EFFET DE LA NUTRITION PHOSPHATÉE SUR LE RENDEMENT EN GRAIN ET LA CONCENTRATION DES GRAINS EN P, Mg2+ ET K+ DU BLÉ

BOUKHALFA-DERAOUI N[1]., HANIFI-MEKLICHE L.[2] et MEKLICHE A.[2]

1. *Université Kasdi Merbah Ouargla , Laboratoire des Bio-ressources Sahariennes: Préservation et Valorisation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., Algérie.*
2. *Laboratoire de Production végétale. ENSA (Ex. INA) Alger (16 000).*

Résumé: Ce travail a pour but d'étudier les effets comparés de trois engrais phosphatés (SSP, Fosfactyl et Mono-ammonium-phosphate) appliquées à différentes doses (30, 60 et 90 unités P_2O_5/ha) sur une culture de blé dur *Triticum durum* var. CARIOCA conduite sous irrigation en zone saharienne du Sud-Est de l'Algérie. Les doses d'engrais phosphatés ont influencés significativement le rendement en grain. La dose 60 kg.ha^{-1} et 30 kg.ha^{-1} ont généré des gains de 9,94 et 9,65% respectivement par rapport à la dose 90 kg.ha^{-1} P_2O_5. Les meilleures teneurs en phosphore et exportations du P par les grains sont obtenues avec le Simple Super Phosphate (SSP) à la dose 60 kg.ha^{-1}. Par ailleurs, des corrélations positives sont enregistrées entre les concentrations des grains en phosphore et en potassium (r = 0,607***) d'une part et en magnésium (r = 0,882***) d'autre part.

Mots clés : Blé dur, Carioca, Fertilisation, Phosphore, Sahara.

EFFECT OF PHOSPHATE NUTRITION ON PERFORMANCE OF GRAIN AND GRAINS CONCENTRATION WHEAT IN P, MG 2+ AND K +

Abstract: This work aims to study the comparative effect of three phosphate fertilizers (SSP Fosfactyl and Mono-ammonium phosphate) applied at different doses (30, 60 and 90 units P_2O_5/ha) on a culture of durum wheat *Triticum durum* var. CARIOCA conduct field under irrigation in the Saharan zone of south-eastern Algeria. The doses of phosphate fertilizers significantly influenced the grain yield of wheat. Dose 60 kg ha-1 P_2O_5 and 30 kg ha-1 P_2O_5 generated gains of 9.94 and 9.65% respectively compared to the dose 90 kg ha-1 P2O5. Best phosphorus and P exports by the kernels are obtained by the Single Super Phosphate fertilizer (SSP) and the dose level of 60 kg ha-1 P_2O_5. In addition, positive correlations were found between concentrations of phosphorus and potassium levels (r = 0.607***) on the one hand and magnesium (r = 0.882***) grains other.

Keywords: Durum wheat, Fertilizer, Phosphorus, Sahara

Introduction

Le phosphore est l'un des éléments majeurs nutritifs pour les plantes qui affecte directement ou indirectement tous les processus biologiques [1]. Il participe à tous les stades de développement des végétaux en sa qualité de support énergétique [2]. Une sous alimentation en phosphore peut induire une mauvaise valorisation de l'azote et du potassium [3].

Dans le sol, la biodisponibilité du phosphore est influencée par différents facteurs, à savoir l'humidité du sol, taux de matière organique, taux d'argile, pH de la solution du sol et le taux du calcaire ; ce dernier influe sur le pH du sol qui influe à son tour sur l'assimilation du phosphore [4 ; 5]. La carence en phosphore est un problème répandu dans les sols calcaires, et peut devenir un obstacle majeur à la croissance de la culture et la réalisation des rendements acceptables [6].

Les quantités du phosphore prélevées par les cultures doivent être réapprovisionnées par l'application d'engrais phosphatés et de

 Auteur correspondant BOUKHALFA-DERAOUI N. boukhalfan2005@yahoo.fr

fumier pour maintenir l'équilibre du phosphore du sol

Toutefois, dans certains cas son utilisation s'impose d'elle-même. L'exemple pris des régions désertiques comme l'Arizona, où le pH élevé et la faible teneur en eau du sol diminue fortement la solubilité de certains éléments et rend son absorption racinaire inefficace [7].

Des quantités excessives d'engrais minéraux sont appliquées à fin d'atteindre des rendements plus élevés des cultures [8], en induisant des conséquences irréversibles sur le milieu environnant, à savoir la salinisation et son effet sur les rendements des cultures et les caractéristiques du sol. Cependant, le raisonnement de la fertilisation doit être basée sur l'objectif de rendement ; les exigences des cultures et la disponibilité des éléments fertilisants en périodes de forte absorption par la culture [9].

Le présent travail, est une partie d'un projet de recherche sur la fertilisation phosphatée du blé dur en zones sahariennes mené sur dix campagnes agricoles [10 ; 11 ; 12]. Dans cet essai, nous avons étudié l'effet du phosphore sur le rendement et la nutrition minérale du blé en déterminant la relation entre les concentrations en P et celles des éléments K^+ et Mg^{2+}des grains.

1. Matériels et méthodes

12.1. Site expérimental

L'essai est conduit au champ sous irrigation durant la campagne 2009-2010 au niveau de l'exploitation de Hadjadj Mahmoud (*latitude 30°57', longitude 2°87' et une altitude de 397 m*) au sud de la wilaya de Ghardaïa.

Le climat des zones sahariennes est du type continental désertique caractérisé par de faibles températures hivernales, des températures estivales élevées, des vents de sable violents et une faible hygrométrie [13].

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est une espèce de blé dur (***Triticum durum*** variété CARIOCA R1), caractérisée par sa précocité et une tige courte. La semence utilisée présente une faculté germinative de 98% et un poids de 1000 grains de 59g.

2.3. Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe de l'albien qui se trouve à une profondeur de 250 m, à pH alcalin et appartenant à la classe C_2S_1 [14].

2.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté, est un model hiérarchisé à deux facteurs fixes, type d'engrais apportés à différentes doses. Les engrais testés sont le fosfactyl NP 3:22 ; simple super phosphate P (SSP) 20 et le mono-ammonium-phosphate NP (MAP) 11:52, qui sont appliqués à trois doses : 30 $kg.ha^{-1}$, 60 $kg.ha^{-1}$ et 90 $kg.ha^{-1}$ P_2O_5. La parcelle élémentaire mesure 4320 m², soit au total environ 4 ha.

2.5. Méthode d'étude

2.5.1. Paramètres étudiés

Au stade maturité, la récolte manuelle, a été effectuée sur 20 m linéaires par traitement, après, on a effectué les mesures du rendement en grain. Sur ces mêmes échantillons ont été réalisées les analyses chimiques des grains.

2.5.2. Analyse chimique du végétal

Les analyses chimiques du végétal sont réalisées au niveau du laboratoire d'écologie des prairies de Michamp (UCL Belgique). Le dosage du phosphore total dans les grains a été effectuée selon la méthode colorimétrique et le dosage des éléments K^+ et Mg^{2+} par spectrométrie à absorption atomique.

2.5.3. Analyse du Sol

Des prélèvements du sol ont été effectués à l'aide d'une tarière sur une profondeur de 30 cm. Les analyses ont été réalisées au niveau des laboratoires de

sciences du sol du département des sciences agronomiques U.K.M. Ouargla et de l'ENSA. (Ex I.N.A., Alger).

La mesure du pHeau (1/2,5) est réalisée par la méthode éléctrométrique. La conductivité électrique (1/5) est mesurée à l'aide d'un conductimètre [15]. Le calcaire total est mesuré par la méthode gazométrique. Le carbone organique est dosé par la méthode de

[16], la matière organique est obtenue par la formule suivante : MO% = C% * 1,72. L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldahl [17] et le taux du phosphore assimilable par la méthode Olsen [18].

2.5.4. Analyse statistique

L'analyse de la variance réalisée selon le modèle hiérarchique à deux facteurs [19].

3. Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol

Le sol étudié est peu évolué d'apport éolien, caractérisé par une texture sableuse et léger ; calcaire ; non salin et à pH alcalin. La teneur du sol en matière organique est très faible, ce qui provoque une mauvaise rétention en eau et en éléments minéraux (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié

Granulométrie			pH_{eau} (1/2,5)	CE (dS/m) (25°C, 1/5)	$CaCO_3$ (%)	M.O (%)	N. total (%)	Polsen (mg/kg)	K échang. (méq/100g)	Bases échangeables (méq/100g sol)			
SF	**SG**	**A+L**								**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**K^{+}**	**Na^{+}**
37,4	55,9	6,8	8,6	0,114	1,84	0,6	0,01	4,12	0,16	3,905	0,185	0,16	0,034

SF: sable fin; **SG**: sable grossier; **A**: argile; **L**: limon. **CE**: conductivité électrique; **MO**: matière organique.

3.2. Rendement en grain

Le rendement en grain est influencé significativement sous l'effet des doses d'engrais ($p \leq 0,05$), par contre le type d'engrais n'a eu aucun effet (tableau 2).

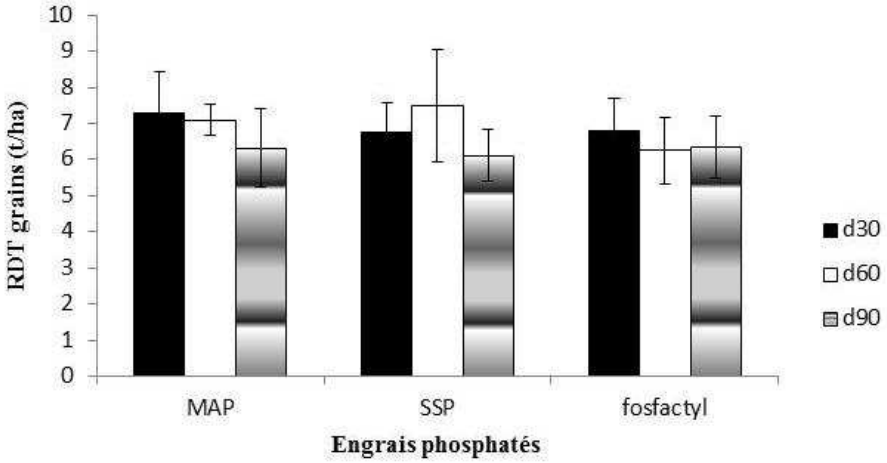

Figure 1 : Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement grain

Les deux doses 60 et 30 kg.ha-1 P2O5 ont favorisé l'obtention des rendements grain moyen les plus élevés, en enregistrant 6,948 t.ha-1 et 6,926 t.ha-1 respectivement. Ces deux doses ont généré des gains de 9,94 et

9,65% respectivement par rapport à la dose 90 kg.ha-1 P2O5

Malgré que les engrais n'aient pas eu d'effet significatif statistiquement, la figure 1 montre que les rendements diminuent avec l'accroissement des doses d'engrais MAP.

Le rendement le plus élevé est réalisé par l'engrais SSP au niveau de dose 60 kg.ha-1 P2O5.

Tableau 2 : Influence de différentes sources de phosphore sur le rendement en grain, taux de P, Mg, K et exportations de P des grains du blé

Parameters	Doses	Engrais				P < F	
		MAP	SSP	Fosfactyl		Engrais	Doses
RtG (t.ha^{-1})	**30**	7,273	6,772	6,783	**6,926** ^{a}		
	60	7,091	7,498	6,255	**6,948** ^{a}	ns	*
	90	6,326	6,118	6,331	**6,258** ^{b}		
		6,385	**6,779**	**6,800**			
[P]	**30**	0,377	0,395	0,389	**0,39**		
	60	0,394	0,404	0,386	**0,40**	**	ns
	90	0,39	0,401	0,376	**0,39**		
		0,39 ^{ab}	**0,40** ^{a}	**0,38** ^{b}			
[k^{+}]	**30**	0,614	0,613	0,628	**0,618**		
	60	0,616	0,621	0,605	**0,614**	ns	ns
	90	0,616	0,608	0,624	**0,616**		
		0,616	**0,614**	**0,619**			
[Mg^{2+}]	**30**	0,132	0,136	0,133	**0,134**		
	60	0,137	0,136	0,131	**0,135**	ns	ns
	90	0,132	0,134	0,13	**0,132**		
		0,134	**0,135**	**0,131**			
Exp P kg.ha^{-1}	**30**	27,76	25,83	25,95	**26.52**		
	60	28,66	31,54	24,82	**27.91**	ns	ns
	90	25,18	25,6	23,7	**24.83**		
		26.97	**27.66**	**24.63**			

MAP: mono-ammonium phosphate ; **SSP**: simple super phosphate ; **RtG**: rendement en grain ; **[P]**, **[k]** et **[Mg]** : teneurs en P, K et Mg en % matière sèche ; **Exp** : exportations. *, **, *** = différence significative P<0,05 P<0,01et P<0,001, respectivement; **ns** = non-significative.

Le poids de 1000 grains est un paramètre déterminant du rendement et est très influencé par les conditions de nutrition minérale surtout phospho-potassique [20 ; 21]. Selon [22], le rendement en grain du blé et la qualité de la farine sont fortement influencés par les effets de l'environnement au cours du remplissage du grain [23 ; 24 ; 25]. Selon ces derniers, les variables environnementales telles que la température, l'eau et les engrais influent sur la durée du développement du grain de blé, l'accumulation des protéines et le dépôt d'amidon.

3.3. Nutrition minérale

Lorsqu'une espèce est cultivée pour ses graines, l'essentiel du phosphore prélevé par la culture est présent dans le grain et donc exporté [26].

Le tableau 2 montre que l'effet engrais est significatif ($p \leq 0,01$) pour la teneur en phosphore des grains et non significatif pour les doses. Les meilleures teneurs moyennes sont obtenues par le type SSP (0,4%MS), suivi par MAP (0,39%MS) et le fosfactyl (0,38%MS).

La figure 2, montre que les teneurs en P des grains au niveau des parcelles traitées aux SSP et MAP évoluent en augmentant jusqu'aux alentours de 60 kg.ha^{-1} P_2O_5 puis se stabilisent jusqu'à 90 kg.ha^{-1} P_2O_5. Par contre dans le cas du fosfactyl, on assiste à une tendance à la diminution de ces teneurs avec l'accroissement des doses du P_2O_5.

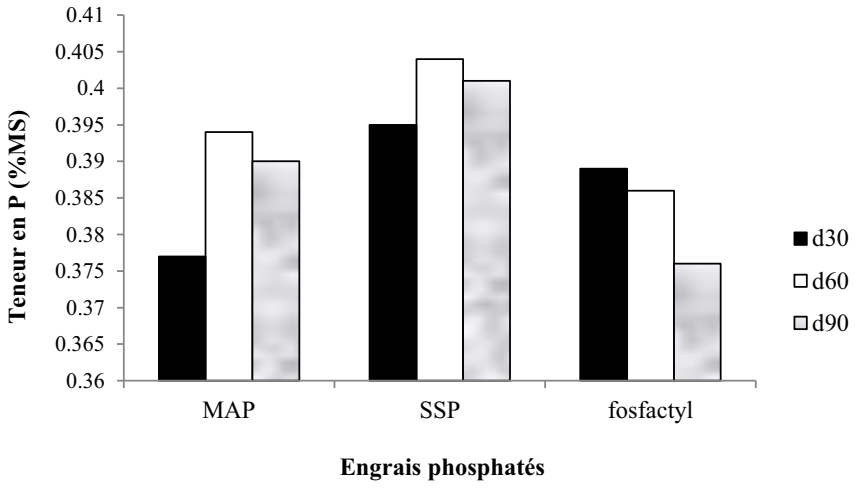

Figure 2 : Effet de la fertilisation phosphatée sur la concentration en P total des grains

De même, les quantités de phosphore exporté, les teneurs en K et Mg des grains n'ont pas été influencé par les types et les doses d'engrais phosphatés (tableau 2).

La figure 3 montre que les quantités de phosphore exporté par les grains les plus élevées sont réalisées avec le SSP et la dose 60 kg.ha^{-1}P_2O_5 (31,54 kg.ha^{-1}), et présente une tendance à la diminution des quantités exportées du P avec l'accroissement des doses d'engrais fosfactyl.

La droite de régression (figure 4) montre une très forte liaison entre les prélèvements de phosphore et le rendement en grain ($r = 0,94$***). Il est logique que la relation entre l'exportation de phosphore et le rendement en grain soit significative, car l'exportation en P provient de la teneur en cet élément et du rendement lui-même.

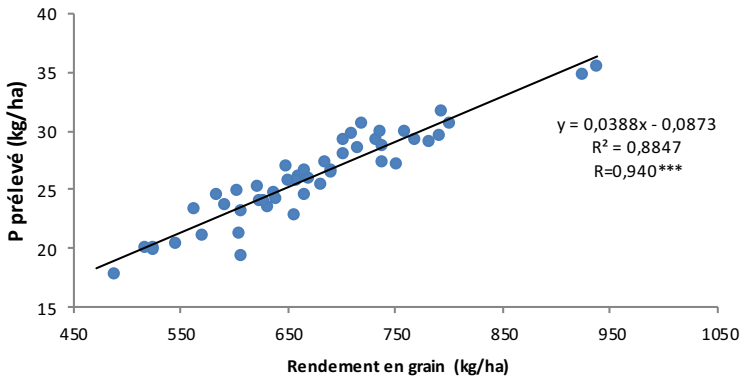

Figure 4 : Relation entre rendement et exportations du P par les grains

Ces résultats indiquent qu'une teneur en phosphore des grains élevée entraîne une augmentation de la teneur en potassium et en magnésium de ces derniers. Les teneurs en P des grains sont corrélées positivement avec celles du K^+(r = 0,607***) et du Mg^{2+} (r = 0,882***) (figures 5 et 6).

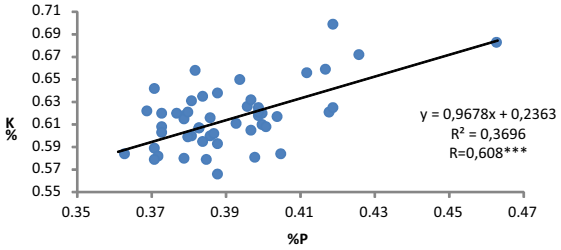

Figure 5 : Relation entre les teneurs en P et en K des grains

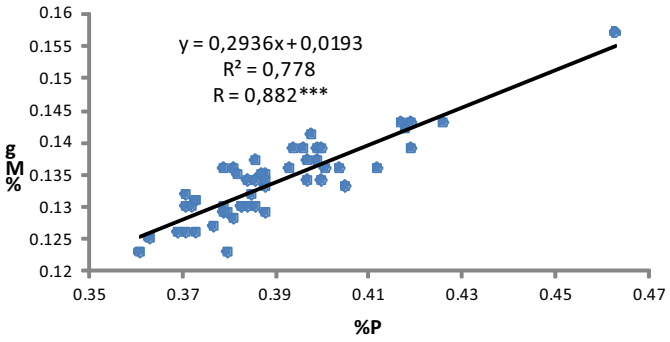

Figure 6 : Relation entre les teneurs en P et Mg des grains

Ces résultats suggèrent que la carence en P assimilable dans le sol n'affecte pas seulement la nutrition phosphatée mais peut également affecter l'absorption du K^+ et Mg^{2+} [27].

4. Conclusion

A la lumière des résultats obtenus durant l'essai (2009/2010), nous concluons que les doses ont eu des effets significatifs sur le rendement en grain, par contre les types d'engrais non pas eu d'effet. Par conséquent, le choix d'un engrais phosphaté devra se faire selon sa disponibilité sur le marché et son prix.

L'engrais Simple super phosphate a favorisé le meilleur rendement grain, alors que la dose optimale est 60 $kg.ha^{-1}$ P_2O_5 dans les conditions édapho-climatiques d'El-Menia.

De même, l'existence de liaisons positives et étroite entre les teneurs en P et en K^+ et Mg^{2+} mettent en évidence l'effet de la biodisponibilité du phosphore sur l'absorption minérale du blé dur.

5. Références bibliographiques

[1] Kashchandra G.R., 2005. Phosphorus and plant nutrition: An overview. *Agronomy. Phosphorus : Agricultural and environment*. J.T. Sims and A.N. Sharpley Editors., 46, 355-373.

[2] Duthil J., **1973** : Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, ed. J.B. Baillière. 654p.

[3] Soins P. et Vaysse P., **1999** : Fertilisation des vergers. ***Environnement et qualité***. Ed. CTIFL, pp : 47-52.

[4] Aslam M., Sharif Zia m., Rahmat ullah and Yasin M., 2000. Application of freundlisch adsorption isotherm to determine phosphorus requirement of several rice soils. *Int. J. Agri. Biol*. 2-4, 286-288.

[5] Naseri A.A., Hosseini Y., Moazed H., Abbasi F. and Samani H.M.V., 2010. Determining of soil phosphorus requirement with application of freundlich adsorption isotherm. *Asian J. Agri. Rea.*, 4(4), 226-231.

[6] Korkmaz K., Ibrikci H., Karnez E., Buyuk G., Ryan J., Oguz H. and Can Ulger A., 2010. Responses of wheat genotypes to phosphorus fertilization under rainfed conditions in the Mediterranean region of Turkey. *Scientific Research and Essayes*. Vol. 5(16), 2304-2311.

[7] Walworth J.L., Pond A.P., Sower G.J. and Kilby W., 2006. Fall-applied foliar zinc for pecans. *HortScience.* Vol. 41, N°1, pp. 275-276.

[8] Stewart W., Hammond L. and Kauwenbergh S.J.V., 2005. Phosphorus as a natural resource. Phosphorus: Agriculture and the environment, Agronomy Monograph N°46. Madison, American society of agronomy, Crop science society of America, Soil science society of America.

[9] Llorens J.M., 2001 : La méthode de raisonnement de la fertilisation PK un outil pour la fertilisation. *COMOFER-GEMAS, 5ème rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre,* Blois, France, 27-29 Novembre.

[10] Boukhalfa-Deraoui, N., M.T. Halilat, and A. Mekliche. 2011. Effet d'un apport de phosphore sur une culture de blé tendre conduite en conditions irriguées. *Revue des Bioressources* 1(1) : 39-46.

[11] Mihoub, A., H. Cheloufi, and N. Boukhalfa-Deraoui. 2013. Dynamique du phosphore dans le système sol-plante (cas du blé dur) en conditions agro-climatiques sahariennes. *Revue des Bioressources* 2 (2): 70-78.

[12] Mihoub, A. and N. Boukhalfa-Deraoui. 2014. Performance of different phosphorus fertilizer types on wheat grown in calcareous sandy soil of El-menia, southern Algeria. Asian journal of crop science.

[13] Djenane A., **1990**. Constat de situation des zones Sud des oasis algériennes. ***Options Méditerranéennes.*** Sér. *A* / *n* 1 1, 29-40.

[14] A.N.R.H., **2010**. Rapport d'analyse physico-chimique de l'eau d'irrigation d'El-Goléa. 2p.

[15] Aubert G., 1978. Méthodes d'analyse des sols. 2ème édition. Centre national de documentation pédagogique. Marseille, 198p.

[16] Walkley A. and C. A. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method, Soil Science, 37, 29-38.

[17] He X.T., Mulvaney R.L., et Banwart W.L., 1990. A rapid method for total nitrogen analysis using microwave digestion. Soil sci. soc. AM. J., 54, 1624-1629.

[18] Olsen S. R., C.V. Cole, F.S., Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circular, Gov. printing office. Washington D.C. 939, 1-19.

[19] Dagnelie P., 1970.Théorie et méthodes statistiques. 2, 451 p.

[20] Loue A., **1984** : Le potassium et les céréales. ***Revue de la potasse***. S.9 n°4, pp :1-18.

[21] Batten D., **1992**: A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant and Soil.* 146, 163-168.

[22] Dupont F.M. and Altenbach S.B., 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of cereal science,* 38,133-146.

[23] Grignac P., **1981** : Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. *Séminaire scientifique*. Bari (Italie). 185-194.

[24] Meynard J.M., **1987** : L'analyse de l'élaboration de rendement sur les essais de fertilisation azotée. Perspectives agricoles, n°115, pp :5-51.

[25] Gate P., Vignier L., Vadon B., Minov D., Lafarga A. et Zairi M., **1996** : Céréales en milieu méditerranéen un modèle pour limiter les risques climatiques. ***Perspectives agricoles***. N°27, 59-66.

[26] Castillon P., Cohan, J. P., et Masson, E. 2011 - Apport tardif d'azote sur céréales : l'intérêt des engrais foliaires est limité. *Perspectives agricoles*, (376) : 48-52.

[27] Saleque, M.A., M.J., Abdin, Z.U.Ahmed, M. Hassan, and G. M. Panaullah. 2001. Influences of phosphorus deficiency on the uptake of nitrogen, potassium, calcium, magnesium, sulfur, and zinc in lowland rice varieties. *Joutnal of Plant Nutrition* 24: 1621-1632.