

ATELIER SUR LA GESTION DE LA FERTILISATION POTASSIQUE, ACQUIS ET PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE

TUNIS 10 DECEMBRE 2002

DETERMINATION DU SEUIL CRITIQUE DU SOL EN POTASSIUM POUR LE BLE DUR

Ali Daly AISSA* et Ali MHIRI**

*Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef

**Institut National Agronomique de Tunisie

RESUME - Le seuil critique d'un élément nutritif dans le sol est défini par sa concentration dans le sol au-dessus de laquelle une culture donnée ne répond pas à un apport de cet élément. En Tunisie, les études dans ce domaine sont limitées, en particulier pour le potassium. Des données de fertilisation potassique du blé dur (*triticum durum L.*) var. Karim, de plusieurs années sont utilisées pour la détermination du seuil critique du sol en potassium échangeable. L'étude a été conduite sur des sols du Nord et du Centre de la Tunisie couvrant différents types de sols à deux régimes hydriques, le pluvial et l'irrigué. Au total 16 essais en pluvial et 16 essais en irrigué ont été réalisés à la fois au champ et en pot. La méthode de Cate et Nelson (1965) a été utilisée pour la détermination de ce seuil. Les résultats ont permis de déterminer la valeur de ce seuil avec respectivement 210 ppm pour le régime pluvial et 330 ppm de K échangeable pour le régime irrigué intensif. Des classes de richesses (faible, moyenne et élevée) ont été déterminées pour les deux types de conduite. Des équations de régression ont été proposées pour calculer les besoins de la culture du blé dur en fonction du niveau de la concentration en K échangeable de la solution du sol.

Mots clés : seuil critique, potassium, blé dur, fertilisation potassique.

Abstract - Determination of Soil Potassium Critical threshold for Durum Wheat. - Soil nutrient critical threshold is defined as the soil concentration on such nutrient under which no response is expected by adding the element. In Tunisia, studies in this subject are limited particularly for potassium. Potassium fertilization data of durum for several years were used to determine potassium critical level. Trials were conducted for seven years in different soil of the North and the Centre of Tunisia, covering different levels of soil exchangeable potassium. Two water supply regime were applied : rainfed and with a supplement irrigation for a total of 16 field and pot trials for each regime. The graphical method of Cate and Nelson (1965) was used to determine the critical threshold.

Results have given respective critical levels of 210 and 330 mg/kg K for the rainfed and the irrigated regime, respectively. Soil K fertility classes low, medium and high levels were established for the two-water regimes. Potassium recommendation equations were proposed for durum wheat crop under both water regime.

Key words : critical level, potassium, durum wheat, potassium fertilization.

Introduction

Le seuil critique d'un élément est une notion utilisée par les chercheurs en sciences du sol pour désigner la concentration d'un sol en un élément nutritif donné au-dessus de laquelle une culture déterminée ne répond pas à un apport de cet élément. La détermination de ce seuil est basée sur les résultats des essais, souvent mono-factoriels, de doses croissantes d'un nutriment sur les rendements respectifs d'une culture pratiquée à différents niveaux de richesse du sol en cet élément. Le seuil critique est déterminé par une représentation graphique de ces données selon la méthode décrite par Cate et Nelson (1965). En Tunisie, les travaux réalisés sur ce thème, en particulier pour les céréales, sont limités (Capitaine, 1976 ; Mhiri, 1997 ; Aissa et Mhiri, 2000). Le seuil critique du sol en K dépend de plusieurs facteurs dont notamment l'espèce cultivée (système racinaire), le régime hydrique qui détermine le volume du sol prospecté et les conditions d'interception racinaire du K.

Dans ce travail préliminaire, nous avons considéré la teneur du sol en K échangeable comme principal indicateur de la biodisponibilité du K, la participation d'autres formes de potassium dans la nutrition ayant été négligée.

Des teneurs de K échangeable (méthode d'extraction à l'acétate d'ammonium) de 125 à 350 mg K/kg de sol sont proposées pour le blé par plusieurs chercheurs (Karamanos et Flore, 2000 ; Olfati et al., 2001). Dans un travail antérieur, Aissa et Mhiri (2000) ont montré que le blé dur a pu répondre à un apport potassique dans des sols titrant 364 mg K/kg de sol. Ces travaux ont montré que plus la conduite de la culture du blé est intensive, plus ce seuil est élevé. D'autres chercheurs préfèrent grouper les sols en catégories ou en classes de richesses en K, en adoptant différentes stratégies de fumure : redressement pour des niveaux faibles de richesse et une fumure d'entretien pour des sols titrant des teneurs moyennes.

Les objectifs de ce travail sont :

- déterminer le seuil critique du sol en potassium échangeable pour une culture de blé dur conduite en pluvial et en irrigué ;
- dégager la notion de fumure de redressement et de fumure d'entretien en fonction du niveau de la richesse du sol en K échangeable ;

- proposer des équations pour les besoins du blé dur en engrais potassique en fonction du niveau de K échangeable du sol.

Matériels et méthodes

L'étude est basée sur les résultats d'essais au champ de fertilisation potassique du blé dur (var. Karim) pendant 6 campagnes agricoles de 1995 à 2001, soit au total 16 essais en pluvial et 16 essais en irrigué. Les essais ont été menés sur des sols des régions céréalières du Nord-Ouest et du Centre de la Tunisie (Tableau 1), couvrant une large gamme de teneurs en argile de 8 à 70 % dans diverses zones climatiques (de l'humide à l'aride supérieur). L'engrais utilisé est le sulfate de potassium avec des doses allant de 25 à 200 kg d'engrais/ha (soit 12 à 94 unités de K_2O). Le potassium échangeable du sol est déterminé par la méthode à l'acétate d'ammonium. L'azote et le phosphore sont maintenus à des niveaux adéquats et considérés comme facteurs non limitants.

Dans ce travail, la méthode Cate-Nelson (Cate et Nelson, 1965) d'estimation des seuils critiques est appliquée. Pour pallier aux variabilités inter et intra annuelles au niveau des rendements entre les différents essais, la méthode de Cate et Nelson utilise l'indice de rendement relatif ; celui-ci est défini comme le rapport des rendements entre le traitement témoin et le traitement qui a généré le rendement maximum. Un indice de 80 % par exemple signifie qu'avec le témoin on obtient 80 % du rendement maximal et que l'apport de l'engrais produit un accroissement du rendement de 20 %. Pour mieux dégager la différence des potentialités de production des systèmes céréaliers au niveau des rendements, nous avons divisé les essais en deux groupes :

- le groupe I où les conditions du milieu permettent des rendements objectifs en grains inférieurs à 25 q/ha (essais conduits en pluvial) ;
- le groupe II où le régime hydrique permet des rendements objectifs largement supérieurs à 25 q/ha. Il s'agit de la céréaliculture irriguée et éventuellement celle pratiquée dans les zones bioclimatiques du semi-aride supérieur et du subhumide.

Résultats et discussion

Essais en pluvial

En associant le K échangeable au rendement relatif (Figure 1a), l'application de la méthode graphique de Cate et Nelson a permis de déduire la valeur du seuil critique de K échangeable de 210 ppm (SCp). Il est à noter que cette valeur peut varier légèrement en fonction du rendement relatif fixé : on choisit alors un rendement relatif de 90 %. Cette valeur peut aussi être ajustée en fonction du type du sol. En effet, pour des sols à texture fine argileuse, ce seuil peut être revu à la hausse ; alors que pour les sols sableux à faible pouvoir tampon potassique, on peut considérer des valeurs plus basses.

L'adoption d'intervalles (ou marges) de richesse du sol en K échangeable au lieu du seuil critique nous permet de subdiviser le niveau de K échangeable du sol pour le blé dur en trois catégories correspondant à deux valeurs de seuil (Figure 1 b) :

- La catégorie de sols à niveau de richesse faible, à teneurs en K échangeable inférieures à 130 ppm K. Cette classe correspond à un objectif de rendement relatif inférieur à 70 % et comprend les sols les plus pauvres en K échangeable où l'apport d'engrais potassique a une plus grande probabilité de produire une augmentation du rendement. En général, les agronomes considèrent alors l'apport de l'engrais potassique comme une fumure de redressement.
- La catégorie de sols à niveau moyen ou modéré de richesse. Cette catégorie correspond à des rendements relatifs compris entre 70 et 85 %. Ces sols ont des teneurs en K échangeable de 130 à 210 ppm K et c'est souvent dans cet intervalle qu'on observe la valeur du seuil critique. L'apport de l'engrais potassique pour ces sols est souvent appelé fumure d'entretien car il correspond à une restitution des exportations.
- La catégorie de sols à niveau élevé de richesse. Ce sont souvent les sols où la fertilisation potassique ne se justifie pas. La teneur en K échangeable de ces sols est supérieure à 210 ppm K.

La quantité de fumure potassique à apporter pour le cas d'une conduite en pluvial en fonction du niveau de K échangeable du sol est approchée par une équation de régression (Figure 1 c). Ainsi, en reliant le niveau de K échangeable de chaque sol testé avec la quantité d'engrais potassique qui a produit le rendement maximum, l'équation obtenue est :

$$\text{Kg } K_2O = 181.14 - 0.38 K_{éch}$$

Essais en intensif

La moyenne arithmétique des rendements obtenus est de 25 q/ha et les essais qui ont produit des rendements supérieurs à cette moyenne sont considérés comme intensifs : ce sont souvent les essais conduits en irrigués ou dans les zones à pluviométrie favorable du Nord.

La valeur du seuil critique en K du sol pour ce type de situations est de 330 ppm K échangeable (Sci). Il est normal que cette valeur soit plus élevée que pour le cas de la conduite en pluvial et c'est conforme aux résultats obtenus par d'autres chercheurs (Loué, 1977 ; Papy et al., 1979 ; Ait Houssa, 1989 ; Bouchaara, 1989).

On signale également que cette valeur peut varier avec le niveau de rendement relatif à atteindre (Figure 2a). Ainsi, la plupart des sols à dominance de sable figurent dans la gamme des sites qui ont des teneurs en K échangeable inférieures au seuil critique.

La subdivision des sols en 3 catégories de richesse en K échangeable donne (Figure 2b) :

- des sols à niveau de richesse faible. Ils correspondent à un objectif de rendement relatif inférieur à 75 %. Ce sont les sols qui ont des teneurs en K échangeable inférieures à 210 ppm de K. Ces sols nécessitent une fumure potassique de redressement ;
- des sols à niveau de richesse moyen. Ils correspondent à un rendement relatif entre 75 et 90 %. Ces sols ont des teneurs en K échangeable comprises entre

210 et 330 ppm de K. La fertilisation potassique de ces sols est une fumure d'entretien ;

- des sols à niveau de richesse élevé dont la teneur en K échangeable est supérieure à 330 ppm de K. Ces sols sont généralement argileux, riches en K échangeable et ne nécessitent pas d'apport potassique.

La quantité d'engrais potassique à appliquer en fonction du niveau de K échangeable du sol est donnée par l'équation de régression (Figure 2c) :

$$Kg K_2O = 99.45 - 0.21 K_{éch}$$

Conclusion

Ce travail nous a permis de proposer des normes de fertilisation potassique pour le blé dur en déterminant des seuils critiques pour une conduite en pluvial $SC_p = 210$ ppm K échangeable et pour une conduite en intensif $SC_i = 330$ ppm K. De même, nous avons pu dégager pour ces deux types de situation des domaines de richesses en K : faible, moyen et élevé où des stratégies différentes de fertilisation peuvent être appliquées : fumure de redressement et fumure d'entretien.

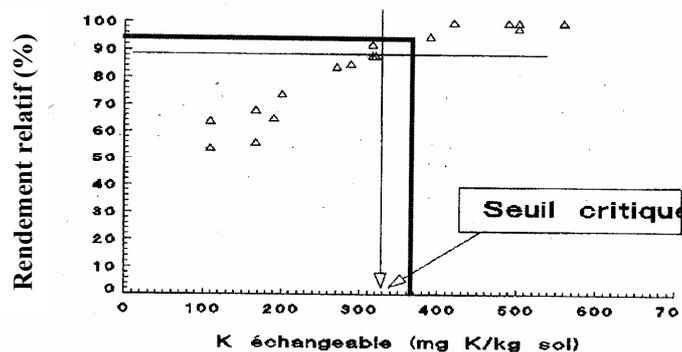
L'idée que « les sols tunisiens sont naturellement riches en K » reste valable uniquement pour une conduite en pluvial où les niveaux des rendements sont faibles et les besoins en K peuvent être satisfaits par les réserves du sol, notamment pour les sols argileux. Dans des conditions d'intensification, l'apport potassique serait avantageux et permettrait de mieux valoriser les facteurs d'intensification, et en particulier l'eau.

Ces normes de fertilisation potassique peuvent être utilisées comme guide de référence, mais elles doivent être ajustées en fonction des conditions spécifiques de conduite culturale, du type de sol et du cultivar de blé dur cultivé.

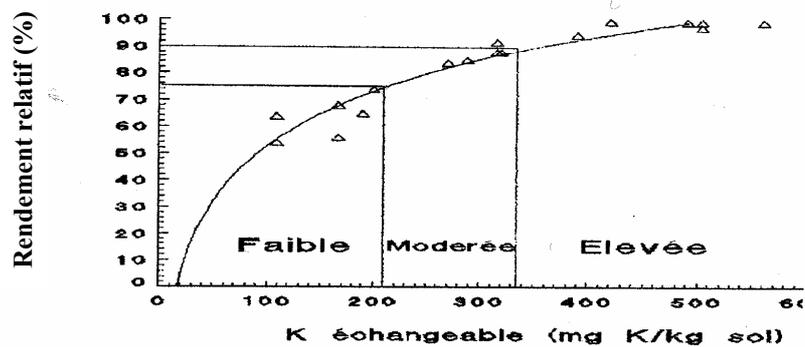
**Tableau 1. Concentration du sol en potassium échangeable, en argile (%)
et en matière organique (%) des sites utilisés dans les essais.**

Échantillon	K_{éch.} (mg/kg de sol)	Argile (%)	Matière organique (%)
(Sbeitla)	145	18	1,88
(Gmati)	250	42	2,31
(Gantra)	495	40	2,26
Mabrouka (Sers)	460	45	2,53
KsarHi (Siliana)	406	53	2,21
Sfina (Makthar)	281	64	3,83
Zanfoura (Ksour)	132	30	4,37
Ramlia (Ksour)	246	62	2,53
Yahyaoui (Le Kef)	192	16	0,64
Kodiat INRAT (Bousalem)	469	50	2,04
S.A.S. (Kalaa Khasba)	455	62	1,56
Foussana	88	17	0,69
Lafareg (Béja)	328	60	3,34
Boulifa (Le Kef)	384	42	2,68
SB1	375	60	0,81

2a



2b



2c

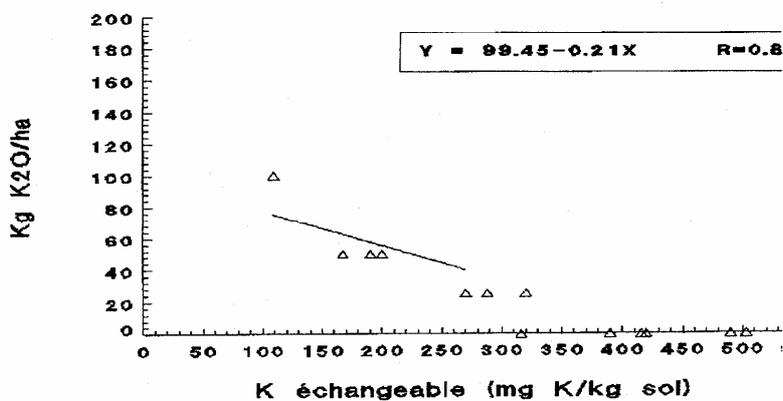


Fig 2a. seuil critique en K du sol du blé dur cultivé en irrigué
(Rdt > 25 qx/ha) : méthode Cate Nelson
2b. Classes de richesse en K du sol pour le blé dur cultivé en irrigué
(Rdt > 25 qx/ha)
2c. Kg K₂O recommandés en fonction du niveau de K du sol pour le blé dur
cultivé en irrigué (Rdt > 25 qx/ha)

Références bibliographiques

- AIT HOUSSA, A.** 1989. *Etude du potassium dans divers types de sols de système de culture au Maroc*, Doctorat Es-sciences Agronomiques, IAV Hassen II, Rabat, Maroc.
- AISSA, A., et MHIRI, A.** 2000. « La fertilisation phospho-potassique des céréales en Tunisie », *Revue de l'INAT*, Vol. 15, n° 2, p. 7-14.
- BOUCHAARA, S.** 1989. *Caractérisation de la fertilisation potassique des sols des Doukkalas*, M. Sc. thesis, IAV Hassen II, Rabat, Maroc.
- CAPITAINE, R.C.** 1976. « Recommandations sur l'emploi des engrais en Tunisie », *Documents Techniques de l'INRAT*, n° 35, Tunisie.
- CATE, R.B.J.R., et NELSON, L.A.** 1965. « A rapid method for correlation of soil test analysis and plant response data », *North Carolina International soil testing series bull.* n° 1.
- KARAMANOS, R. et FLORE, N.** 2000. « Starter potassium for wheat and barley for high potassium soils », *Better crops*, Vol. 84, n° 2.
- LOUÉ, A.** 1977. *La fertilisation des sols à fort pouvoir fixateur*, Dossier K₂O n°7, Mulhouse, SCPA édition, France.
- MHIRI, A.** 1997. « Potassium status in soils and crops, recommandations and present use in Tunisia », Proceedings of the regional workshop of International Potash Institute "Food security in the WANA region, the essential need for balanced fertilization", 26-30 may 1997, Bornova, Izmir, Turkey, p. 146-153.
- OLFATI, M., MALAKOUTI, M.J., et BALATI, M.R.** 2001. *Critical level of soil potassium for wheat in Iran*, In [http//www.iranswri.com](http://www.iranswri.com).
- PAPY, F., AGBANI, M., et QUEMMNER, I.** 1979. *Soil phosphorus and potassium in relation to cropping systems in North Africa*, p. 237-256.