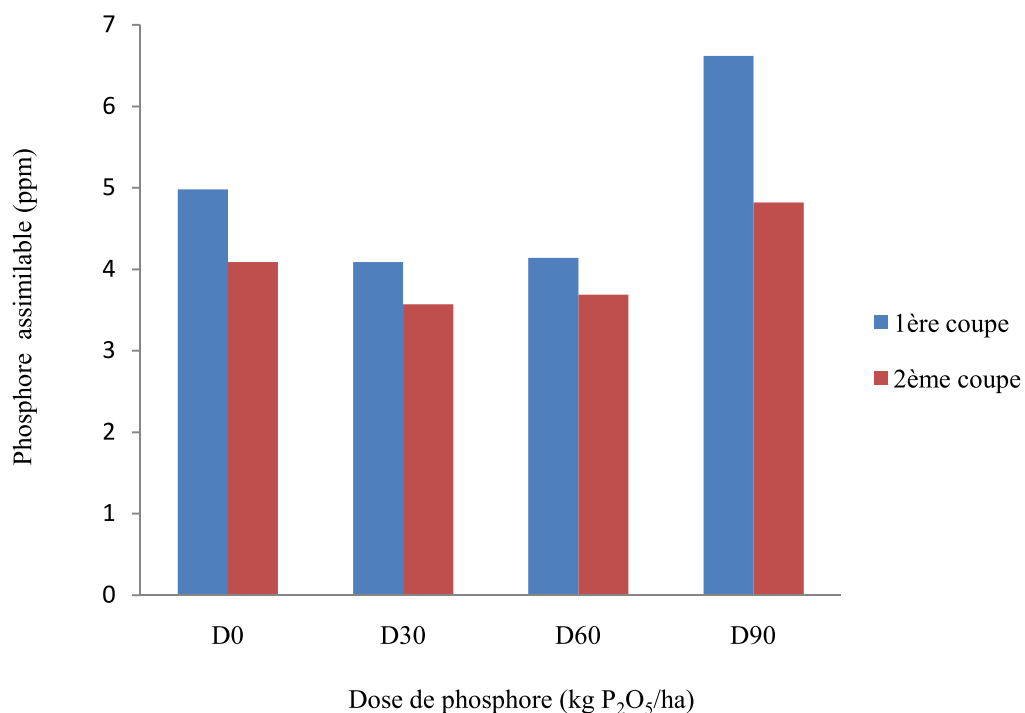


Figure 21. Evolution du phosphore assimilable en fonction des doses au cours du cycle

Les résultats de la deuxième coupe révèlent que la cinétique décroissante de disponibilité du phosphore assimilable dans le sol est essentiellement le fait des prélèvements du phosphore par les plantes mais aussi dû aux transferts du phosphore vers des formes inassimilables lorsque le temps de contact entre le sol et l'apport d'engrais croît (GERVY, 1970 ; ARAKRAK, 1989 ; FARDEAU, 1993 et DERAOUÏ, 2004).

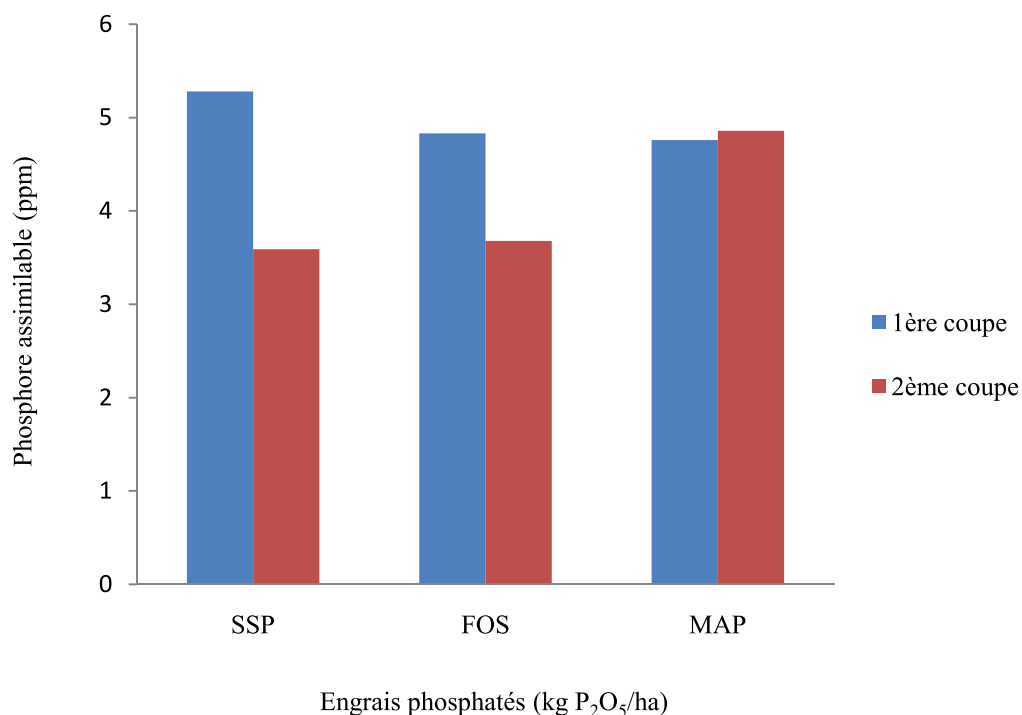


Figure 22. Evolution du phosphore assimilable en fonction des engrais au cours du cycle

La figure (22) présentant l'évolution des quantités du P assimilable en fonction des engrais SSP, FOS et MAP au cours du cycle montre que l'écart le plus important est enregistré au niveau de l'engrais SSP avec 1,69 ppm, suivi par le FOS 1,15ppm et enfin le MAP où on marque une légère stabilité des teneurs en P. l'engrais SSP a donné les concentrations les plus élevées en première coupe, par contre en deuxième coupe c'est le MAP qui a présenté les teneurs les plus importantes.

La dynamique de nutrition du peuplement est constatée à long terme de suivi et réagi très rapidement à un apport de phosphore (THELIER et al, 1996). La teneur en phosphore dans les zones de croissance étant très liée à la teneur en phosphore dans la plante (RAZI, 2006).

La dynamique du phosphore dans le sol est en relation étroite avec les facteurs physiques, chimiques et biologiques du milieu tel que la texture, l'aération du sol, le calcaire, les microflore du sol aussi la disponibilité phosphorique est d'autant meilleure que les sols sont mieux pourvus en matière organique (DEZIRI, 1986).

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 considéré insoluble (FARDEAU, 1994). Les engrais phosphatés au sol calcaire se dissolvent et libèrent des ions phosphoriques qui vont prendre diverses voies d'organisation dans le milieu (DUTIL, 1997).

L'effet de deux facteurs écologiques l'humidité et la température qui influe sur les réactions chimiques et biologique du phosphore. L'augmentation de température et la diminution d'humidité jusqu'à un seuil défavorable au sol qui favorise la diminution de l'assimilabilité du phosphore dans la solution du sol. D'après BLANCHET et al (1978), les réserves assimilables du phosphore se trouvent principalement dans la couche explorée par les racines et aussi la plus rapidement desséchée.

Chapitre V. Les exportations du phosphore par le ray-grass

4.1. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (1^{ère} coupe)

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 13 est illustrés par la figure (23).

Tableau 13. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (mg/pot) en 1^{ère} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	1,53	3,75	8,62	11,44	6,33	Dose: 45%	Effet dose: T.H.S Effet engrais: T.H.S Effet engrais X doses : T.H.S
FOS	3,75	14,27	16,83	14,63	12,37		
MAP	4,93	9,45	8,32	22,53	10		
Moy	3,40	9,15	11,25	16,2	9,56		

L'analyse de variance, montre que les facteurs engrais, doses et leur interaction ont eu des effets très hautement significatifs sur les exportations de P₂O₅ par la culture. La moyenne générale est de 9,56 mg/pot (tableau 13, annexe 8).

L'efficacité des doses sur les exportations a tendance à augmenter avec l'accroissement suivant D0, D30, D60 et D90 U P₂O₅. La valeur la plus élevée est obtenue par la dose 90 U P₂O₅ avec 16,2 mg/pot par contre la plus faible valeur est enregistrée par le témoin D0 U P₂O₅ avec 3,40 mg/pot soit un écart de 21%.

Concernant les engrais, l'exportation la plus importante est obtenue au niveau du FOS avec 12,37 mg/pot par contre le SSP a enregistré la valeur la plus faible avec 6,33 mg/pot soit une augmentation de 50%.

La meilleure combinaison est présentée par le traitement D90*MAP en enregistrant une quantité de phosphore exportée de 22,53ppm qui dépasse la combinaison (D0*SSP) la plus faible de 93%.

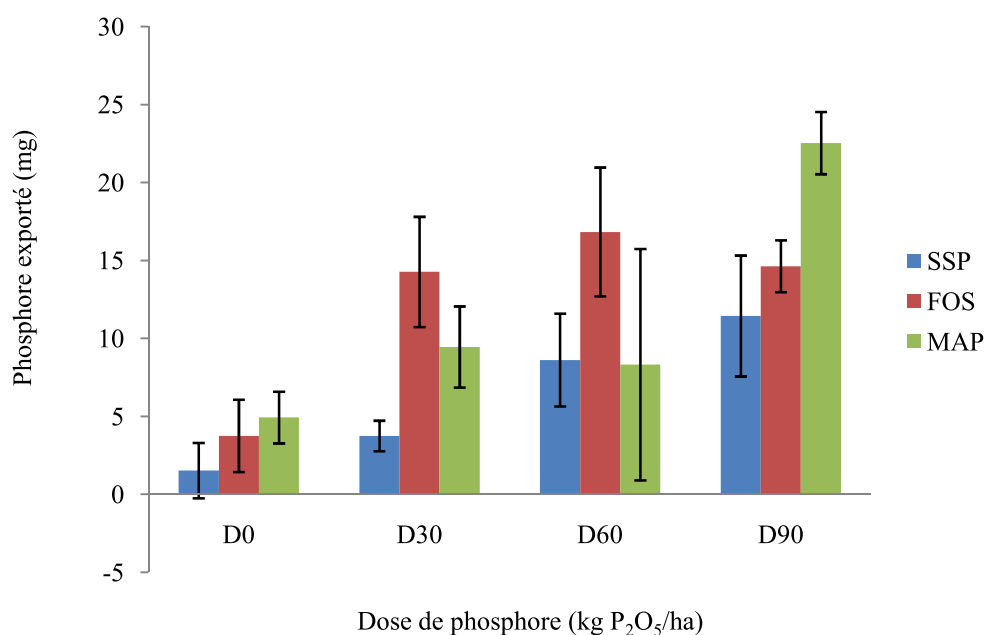


Figure 23. Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 1^{ère} coupe

4.2. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (2^{ème} coupe)

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 14 et illustrés par la figure (24).

Les résultats d'analyse de variance révèlent une différence significative des exportations. Avec une moyenne générale marquée 8,37 mg/pot.

Les doses d'engrais ont influencé les exportations de façon très hautement significative. Elles passent de 0,00 mg/pot obtenue au niveau de témoin D0 U P₂O₅ à 16,60 mg/pot obtenue au niveau de la dose D90 U P₂O₅.

Tableau 14. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (mg/pot) en 2^{ème} coupe

	D0	D30	D60	D90	Moy	CV%	Signification statistique
SSP	0	0	6,63	12,15	4,69	Dose: 66,19%	Effet dose: T.H.S Effet engrais: H.S Effet engrais X doses :S
FOS	0	10,17	17,65	17,85	11,41		
MAP	0	6,89	9,37	19,82	9,02		
Moy	0	5,68	11,21	16,60	8,37		

Par ailleurs les engrais phosphatés ont eu un effet hautement significatif sur ce paramètre. Le résultat le plus important est enregistré au niveau de l'engrais FOS avec 11,41 mg/pot et la plus faible est obtenue au niveau de l'engrais SSP avec 4,69 mg/pot.

L'interaction révèle un effet significatif. La valeur la plus élevée est obtenue au niveau de la combinaison D90*MAP avec 19,82 mg/pot.

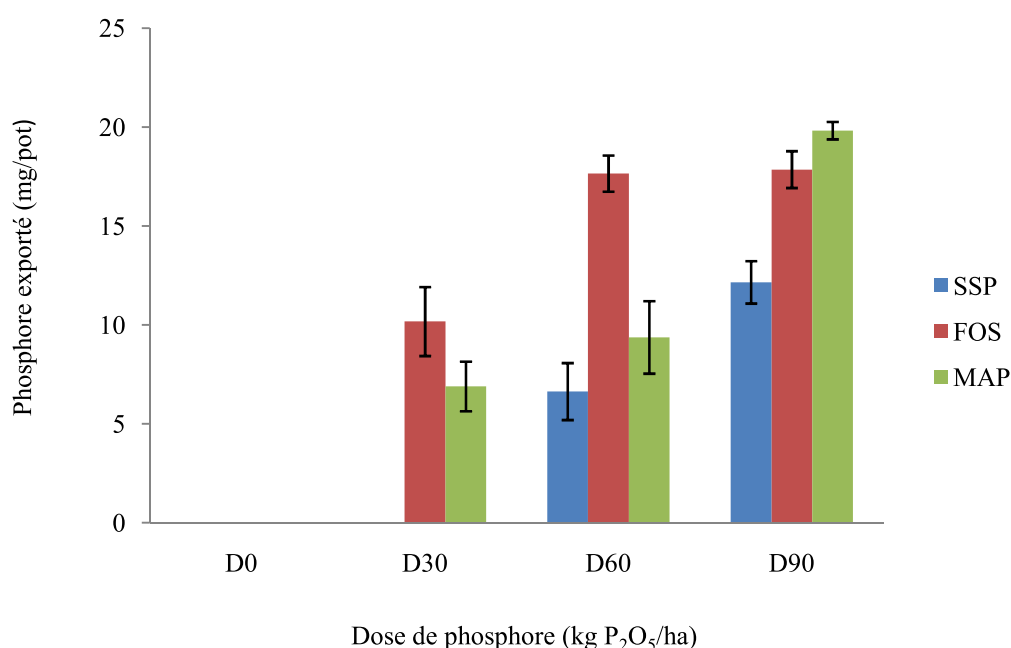


Figure 24. Effet de la fertilisation phosphatée sur les exportations des phosphores en 2^{ème} coupe

4.3. Evolution des exportations du phosphore par la culture de ray-grass

Les exportations du phosphore par le végétal dépendent de la quantité de matière sèche produite et la concentration en cet élément.

Selon la figure (25) les exportations augmentent avec l'accroissement des doses dans les deux coupes (1 et 2). Les meilleures valeurs sont obtenues au niveau de dose D90 U P₂O₅/ha. On remarque que les exportations du témoin en 2^{ème} coupe sont nulles à cause du problème des quantités faibles de matière sèche produite (chapitre I). L'écart d'exportations entre les deux coupes (1^{ère} par rapport à la 2^{ème}) le plus élevé est enregistré par la dose D30 U P₂O₅/ha avec (38%) ; suivi par D60 U P₂O₅/ha (0,35%) et D90 U P₂O₅/ha (-2,4%).

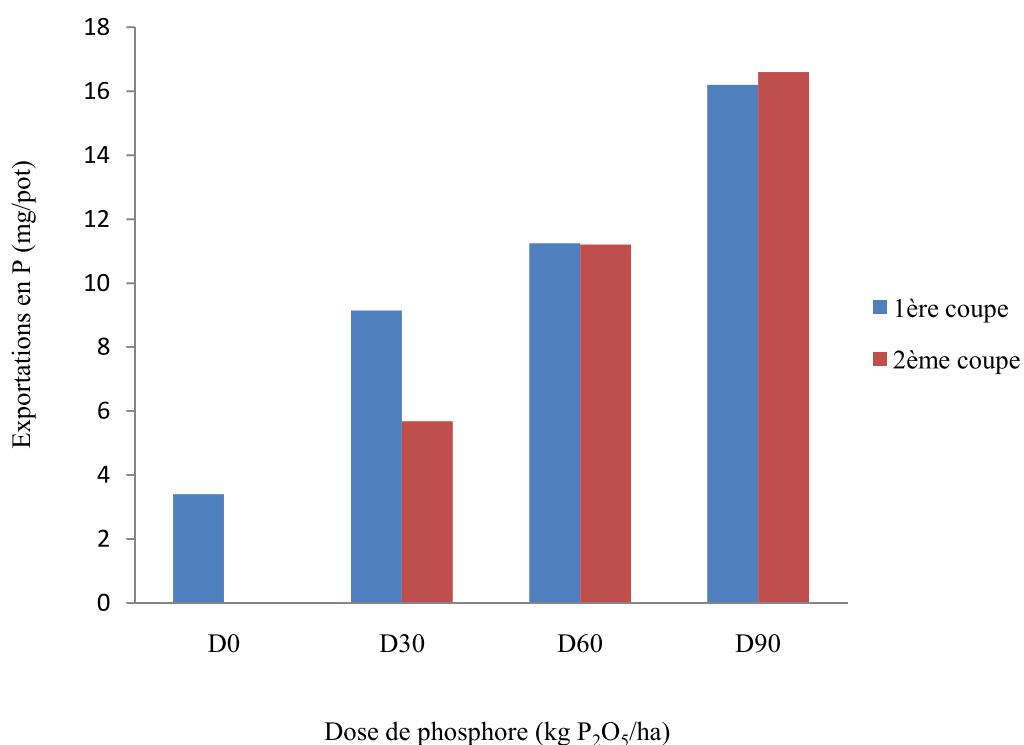


Figure 25. Evolution des exportations en P par le ray-grass en fonction des doses

Par ailleurs l'engrais FOS a favorisé la réalisation des meilleures exportations dans les deux coupes, par contre le SSP a donné les résultats les plus faibles (figure 26). On remarque une tendance à la diminution des exportations en P des trois engrais étudiés de la 1^{ère} par rapport à la 2^{ème} coupe. Les écarts sont de 26%, 8% et 10% respectivement pour les engrais SSP, FOS et MAP.

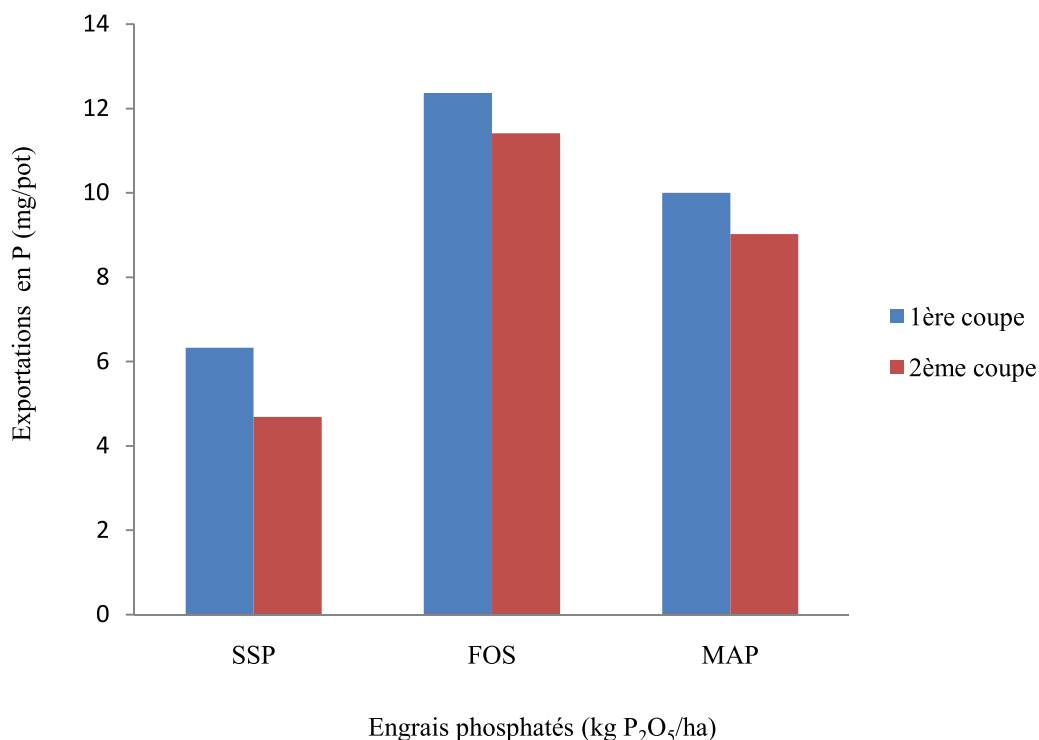


Figure 26. Evolution des exportations en P par le ray-grass au cours du cycle en fonction des engrais

Selon GERVY (1970), les résultats obtenus sur les prélèvements des plantes en phosphore au cours de leur cycle de développement varient suivant la culture, son stade de développement, l'organe considéré ainsi qu'en fonction du milieu dans lequel ce végétal se développe. Et ils sont influencés par la disponibilité, la teneur en eau, l'aération et la continuité des pores dans la rhizosphère (ZHENG et al, 2003 in RAZI, 2006).

4.4. Etude des corrélations entre les différents paramètres étudiés

L'établissement des corrélations entre les différents paramètres étudiés a mis en évidence les constatations suivantes :

La figure (27) montre une liaison très hautement significative entre la matière sèche produite en 2^{ème} coupe et les prélèvements en phosphore par le ray-grass ($r=0,824^{***}$).

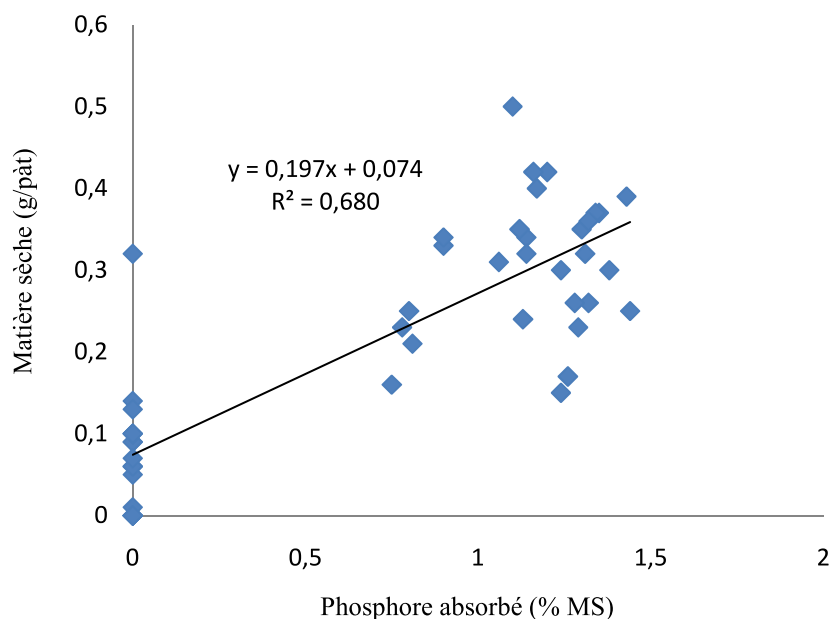


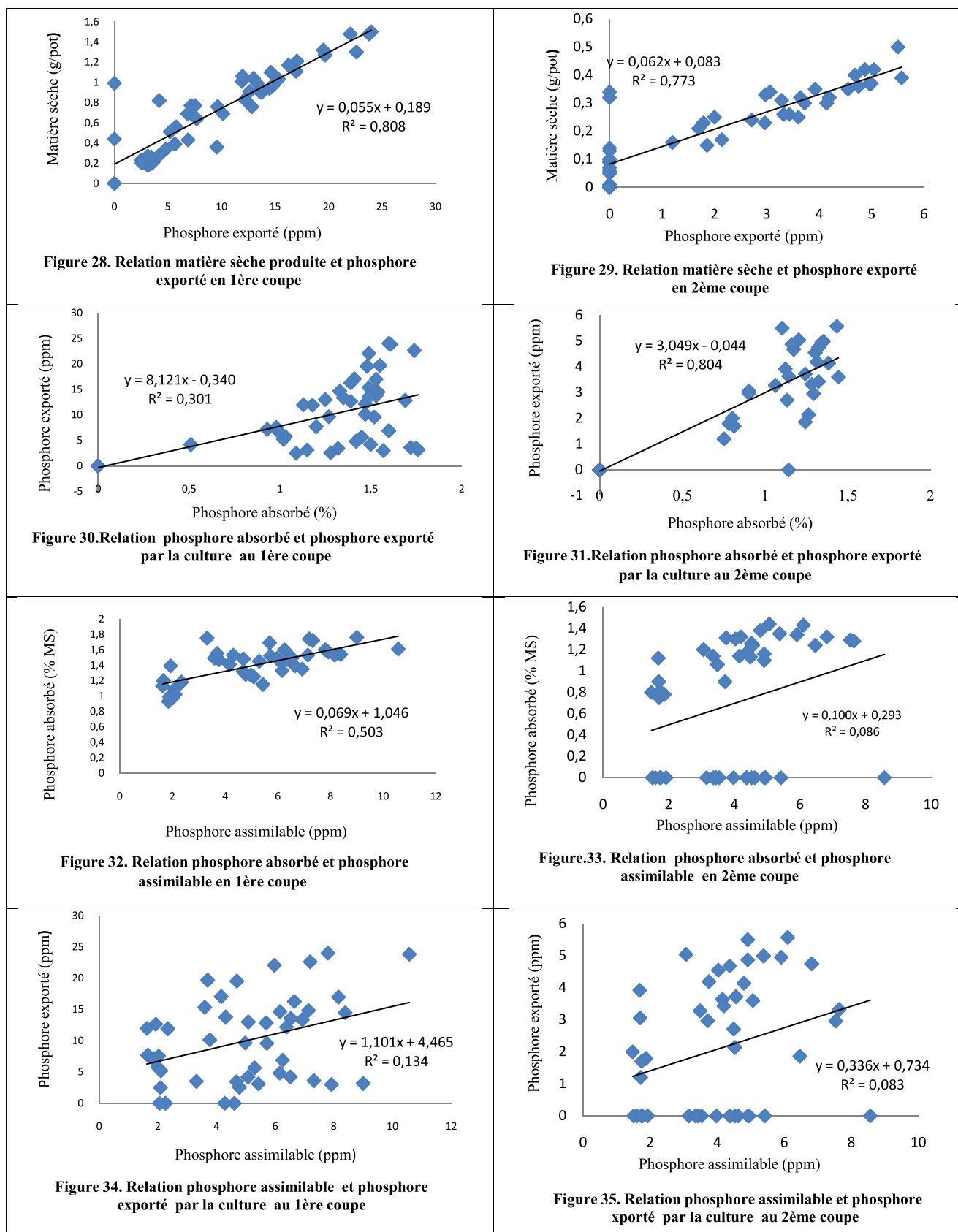
Figure 27. Relation matière sèche produite et phosphore absorbé en 2^{ème} coupe

De même, il existe de très bonnes relations entre le rendement en biomasse et les exportations en phosphore en 1^{ère} coupe ($r=0,898^{***}$) et 2^{ème} coupe ($r=0,879^{***}$) (figures 28 et 29).

Des corrélations positives et significatives sont enregistrées entre les prélèvements du phosphore par le végétal et les exportations phosphoriques dans la 1^{ère} coupe ($r=0,548^{***}$) et la 2^{ème} coupe ($r=0,896^{***}$) (figures 30 et 31).

La teneur du sol en phosphore assimilable est corrélée positivement aux prélèvements du P par le végétal en 1^{ère} coupe ($r=0,504^{***}$) et en 2^{ème} coupe ($r=0,293^*$) (figures 32 et 33) d'une part, et d'autre part des liaisons étroites sont établies entre le P assimilable et les exportations phosphatées par la culture en 1^{ère} coupe ($r=0,366^*$) et 2^{ème} ($r=0,293^*$) (figures 34 et 35). D'après ZHENG et al (2003) in RAZI (2006), il existe une relation linéaire entre la quantité du phosphore disponible dans le sol et les quantités prélevées par le végétal.

Tableau 15. Des corrélations entre les différents paramètres étudiés



Conclusion générale

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

L'étude expérimentale réalisée au cours de l'année 2009-2010 au niveau de l'exploitation de l'ITAS (région d'Ouargla), nous a permis de juger et déterminer l'efficacité de la fertilisation phosphatée sur la dynamique du P dans le sol et sa cinétique d'absorption par la culture de ray-grass (*Lolium italicum* variété Gémini) à partir des quatre doses de trois types d'engrais phosphatés soit le simple super phosphate (0-20-0), le Fosfactyl (3-22-0) et le mono acide phosphate (12-52-0).

L'analyse de l'ensemble des paramètres étudiés permet de tirer les conclusions suivantes :

La matière sèche produite est influencée positivement par les facteurs engrais phosphatés, doses et leur interaction dans les trois coupes. Le FOS est l'engrais le plus efficace par rapport aux SSP et MAP. La dose 90 U P_2O_5 /ha a favorisé les meilleures productions dépassant le témoin de 80%, 91% et 79% respectivement en 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} coupes. De même, les combinaisons D90*MAP, D60*FOS et D30*FOS ont donné les meilleures productions de matière sèche dans les trois coupes.

Dans le but de suivre l'évolution des teneurs en P_2O_5 du végétal au cours du cycle, les analyses sont faites en deux périodes. Des différences significatives sont obtenues en 2^{ème} coupe du ray-grass où le FOS (0,84 % MS) et la dose 90 U P_2O_5 /ha (1,25 % MS) ont favorisé les meilleures absorptions. La meilleure combinaison est représentée par D90*MAP avec 1,35 % MS.

Les résultats des analyses statistiques faites sur la teneur du sol en phosphore assimilable, montrent une différence non significative entre les traitements.

Ce sol qui titrait avant l'apport d'engrais phosphaté 6,52 ppm de P assimilable dans la profondeur (0-20 cm), a subi un enrichissement en cet élément provoqué par l'apport d'engrais phosphaté. Au cours du cycle du ray-grass les quantités de phosphore assimilable ont diminuées en première coupe de 24%, 67%, 77% et 72,5% respectivement pour les doses D0, D30, D60 et D90 U P_2O_5 /ha par rapport aux quantités initiales. A la deuxième

coupe, il n'en restait que des quantités de 28,86%, 20,24% et 20,03% respectivement pour les niveaux de doses 30, 60 et 90 U P₂O₅/ha. La diminution de cette teneur est due aux prélèvements du phosphore par la culture d'une part, et au transfert du phosphore vers des formes non assimilables d'autre part.

Les exportations du phosphore par la culture sont influencées positivement sous l'effet de la fertilisation phosphatée. Le FOS est l'engrais le plus efficace comparativement avec les autres engrais en donnant les meilleurs résultats (12,37 mg/pot). De même, l'efficacité des doses sur les exportations a tendance à augmenter avec l'accroissement suivant D0, D30, D60 et D90 U P₂O₅/ha. La valeur la plus élevée est obtenue par la dose 90 U P₂O₅ avec 16,2 mg/pot par contre la plus faible valeur est enregistrée par le témoin D0 U P₂O₅ avec 3,40 mg/pot soit un écart de 21%. Les meilleures interactions sont obtenues au niveau D90*MAP (22,53 mg/pot).

En fin, pour améliorer la productivité il serait préférable d'étudier d'avantage le comportement des engrais phosphatés dans le système sol-plante et mettre en évidence le type d'engrais et la dose optimale pour aboutir à un meilleur rendement.

Références bibliographiques

- ALLAM A. K., 1991:** Influence de la qualité de l'eau d'irrigation sur le comportement de LOLIUM sous palmeraies, cas de sidi mahdi-Touggourt, Mémoire Ing. Agro.Uni.Ouargla. 41p.
- ANONYME., 1982:** Le ray-grass d'Italie. Culture, utilisation. 23p.
- BAEYENS J., 1967:** Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliquée aux plantes Agricoles. Ed. Naivelaerts Louvin, 278p.
- BAIZE D., 2000:** Guide des analyses en pédologie. Ed. I.
- BELAID D.J., 1987:** Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hebder3) en condition de défiait hydrique. Thèse de magistère. I.N.A.108p.
- BELAID.D., 1996.-** Aspect de la certificateurs algérienne.87p.
- BENHAMOUDA 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. T8. Numéro 8 ; Novembre- Décembre.611-4.Notes de recherches. 4p.
- BLANCHET R., BOS M., et MAERTENS C., 1978:** Influence de l'état hydrique du sol sur l'alimentation phosphorique des plantes dans le sol. Phosphate et agriculture. Pp : 109- 119.
- BOSC M., 1976:** Dynamique de l'alimentation phospho- potassique de la plante dans le sol. Section 6, n° 8, pp : 1-6.
- BRAHIMI T., 1991:** Contribution à l'étude de l'utilisation des phosphates Naturels dans la fertilisation phosphatée d'un sol Saharien a Biskra, Mémoire Ing. Agro. Uni. Ouargla. 68p.
- BUCKMAN., 1990:** Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk- Hydro a,s. 258p.
- CASTILLON P., VILLEMIN P., et FARDEAU J.C., 1993:** Résidus de culture à intégrer dans le raisonnement .Perspectives Agricoles. n°181-juin.pp :33-34.
- CHARLES G., 1976:** Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie végétal .Annales de l'I. N. A. Vol .VI. n° 2.pp :119-121.
- DEZIRI S., 1986:** Evolution des engrais phosphatés dans les sole calcaires: cinétique d'insolubilisation suivant la teneur et la taille de la calcaire. Mémoire. Ing. I.N.A. El harrach.48p.

DIEHL R., 1975: Agriculture générale. 2^{ème} Ed. J.B. Baillière. Paris. 396p.

DRAOUI N., 2004: Effet de la fertilisation phosphatée sur le comportement d'une variété de blé tendre (*Triticum aestivum* L. Var Anza) conduite en conditions sahariennes. Thèse. magistère. Ouargla. 84p.

DURAND J.H., 1983: Les soles irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographique de l'université de paris-sorbonne, 389p.

DUTHIL J., 1967: La production fourragère. Ed. J.B. Paris. 320p.

DUTHIL J., 1973: Elément d'écologie et d'agronomie. T3. Ed. J.B. Baillière. 265p.

DUTIL P., 1976: La fertilisation phosphatée des sols calcaires. Ing. Agro. INA Vol VI n° 2. pp :75-80.

ELJARD J.L., 1979: Manuel d'agriculture générale, Base de la production végétale. T5. Ed. J. B. Baillière. 344p.

FARDEAU J.C., 1989: L'utilisation de isotope radioactif P³² dans le sol et la plante. comm. sem. Nat sur les sols céréaliers. Tiaret.

FARDEAU J.C et FROSSARD M., 1991: Processus de transformation du phosphore dans les sols de Afrique de l'ouest semi-aride : Application au phosphore assimilable. In phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Regional work shop 4. Africa. Univ. Saskatchewan. Pp:1-15.

FARDEAU J.C., 1993a: Le devenir du phosphore assimilable dans le sol et dans les systèmes sol-plante. Perspectives agricoles. n° 181-juin. Pp: 17-22.

FARDEAU J.C., 1993b: Le phosphore assimilable des sols, sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. Agr. Elsevier/I. N. R. A. n°13. Pp: 313-331.

FARDEAU J.C., 1994: Phosphore bio disponible du sol estimé par la méthode des cinétiques d'échanges isotopiques entre des ions ³¹PO₄ et ³²PO₄. Tiré à part, 15p.

GACHON L., 1969: La fertilisation phosphatée : Panorama des recherches récentes effectuées en France. Phosphore et agri. n°53. pp :17-19.

GACHON L., 1983: L'alimentation phosphatée des cultures. BM. 376. pp : 45-53.

GACHON.L et TRIBOL.F., 1988: Etudes des méthodes d'acréciation de l'offre phosphatés du sol – Le phosphore et le potassium dans les relations sol- plante. I. N. R. A. pp : 181-191.

GERVY R., 1970: Les phosphates et l'agriculture. Edition DUNOD, Paris. 298p.

GHUINI C., et HAFIDI R., 2009: L'effet de la fertilisation phosphatée sur les caractéristiques biochimiques du Blé dur (*Triticum durum* var. Simeto) dans la région saharienne El- Goléa. Mémoire. Ing. Uni. Ouargla. 61p.

GILLES., 1969: Rôle de la fumure phosphatée dans l'alimentation hivernale du blé. phosphore et Agri. n°52. pp :19-26.

GILLET.M., 1980: Les graminées fourragères descriptions fonctionnement application à la culture de l'herbe Ed. Gauthier. Villars. Paris. 306p.

GROS A., 1977: L'acide phosphorique, les engrais phosphaté. Guide pratique de la fertilisation. Ed. Maison rustique- Paris, 377p.

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

HAMMOUYA A., et ZENDAH B., 2008: Contribution à l'étude de la dynamique du phosphore dans le sysyème sol- plante d'une culture de Blé dur (*Triticum durum* L.Var. SIMETO) conduite en conditions sahariennes (Cas d'El- Goléa). Ing. Agro. Ouargla. 109p.

JERWAN S., 1972: Al Kanze. Dictionnaire Français- Arabe. 1^{ère} Ed. Bairout Lebanan. 1254p.

LAFFONT J. M., 1987: Semences fourragères et production d'herbe. Ed. Nouvelle Librairie SA. Paris. 96p.

LAMBERT J. C., 1979a: La fertilisation phosphorique et la conduite rationnelle des herbages en région tempérée, phosphore et agriculture n°76. Septembre. Pp: 7-16.

LAMBERT J. C., 1979b: « La fertilisation phosphatée » revue cultivar. n°115. Pp: 96-97.

LLORENS J. M., 2001: La méthode de raisonnement de la fertilisation PK un outil pour la fertilisation, COMOFER- GEMAS, 5^{ème} rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre, Blois, France, 27- 29 Novembre.

LOUE.A., 1982.- Le potassium et les céréales. Dossier K₂O₅, SCpa, n°22, pp: 1- 40.

MEKLIICHE A.1983: Contribution à l'établissement de la fertilisation azoté du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère. I. N. A. Alger. 81p.

MIHOUB A., 2009: Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de Blé dur (TRITICUM DURUML).Mémoire. Ing. Uni. Ouargla. 91p.

Office Nationale de la Météorologie,2011: Rapport sur les données climatiques de Ouargla.

POUSSET J., 2002: Engrais vert et fertilité des sols. 2^{ème} Ed. Paris. Pp: 180.

RAZI S., 2006: étude expérimental de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique et sa cinétique d'absorption par le ray-grass. Thèse de magistère. Agr. Batna. 169p.

RÖMER W., 1986: Influence von sprossund wurzel-wachstum auf die phosphatau fuahme beigetreide -P- Flauzen. Budenklut. JFürl and wirts chaftiche forchina 36 (3): 203- 206.

ROUVILLOIS- BRIGOL M., 1975: Le pays d'Ouargla, Sahara Algérien. Ed. Département de géographie de l'université de paris- Sorbonne. 389p.

SNOUSSI et HALITIM A., 1996: Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. Gst. Sol. Pp: 289- 298.

SOINS P et VAYSSE P., 1999: Fertilisation des vergers. Environnement et qualité. Ed. CTIFL. Pp: 47-52.

SOLTNER D., 1979: Les grandes productions végétales .collection science et techniques agricole.10^{ème} Ed. France.

SOLTNER D., 1988: Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles. 16^{ème} Ed. 464 p.

STANLEY A. barber., 1995: Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. 2nd Ed. John Wiley and Sons. 414p.

THELIER-HUCHE L., BONISCHOT., CONTAT F., et SALETTE J., 1996: Incidence à long terme d'une absence prolongée de fertilisation phosphatée sur prairie permanente. Revue Fourragère. N°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° 427/ février-mars. Pp : 28-34.

SOURCE ELECTRONIQUES:

1. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ray-grass-d'Italie>.2005
2. www.semensemag.fr/images/fiches-bo/cultiver-jardiner-ray-grass-italie.pdf.février2000.
3. www.unifa.fr/o7enseignants/cdferti/dossiers/pdf/PI/4principauxfertilisants.pdf

ANNEXE

Tableau 1. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (g/pot) en 1^{ère} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	136.16	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				0.11	14.5%
Var. Facteur2	2	43.13	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				0.15	20.5%
Var. Interaction1*2	6	6.19				

Tableau 2. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche(g/pot) en 2^{ème} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	345.22	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				0.02	11.5%
Var. Facteur2	2	26.80	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				0.06	26.1%
Var. Interaction1*2	6	4.25				

Tableau 3. Influence de la fertilisation phosphatée sur la production de matière sèche (g/pot) en 3^{ème} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	73.12	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				0.20	20.5%
Var. Facteur2	2	7.94	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				0.27	28.5%
Var. Interaction1*2	6	3.44				

Tableau 4. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbé par le ray-grass (%MS) en 1^{ère} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	1.62	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				0.46	36.1%
Var. Facteur2	2	0.60	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				0.36	28.7%
Var. Interaction1*2	6	2.09				

Tableau 5. Influence de la fertilisation phosphatée sur la teneur du phosphore absorbé par le ray-grass (%MS) en 2^{ème} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	50.60	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				0.26	36.9%
Var. Facteur2	2	5.64	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				0.33	47.2%
Var. Interaction1*2	6	2.45				

Tableau 6. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 1^{ère} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	3.55	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				2.17	43.7%
Var. Facteur2	2	0.27	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				2.17	43.8%
Var. Interaction1*2	6	0.85				

Tableau 7. Influence de la fertilisation phosphatée sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol (ppm) en 2^{ème} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	ET	CV%
Var. Total	47					
Var. Facteur1	3	0.99	3.86	6.99		
Var. Residuelle1	9				1.96	48.4%
Var. Facteur2	2	3.06	3.40	5.61		
Var. Residuelle2	24				1.62	40.0%
Var. Interaction1*2	6	0.42				

Tableau 8. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass (mg/pot) en 1^{ère} coupe

	DDL	Test F	F5%	F1%	Probabilities	CV%
Interception	1	416,93			0,000000	
Var. Facteur1	2	44,33	3.86	6.99	0,000000	45%
Var. Facteur2	3	9,327	3.40	5.61	0,000114	
Var. Interaction1*2	6	4,938			0,000938	
Erreur	35					

**Tableau 9. Influence de la fertilisation phosphatée sur les exportations du phosphore par le ray-grass
(mg/pot) en 2^{ème} coupe**

	DDL	Test F	F5%	F1%	Probabilite	CV%
Interception	1	193,51			0,000000	
Var. Facteur1	2	52,95	3.86	6.99	0,000000	66,19%
Var. Facteur2	3	5,64	3.40	5.61	0,002824	
Var. Interaction1*2	6	2,92			0,19771	
Erreur	36					

Résumé

Étude de la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass.

L'objectif de notre expérimentation est d'étudier la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass dans un sol de la région d'El-Goléa sous l'effet de différentes sources et doses phosphoriques.

La matière sèche produite est influencée positivement par les facteurs engrais phosphatés, doses et leur interaction dans les trois coupes. Le FOS est l'engrais le plus efficace par rapport aux SSP et MAP. La dose 90 U P_2O_5 /ha a favorisé les meilleures productions dépassant le témoin de 80%, 91% et 79% respectivement en 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} coupes. De même, les combinaisons D90*MAP, D60*FOS et D30*FOS ont donné les meilleures productions de matière sèche dans les trois coupes.

On note des liaisons très hautement significatives entre la matière sèche et le P absorbé ($r=0,824^{***}$) d'une part et les exportations ($r=0,89^{***}$) du P par la culture de ray-grass d'autre part. Les meilleures teneurs et exportations en P sont favorisées par l'engrais FOS et la dose 90 U P_2O_5 /ha, et la meilleure combinaison est obtenue avec D90*MAP.

Concernant le phosphore assimilable, on observe une diminution des teneurs au cours des 1^{ère} et 2^{ème} coupes par rapport aux quantités initiales pour les trois engrais apportés. L'écart le plus important est enregistré par l'engrais SSP.

Mots clés: fertilisation, phosphore, ray-grass, matière sèche, absorption, El -Goléa.

Summary

The study of the impact of absorption the phosphorus by the ray-grass.

The objective of our experiment is to study the kinetic of absorption the phosphorus by the ray-grass in the soil the region of El-Goléa under the effect of different sources and doses of phosphorus.

The dry matter produced is positively influenced by factors phosphate fertilizer doses and their interaction in the three cuts. The FOS is the most effective fertilizer in relation to SSP and MAP. Dose 90 U P₂O₅/ha favored the best productions to exceed the evidence of 80%, 91% and 79% respectively in the first, second and third cuts. Similarly, combinations MAP*D90, D60* FOS and D30* FOS gave the best productions of dry matter in three sections.

To register the very high significant connection between the dry matter and P absorbed ($r = 0.824$ ***) on the one hand and exports ($r = 0.89$ ***) P by the ray-grass on the other. The best grades and P exports are favored by the fertilizer FOS and dose 90 U P₂O₅/ha, and the best combination is obtained with D90*MAP.

Relating to phosphorus dissoluble, there is a decrease in level of quantity over the first and second sections relative to initial amounts for the three fertilizers made. The largest diverge is recorder by the SSP fertilizer.

Key words: fertilization, phosphorus, ray-grass, dry matter, absorption, El- Goléa.

الملخص

دراسة أثر امتصاص الفسفور على نبات الزوان (ray-grass)

إن الهدف من هذا العمل هو دراسة أثر امتصاص الفسفور على النبات العشبي الزوان في تربة من منطقة El- Goléa تحت تأثير ثلاثة أنواع مختلفة من السماد الفسفوري و بتركيز محددة.

لقد كان للأسمدة الفسفورية بتركيزها المختلفة وكذلك للعلاقة بينهما تأثيرا ايجابيا في إنتاج المادة الجافة وذلك خلال المقاطع الثلاث. السماد FOS هو السماد ذا الفعالية الناجعة بالمقارنة مع SSP و MAP . التركيز 90 وحدة فسفور/هكتار سجل إنتاجا ممتازا يفوق التركيز الشاهد بـ : 80 % ، 91 % و 79 % على التوالي في القطع الأول ، الثاني و الثالث . نفس الشيء ، العلاقات D30* FOS, D60* FOS, MAP*D90 أعطت أحسن إنتاجية في المادة الجافة وذلك خلال المقاطع الثلاث .

نسجل كذلك علاقات جد فعالة بين المادة الجافة المنتجة و الفسفور الممتص ($r = 0.824 ***$) من جهة و تصدير الفسفور من طرف نبات الزوان من جهة أخرى . أعلى القيم المسجلة في التصدير الفسفوري كانت تحت تأثير السماد FOS و التركيز 90 وحدة فسفور/هكتار ، و أمثل علاقة سجلت بين MAP*D90 .

فيما يخص الفسفور في التربة ، نلاحظ تناقص في نتائجه المسجلة خلال القطعين الأول و الثاني مقارنة بالكميات الابتدائية بالنسبة إلى الأسمدة الثلاثة المستخدمة . التباين الأكثر بروزا سجل من طرف السماد SSP.

الكلمات الدالة : تسميد ، فسفور ، ray-grass ، المادة الجافة ، امتصاص ، El- Goléa.

Résumé

Étude de la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass.

L'objectif de notre expérimentation est d'étudier la cinétique d'absorption du phosphore par le ray-grass dans un sol de la région d'El-Goléa sous l'effet de différentes sources et doses phosphoriques.

La matière sèche produite est influencée positivement par les facteurs engrais phosphatés, doses et leur interaction dans les trois coupes. Le FOS est l'engrais le plus efficace par rapport aux SSP et MAP. La dose 90 U P₂O₅/ha a favorisé les meilleures productions dépassant le témoin de 80%, 91% et 79% respectivement en 1ère, 2ème et 3ème coupes. De même, les combinaisons D90*MAP, D60*FOS et D30*FOS ont donné les meilleures productions de matière sèche dans les trois coupes.

On note des liaisons très hautement significatives entre la matière sèche et le P absorbé ($r=0,824^{***}$) d'une part et les exportations ($r=0,89^{***}$) du P par la culture de ray-grass d'autre part. Les meilleures teneurs et exportations en P sont favorisées par l'engrais FOS et la dose 90 U P₂O₅/ha, et la meilleure combinaison est obtenue avec D90*MAP.

Concernant le phosphore assimilable, on observe une diminution des teneurs au cours des 1ère et 2ème coupes par rapport aux quantités initiales pour les trois engrais apportés. L'écart le plus important est enregistré par l'engrais SSP.

Mots clés: fertilisation, phosphore, ray-grass, matière sèche, absorption, El -Goléa.

Summary

The study of the impact of absorption the phosphorus by the ray-grass.

The objective of our experiment is to study the kinetic of absorption the phosphorus by the ray-grass in the soil the region of El-Goléa under the effect of different sources and doses of phosphorus.

The dry matter produced is positively influenced by factors phosphate fertilizer doses and their interaction in the three cuts. The FOS is the most effective fertilizer in relation to SSP and MAP. Dose 90 U P₂O₅/ha favored the best productions to exceed the evidence of 80%, 91% and 79% respectively in the first, second and third cuts. Similarly, combinations MAP*D90, D60* FOS and D30* FOS gave the best productions of dry matter in three sections.

To register the very high significant connection between the dry matter and P absorbed ($r = 0.824^{***}$) on the one hand and exports ($r = 0.89^{***}$) P by the ray-grass on the other. The best grades and P exports are favored by the fertilizer FOS and dose 90 U P₂O₅/ha, and the best combination is obtained with D90*MAP.

Relating to phosphorus dissoluble, there is a decrease in level of quantity over the first and second sections relative to initial amounts for the three fertilizers made. The largest diverge is recorder by the SSP fertilizer.

Key words: fertilization, phosphorus, ray-grass, dry matter, absorption, El- Goléa.

المخلص

دراسة أثر امتصاص الفسفور على نبات الزوان (ray-grass)

إن الهدف من هذا العمل هو دراسة أثر امتصاص الفسفور على النبات العشبي الزوان في تربة من منطقة El- Goléa تحت تأثير ثلاثة أنواع مختلفة من السماد الفسفوري وبتراكيز محددة.

لقد كان للأسمدة الفسفورية بتراكيزها المختلفة وكذلك للعلاقة بينهما تأثيرا ايجابيا في إنتاج المادة الجافة وذلك خلال المقاطع الثلاث. السماد FOS هو السماد ذا الفعالية الناجعة بالمقارنة مع SSP و MAP. التركيز 90 وحدة فسفور/هكتار سجل إنتاجا ممتازا يفوق التركيز الشاهد بـ 80 % ، 91 % و 79 % على التوالي في القطع الأول، الثاني و الثالث. نفس الشيء، العلاقات D90*MAP، D60* FOS، D30* FOS أعطت أحسن إنتاجية في المادة الجافة وذلك خلال المقاطع الثلاث.

نسجل كذلك علاقات جد فعالة بين المادة الجافة المنتجة و الفسفور الممتص ($r = 0.824^{***}$) من جهة و تصدير الفسفور من طرف نبات الزوان من جهة أخرى. أعلى القيم المسجلة في التصدير الفسفوري كانت تحت تأثير السماد FOS و التركيز 90 وحدة فسفور/هكتار ، و أمثل علاقة سجلت بين D90*MAP.

فيما يخص الفسفور في التربة ، نلاحظ تناقص في نتائجه المسجلة خلال القطعيين الأول و الثاني مقارنة بالكميات الابتدائية بالنسبة إلى الأسمدة الثلاثة المستخدمة. التباين الأكثر بروزا سجل من طرف السماد SSP.

الكلمات الدالة: تسميد ، فسفور ، ray-grass ، المادة الجافة ، امتصاص ، El- Goléa.