EFFET D'UN APPORT DE PHOSPHORE SUR UNE CULTURE DE BLÉ TENDRE CONDUITE EN CONDITIONS IRRIGUÉES

BOUKHALFA-DERAOUI NAIMA[1], HALILAT MOHAMMED TAHAR[1], MEKLICHE AREZKI[2]

[1.] *Laboratoire de Bio ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation. Université Kasdi Merbah Ouargla (30 000). Algérie.*
[2.] *Laboratoire de Production végétale. ENSA Alger (16 000). Algérie*

Résumé : Une analyse de la fertilisation phosphatée, portant sur le comportement et le rendement d'une culture de blé tendre conduite au champ sous irrigation en zone saharienne du sud de l'Algérie, montre que l'addition de phosphore, sous forme de superphosphate triple, influence toutes les composantes du rendement. L'apport de phosphore accroît le tallage, le nombre de grains par épis et le poids moyen des grains. Les résultats les plus élevés, quelle que soit la composante analysée, sont obtenus pour la dose la plus élevée utilisée dans cet essai : 180 kg $P_2O_5.ha^{-1}$. A cette dose, le rendement en grains croît, par rapport au témoin sans phosphore de 49,3 %. Les exportations de phosphore par les feuilles, les grains et les pailles croissent dans l'intervalle expérimental 0 - 180 kg P_2O_5. ha^{-1} expérimenté. Les quantités totales de phosphore prélevées par la plante augmentent en fonction des stades de croissance. Le coefficient apparent d'utilisation (CAU %) du phosphore apporté sous forme de superphosphate triple varie de 18,5 % pour la dose la plus faible à environ 11 % pour la dose la plus élevée. Ces valeurs de CAU % particulièrement élevées s'expliquent par un pouvoir fixateur très limité du sol pour les ions phosphate, malgré un pH élevé.

Mots clés : Blé, Fertilisation, Phosphore, Sahara.

Abstract : A phosphate fertilization analysis bearing on the behavior and yield of soft wheat cultivated in irrigated field within the southern Saharan region in Algeria, shows that the addition of phosphorus in the form of triple phosphate, affects all the yield components. The phosphorus amount increases tilling, the number of grains per ear as well as the average grains weight. The highest results, whatever may be the analyzed component, are obtained for highest dose used in such test: i.e. 180kg $P_2O_5.ha^{-1}$. The use of this dose increased the grains yield, in comparison with non-phosphorus sample by a rate of 49.3 %. The absorption of phosphorus by leaves, grains and straws increased within the 0 - 180 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ experiment range studied. The phosphorus total amounts absorbed by plant increased according to the growth phases. The phosphorus fertilizer use coefficient (CAU) varied from 18.5% for the smallest dose, to approximately 11 % for the highest dose. Such (CAU) values particularly high can be explained by the soil limited fixating capacity of the phosphorus ions despite of the high pH rate.

Key words: wheat, fertilization, phosphorus, Sahara.

Introduction

L'Algérie est actuellement le 4ème importateur mondial de blé avec des quantités ayant atteint l'année dernière un record historique de 6,35 millions de tonnes. La production nationale ne couvre que 30% des besoins nationaux, estimés à plus de 7 millions de tonnes [1].

L'apport de phosphore peut contribuer à l'amélioration des rendements de blé [2,3]. Cependant l'utilisation rationnelle des engrais doit être basée sur la connaissance de la richesse initiale du sol en éléments fertilisants et leur disponibilité en périodes de forte utilisation par les cultures et de l'objectif du rendement souhaité.

C'est pourquoi nous proposons d'étudier l'effet d'un apport de P sur le comportement et le rendement du blé et sa dynamique dans le système sol-plante dans les conditions édapho-climatiques sahariennes.

1. Matériel et méthodes

1.1 La zone de production

La localité d'Ouargla, située à une altitude de 157 m, se trouve au Sud - Est Algérien, au fond de la très large cuvette de l'Oued M'ya. La latitude nord est de 31°58′ et la longitude de 5°19′. Cette zone est caractérisée par un climat saharien, à hiver doux, et une saison estivale chaude et sèche. Les écarts de températures journaliers sont importants. L'intensité et la

fréquence des vents sont élevées et la température moyenne annuelle dépasse 23°c. La pluviométrie étant très faible et insuffisante, avec une moyenne de 33 mm .an^{-1} [4], ce qui rend impossible toute pratique d'agriculture annuelle sans irrigation. C'est pourquoi les essais présentés ont été conduit sous irrigation dans une ferme pilote de production céréalière d'Ouargla.

1.2 Matériel végétal

La variété utilisée est un blé tendre *Triticum vulgare*_var. Anza. Elle a été choisie en raison de sa précocité et sa résistance à la verse.

1.3 Sol

Les analyses physico-chimiques (tableau 1) montrent que le sol étudié est caractérisé par une texture légère à dominance sableuse. Le taux d'argile dans le profil étant faible avec une teneur moyenne de 7 %. Ce site présente également un faible taux de matière organique et une capacité d'échange cationique très faible de l'ordre de 6,35 méq/100g. Les teneurs en éléments nutritifs (N, P et K) apparaissaient facteur limitant probable du rendement du blé tendre, une situation qui imposait un apport de matières fertilisante. Le pH basique montre un risque d'immobilisation des phosphates ajoutés, ce qui a conduit à tester des doses d'apport jusqu'à 180 kg P_2O_5. ha^{-1}, bien supérieures à tous les prélèvements prévisibles.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du sol

Caractéristiques		Profondeur (cm)		
		0-20	20-40	40-60
Granulométrie	Argile %	6,43	7,46	7,64
	Limon %	6,37	5,82	6,24
	Sable %	87,2	86,72	86,12
pH		8,59	8,57	8,38
CE (dS /m)		0,99	1,02	1,22
Matière organique %)		0,67	0,65	0,61
Azote assimilable (ppm)		24,20	16,45	19,85
Potassium assimilable (ppm)		0,41	0,35	0,37
Phosphore assimilable (ppm)		11,54	3,66	2,66
Calcaire total (%)		7,44	6,85	6,85
Densité apparente		1,56	1,52	1,44
Bases échangeables (méq/100g)	Ca^{++}	3,55	3,37	4,73
	Mg^{++}	1,33	1,32	1,49
	K^{+}	0,053	0,137	0,065
	Na^{+}	1,42	1,65	1,59
	CEC	6,35	6,86	7,88

1.4 Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe du miopliocène qui se trouve à une profondeur de 130 m. d'après le diagramme de classification de Riverside, cette eau appartient à la classe C_4S_3.

Il s'agit d'une eau qui peut provoquer l'apparition d'une alcalinité pour la plupart des sols. Elle ne peut être utilisée que sur des sols perméables avec un bon drainage [5]. La quantité d'eau apportée durant le cycle du blé (726 mm) est en excès par rapport aux besoins de l'évapotranspiration pour assurer un fort lessivage des sels.

1.5 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet avec (4) traitements et (5) répétitions (blocs), soit au total vingt (20) parcelles élémentaires de 1200 m² chacune (50 m de long sur 24 m de large).

Les traitements consistent en différentes doses d'engrais phosphaté (Triple super phosphate granulé 46 %). Quatre doses de cet engrais sont comparées : 0, 60, 120 et 180 kg P_2O_5.ha^{-1}. L'épandage du TSP a été réalisé en une seule fraction par un épandeur d'engrais centrifuge le 16-11-2005.

L'azote et le potassium sont apportés respectivement sous forme d'Urée (46 % N) et de sulfate de potassium (50 % K_2O) sur toutes les parcelles, à des doses constantes de 230 N kg.ha^{-1}et 100 K_2O kg.ha^{-1}.

1.6 Précédent cultural

Le précédent cultural du site expérimental est un blé tendre. Une pré irrigation d'une semaine a eu lieu dans le but de favoriser la germination des repousses de la culture précédente et les graines de mauvaises herbes.

1.7 Conditions de déroulement de l'essai

Le travail du sol a consisté en un passage de cover crop suivi de la herse. Le passage du rouleau fut réalisé après l'apport de l'engrais triple super phosphate. Le semis a été réalisé le 17-11-2003 à l'aide d'un semoir en ligne, à la dose de 0.24 t.ha^{-1} et à une profondeur moyenne de 4 cm.

L'engrais azoté (Urée 46%) est apporté en plusieurs fractions par l'eau d'irrigation. La répartition des quantités d'azote est faite en fonction des stades de développement (tableau 2). La culture de blé a reçu les doses correspondantes de sulfate de potassium, fractionnées en deux apports (50%, 50%) au semis et au stade tallage à l'aide d'un épandeur d'engrais centrifuge. La récolte a eu lieu le 26-04-2004.

Tableau 2 : Quantités d'azote (U/ha) et d'eau (mm) par stade de culture

Stades	Périodes	Azote (U/ha)
Semis – Levée (1feuille)	17/11/02 – 25/11/02	00
Levée (1 feuille) - tallage (4 feuilles)	25/11/02 – 21/12/02	30
tallage (4 feuilles) – épi 1cm	21/12/02 – 21/01/03	106,5
Epi 1cm – floraison	21/01/03 – 23/03/03	85,7
Floraison – maturité	23/03/03 – 26/04/03	7,5

1.8 Paramètres mesurés

Pour chaque traitement nous avons délimité douze (12) mètres linéaires sur lesquels sont effectuées l'ensemble des mesures.

Le comptage du nombre d'épis par m² est réalisé au stade remplissage du grain. Au stade récolte, les échantillons de blé (tiges + épis) contenus dans un cadre de 1 m², répété 4 fois dans chaque parcelle élémentaire sont prélevés. Les épis sont battus à l'aide d'une batteuse à épis. Après battage des épis, 1000 grains sont comptés à l'aide d'un compteur automatique, puis pesés à l'aide d'une balance de précision.

Pour déterminer les quantités de phosphore prélevées aux trois stades repères, tallage, montaison et floraison, nous avons procédé au prélèvement d'échantillons de blé à ras du sol et à leur analyse. A maturité, le dosage du phosphore est déterminé dans le grain et la paille.
Le profil du sol est exploré par tranche de (0-20 cm), (20-40 cm), (40-60 cm).

Les prélèvements sont réalisés en deux stades différents, tallage et maturité du blé. Les échantillons du sol sont prélevés à raison de dix carottes par traitement. Ces carottes sont ensuite mélangées et forment un échantillon qui est analysé individuellement. Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode Olsen. Les résultats obtenus ont fait objet d'une analyse de la variance et différentes corrélations sont réalisées par le logiciel statistica.

2. Résultats et discussion

2.1 Elaboration du rendement

La ramification progressive de la plante consécutive aux processus de développement, se traduit morphologiquement à l'échelle du peuplement, par les composantes du rendement : nombre d'épis par plante, nombre de grains par épi et poids d'un grain [6]. L'analyse de ces composantes du rendement des céréales est aujourd'hui un outil pour porter un diagnostic sur les systèmes de cultures en vue de leur amélioration [7].

2.1.1 Nombre d'épis par m²

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que le phosphore a influencé de façon significative le nombre d'épis par m². La comparaison des moyennes a mis en évidence quatre groupes homogènes (a), (ab), (b) et (c), représentés respectivement par les traitements 180, 120, 60 et 0 kg $P_2O_5.ha^{-1}$.

L'apport de phosphore a provoqué une augmentation du nombre d'épis/m². La valeur la plus élevée du nombre d'épis/m², à savoir 331 épis par m², a été obtenue au niveau 180 kg $P_2O_5.ha^{-1}$. Elle dépasse le témoin sans apport de phosphore (232 épis/m²) de 30 % (tableau 3). Les peuplements épis par m² pour les différents niveaux 60, 120 et 180 kg P_2O_5 /ha sont respectivement de 294, 321 et 331.

2.1.2 Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale, très influencée par le nombre d'épis/m² [8]. L'analyse de la variance révèle une différence entre les traitements étudiés pour ce paramètre. Les trois niveaux de dose de phosphore 60, 120 et 180 kg de $P_2O_5.ha^{-1}$ ont formé un seul groupe homogène (a) avec respectivement 50, 46 et 49 grains/épi, soit une moyenne de 48,2 grains/épi. Par contre, le témoin forme un groupe à part (b) avec seulement 28,51 grains/épi (tableau 3).

Tableau 3 : Effet de la fertilisation phosphatée sur les composantes de rendement et rendement grain du blé.

Paramètres	Doses appliquées (kg P_2O_5 /ha)				Signification statistique
	0	60	120	180	
Epis /m²	232,5c	294b	321ab	331a	***
Grains /épi	28,5b	49,7a	46,2a	49a	***
PMG (g)	35,6	36,7	38,6	39	*
Rdt grain ($t.ha^{-1}$)	2,33b	3,70a	3,97a	4,60a	**

2.1.3 Poids de mille grains

Les résultats d'analyse de la variance ont révélé un effet du phosphore sur le PMG (tableau 3). La corrélation entre les doses de phosphore et le poids de 1000 grains est significative (r = 0,73*).

La comparaison des moyennes a permis d'obtenir deux groupes homogènes (a et b). Les deux niveaux de dose 120 et 180 kg de $P_2O_5.ha^{-1}$ ont formé le groupe (a) avec respectivement 38,57g et 39,16 g pour 1000 grains. Le second groupe (b) est représenté par le témoin sans phosphore (35,6 g), soit un écart de 3 g du poids de 1000 grains. La dose 60 unités a formé un groupe intermédiaire (ab) avec 36,7 g pour 1000 grains.

Le poids de 1000 grains est un paramètre influencé non seulement par les conditions de nutrition minérale et plus particulièrement phospho-potassique [9], mais également par les conditions climatiques [10]. Selon plusieurs travaux une élévation du nombre de grains entraîne une diminution du poids de 1000 grains [11] et [12]. Les résultats obtenus dans notre expérimentation confirment cette constatation au niveau 60 kg de P_2O_5 qui présentait le nombre de grains par épi le plus élevé. Cependant le PMG est faible par rapport aux deux autres niveaux 120 et 180 kg de phosphore.

2.1.4 Rendement en grain

Le rendement en grain croît avec les doses croissantes de phosphore. Le rendement le plus élevé est obtenu au niveau 180 $kgP_2O_5.ha^{-1}$ avec 4.60 $t.ha^{-1}$. Le témoin sans phosphore a formé un groupe à part avec 2,33 $t.ha^{-1}$. L'application du phosphore a généré un gain de 43 % des traitements fertilisés comparés au témoin sans phosphore.

La comparaison des moyennes a permis de regrouper les trois doses 60, 120 et 180 kg P_2O_5 $.ha^{-1}$ dans le même groupe (a) avec respectivement 3,7 ; 4 et 4,6 $t.ha^{-1}$ soit une augmentation de 36,8 %, 41,2 % et 49,3 % par rapport au témoin sans phosphore. Le témoin sans phosphore a formé un groupe à part (b) avec le rendement en grain le plus faible de l'ordre de 2,3 $t.ha^{-1}$.

L'utilisation de doses croissantes de phosphore sans faire augmenter les doses d'azote et de potassium était à l'origine de la formation d'un seul groupe (a) par les trois doses de P_2O_5 (tableau 3). Sachant que l'alimentation minérale des végétaux nécessite un équilibre entre les éléments nutritifs [13], plusieurs travaux ont montré qu'il existe une synergie entre les différents éléments nutritifs N, P et K. Il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphatés, qui font augmenter le rendement et améliorer la solubilité et l'absorption du phosphore [3]. L'utilisation du phosphore limite la chute du poids de 1000 grains, dus aux apports d'azote. L'azote en revanche, a un effet dépressif sur le poids de 1000 grains [14]. La mise à disposition de la plante du potassium aisément métabolisable, entraîne une assimilation accrue d'azote et du phosphore disponibles du système sol-engrais et, par conséquent, assure un rendement plus élevé et une nette amélioration de la composition minérale des grains et de la paille [15].

2.2. Nutrition phosphatée du blé

2.2.1 Évolution des teneurs du phosphore dans la matière sèche au cours du cycle

L'évolution temporelle des teneurs du phosphore dans la culture au cours du cycle permet d'apprécier l'état de la nutrition phosphatée des plantes. Des différences significatives sont enregistrées entre les traitements, marquant l'effet significatif d'un

apport d'engrais sur la teneur du phosphore dans les feuilles aux stades tallage et gonflement. Au stade floraison l'influence est non significative.

Nous remarquons que la teneur en phosphore des plantes ne recevant pas de fertilisation est toujours inférieure à celle des plantes qui en reçoivent (tableau 4). La courbe d'évolution de la teneur en phosphore du végétal à différents stades et différentes doses de phosphore (figure 1) montre que quelque soit la dose appliquée, la teneur en phosphore de la plante diminue régulièrement du stade tallage jusqu'au stade floraison. Ceci s'explique par une dilution du phosphore dans la matière végétale [3].

Tableau 4 : Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en P du blé (%)

Stades	Doses appliquées (kg P_2O_5 /ha)				Signification statistique
	0	60	120	180	
Tallage	0,457 b	0,604 ab	0,577 ab	0,769 a	*
Montaison	0,352 b	0,407 ab	0,457 a	0,476 a	*
Gonflement	0,379	0,403	0,389	0,412	NS

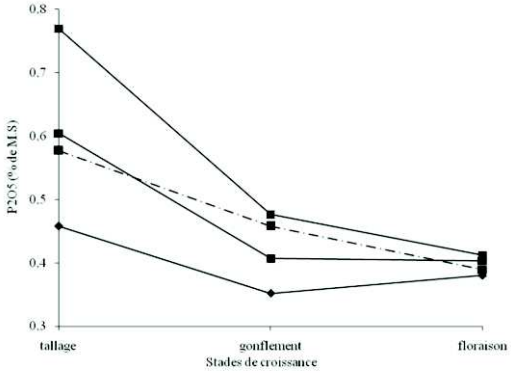

Figure 1. Evolution de la teneur en phosphore du végétal à différents stades de croissance de la culture et différentes doses de P2O5

D0 D1 D2 D3

2.2.2 Teneurs du phosphore dans les grains

Lorsqu'une espèce est cultivée pour ses graines, l'essentiel du phosphore prélevé par la culture est présent dans le grain et donc exporté [16].

L'application de phosphore a influencé significativement les teneurs en cet élément (% de M.S) des grains (tableau 5), qui semblent augmenter avec les doses de phosphore apportées. Les trois doses (60, 120 et 180 kg P_2O_5/ha) ont formé un seul groupe (a). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées au niveau 180 kg avec 0,673% de phosphore des grains. Le témoin sans phosphore a formé un groupe (b) à part, en donnant à chaque fois les valeurs les plus faibles (0,46 %). Le tableau (6) enregistre un accroissement de prélèvement de 20,25 gP.(kg MS)$^{-1}$ Obtenu avec la dose 180 kg P_2O_5/ha par rapport à la dose zéro.

Tableau 5 : Effet de la fertilisation phosphatée sur la teneur en phosphore des grains et pailles en P (%)

Organes	Doses appliquées (kg P_2O_5 /ha)				Signification statistique
	0	60	120	180	
Grains	0,460 b	0,590 a	0,613 a	0,673 a	**
Pailles	0,037	0,046	0,041	0,059	NS

2.2.3 Teneur du phosphore dans les pailles

La teneur du phosphore dans les pailles n'est pas influencée significativement par la fertilisation phosphatée, mais on retrouve la teneur en P_2O_5 la plus élevée dans les parcelles ayant reçu 180 kg, et la teneur la plus faible au niveau du témoin sans phosphore (tableau 6).

Tableau 6 : Apports et prélèvement de phosphore

Apport P_2O_5 kg P_2O_5.ha^{-1}	Rendement grain (kg.ha^{-1})	Teneur P gP.(kg MS)$^{-1}$	Prélèvement P kg P.ha^{-1}	Accroissement par rapport 0
0	2330	0,460	10,7	/
60	3700	0,590	21,8	11,1
120	3900	0,613	23,9	13,2
180	4600	0,673	30,9	20,25

Les teneurs en P_2O_5 des différentes parties de la plante évoluent en augmentant avec les doses croissantes de l'engrais phosphaté. Les teneurs les plus élevées sont obtenues au niveau des parcelles fertilisées. Par contre les plus faibles sont représentées au niveau des traitements sans phosphore.

Par ailleurs, l'utilisation du phosphore par la plante est appréciée par le coefficient apparent d'utilisation de l'engrais qui semble être lié aux doses de l'engrais appliqué (tableau 7). Il passe de 11,2 % pour la dose 180 U.ha^{-1} à 18,5 % pour la dose 60 U.ha^{-1} dans l'intervalle expérimentale. Ces valeurs de CAU % particulièrement élevées s'expliquent par un pouvoir fixateur très limité du sol pour les ions phosphate, malgré un pH élevé. Il dépend à la fois du facteur quantité du P_2O_5 assimilable et du pouvoir fixateur des sols [17].

Tableau 7 : Prélèvement et coefficient apparent d'utilisation en (%) de l'apport

Apport kgP ha^{-1}	Prélèvement kgP ha^{-1}	Supplément de prélèvement	Coefficient apparent d'utilisation %
0	10,7	/	/
60	21,8	11,1	18,5
120	23,9	13,2	11
180	30,9	20,25	11,2

2.3 Evolution du phosphore dans le sol

Les figures (2 et 3) présentent une tendance à la diminution dans les quatre niveaux de phosphore en fonction des profondeurs. Nos résultats confirment ceux obtenus par d'autres chercheurs [18] et [19], indiquant la diminution des niveaux de phosphore total et assimilable avec l'augmentation de la profondeur de prélèvement de l'échantillon du sol.

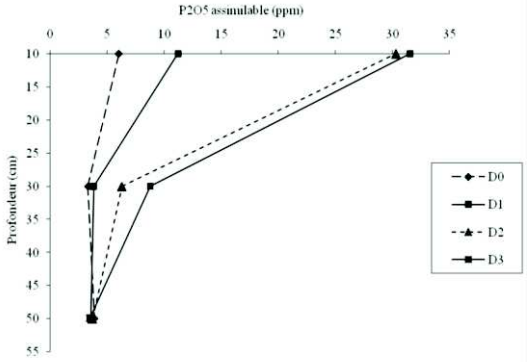

Figure 2. Evolution du P2O5 assimilable dans le sol à différentes profondeurs au stade tallage

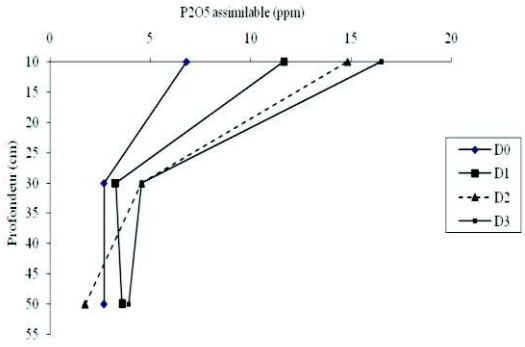

Figure 3. Evolution du P2O5 assimilable dans le sol à différentes profondeurs au stade maturité

L'apport d'engrais phosphaté a provoqué un enrichissement du sol en P_2O_5. Les quantités de phosphore assimilable ont diminué de plus de 50% au stade tallage et à différentes doses par rapport aux quantités initiales (profondeur 0 – 20 cm). A la récolte, il n'en restait que 20% aux niveaux de doses 120 (d2) et 180 (d3) unités/ha de P_2O_5. Cette diminution est due d'une part aux prélèvements de phosphore par les plantes et d'autre part à la transformation du phosphore vers des formes non assimilables, lorsque le temps de contact entre sol et apport d'engrais croit. Nos résultats confirment ceux obtenus par [17et [21].

2.4 Etude de quelques corrélations

L'analyse statistique montre que le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par m² et le poids de 1000 grains ont été déterminants pour la réalisation de bons rendements. En effet, il existe de bonnes corrélations entre ces trois composantes et le rendement en grains. Les coefficients de régression sont donc de l'ordre de (r = 0,80***), (r = 0,76***) et (r= 0,45*) respectivement. Des résultats similaires ont été obtenus par [8; 22 et 23].

De même, nous avons enregistré des liaisons significatives entre le poids de 1000 grains et la teneur en P_2O_5 des grains (r = 0,48*) d'une part ; le rendement en grains et les exportations de phosphore par la culture à maturité (r = 0,85***) d'autre part.

Conclusion

L'apport de phosphore, sous forme de triple superphosphate, permet, à la dose maximale utilisée dans cet essai de plein champ, à savoir 180 kg P_2O_5.ha^{-1}, un accroissement du

rendement en grains obtenu de 49,3% par rapport à celui du témoin sans phosphore. Cette augmentation de rendement est du à un accroissement : de 29,75% du nombre d'épis par m², de 41,5% du nombre de grains par épi, et de 9% du poids moyen du grain.

En fonction des résultats obtenus sur les prélèvements du phosphore par la plante, le stade végétatif joue un rôle important quelque soit le niveau de fertilisation. En effet au stade juvénile, la plante n'absorbe qu'une faible quantité par rapport aux autres stades, caractérisés par un développement végétatif croissant, ce qui se traduit par une absorption conséquente.

Les quantités de phosphore prélevées par les grains augmentent de façon linéaire dans l'intervalle expérimental. Elles passent de 11 kg (témoin) à 31 kg de P_2O_5/ha (dose 180 kg de P_2O_5) soit un accroissement de 200 %.

Dans le sens de la durabilité, le raisonnement de la fertilisation phosphatée doit être réalisé de façon à maintenir et/ou améliorer la fertilité du sol pour assurer sa disponibilité durant tout le cycle de la culture sans contaminer les nappes souterraines. Il est à souligner que la fertilisation minérale ne dépend pas en effet uniquement des facteurs quantité et qualité de chacun des éléments nutritifs dans le sol, mais aussi de l'équilibre existant entre eux.

Enfin, la détermination du potentiel de rendement espéré reste délicate à entreprendre. Elle repose sur une étude approfondie des interactions entre les éléments NPK, ainsi que les modalités d'apport et les modes d'action des engrais dans les conditions édapho-climatiques du sud-Algérien. Néanmoins, la technicité de l'agriculteur, la bonne gestion de l'irrigation et le contrôle des mauvaises herbes peuvent réduire considérablement les écarts qui existent entre les objectifs de rendement visés et leur réalisation.

Références

[1] Ministère de l'agriculture : **2008**. Bilan de production végétale. Rapport sur la production végétale

[**2] Morel C. ; Plenchette C. : Fardeau J.C.** : **1992**. La fertilisation phosphatée raisonnée de la culture du blé. Agronomie. Vol. 12, n° 8, pp.565-579.

[3] Aissa A.D. et Mhiri A. : **2002.** Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie. Cah. d'études recher. Franco. / Agri., 11, 6, 391-7.

[4] Office national de la météorologie : **2006.** Rapport sur les données climatiques d'Ouargla, 10p.

[5] Durand J.H. : **1983.** Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p.

[6] Meynard J.M. : **1985.** Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. Thèse Docteur – Ingénieur. Sciences Agronomiques 13- sept. I.N.A. Paris – Grignon.

[7] Meynard J.M. et Sebillote M. : **1994.** L'élaboration du rendement du blé, base pour l'étude des autres céréales à talles. Ed. INRA – Paris.

[8] Couvreur F. : **1981.** La culture du blé se raisonne. Cultivar, 39-41.

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

[10] 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; 27 : 59-66.

[11] Mekliche A. : **1983**. Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le Haut Chélif. Mémoire de magister. I.N.A. El Harrach, 81p.

[12] Halilat M.T. : **1999.** Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le comportement du blé en zones Sahariennes. Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach, 20 n° 1 et 2 – ISSN: 1111 – 5432.

[13] Halilat M.T. : **1993.** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire magister. I.N.E.S. Batna; 130p.

[14] Halilat M.T.: 2004. Effect of potash and nitrogen fertilization on wheat under Saharan conditions. IPI regional workshop on potassium and fertigation developpement in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 16p.

[15] Belaid D. : 1987. Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba 3) en condition de déficit hydrique. Mémoire de magister. I.N.A. El Harrach 108p .

[16] Castillon P., Villemin P. et Fardeau J.C. : 1993. Résidus de culture à intégrer dans le raisonnement. Perspectives Agricoles; 181-juin, 33-34.

[17] Arakrak A. : **1989.** Caractérisation de l'assimilabilité des ions PO43- en sols calcimorphes. Thèse docteur de l'I.N.P.L. France. Sciences agronomiques.120 p.

[18] Brossard M. et Laurent J.Y. : 1992. Le phosphore dans les vertisols de la martinique (Petites Antilles) relation avec la matière organique. Cah. Orstom, Sér. Pédol., Vol. XXVII, n°1, pp: 109-119.

[19]Radhouani A. et Halvin : **1995.** Soil phosphorus test calibration for winter wheat. Revue de l'I.N.A.T., Vol.10 n°1-juin, 81-89.

[20] Gervy R. : **1970.** Les phosphates et l'agriculture. Edition DUNOD, Paris. 298p.

[21] Fardeau J.C : **1993.** Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol-plante. Perspectives agricoles n°181 – juin, pp : 17-22.

[22]Blanchet R. : **1965.** Quelques aspects récents des études relatives à l'alimentation minérale des plantes dans le sol. Scie. Du sol N°2, pp.109-119.

[23]Larbi A., Mekliche A., Abed R. et Badis M. : **2000.** Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum tugidum L. var. durum*) en région semi-aride. CIHEAM-Options méditerranéennes. pp : 295-297.