

Effect of Potash and Nitrogen Fertilization on Wheat under Saharan Conditions

M.T. HALILAT

Laboratory of Saharan Bioresources: Safeguarding and Valorization. Department of Agronomic Sciences. Ouargla University (30000). Algeria.

ABSTRACT

Algeria is a large speaker on the international market of cereals with a level of yearly consumption step less than 60 million quintals of cereals (Kebri, 2003). However, the problem with which is confronted Algeria lies in particular in the fact that the level of national cereal production is far from meeting the expressed needs for consumption. This makes Algeria an important importer of products.

According to the assessment of vegetable production of the ministry for agriculture (2003), the collected surface (2002/03) is about 1.8 million hectares; the production is estimated at 19.5 million quintals. It moves back of – 27 % compared to that recorded during the preceding countryside; but the output remains weak and has never to exceed 1.3 MT/ha.

The forecasts of purchase are estimated at 4.7 million tons of corn during the marketing year 2002/03. Algeria is the fourth world cereal importer (A.G.P.B, 2002). According to Kebri (2003), the national production of cereals of year 2003 is about 42.7 million quintals.

In Algeria, the preoccupation with a satisfaction in foodstuffs pushed the persons in charge to extend the culture of cereals in the Saharan zones where the water resources are available. These grounds are generally low in nutritive elements, so with the intensification of the cultures, the requirements in manure should increase. Among the factors of intensification, mineral manures occupy a paramount place, in particular the nitrogen and potassium.

This work studies the effect of the contribution of the nitrogen and potash fertilizer, like their interaction on the components of yield durum wheat in Saharan zones. All the parameters of the fertility are improved by the increase in N, K and their interactions.

The carried out experimentation confirms that the number and the weight of 1000 grains are the most determining components in obtaining the outputs. The improvement of these two components is supported by an adequate nitrogen and potash fertilization.

The output in grains presented significant differences with the N x K interaction. The maximum output is 6.870 MT/ha obtained with treatment N250K180.

Key words : Corn, Fertilization, Nitrogen, Potassium, Interaction, The Sahara.

Effet de la Fertilisation Potassique et Azotée sur Blé en Zone Saharienne

M.T. HALILAT

Laboratoire de Bioressources Sahariennes : Préservation et Valorisation. Département des Sciences Agronomiques. Université de Ouargla (30000). Algérie.

RESUME

L'Algérie est un grand intervenant sur le marché international des céréales avec un niveau de consommation annuel pas moins de 60 millions de quintaux de céréales (Kebri, 2003). Toutefois, le problème auquel est confrontée l'Algérie réside notamment dans le fait que le niveau de production céréalière nationale est loin de répondre aux besoins de consommation exprimés. Ce qui fait de l'Algérie un important importateur de produits.

D'après le bilan de production végétale du Ministère de l'agriculture (2003), la superficie récoltée (2002/03) est de l'ordre de 1,8 millions d'hectares ; la production est estimée à 19,5 millions de quintaux. Elle recule de - 27 % par rapport à celle enregistrée au cours de la campagne précédente ; mais le rendement reste faible et n'a jamais dépassé 1.3 MT/ha.

Les prévisions d'achat sont estimées à 4,7 millions de tonnes de blé au cours de la campagne 2002/03. L'Algérie est le quatrième importateur mondial de céréales (A.G.P.B., 2002). Selon Kebri (2003), La production nationale des céréales de l'année 2003 est de l'ordre de 42,7 millions de quintaux.

En Algérie, le souci de satisfaction en produits alimentaires a poussé les responsables d'étendre la culture des céréales dans les zones sahariennes où les ressources en eau sont disponibles. Les sols de ces régions sont généralement pauvres en éléments nutritifs, de ce fait, avec l'intensification des cultures, les besoins en engrais devraient augmenter. Parmi les facteurs d'intensification, les engrais minéraux occupent une place primordiale, en particulier l'azote et le potassium.

Ce travail étudie l'effet de l'apport des engrais azoté et potassique, ainsi que leur interaction sur les composantes de rendement du blé dur en zones sahariennes. Tous les paramètres de la fertilité sont améliorés par l'accroissement de N, K et de leurs interactions.

L'expérimentation menée confirme que le nombre et le poids de 1000 grains sont les composantes les plus déterminantes dans l'obtention des rendements. L'amélioration de ces deux composantes est soutenue par une fertilisation azotée et potassique adéquate.

Le rendement en grains a présenté des différences significatives avec l'interaction N x K. Le rendement maximal est de 6.870 MT/ha obtenu avec le traitement N250K180.

Mots clés : Blé, Fertilisation, Azote, Potassium, Interaction, Sahara.

1. Introduction

Les céréales d'hiver en Algérie intéressent des zones diverses. Parmi ces dernières, celles qui sont appelées sahariennes où l'eau n'est pas un facteur limitant, et en dépit de contraintes écologiques sévères, différentes spéculations végétales et animales sont pratiquées dans ces régions. Cependant les rendements restent relativement bas par rapport aux potentialités de ces milieux, il y a lieu par conséquent de mettre en œuvre des procédés d'intensification de la production agricole pour améliorer les rendements ; faisant appel à des données écologiques, techniques, socio-économiques, etc.

En sols sahariens, généralement pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale. De ce fait, avec l'intensification des cultures, il est impératif de raisonner convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements et réduire le risque de pollution des eaux souterraines.

En sol cultivé, l'azote nitrique est généralement soumis soit à une assimilation par les plantes de part l'activité racinaire, soit à une perte par lessivage (ce qui est le cas dans notre région). Le potassium, étant un élément indispensable dans le développement des cultures, est soumis lui aussi à des déperditions soit par entraînement sous sa forme soluble, soit par une immobilisation dans la fraction solide du sol.

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

Plusieurs études ont montré qu'il existe une bonne corrélation de l'absorption de l'azote en fonction des doses croissantes de potassium (Loué, 1982). En tenant compte de l'importance du phénomène de l'interaction entre ces deux éléments (N et K) dans le développement des cultures, notre travail a été axé sur l'étude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur, pour déterminer la meilleure formule de cette interaction dans un sol sableux irrigué dans la région de Ouargla (Algérie).

2. Matériel et méthodes

L'essai au champ a été mené sous pivot à la ferme de production de céréales d'E.R.I.A.D./Agro Sud de Ouargla pendant la campagne agricole 2003/04. La zone est située à une altitude de 157 m. Elle est caractérisée par un climat saharien à hiver doux, une saison chaude et sèche, des écarts de températures journaliers importants, une intensité et une fréquence élevée des vents.

La pluviométrie étant très faible et insuffisante avec une moyenne de 33 mm/an, ce qui rend impossible toute pratique d'agriculture sans irrigation.

2.1. Le Sol

Les résultats analytiques présentés dans le tableau 1, montrent que le sol étudié est caractérisé par une à texture légère à dominance de sable. 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, un pH alcalin et une capacité d'échange cationique très faible de l'ordre de 6 Cmol⁺/kg. Notre sol est classé comme étant un sol peu évolué avec un profil de type AC.

En conclusion, nous pouvons dire que ce sol est insuffisamment pourvu en éléments nutritifs tels que N et K, les apports d'engrais sont donc nécessaires.

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 total (%) | | 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 (Cmol ⁺ /kg) | 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 |

L'analyse du potassium total révèle, selon l'échelle de Schroeder (1978), que le sol étudié possède une réserve faible (< 0.4 %) en K total. De même, le potassium échangeable présente des teneurs insignifiantes en cette forme de potassium.

2.2. Le Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un split-plot, comportant huit (08) traitements et cinq (05) répétitions. Chaque bloc renferme 08 parcelles élémentaires de 18 m de long sur 09 m de large. Les parcelles principales sont consacrées aux doses d'azote, les sous-parcelles aux doses de potassium.

La variété utilisée est "Simeto", c'est une variété de blé dur récemment introduite en Algérie. Les traitements utilisés consistent en différentes doses d'engrais azoté (Urée) combinées à différentes doses d'engrais potassique (sulfates de potassium 50 %). L'essai a porté sur l'étude de l'influence de l'azote et du potassium et leur interaction sur une culture du blé dur en sol sableux du Sahara algérien (région de Ouargla).

Les doses d'engrais appliquées sont les suivantes :

* **L'Azote** : avec deux doses

N150 = 150 unités N/ha

N250 = 250 unités N/ha

Cet azote est apporté fractionné avec l'eau d'irrigation. Il s'agit donc d'une fertigation.

* **Le Potassium** : avec quatre doses

K0 = 0 unité K₂O/ha

K1 = 60 unités K₂O/ha

K2 = 120 unités K₂O/ha

K3 = 180 unités K₂O/ha

La combinaison des différentes doses de N et de K donne huit (08) traitements :

- N150K0, N150K60, N150K120 et N150K180
- N250K0, N250K60, N250K120 et N250K180.

Le phosphore a été apporté sous forme de triple superphosphate (46 %) sur toutes les parcelles à la constante de 300 Kg TSP/ha.

- Précédent cultural

Notre site expérimental a eu comme précédent cultural une variété de blé dur « Triticum vulgare » var. Anza. La pré irrigation a débuté le 30-11-2003, et a duré une semaine dans le but de favoriser la germination des repousses de la culture précédente et les graines de mauvaises herbes.

- Conditions de déroulement de l'essai

Le travail du sol a été effectué le 10-11-2003. Il a consisté en un passage de cover-crop et un passage de la herse. Le passage du rouleau fut réalisé après l'apport de l'engrais phosphaté. Le semis est réalisé le 07-12-2003 à l'aide d'un semoir en ligne à la dose de 0.24 MT/ha à une profondeur moyenne de 4 cm.

Une semaine après la levée des plants, la fertilisation azotée a commencé via le système d'irrigation (fertigation). La culture de blé a reçu les doses correspondantes de sulfate de potassium (50 %) fractionnées au stade tallage à l'aide d'un épandeur d'engrais centrifuge. Les quantités d'azote par stade sont portées dans le tableau 2.

Tableau 2. Quantités d'azote (U/ha) apportée par stade de culture

| Stades | Périodes | Quantité d'azote (U/ha) | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------|-------|
| | | N150 | N250 |
| Semis – Levée (1f) | 07/12/03 – 15/12/03 | 00 | 00 |
| Levée (1 f) - tallage (4 f) | 15/12/03 – 11/01/04 | 30 | 50 |
| tallage (4f) – épi 1cm | 11/01/04 – 11/02/04 | 70 | 112.5 |
| Epi 1cm – floraison | 11/02/04 – 12/04/04 | 42.5 | 80 |
| Floraison – maturité | 12/04/04 – 15/05/04 | 7.5 | 7.5 |

- Contrôle en cours de végétation

Pour chaque traitement nous avons délimité des placettes de deux mètres linéaires au nombre de six, sur lesquelles a été effectué l'ensemble des mesures. Le contrôle en cours de végétation a porté sur les composantes du rendement à savoir, le nombre de grains/épi, le nombre d'épis/m², le poids de 1000 grains et le rendement en grains.

* Nombre de grains par épi

Le comptage du nombre de grains par épi est réalisé au stade remplissage du grain.

* Nombre d'épis au m²

Le comptage du nombre d'épis au m² est réalisé au stade remplissage du grain.

* Poids de 1000 grains

Sur les placettes récoltées de chaque traitement et après battage des épis, à l'aide d'un compteur automatique 1000 grains sont comptés et pesés à l'aide d'une balance de précision.

* Rendement en grain

Les épis sont battus à l'aide d'une batteuse à épis, et les grains issus sont pesés.

2.3. L'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation (Tableau 3) est pompée à partir de la nappe du miopliocène qui se trouve à une profondeur de 130 m. D'après la classification de Riverside, cette eau appartient à la classe C₄S₃.

Selon Durand (1983), il s'agit d'une eau qui peut provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse pour la plupart des sols ; mais elle peut être utilisée sur des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau doit être appliquée en excès pour assurer un fort lessivage des sels.

Tableau 3. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

| Paramètres | pH | C.E (dS/m) | méq/l | | | | | | | SAR |
|------------|------|---------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------|
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | |
| Eau | 7,25 | 3,22 | 16,36 | 10,78 | 0,461 | 35,32 | 45,63 | 0,001 | 0,68 | 9,59 |

3. Résultats et discussion

La ramification progressive de la plante d'une céréale (tallage, ramification de l'épi) consécutive aux processus de développement, se traduit morphologiquement à l'échelle du peuplement par les composantes du rendement : nombre de grains par épi, nombre d'épis par plante, poids d'un grain (Meynard, 1985).

L'analyse des composantes du rendement des céréales est aujourd'hui un outil pour porter un diagnostic sur les systèmes de cultures en vue de leur amélioration (Meynard et Sebillote, 1994).

3.1. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains/épi est une caractéristique variétale, très influencé par le nombre d'épis/m² (Couvreur, 1981).

Ce nombre varie de façon hautement significative avec les doses d'azote apportées, il passe ainsi de 38.23 à 43.09 grains/épi de 150 à 250 U N/ha (Tableau 4).

De la même manière, le potassium agit positivement d'une façon hautement significative sur ce paramètre. Ce nombre passe de 35.50 à 45.60 grains/épi de 0 à 180 U K₂O/ha.

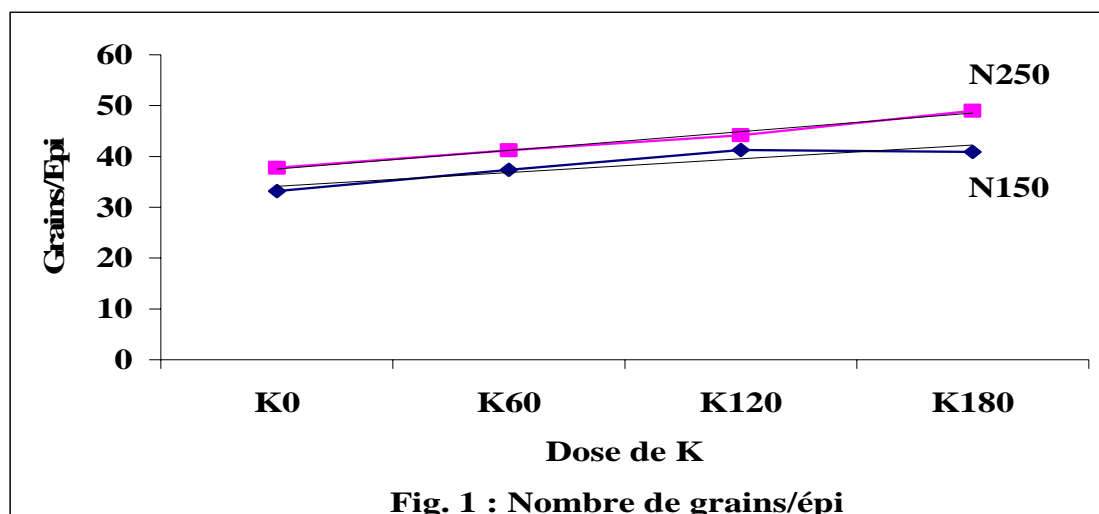
Quant à l'interaction N x K (Fig. 1), l'effet est aussi hautement significatif. Pour la dose 150 U N le nombre de grains par épi s'élève de 33,25 à 40.91 et ceci lorsque la dose de potassium passe de 0 à 180 U/ha. L'équation de régression obtenue dans cet intervalle est de la forme : $Y1 = 2.7x + 31.44$ avec un coefficient de régression $r = 0.88$. Ici trois groupes homogènes peuvent se dégager, celui de N150K0, de N150K60 et le groupe contenant les deux combinaisons N150K120 et N150K180.

Concernant le traitement 250 U N, la différence est aussi hautement significative avec les différentes doses de potassium. Le nombre de grains par épi évolue positivement de 37.75 à 49,15 de 0 à 180 U K₂O/ha. L'équation de régression obtenue dans cet intervalle est $Y2 = 3.67x + 33.87$ avec un coefficient de régression $r = 0.91$. Le test de Newman – Keuls a fait ressortir quatre groupes homogènes, celui de N250K0, de N250K60, de N250K120 et de N250K180.

Tableau 4. Nombre de grains/épi

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------------|
| N 150 | 33.25 | 37.42 | 41.37 | 40.91 | 38.23 | Effet N : HS |
| N 250 | 37.75 | 41.25 | 44.21 | 49.15 | 43.09 | Effet K : HS |
| Moyenne | 35.50 | 39.33 | 42.75 | 45.60 | 40.66 | Effet NxK : HS |

C V = 2.8 % pour N et 3.0 % pour K



3.2. Nombre d'épis par m²

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'azote a influencé de façon hautement significative le nombre d'épis/m². La comparaison des moyennes a mis en évidence deux

groupes homogènes celui de 150 U N avec 271.51 et de 250 U N/ha avec 368.56 épis/m². Pour le potassium, ce paramètre présente aussi des différences significatives au seuil 5 % mais moins importantes que celles de l'effet azote. Le meilleur nombre (334.56) est obtenu avec la dose 180 U K₂O / ha (Tableau 5).

Tableau 5. Nombre d'épis/m²

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------------------|
| N 150 | 254.44 | 269.80 | 286.36 | 275.88 | 271.51 | Effet N : HS |
| N 250 | 365.68 | 379.64 | 364.67 | 364.26 | 368.56 | Effet K : S |
| Moyenne | 310.06 | 324.72 | 325.51 | 334.56 | 320.04 | Effet NxK : S |

C V = 3.5 % pour N et 3.1 % pour K

L'effet de l'interaction N x K, paraît aussi significatif. Le nombre d'épis/m² passe de 254.44 obtenu avec le traitement N150K0 à 379.64 avec N250K60 (Tableau 5). Nous remarquons qu'avec le traitement 250 U N, la dose 60 U K₂O/ha est celle qui a donné le nombre d'épis/m² le plus élevé. L'interaction a masqué dans l'ensemble l'effet potasse.

Au niveau de la dose de 150 U N/ha, deux groupes homogènes peuvent se mettre en évidence. Le premier de N150K0 et le deuxième comportant les trois combinaisons N150K60, N150K120 et N150K180.

Quant à la dose 250 U N/ha, les valeurs du nombre d'épis/m² sont plus rapprochées et de ce fait le test de Newman – Keuls a fait ressortir deux groupes homogènes, le premier obtenu avec N250K60 et le deuxième comprenant les trois traitements N250K0, N250K120 et N250K180.

En général, l'influence de la fertilisation azotée et potassique paraît très faible sur la variation du nombre d'épis/m². La figure 2 illustre bien cette constatation et montre que l'effet des engrais apportés prend la forme de nuage à tendance à l'augmentation.

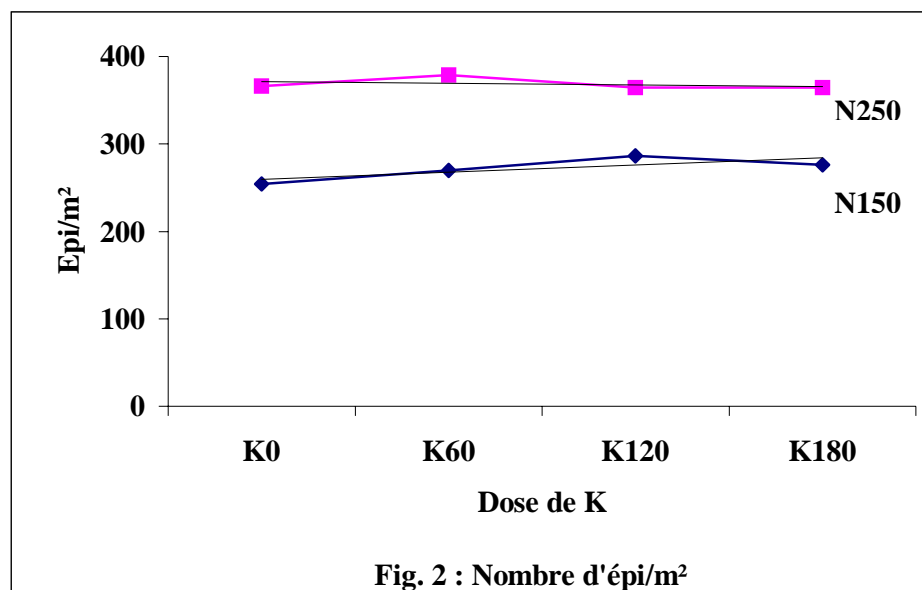


Fig. 2 : Nombre d'épi/m²

3.3. Poids de 1000 grains

Selon Loué (1984) et Batten (1992), le poids de 1000 grains est un paramètre influencé par les conditions de nutrition minérale surtout potassique. Cependant, les conditions climatiques influent également sur ce paramètre (Grignac, 1981 ; Meynard, 1987 et Gate et al., 1996). Les résultats du poids de 1000 grains sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6. Poids de 1000 grains (grammes)

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------------------------|
| N 150 | 35.15 | 36.76 | 39.22 | 41.62 | 38.18 | Effet N : S |
| N 250 | 34.11 | 35.25 | 37.12 | 38.50 | 36.24 | Effet K : HS |
| Moyenne | 34.63 | 36.00 | 38.17 | 40.05 | 37.21 | Effet N x K : HS |

C V = 4.2 % pour N et 4.7 % pour K

Le poids de 1000 grains varie de façon significative mais négative avec les doses d'azote. Il passe de 38.18 à 36.24 grammes de la dose 150 à 250 U N/ha avec un CV faible (4.2 %). Le test de Newman – Keuls a fait ressortir deux groupes homogènes obtenus respectivement avec les traitements 150 et 250 U N/ha. Ces résultats confirment ceux obtenus par Mekliche (1983) et Halilat (1993) qui montrent que l'azote a un effet dépressif sur le poids de 1000 grains du blé.

Belaid (1987) signale qu'une élévation du nombre de grains entraîne une chute du poids de 1000 grains. Les résultats obtenus confirment cette constatation.

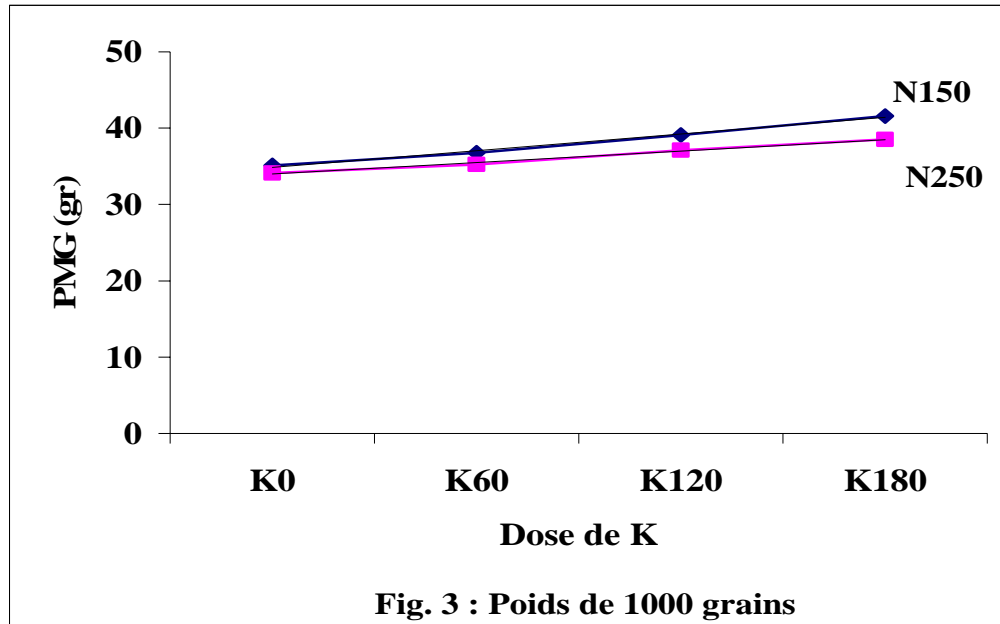
Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé significatif l'effet du potassium sur le poids de 1000 grains, où il augmente à mesure qu'augmente la dose de potassium. Ce poids passe ainsi de 34.63 à 40.05 grammes de la dose 0 à 180 U K₂O/ha.

L'interaction N x K (Fig. 3) montre aussi un effet hautement significatif. Ce paramètre passe de 34.11 à 41.62 grammes de N250K0 à N150K180 (Tableau 6) avec un coefficient de régression (r) de l'ordre de 0,95 et 0,93 obtenus respectivement avec le N150 et N250.

Steineck (1974) a montré que les fonctions physiologiques de l'azote et du potassium dans la production végétale étaient étroitement reliées. Le potassium en effet par son action spécifique, permet à la plante de synthétiser les composées organiques liés à l'absorption d'azote.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'apport de l'engrais azoté provoque une chute de poids de 1000 grains de l'ordre de – 1.94 grammes. Par contre l'excédent de potassium provoque une élévation de ce poids de + 5.42 grammes.

L'effet de l'interaction N x K est très positif et on assiste à un gain de l'ordre de + 6.47 grammes, obtenu avec le traitement 150 U N/ha et + 4.39 grammes avec 250 U N/ha. Cette augmentation du poids de 1000 grains provient surtout de l'influence du potassium sur le remplissage des grains de céréales qui est presque toujours significative (Loué, 1982).



3.4. Rendements en grains

Les résultats du rendement en grain sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Rendement en grains (MT/ha)

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------------|
| N 150 | 2.960 | 3.715 | 4.625 | 4.675 | 3.994 | Effet N : HS |
| N 250 | 4.735 | 5.515 | 5.980 | 6.872 | 5.775 | Effet K : HS |
| Moyenne | 3.848 | 4.615 | 5.302 | 5.773 | 4.885 | Effet NxK : HS |

C V = 3.9 % pour N et 4.4 % pour K

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet azote est hautement significatif sur le rendement en grain. La comparaison des moyennes a permis d'identifier deux groupes homogènes. Le premier est obtenu avec la dose 150 U N/ha et qui représente le rendement le plus faible (3.994 MT/ha) et le deuxième avec le traitement 250 U N/ha avec 5.775 MT/ha. La corrélation entre doses d'azote et rendement est significative ($r = 0,95$).

26.63 Kg de grains sont produits par Kg d'azote apporté avec la dose 150 U N/ha et 17.81 Kg produits dans l'intervalle 150 à 250 U N/ha.

Pour le potassium, les analyses statistiques montrent que son effet est hautement significatif, mais moins important que celui de l'azote. Le rendement en grains passe de 3.848 à 5.773 MT/ha du témoin sans potassium à la dose 180 U K₂O/ha.

Le test de Newman – Keuls a montré que l'utilisation de doses croissantes de potassium était à l'origine de la formation de quatre groupes homogènes obtenus respectivement avec K0, K60, K120 et K180 U K₂O/ha.

Selon Koch et Mengel (1974) et Mengel et Kirkby (1987) l'effet positif K ne s'observait que si l'alimentation azotée était abondante durant la période de remplissage des grains.

L'interaction N x K (Fig. 4) présente aussi des différences hautement significatives entre les diverses combinaisons. Selon Loué (1979), l'interaction N x K, principalement pour le blé, étant généralement positive.

Avec le traitement 150 U N/ha, l'étude statistique permet d'identifier trois groupes. Le premier représente la combinaison N1K0, le deuxième N1K60 et le troisième contenant les deux traitements N1K120 et N1K180. Ceci nous permet de dire qu'avec une telle dose d'azote les quantités élevées de potassium n'améliorent pas le rendement.

La fonction de production correspondante est de la forme : **Rendement = 6.06x + 2.477** avec un $r = 0.90$.

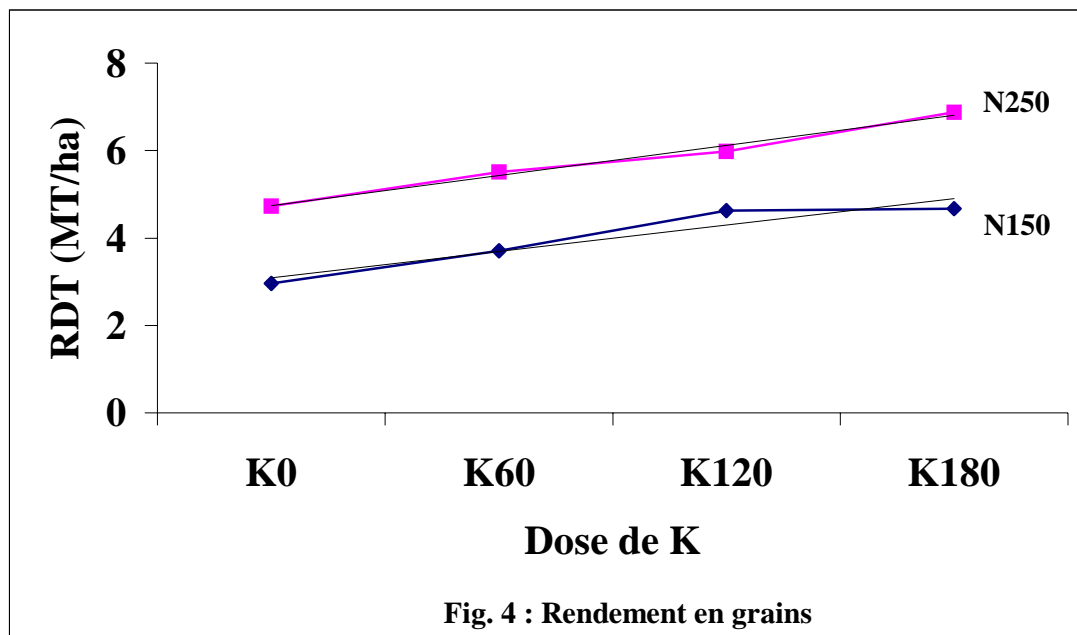
Pour le traitement 250 U N/ha, le test était aussi significatif avec l'augmentation de l'apport d'engrais potassique. L'étude a montré l'existence de quatre groupes homogènes correspondants aux quatre doses de K. Dans cet intervalle, on déduit une fonction de production où le **Rendement = 6.89x + 4.05** avec un $r = 0.95$.

Plusieurs travaux (Belaid, 1987 ; Hafsi, 1990 ; Halilat, 1993 et Aissa et M'hiri, 2001) ont montré qu'il existe une synergie entre les éléments nutritifs N et K. Blan et Shanker cité par Hafsi (1990) signale qu'il existe des interactions entre les engrais azotés et potassiques, qui font augmenter le rendement.

De même, Aissa et M'hiri (2001) notent aussi que la mise à disposition de la plante du potassium aisément métabolisable entraîne une meilleure assimilation de l'azote disponible dans le sol et, par conséquent, assure un rendement plus élevé.

Les résultats obtenus dans ce travail sont en parfait accord avec le principe des interactions, qui se traduit par le phénomène de synergie entre les deux éléments azote et potassium. Une fumure azotée abondante nécessite donc une fumure potassique ajustée.

Dans un travail similaire, Halilat (1993) montre que le rythme d'absorption de l'azote et du potassium croît de façon linéaire dans l'intervalle expérimentale et la variation de la teneur en azote et en potassium des grains est certaine que l'effet fertilisation de loin le plus important sur la composition minérale de ces grains. Ceci justifier l'effet des engrais azotés, potassique et leur interaction sur la culture de blé.



3.5. Teneur en azote et potassium des grains

3.5.1. Teneur en azote

La teneur en azote des grains présente des différences très hautement significatives avec l'apport de l'engrais azoté. Ce taux passe de 1.06 à 1.61 % de matière sèche de 150 à 250 U N/ha. Une relation très étroite ($r=0,91$) a été constatée entre les doses d'azote et la teneur en cet élément dans les grains. Selon Hebert (1969), une forte nutrition azotée augmente la teneur de N du grain.

L'effet potassium et l'interaction N x K présentent aussi des effets hautement significatifs sur la teneur en N des grains. A l'exception de la dose N150 où la teneur en N des grains diminue au-delà de 120 U K₂O/ha. Cela s'explique par le déséquilibre nutritionnel entre les deux éléments N et K. Avec l'interaction la teneur passe de 0.82 à 1.88 % de matière sèche (Fig. 5), de N150K0 à N250K120 (Tableau 8). Mengel (1977) a montré, avec de l'azote marqué, que le potassium favorisait la translocation des composés azotés vers les grains chez le blé. Cet effet positif K ne s'observait que si l'alimentation azotée était abondante durant la période de remplissage des grains (Koch et Mengel, 1974).

Tableau 8. Teneur en N (%) de MS

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|---------|------|------|-------|-------|---------|-----------------------|
| N 150 | 0.82 | 1.05 | 1.22 | 1.15 | 1.06 | Effet N : THS |
| N 250 | 1.35 | 1.54 | 1.68 | 1.88 | 1.61 | Effet K : HS |
| Moyenne | 1.08 | 1.29 | 1.45 | 1.52 | 1.34 | Effet NxK : HS |

CV = 7.8 %

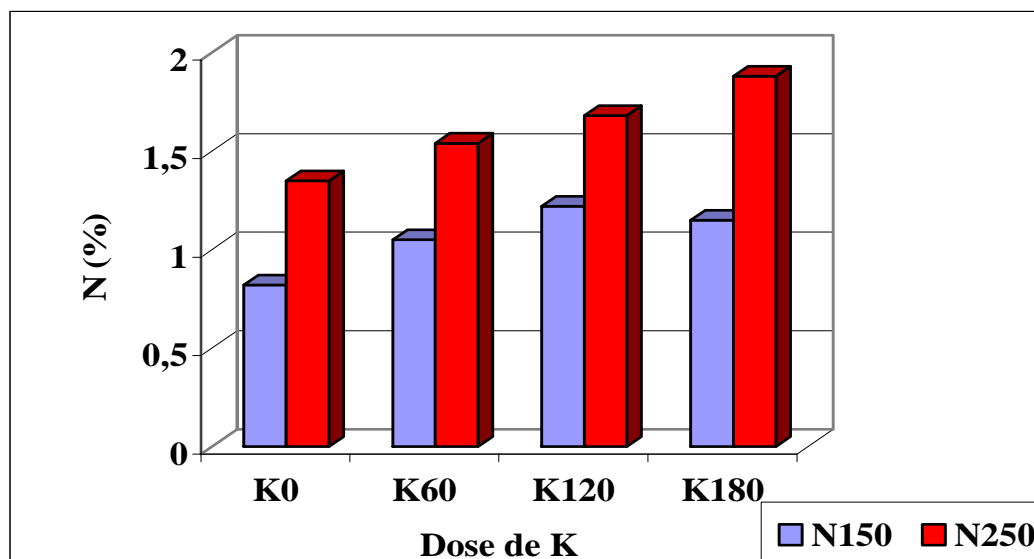


Fig. 5 : Teneur en azote des grains

3.5.2. Teneur en potassium

La teneur en potassium dans les grains présente des différences hautement significatives avec les accroissements des doses de potasse. Ce taux passe de 0.36 à 0.67 % de matière sèche (Tableau 9) de la dose 0 à 180 U K₂O/ha. Une corrélation significative ($r = 0.67$) était constatée entre la teneur en potassium des grains et les doses croissantes de potasse.

De même l'azote présente aussi un effet significatif sur la teneur en potassium des grains. Cela passe de 0.44 à 0.61 % de matière sèche de la dose 150 à 250 U N/ha. Une bonne corrélation ($r = 0,61$) à été constatée entre les doses d'azote et la teneur en potassium des grains. Beaucorps (1984) signale que l'apport d'azote augmente les besoins en potassium en conséquence la teneur en cet élément dans le végétal.

L'interaction azote x potassium (Fig. 6) a influencé, aussi de façon hautement significative, la teneur en potassium des grains. Ce paramètre atteint 0.81 % de matière sèche avec N250K180. Ce traitement a augmenté la teneur en potassium des grains de 260 % et 192 % par rapport respectivement à la teneur obtenue avec N150K0 et N250K0. Dans les essais réalisés à la SCPA (Loué, 1982), l'effet des doses de potasse sur la teneur en potassium dans les grains est beaucoup plus important ; ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans notre expérience.

Tableau 9. Teneur en K (%) de MS

| N \ K | K 0 | K 60 | K 120 | K 180 | Moyenne | Analyse statistique |
|--------------|------|------|-------|-------|---------|-----------------------|
| N 150 | 0.31 | 0.42 | 0.50 | 0.53 | 0.44 | Effet N : S |
| N 250 | 0.42 | 0.54 | 0.69 | 0.81 | 0.61 | Effet K : HS |
| Moyenne | 0.36 | 0.48 | 0.59 | 0.67 | 0.52 | Effet NxK : HS |

C V = 9.35 %

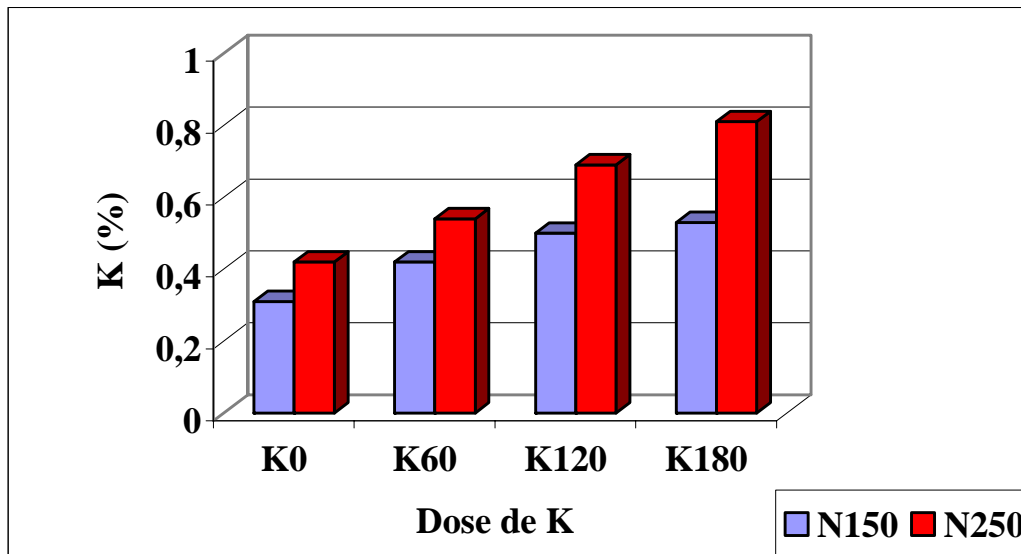


Fig. 6 : Teneur en potassium des grains

3.6. Etude de quelques corrélations

L'étude statistique montre que le nombre de grains par épi et le poids de 1000 grains ont été déterminants pour la réalisation de bons rendements. En effet, il existe de bonnes corrélations entre ces deux composantes et le rendement en grains. Les coefficients de régressions sont donc de l'ordre de ($r = 0,80^{***}$ et $0,93^{***}$) pour le nombre de grains par épi et ($r = 0,89^{***}$ et $0,85^{***}$) pour le poids de 1000 grains obtenus respectivement avec les deux traitements N150 et N250. Des résultats similaires ont été constatés par Blanchet (1965) ; Couvreur (1981) ; Halilat (1993) et Larbi et al. (2000).

De même la teneur en azote et en potassium des grains montre aussi des corrélations positives avec le rendement en grains avec des coefficients de l'ordre de ($r = 0,81$ et $0,87$ pour N et $r = 0,87$ et $0,91$ pour K) respectivement avec N150 et N250.

Les variations des composantes du rendement sont, chez les céréales, très corrélées à celles de la croissance pendant leur phase de formation (Masle, 1980 ; cité par Meynard, 1985).

En conclusion nous pouvons dire que le rendement en grain s'élabore tout au long du développement du blé.

Conclusion

En sol saharien, généralement pauvre en éléments nutritifs, la fertilisation minérale reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention de rendements acceptables. De ce fait, il est impératif de raisonner convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements et les processus physiologiques de la culture. C'est dans ce contexte que réside le principal objectif de cette étude.

Les résultats obtenus permettent de constater que l'effet des engrais azoté et potassique ainsi que de leur interaction sur les composantes du rendement sont positifs. Les principaux paramètres de la fertilité (le nombre de grains/épi et le poids de 1000 grains) sont améliorés de façon significative, à l'exception du nombre d'épis/m² qui n'était pas trop influencé par l'accroissement de ces engrais.

Concernant le poids de 1000 grains, il s'est avéré que l'azote été le facteur primordial dans la chute de cette composante. Cependant, l'apport d'engrais potassique aura amoindri ce phénomène de chute.

Le rendement en grains a présenté des différences significatives avec l'apport combiné des engrais azoté et potassique (N x K). Ceci provient, sans doute, de l'amélioration de la fertilité de la plante. Le rendement maximal (6.872 MT/ha) est obtenu avec le traitement N250K180. L'optimum d'azote et du potassium se situait respectivement vers 239 U N/ha et 167 U K₂O/ha.

Des corrélations positives ont été démontrées entre le rendement en grain et ses composantes d'une part, et le rendement et la teneur en azote et du potassium dans les grains d'autre part. Il est à souligner, que la réussite de la fertilisation minérale ne dépend pas en effet uniquement de la présence ou de la quantité de chacun des éléments nutritifs dans le sol, mais aussi de l'équilibre existant entre eux.

Enfin, la détermination du rendement espéré reste délicate à entreprendre. Son amélioration repose sur une étude approfondie du milieu et de son environnement. Néanmoins, la technicité de l'agriculteur et la date de semis peuvent réduire considérablement les écarts qui existent entre les objectifs et les réalisations.

Références bibliographiques

- Association générale des producteurs de blé et autres céréales, 2002 : Humeur de blé. Lettre d'information de l'A.G.P.B N°149. Décembre. 2p
- Aissa, A.D. et Mhiri, A. (2001) : Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie. 5p.
- Batten, D. (1992) : A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant and soil*. 146, pp. 163-168.
- Beaucorps, G. (1984) : Niveau critique de K dans les plantes en fonction de la fumure azotée. Premier séminaire sur le potassium en Chine. *Revue de la potasse* 16 (3), pp. 1-8
- Belaid, D. (1987) : Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé du (Hedba3) en condition de déficit hydrique. Mémoire de magister. I.N.A., 108p
- Blanchet, R. (1965) : Quelques aspects récents des études relatives à l'alimentation minérale des plantes dans le sol. *Sce du sol* N° 2, pp. 109-119
- Couvreur, F. (1981) : La culture du blé se raisonne. *Cultivar*. Juin, pp. 39-41
- Durand, J.H. (1983) : Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p
- 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, pp. 59-66
- Grignac, P. (1981) : Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp. 185-194
- Hafsi, M. (1990) : Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. I.N.A., 124p
- Halilat, M.T. (1993) : Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magister. I.N.E.S. Batna. 130p
- Hebert, J. (1969) : La fumure azotée du blé tendre d'hiver. *BTI*, 244, pp. 755-766
- Kebri, F. (2003) : Avec un niveau de consommation de 60 millions de qx/an, l'Algérie un grand consommateur. *Partenaires*. Mensuel de la chambre française de commerce et d'industrie en Algérie. N° 41 Décembre, 23p
- Koch, K. et Mengel, K. (1974): The influence of the potassium nutritional status on the absorption and incorporation on nitrate nitrogen, in plant analysis and fertilizer problems. *Boc. of the 7th colloquium*, Hannover, pp. 209-218
- Larbi, A., Mekliche, A., Abed, R. et Badis M. (2000) : Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) en région semi-aride. *CIHEAM-Options méditerranéennes*. pp. 295-297
- Loué, A. (1979) : Interaction du potassium avec d'autres facteurs de croissance. *Dossier K₂O*, SCPA, N° 15, pp. 1-32
- Loué, A. (1982) : Le potassium et les céréales. *Dossier K₂O*, SCPA, N° 22, pp. 1-40
- Loué, A. (1984) : Le potassium et les céréales. *Revue de la potasse*. S. 9, N° 4, pp. 1-18
- 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. Alger. 81p
- Mengel, K. et Kirkby, E.A. (1987) : Principles of plant nutrition. *Int. Potash institut*. Bern, switzerland, 687 p
- Meynard, J.M. et Sebillote, M. (1994) : L'élaboration du rendement du blé, base pour l'étude des autres céréales à talles. Ed. I.N.R.A – Paris.
- 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.

Meynard, J.M. (1987) : L'analyse de l'élaboration de rendement sur les essais de fertilisation azotée. Perspectives agricoles, N° 115, pp. 5-51

Schroeder, D. (1974) : Relationships between soil potassium and the potassium of nutrition of the plant. 10 th congress IPI Bern, pp. 53-63

Steineck, O. (1974) : The relation between potassium and nitrogen in the production of plant material. 10th congress Int. Pot. Inst. Budapest, pp. 189-196