

Etude expérimentale de l'efficacité de la fumure phosphatée en fonction de la nature des engrais utilisés

Dilmi A. et Kourgli N.

Département de Science du Sol, ENSA – El harrach, Alger

Résumé

Le phosphore assimilable est l'un des facteurs limitants de la production agricole. Une fertilisation phosphatée permet d'augmenter les teneurs en phosphore assimilable du sol et d'améliorer le rendement. Le triple superphosphate (TSP) est l'engrais phosphaté le plus utilisé dans le monde, mais son coût élevé incite à le substituer par un autre engrais moins coûteux et aussi efficace. Une étude comparative est conduite au laboratoire entre deux engrais, le triple superphosphate (TSP) et le simple superphosphate (SSP) sur une culture de Ray-grass d'Italie. Les résultats obtenus ont montré que l'apport de la fumure phosphatée provoque une augmentation de la production de matière sèche (M.S) (T0 : 0,25 g MS/pot ; TSP : 0,27 g MS/pot et SSP : 0,30 g MS/pot), mais l'analyse de la variance a montré des différences non significatives entre les traitements ($P = 0,4$). La teneur en phosphore du végétal a remarquablement augmenté (T0 : 0,41 % de MS ; TSP : 0,49 % de MS ; et SSP : 0,58 % de MS), l'analyse de la variance montre un effet significatif des traitements ($P = 0,01$), le SSP s'avère plus efficace que le TSP. Une nette diminution du pH du sol est enregistrée entre les traitements (T0 : 7,78 ; TSP : 7,59 et SSP : 7,51), le SSP et le TSP induisent une acidification comparable du sol mais qui est plus importante par rapport au témoin. L'effet de la fumure phosphatée est significatif ($P = 0,01$) sur la teneur résiduelle en phosphore assimilable du sol, le SSP est plus efficace que le TSP. Les résultats obtenus montrent que le SSP, permet une amélioration de la nutrition phosphatée de la plante et une acidification du sol, ce qui le rend très intéressant pour les sols calcaires.

Mots-clés : phosphore assimilable, fertilisation phosphatée, SSP, TSP, Ray-grass

Summary

Available phosphorus, is one of the limiting factors of agricultural production. A phosphatic fertilization makes it possible to increase available phosphorus of soil, the TSP is the phosphate-enriched fertilizer to use more to this end. But, the high cost of this one incite to substitute it by another less expensive and so effective manure. A comparative study is led in laboratory between two manures, the TSP and the SSP on an Italian Ryegrass culture. The results obtained showed an increase in dries matter production (T0: 0,25 g/pot; TSP: 0,27 g/pot and SSP: 0,30 g/pot); the study of the variance showed nonsignificant differences ($P = 0,4$). The plant total phosphorus content has remarkably increased (T0: 0,41 %; TSP: 0,49 % and SSP: 0,58 %), the effect are significant ($P = 0,01$). A clear variation in soil pH is recorded between the treatments (T0: 7,78; TSP: 7,59 and SSP: 7,51), the effect is significant ($P = 0,01$). Results obtained show that the SSP, allows an improvement in phosphatic nutrition of the plant and an acidification of the soil, which makes it very interesting for the calcareous soils.

Key words : available phosphorus, phosphate fertilization, SSP, TSP, fertilizers, Rye-grass

Introduction

Le phosphore est un élément indispensable à la croissance et au développement des plantes (Lambert et al., 1976). Il est l'un des principaux facteurs limitants de la production agricole (Brye et al., 2002).

De nos jours, l'une des préoccupations majeures de l'agriculteur est de satisfaire les besoins nutritionnels des plantes, en complétant l'offre du sol en éléments nutritifs dans des conditions économiquement rentables (Gros, 1979). La pratique de la fumure phosphatée permet d'assurer une nutrition phosphatée convenable malgré la faiblesse des réserves du sol (Gros, 1979).

D'après certains auteurs (Bimpoloc, 1974 ; Halfaoui, 1976 ; Benamara et conesa, 1976 ; Douaoui, 1985 in Salah, 1994), les sols d'Algérie présentent un niveau de fertilité faible en phosphore assimilable. Les travaux de Coppenet et al. (1988) ont montré qu'une fertilisation phosphatée des sols très pauvres ou pauvres en phosphore assimilable permet d'accroître fortement la production végétale. Cependant, les différentes formes de ces engrais n'ont pas la même efficacité agronomique (Radhouani, 1995).

En Algérie, l'utilisation des engrais phosphatés a connu une augmentation rapide à une certaine époque, mais leur coût n'a pas cessé d'augmenter, notamment le triple superphosphate qui présente un coût de fabrication élevé (Bedrani et al., 2001). L'utilisation d'un engrais moins concentré et moins coûteux que le triple superphosphate est alors envisageable. Le simple superphosphate constitue un engrais phosphaté potentiel, il est actuellement fabriqué par FERTAIL.

En Afrique de l'Est, les études menées par l'IFDC/ICRISAT ont montré que l'application d'un engrais phosphaté sous forme du simple superphosphate a permis d'accroître le rendement en Mil chandelles de 90 % avec une dose de 30 kg de P_2O_5 /ha. Dans notre pays, les essais comparatifs entre le simple superphosphate et le triple superphosphate, réalisés sur les cultures de blé dur et le pois chiche ont produit de meilleurs rendements avec le simple superphosphate par rapport au triple superphosphate (Amroun, 2003 ; Feknous, 2000).

Ce travail a pour objet l'étude de la possibilité d'utiliser le simple superphosphate comme engrais

de substitution au triple superphosphate. Pour cela, ce travail porte sur la comparaison de l'efficacité du simple superphosphate par rapport à celle du triple superphosphate, en mettant en œuvre un test biologique et des analyses chimiques.

Matériel et méthodes

1. Matériel d'étude

1.1. L'échantillon de terre

L'échantillon de terre sur lequel a porté ce travail provient de la ferme de l'INA. Le prélèvement du sol a été effectué dans l'horizon de surface (0-25 cm), l'échantillon est ensuite séché à l'air libre, broyé et tamisé à 2 mm. Ces caractéristiques sont présentées dans le *tableau I*. Cet échantillon provient d'un sol calcimagnésique, sa texture est limono-argileuse, son pH est basique, il est modérément calcaire et non salin. La valeur du rapport C/N montre une bonne décomposition de la matière organique. Selon les normes proposées par Mémento de l'Agronome (1993), le sol étudié est assez riche en potassium assimilable, et moyennement pourvu en phosphore assimilable, cette fraction du phosphore a été déterminée par la méthode Olsen. Le choix est porté sur cette méthode d'analyse par ce qu'elle est la mieux adaptée aux sols neutres ou calcaires (Bowman et al, 1978 ; Holforde, 1980 ; Olsen et al, 1983 cités par Sen Tran et Giraux, 1987).

1.2. Le matériel végétal

La plante test est une graminée fourragère, le Ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*). Ce végétal est largement utilisé dans les essais en vase de végétation, en raison de son adaptation aux différents types du sol, de sa capacité à supporter plusieurs coupes et surtout de la courte durée de son cycle végétatif. Le poids de mille grains et la faculté germinative sont respectivement de 4,14 g/100 grains et de 86 %.

2. Méthodes d'étude

2.1. Méthode d'analyse des tissus végétaux

A chaque coupe, et après séchage à 60°C pendant 36 heures de la matière végétale récoltée, des analyses foliaires ont été effectuées selon la

Tableau 1 : Les caractéristiques de l'échantillon de terre

Paramètres Moyenne	Moyenne
Profondeur (cm)	0 - 25
pH (eau) (Méthode électrométrique au pH. mètre suspension sol / eau de 1 / 2,5)	8,03
CE (dS/m) (Au conductimètre suspension terre / liquide de 1/ 5)	0,14
Calcaire total (%) (Méthode volumétrique au calcimètre de Bernard)	5.07
N assimilable (mg/kg) (Extraction au KCl 1N)	0,70
P assimilable (ppm) (Méthode Olsen)	16,27
CO (%) (Méthode Anne)	0.90
MO (%) (Co x 1,72)	1,54
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (meq/100g de terre) (Percolation à l'acétate d'ammonium 1N)	11,31
Na ⁺ (meq/100g de terre) (Percolation à l'acétate d'ammonium 1N)	0,36
K ⁺ (meq/100g de terre) (Percolation à l'acétate d'ammonium 1N)	1,33
Analyse granulométrique (Méthode internationale à la pipette de Robinson)	
A %	31.81
LF %	9.03
LG %	15.16
SF %	10.87
SG %	30.60

méthode de Jackson (1957). La teneur en phosphore total du végétal a été déterminée par la suite par une attaque à l'aide d'un mélange triacide (acide nitrique, acide sulfurique et acide perchlorique), et dosage par colorimétrie.

2.1. Méthode expérimentale

Une expérimentation a été conduite au laboratoire, il s'agit d'un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets à six répétitions. 300g de sol ont été placés dans des pots en plastique de 400 g, 6 pots n'ont pas reçu de fumure phosphatée (T0), 6 pots ont reçu une fertilisation de 0,44 g /pot d'engrais sous forme du simple superphosphate à 18 % (T1), alors

que les 6 autres pots ont reçu une fertilisation de 0,17 g /pot d'engrais sous forme de triple superphosphate à 46 % (T2). Tous les pots ont reçus une fertilisation de 0,38 g d'N/pot sous forme d'ammonitrate (NH₄NO₃) à 33.5 %. Les doses du phosphore ont été calculées à partir d'une fumure de redressement, les doses de l'azote ont été calculées en se référant aux quantités assimilables trouvées d'après les analyses du sol et aux besoins de la culture. Les engrais phosphatés ont été enfouis sous forme de particules avant le semis, l'ammonitrate a été appliqué après la levée avec l'eau d'irrigation. Aucun apport en potassium assimilable n'a été fait puisque le sol est suffisamment pourvu en cet élément.

Le Ray-grass a été semé à raison de 1,5 g/pot (en prenant en considération la faculté germinative des grains). Des arrosages quotidiens ont été effectués à l'eau du robinet dont les doses ont été calculées pour chaque pot selon leur capacité au champ. Les quantités d'eau perdues par évapotranspiration sont compensées chaque jour par des apports d'eau, après leur évaluation par la pesée de trois pots déposés dans le dispositif expérimental. Deux coupes ont été réalisées à un rythme de coupe de 30 jours pour la première et 21 jours pour la deuxième coupe (Gachon, 1988 ; Fardeau et Japp, 1988). Les coupes ont été faites au ras du sol suivant un plan horizontal. Une fertilisation additionnelle en azote a été ajoutée à tous les pots après chaque coupe, avec la moitié de la dose mentionnée ci-dessus, le Ray-grass étant une espèce exigeante en azote (Sen Tran et Giroux, 1987).

Résultats

Les paramètres étudiés sont la production en matière sèche (pour les deux coupes), les teneurs du végétal en phosphore total, les teneurs finales du sol en phosphore assimilable, et le pH final du sol.

Les données ont été traitées par l'analyse de la variance, et les groupes homogènes ont été identifiés à l'aide du test de Newman-keuls ($P < 0,05$).

1. La production de matière sèche

Les productions en matière sèche sont relatives à deux coupes. Les résultats obtenus à l'issue de la première coupe montrent que les pots ayant reçu une fertilisation phosphatée présentent une production en matière sèche supérieure à celles du témoin, cette production est fonction du type d'engrais phosphaté utilisé (figure 1). Le rendement en matière sèche avec le SSP est légèrement supérieur (0,31 g/pot) de celui obtenu avec le TSP (0,28 g/pot). A l'issue de la deuxième coupe, les rendements ont fortement diminué, la différence est peu nette entre les traitements. L'analyse de la variance montre des différences non significatives entre les traitements pour les deux coupes.

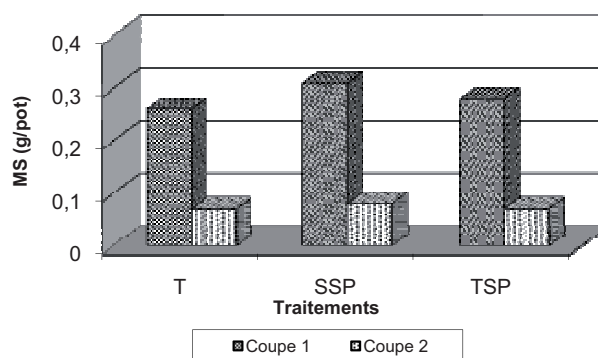


Figure 1 : Rendements en matière sèche de chaque coupe

2. Les teneurs de la partie aérienne du végétal en phosphore

Les quantités du phosphore prélevées par le végétal ne concernent que le phosphore localisé dans la partie aérienne. Les résultats obtenus à l'issue de la première coupe montrent que les pots enrichis en phosphore présentent des teneurs en phosphore supérieures à celles du témoin, ces teneurs varient en fonction du type d'engrais phosphaté (figure 2). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées avec le traitement SSP (0,66 %), suivies de celles du TSP (0,51 %) et enfin de celles du témoin (0,45 %). La différence entre les traitements est non significative.

A l'issue de la deuxième coupe, on remarque une diminution dans les teneurs en phosphore du végétal, mais l'effet est variable entre les traitements, avec un avantage pour le SSP (0,53 %) par rapport au TSP (0,48 %) et au témoin (0,42 %). A l'inverse de la première coupe, on note des différences significatives entre les traitements ($P = 0,02$). Le test

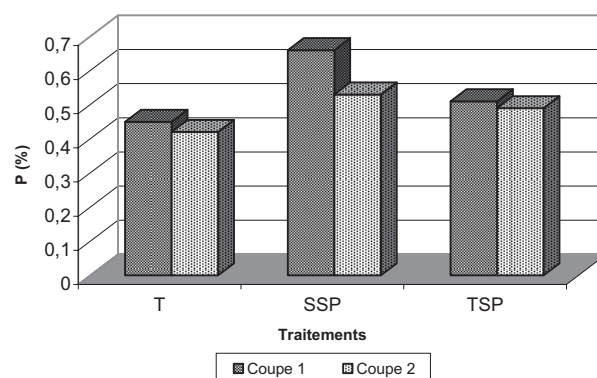


Figure 2 : Teneurs en phosphore des tissus récoltés

Newman-Keuls au seuil de 5 % a fait ressortir deux groupes homogènes pour le facteur traitement, le SSP appartient au groupe A, le témoin au groupe B et le TSP appartient au groupe A et B (intermédiaire).

Les résultats obtenus pour les quantités du phosphore prélevées par le végétal pour l'ensemble des deux coupes (*figure 3*) montrent une différence hautement significative aussi bien pour les traitements ($P < 0,001$) que pour les coupes ($P < 0,01$).

Le test Newman-Keuls au seuil de 5 % révèle trois groupes homogènes pour le facteur traitement, le SSP appartient au groupe A, le TSP au groupe B, le témoin au groupe C, et deux groupes homogènes pour le facteur coupe, la première coupe appartient au groupe A et la deuxième coupe au groupe B. Cependant, l'interaction entre les deux facteurs (traitements et coupes) n'est pas significative.

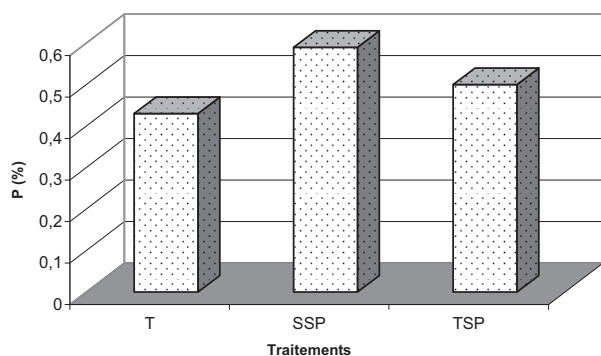


Figure 3 : Teneurs moyennes des tissus en phosphore pour les deux coupes

3. Les teneurs du sol en phosphore assimilable

Les teneurs du sol en phosphore assimilable concernent l'état initial et l'état final du sol après les 2 coupes. Les résultats obtenus montrent une augmentation dans les teneurs du sol en phosphore assimilable après une fertilisation phosphatée (*figure 4*), cette augmentation est fonction du type d'engrais phosphaté appliqué. Le traitement SSP présente la teneur en phosphore assimilable la plus élevée (31,66 ppm), suivi du traitement TSP (26,66 ppm). Par ailleurs, on note une légère diminution dans les teneurs en phosphore assimilable du sol témoin.

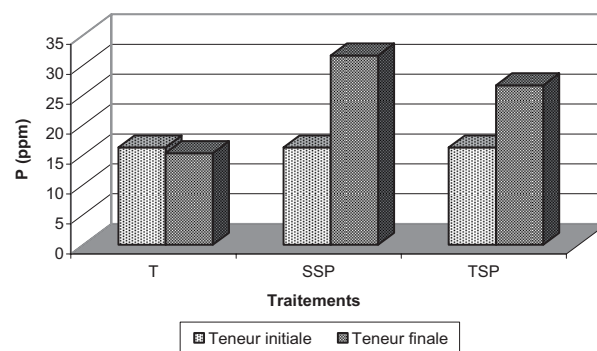


Figure 4 : Teneurs du sol en phosphore assimilable avant et après la culture

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des traitements ($P < 0,001$). Le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % a fait ressortir trois groupes homogènes pour le facteur traitement, le SSP appartient au groupe A, le TSP au groupe B et le témoin au groupe C.

4. Evolution du pH du sol

Le pH initial de l'échantillon est de 8.03, le pH final enregistre une diminution pour les trois traitements (*figure 5*). On note une nette diminution avec le SSP (pH final = 7,53), suivi du traitement TSP (pH final = 7,61) et enfin du témoin (pH final = 7,79). L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des traitements ($P < 0,01$).

Le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % révèle deux groupes homogènes pour le facteur traitement, le témoin appartient au groupe A, le TSP et le SSP appartiennent au groupe B.

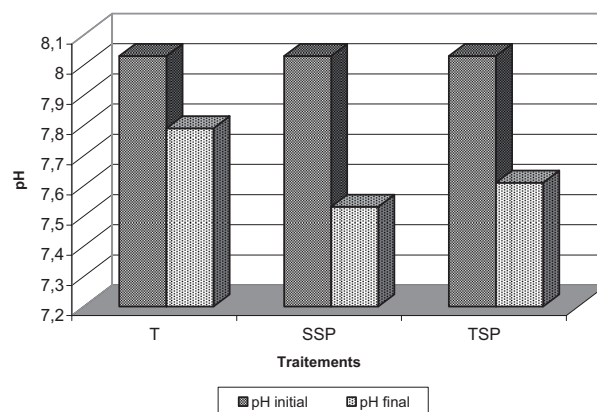


Figure 5 : Les valeurs initiale et finale du pH du sol

Discussion

Les résultats obtenus lors de cette expérimentation concernant le simple superphosphate et le triple superphosphate montrent des réponses différentes pour les paramètres mesurés.

La production en matière sèche n'était pas significativement différente entre les traitements. D'après Castillon et Massé (1993), Fardeau (1993) et Morel (2002), l'essentiel de ce que le végétal prélève provient de la réserve initiale biodisponible du sol, par conséquent l'apport d'un engrais phosphaté a un effet très réduit sur la production en matière sèche dans un premier temps.

Les teneurs en phosphore total du végétal, pour les deux coupes, varient en fonction des traitements. Le SSP donne des teneurs significativement supérieures à celles obtenues avec le TSP et le témoin. L'avantage que présente le SSP est dû à sa large distribution dans le volume de terre (Radhouani, 1995 ; Yana, 2003). Les quantités apportées sous forme du simple superphosphate sont environ trois fois plus importantes que celles apportées sous forme de triple superphosphate, le SSP aurait donc une meilleure distribution dans le sol, ce qui favorise le contact avec les racines et une meilleure assimilation du phosphore par la plante. Selon Gros (1979), la composition chimique du simple superphosphate montre aussi une plus grande richesse en soufre et en oligo-éléments que le triple superphosphate, ces éléments peuvent affecter la croissance du végétal.

A la fin de l'expérimentation, la teneur en phosphore assimilable du sol a augmenté avec les traitements SSP et TSP, par contre il s'est produit dans le témoin une diminution de sa teneur en phosphore assimilable. Les quantités du phosphore solubilisées avec le SSP étaient supérieures à celles libérées avec le TSP, cette solubilité est favorisée par le pH que possède chaque engrais phosphaté. D'après Feknous (2000), le pH du SSP plus acide (pH= 3,22) que celui du TSP (pH= 3,5) ce qui favorise sa solubilité, qui élève instantanément la concentration en phosphore de la solution du sol. Cet effet du pH est confirmé par les résultats obtenus qui montrent une diminution du pH du sol pour les trois traitements, la valeur la plus faible est obtenue avec le SSP par rapport au TSP et au

témoin. Cette diminution pourrait également être partiellement attribuée à une acidification localisée de la rhizosphère à la suite de l'excrétion racinaire d'acides organiques (Hinsinger, 2001).

Conclusion

Ce travail a porté sur l'étude de l'efficacité du simple superphosphate dans un sol en comparaison avec un autre engrais phosphaté de référence qui est le triple superphosphate. Les engrais ont été appliqués à une graminée fourragère qui est le Ray-grass d'Italie. L'apport du simple superphosphate n'a pas eu d'effet significatif sur la production de la biomasse végétale. Cependant, l'effet acidifiant de cet engrais favorise la mobilisation du phosphore conduisant ainsi à une amélioration dans la nutrition phosphatée de la plante.

Cette recherche a été réalisée en conditions contrôlées. Les résultats obtenus montrent que le simple superphosphate a une efficacité agronomique supérieure à celle du triple superphosphate dans un échantillon faiblement calcaire et pour une graminée.

Les résultats obtenus doivent être validés par des essais en plein champ.

Références

- Amroun R., 2003.- Le SSP et le NP des engrais de substitution au TSP dans la céréaliculture et les cultures maraîchères. Ed., ITGC, El Harrach, 11p.
- Bedrani S., Chehat F., Ababsa S., 2001.- L'agriculture algérienne en 2000 une révolution tranquille : PNDA. Perspectives agricoles, N° 1, INRAA, pp. 7-51.
- Brye K. R., Anderaski T. W., Jarrell W. M., Bundy L. G., Norman J. M., 2002.- Phosphorus leaching under a restored tallgrass prairie and corn agroecosystems. J. Environ. Qual., Vol. 31, pp. 769-781.
- Castillon P. et Masse J., 1993.- L'effet vieille grasse: un concept à revoir. Perspectives agricoles, N° 181, pp. 12-14.

- Coppenet M., Le Corre L., Guillou M., 1988.- Influence de la teneur du sol en P_2O_5 assimilable, de l'apport d'engrais phosphatés et de la hauteur des précipitations estivales sur la richesse en phosphore du ray-grass Italien (*Lolium multiflorum* L.). In phosphore et potassium dans les relations sol- plante. Ed., INRA, pp. 482-503.
- Fardeau J. C., 1993.- Le devenir de phosphore dans le sol et dans le système sol-plante. Perspectives agricoles, N° 181, pp 17-22.
- Fardeau J. C. et Jappe J., 1988.- Valeurs caractéristiques de cinétique de dilution isotopique des ions phosphates dans les systèmes sol- solution. In phosphore et potassium dans les relations sol-plante. Ed., INRA, pp 76-99.
- Feknous N., 2000.- Dynamique du phosphore en milieu calcaire et aride (cas d'Adrar) : Conséquence sur la fertilisation phosphatée du blé dur. Thèse Mag., INA, El Harrach, 84 p.
- Gachon L., 1988.- Comparaison des valeurs E et L ; application à l'examen de l'enrichissement de différents types de sol par divers engrais. In phosphore et potassium dans les relations sol-plante. Ed., INRA, pp. 197-203.
- Gros A., 1979.- Guide pratique de la fertilisation. 7^{ème} édition, La Maison Rustique, Paris, 238 p.
- Hinsinger P., 2001.- Interaction entre racines et l'altération des minéraux et la nutrition des végétaux. Mém. H. D. P., INRA- Montpellier, France, 147 p.
- Lambert J., Delhage J. P. ; Toussaint. B., 1976.- La fertilisation phosphorique et la conduite rationnelle des herbages en régions tempérés. Phos. et Agri., n° 76, pp. 7-16.
- Mémento de l'Agronome 1993.- Collection « Techniques rurales en Afrique ». 4^{ème} ed., 1635 p. Morel C., (2002). Caractérisation de la phytodisponibilité du phosphore du sol par la modélisation du transfert des ions phosphates entre le sol et la solution du sol. Mémoire. H. D. R., INRA- Bordeaux, France, 91 p.
- Radhouani A. D., 1995.- Effet de la forme de l'engrais phosphaté et de sa méthode application sur le rendement en grain du blé dur. Acte (Tunisie), Vol. I, pp. 45-50.
- Salah D., 1994.- Evaluation de l'état de fertilité phosphatée des sols d'Algérie. Mém. ing., INA, El Harrach, 78 p.
- Sen Tran T. et Giroux M., 1987.- Disponibilité du phosphore dans les sols neutres, et calcaires du Québec en relation avec leurs caractéristiques chimiques et physiques. Can. J. Soil. Sci., Vol 67, N° 1, pp. 1-16.
- Yana N., 2003.- Fumure starter en microgranules. L'engrais au plus près de la semence. Grandes cultures info, numéro spécial, pp. 47-48.