

**African Crop Science Journal**

AFRICAN CROP SCIENCE SOCIETY

ISSN: 1021-9730 EISSN: 2072-6589

VOL. 11, NUM. 1, 2003, PP. 17-25

*African Crop Science Journal, Vol. 11. No. 1, 2003, pp. 17-25***RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES D'ENGRAIS: CALIBRATION ET VALIDATION DU MODULE PHOSPHORE DU MODELE NuMaSS**M.D. Doumbia, A. Sidibé, A. Bagayoko, M. A. Diarra, A. Bationo¹, R. A. Kablan², R.S. Yost², L.R. Hossner³ et F.M. Hons³

Laboratoire Sol- Eau -Plante, Institut d'Economie Rurale, BP 262, Bamako, Mali

¹ICRISAT, BP 2814, Niamey, Niger²The University of Hawaii, Honolulu, HI, USA³Texas A&M University, College Station, TX 77841, USA

Received 17 January, 2001;

Accepted 15 January, 2003

Code Number: cs03003**RÉSUMÉ**

Les recommandations d'engrais en vigueur au Mali et dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest furent faites selon la méthode Chaminade. Pour des raisons socio-économiques, des doses permettant de corriger les déficiences de nutriments majeurs furent vulgarisées. Ces "recommandations uniques", quand elles sont appliquées, entraînent un épuisement continu des réserves nutritives des sols. L'objectif de cette recherche était de calibrer et valider le module P du modèle NuMaSS (Nutrient Management Support System). Des incubations de laboratoire furent d'abord faites afin de calibrer le coefficient de pouvoir tampon nécessaire au module P. Les doses de N, P et de chaux prédites par le modèle NuMaSS furent ensuite comparées aux recommandations uniques d'engrais en plein champ afin de valider ces recommandations spécifiques. Les coefficients de pouvoir tampon sont inversement proportionnels à la teneur en argile des sols. Les coefficients des sols sableux maliens de Cinzana (0,73) et nigériens de Kollo P3 (0,64) sont plus élevés que ceux des sols argileux maliens de Longorola-bf (0,22) et nigériens de Kollo P1 (0,21). En général, les coefficients de pouvoir tampon obtenus par incubation de laboratoire (0,60) ont tendance à être plus bas que ceux estimés par le module P du modèle NuMaSS (0,67). La gamme de texture des sols utilisés (de 1,5 à 56,4% d'argile) permet de retenir que les coefficients de pouvoir tampons estimés par le module P de NuMaSS sont corrects pour les sols exondés. Les rendements en grains des différents essais et tests n'indiquent pas la supériorité attendue des recommandations spécifiques d'engrais du modèle NuMaSS par rapport aux recommandations uniques d'engrais en vigueur (1624 et 1582 kg de grains de maïs par ha,

respectivement).

Mots Clés: Pouvoir tampon, recommandation d'engrais, modèle

ABSTRACT

Fertiliser recommendations in Mali as well as in many other countries of West Africa were made according to Chaminade's method. For socio-economic reasons, correcting deficiency rates of major nutrients were vulgarized. These blanket recommendation, when applied, lead to a continuous soil nutrient mining. The objective of this research was to calibrate and validate the P module of NuMass. Laboratory incubations were conducted to calibrate the P buffering coefficients used by the P module. Rates of N, P and lime predicted by NuMass model, considered as specific recommendations, were compared to the blanket recommendations in the field in order to validate them. The buffer coefficients were inversely proportional to the clay content. The buffering coefficient of sandy soils of Cinzana/Mali (0.73) and Kollo/Niger P3 (0.63) were higher compared to the clayey soils of Longorola-bf (0.22) and Kollo/Niger (0.21). Generally, buffering coefficients obtained by laboratory incubation (0.60) tended to be lower than the estimated coefficient by the P module NuMass (0.67). The range of the used soil texture (1.5-54.6 % clay) showed that the buffering coefficients estimated by the P module of NuMass were correct for flooded soils. Grain yield of different trials and tests do not indicate the expected higher performance of specific recommendations of fertilisers from NuMass model compared to the used blanket recommendation (1624 and 1582 kg ha⁻¹ of maize; respectively).

Key Words: Buffering capacity, fertilizer recommendation, model

INTRODUCTION

Les recommandations d'engrais en vigueur au Mali et dans plusieurs autres pays de l'Afrique de l'Ouest furent faites selon la méthode Chaminade (1965). Pour des raisons socio-économiques, des doses permettant de corriger les déficiences de nutriments majeurs furent vulgarisées (Piéri, 1973). Ces "recommandations uniques", quand elles sont appliquées, entraînent un épuisement continu des réserves nutritives des sols (Van der Pol, 1992; Kieft *et al.*, 1994) parce que ces sols sous culture perdent plus de nutriments qu'ils n'en reçoivent. Dans la zone du Mali-Sud, au moins 40% du revenu généré par l'agriculture semblent être réalisés aux dépens de l'épuisement des réserves nutritives des sols (Van der Pol et Traoré, 1993). En plus, plusieurs travaux de recherche ont montré que le P est le nutriment qui limite le plus la production des sols du Mali et d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest (Poulain, 1976; Thibout *et al.*, 1980; Manu *et al.*, 1991; Doumbia *et al.*, 1993). Ce fait est ironique quand on sait que le Mali possède l'un des phosphates naturels les plus solubles de l'Afrique de l'Ouest (Truong *et al.*, 1978). En effet, le phosphate naturel de Tilemsi (PNT), tout comme celui de Tahoua (Niger), peut être directement utilisé comme engrais phosphaté (Truong *et al.*, 1978; Thibout *et al.*, 1980; Hellums *et al.*, 1989; Senghore, 1991).

Les recommandations d'engrais sur les cultures au Mali et dans plusieurs autres pays de l'Afrique font actuellement l'objet de thèmes de recherche sollicités par les utilisateurs qui souhaitent des recommandations plus spécifiques, notamment par type de sol ou objectif de rendement. Les recommandations spécifiques d'engrais en fonction des résultats d'analyses exigent la connaissance des facteurs suivants: le niveau initial d'un nutriment donné dans le sol, l'espèce à cultiver, le rendement potentiel, l'augmentation de rendement en fonction de l'augmentation des doses d'engrais, la méthode d'application des engrais, la présence d'une légumineuse comme précédant cultural, l'utilisation de fumier, le degré de minéralisation de la matière organique, etc. (Peck and Soltanpour, 1990). Une procédure idéale serait de faire des recommandations en fonction de différents rendements cibles et de leurs coûts et laisser les paysans faire leurs choix (Peck and Soltanpour, 1990).

Plusieurs modèles sont disponibles pour faire des recommandations spécifiques d'engrais. La méthode de trois quadrants fait des recommandations en doses d'application de N, P et K en fonction de l'objectif de rendement d'une culture, des exportations et des taux de prélèvement de la culture en ces nutriments (van Duivenbooden *et al.*, 1996). Le modèle NuMaSS ('Nutrient Management Support System'), en plus de doses d'application de N et P, inclut la chaux dans ses recommandations (Desmond *et al.*, 1999).

Le modèle NuMaSS comprend 3 modules intégrés (Desmond *et al.*, 1999). Le module N fait des recommandations en fonction, essentiellement, de l'objectif de rendement, de la teneur en N de la culture et de la teneur du sol en matière organique. Le module pour la correction de l'acidité exige le taux de saturation du sol et la tolérance de la plante en Al échangeable. Le module P exige la teneur du sol argile et en P assimilable.

L'objectif global de cette recherche était de mettre au point des recommandations spécifiques d'engrais. Les objectifs spécifiques étaient de calibrer les coefficients de pouvoir tampon en P du module P de NuMaSS et de valider les recommandations spécifiques prédites par ce modèle.

MATERIELS ET METHODES

Plan de recherche. Des incubations en laboratoire furent d'abord conduites pour calibrer les coefficients de pouvoir tampon estimés par le module P de NuMaSS. Les recommandations d'engrais phosphatés prédites par ce module P furent ensuite validées par des essais (en station) et des tests (en milieu réel) de comparaison avec les recommandations uniques d'engrais en vigueur, en présence d'un témoin absolu (témoin sans engrais).

La formule du module P de NuMaSS est la suivante (Yost *et al.*, 1992):

$P = (Bc - Bo) * a1/a2 * D/10$, où:
P = recommandation de P (kg ha⁻¹)
Bc = niveau critique du sol en P assimilable (mg kg⁻¹)
Bo = teneur du sol en P assimilable (mg kg⁻¹)
a1 = capacité de rétention du sol en P (coefficient)
a2 = coefficient de pouvoir tampon du sol en P
D = profondeur d'enfouissement de l'engrais (cm)

Incubations en laboratoire. Des incubations en laboratoire furent conduites pour valider les coefficients de pouvoir tampon prédits par le module P. Trente six échantillons de sols (17 du Mali et 19 du Niger) furent utilisés. Les échantillons furent d'abord analysés quant à leur teneur en argile (Gee and Bauder, 1986) et en P (Bray-1) assimilable (Sparks *et al.*, 1996). Ces paramètres furent ensuite introduits dans le modèle pour produire les coefficients de pouvoir tampon du modèle (a2M). Ces sols furent ensuite incubés en laboratoire pour estimer les coefficients de pouvoir tampon de laboratoire (a2L). Le P fut appliqué aux échantillons de sols sous forme de KH₂PO₄ dissout dans une solution de 0,001M CaCl₂ (rapport sol/solution de 1:1). Chaque échantillon de sols fut traité avec 3 doses de P à 3 répétitions: 0, 10 et 50 mg P kg⁻¹ pour les sols avec moins de 35% d'argile; et 0, 50 et 250 mg P kg⁻¹ pour les sols argileux (>35% d'argile). Les sols furent incubés à 23 oC pendant 6 à 7 jours. A la fin de l'incubation, la teneur en P Bray-1 fut déterminée dans les échantillons de sols incubés.

La pente de la droite obtenue par la relation entre le P extrait et le P appliqué fut considérée comme le coefficient de pouvoir tampon du sol (a2L). Les coefficients déterminés par incubation en laboratoire (a2L) et ceux estimés par le module P (a2M) furent ensuite comparés. Le module P estime le coefficient selon la formule suivante (Yost *et al.*, 1992):

$a2M = 0,6665 * \exp(-0,02739 * A)$, où:

a2M = coefficient de pouvoir tampon du sol en P
exp = valeur exponentielle
A = teneur en argile du sol (%)

Tests de validation. Des essais furent conduits en station et en milieu réel pour tester les recommandations en P prédites par le module P. Les doses de P prédites par ce module furent d'abord combinées à celles de la chaux et d'azote prédites par les 2 autres composantes du modèle NuMaSS (module N et module pour la correction de l'acidité). Ces recommandations furent ensuite comparées aux recommandations d'engrais en vigueur au Mali et à un témoin absolu. Ces traitements furent comparés à la station de Sotuba sur sorgho et maïs, et à Cinzana sur mil et à Dougouba sur mil (2 tests). Ces essais et tests comportaient 3 traitements (**Tableau 1**) installés en blocs de Fischer à 4 répétitions. Le phosphore fut appliqué soit sous forme de triple superphosphate (TSP) soit sous forme de di-ammonium de phosphore (DAP) contenant chacun environ 20% de P. L'azote fut appliqué sous forme d'urée contenant 46% N et la chaux sous forme de chaux de Diamou (Mali) contenant 63.2% de carbonate de calcium effectif (Doumbia *et al.*, 1998).

Des échantillons de sols prélevés dans chacune des unités expérimentales (avant l'application des engrais et après la récolte) furent analysés en laboratoire pour évaluer l'effet résiduel des différents traitements sur quelques propriétés des sols (pH, acidité d'échange, P Bray-1, bases échangeables) selon les méthodes chimiques de Sparks *et al.* (1996).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Calibration du coefficient de pouvoir tampon. Les coefficients de pouvoir tampon obtenus en laboratoire sont indiqués dans les Figures 1 et 2. Le coefficient représente la pente de la droite obtenue par la relation entre le P extrait et le P appliqué. On note que le coefficient est inversement proportionnel à la teneur en argile du sol. Cette relation est parfaitement illustrée par le coefficient (0.12) du sol argileux de Longorola bf (Mali) et celui (0.84) du sol sableux de Cinzana (Mali). La même relation inversement proportionnelle existe entre le coefficient (0.26) du sol argileux de Kollo P1 (Niger) et celui (0.74) du sol sableux de Kollo P3 (Niger).

Une comparaison des coefficients de pouvoir tampon obtenus en laboratoire (a2L) et ceux prédits par le module P (a2M) est faite dans le **Tableau 2**; et les Figures 3 et 4. En général, les coefficients de pouvoir tampon obtenus en laboratoire sont indiqués dans les Figures 1 et 2.

Le coefficient représente la pente de la droite obtenue par la relation entre le P extrait et le P appliqué. On note que le coefficient est inversement proportionnel à la teneur en argile du sol. Cette relation est parfaitement illustrée par le coefficient (0.12) du sol argileux de Longorola bf (Mali) et celui (0.84) du sol sableux de Cinzana (Mali). La même relation inversement proportionnelle existe entre le coefficient (0.26) du sol argileux de Kollo P1 (Niger) et celui (0.74) du sol sableux de Kollo P3 (Niger).

Une comparaison des coefficients de pouvoir tampon obtenus en laboratoire (a2L) et ceux prédits par le module P (a2M) est faite dans le **Tableau 2**; et les Figures 3 et 4. En général, les coefficients de pouvoir tampon obtenus par incubation de laboratoire (a2L=0/60) ont tendance à être plus bas que ceux prédits par le module P du modèle NuMaSS (a2M=0.67). Ces différences ne sont pas cependant très fortes pour remettre en cause la validité de la formule du module P. Cependant de fortes différences existent entre les 2 coefficients (a2M et a2L) de certains sols (Figs. 3 et 4). Ainsi, on note que pour le sol 10 du Mali (Longorola-bf) le coefficient a2M est 2 fois plus élevé que le coefficient a2L. Ce sol est un sol argileux de bas-fonds qui est submergé d'eau pendant 5 mois dans l'année. Les relations entre le Fe et le P dans ces sols de rizières (Ponnamperuma, 1972) et la méthode Bray-1 utilisée pour la détermination du P non fixé (Shahandeh *et al.*, 1994a et 1994b) auraient contribué à ces fortes différences. Des résultats similaires furent obtenus par Keita (1997) indiquent que les coefficients obtenus avec les deux méthodes de détermination étaient

statistiquement égaux. bas-fonds qui est submergé d'eau pendant 5 mois dans l'année. Les relations entre le Fe et le P dans ces sols de rizières (Ponnamperuma, 1972) et la méthode Bray-1 utilisée pour la détermination du P non fixé (Shahandeh *et al.*, 1994a et 1994b) auraient contribué à ces fortes différences. Des résultats similaires furent obtenus par Coumaré (1998). Cependant, les résultats obtenus par Keita (1997) indiquent que les coefficients obtenus avec les deux méthodes de détermination étaient statistiquement égaux.

Essais et tests primaires de validation des recommandations d'engrais. Les rendements en grain obtenus par l'application des recommandations spécifiques d'engrais du modèle furent statistiquement supérieurs à ceux du témoin quelque soit la culture. Cependant ces rendements en grain sont statistiquement égaux à ceux obtenus par l'application des recommandations uniques en vigueur (**Tableau 3**). Les rendements des différents tests indiquent des contre-performances des doses de modèles car les recommandations uniques n'apportent que des doses de correction de carences en P et en N (Péri, 1973; Poulain, 1976). Les doses des modèles apportent les niveaux critiques de P des différentes cultures et les niveaux optimum en N, mais aussi la dose de chaux nécessaire à la correction de l'aluminium échangeable (Desmond *et al.*, 1999). Les fortes variabilités spatiales (coefficients de variation allant de 20 à 47%) observées à l'intérieur d'une même unité expérimentale et entre les répétitions d'un même traitement auraient également contribué à ces contre-performances des doses d'engrais recommandées par les différents modules de modèle NuMaSS. Les effets des traitements sur les propriétés chimiques des sols du test 2 sont indiqués dans le **Tableau 4** (site Dougouba). On note un effet significatif des doses du modèle NuMaSS sur le pH du sol dû à l'application de la chaux de Diamou.

CONCLUSIONS

Les coefficients de pouvoir tampon obtenus par incubation de laboratoire sont inversement proportionnels à la teneur en argile des sols. Les coefficients des sols sableux maliens de Cinzana (0,73) et nigériens de Kollo P3 (0,64) sont plus élevés que ceux des sols argileux maliens de Longorola-bf (0,22) et nigériens de Kollo P1 (0,21). En général, les coefficients de pouvoir tampon obtenus par incubation de laboratoire (0,60) ont tendance à être plus bas que ceux estimés par le module P du modèle NuMaSS (0,67). Ces différences ne sont généralement pas très fortes pour remettre en cause la validité de la formule du module P. La gamme de textures des sols de l'Afrique de l'Ouest utilisés (de 1,5 à 56,4% d'argile) permet de retenir que les coefficients de pouvoir tampon estimés par le module P de NuMaSS sont corrects pour les sols exondés.

Les rendements en grains des différents essais et tests n'indiquent pas la supériorité attendue des recommandations spécifiques d'engrais du modèle NuMaSS par rapport aux recommandations uniques d'engrais en vigueur (1624 et 1582 kg de grains de maïs par ha, respectivement). Les fortes variabilités spatiales observées (coefficients de variation allant de 20 à 47%) à l'intérieur d'une même unité expérimentale et entre les répétitions d'un même traitement auraient contribué aux différences non significatives entre les rendements obtenus. Les recommandations spécifiques d'engrais du modèle NuMaSS donnent des rendements en grains supérieurs à ceux du témoin quelque soit le site et la culture (**Tableau 4**).

Les perspectives d'amélioration des prédictions du modèle porteront sur des calibrations afin d'améliorer la performance en rendement des cultures. Certaines lacunes du modèle seront également corrigées compte tenu que les phosphates naturels, le cotonnier et le riz irrigué (terres de rizières) ne sont pas encore inclus dans les recommandations spécifiques de NuMaSS.

REFERENCES

- Chaminade, R. 1965. Recherche sur la fertilité et la fertilisation des sols tropicaux: Principes de base et techniques. *Agronomie Tropicale* 20:1014-1017.
- Coumaré, O. 1998. Contribution à la validation du modèle PDSS (Phosphorus Decision

- Support System). Mémoire de fin d'études. IPR/IFRA, Katibougou, Mali. 68pp.
- Desmond, D.L., Smith, T.J., Reid, W.S., Yost, R.S., Branch, W. and Wang, X. 1999. Integrated soil nutrient management decision support system. Version 1.0. Software installation and user's guide. Soil Science Department. North Carolina State University. Raleigh, NC 27695-7619. USA.
 - Doumbia, M.D., Hossner, L.R. and Onken, A.B. 1993. Variable sorghum growth in acid soils of subhumid West Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 7:335-346.
 - Doumbia, M.D., Hossner, L.R. and Onken, A.B. 1998. Sorghum growth in acid soils of West Africa. Variations in soil chemical properties. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 12:179-190.
 - Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, p.383-411. In: *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. A. Klute (Ed.), pp. 66. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
 - Hellums, D.T, Chien, S.H. and Touchton, J.T. 1989. Potential agronomic value of calcium in some phosphate rocks from South America and West Africa. *Soil Science Society of American Journal* 53:459-462.
 - Kieft, H., Keita, N. et Van Der Heide, A. 1994. Engrais fertiles? Vers une fertilité durable des terres agricoles au Mali. ETC, Leusden, The Netherlands. 99 pp.
 - Keita, M. 1997. Contribution à la validation du modèle PDSS (Phosphorus Decision Support System). Mémoire de fin d'études. IPR/IFRA, Katibougou, Mali.
 - Manu, A., Bationo, A. and Geiger, S.C. 1991. Fertility status of selected millet producing soils of West Africa with emphasis on phosphorus. *Soil Science* 152:315-320.
 - Peck, T.R. and Soltanpour, P.N. 1990. The principles of soil testing. In: *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. R.L Westernman (Ed.). Soil Sci. Soc. of Amer. Madison, WI. SSSA Book Series 3:1-9.
 - Pieri, C. 1973. La fumure des céréales de culture sèche en République du Mali. *Agronomie Tropicale* 28:751-766.
 - Ponnamperna, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24:29-97.
 - Poulain, J.F. 1976. Amélioration de la fertilité des sols agricoles du Mali. Bilan de treize années de travaux (1962-1974). *Agronomie Tropicale* 31:402-416.
 - Senghore, T. 1991. Efficient fertilizer use for crop production. In: *Alleviating fertilizer constraints to increased crop production in West Africa*. A.U. Mokwunye (Ed.), pp. 131-138. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
 - Shahandeh, H., Hossner, L.R. and Turnerf, T. 1994a. A comparison of extraction methods for evaluating Fe and P in flooded rice soils. *Plant and Soil* 165:219-225.
 - Shahandeh, H., Hossner, L.R. and Turnerf, T. 1994b. Phosphorus relationships in flooded rice soils with low extractable phosphorus. *Soil Science Society of American Journal* 58:1184-1189.
 - Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E. 1996. Methods of soil analysis. Part 3 - Chemical methods. SSSA Book Series 5. Madison, WI (USA). pp. 1390.
 - Thibout, F., Traore, M.F., Pieri, C. and Pichot, J. 1980. Utilisation agricole des phosphates naturels de Tilemsi, Mali. *Agronomie Tropicale* 35:240-249.
 - Truong, B., Pichot, J. and Beunard, P. 1978. Caractérisation et comparaison des phosphates tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en agriculture. *Agron. Trop.* 33:136-145.
 - Van Der Pol, F. 1992. Soil mining. An unseen contributor to farm income in southern Mali. Bulletin 325. Royal Tropical Institute. Amsterdam. The Netherlands.
 - Van Der Pol, F. and Traore, B. 1993. Soil nutrient depletion by agricultural production in Southern Mali. *Fertilizer Research* 36:79-90.
 - Van Duivenbooden, N., De Wit C.T. and Van Keulen, H. 1996. Nitrogen, phosphorus and potassium relations in five major cereals reviewed in respect to fertilizer recommendations using simulation modelling. *Fertilizer Research* 44:37-49.
 - Yost, R.S., Onken, A.B, Cox, F. and Reid, S. 1992. The diagnosis of phosphorus deficiency and

predicting phosphorus requirement. In: *Proceedings of the TropSoils Phosphorus Decision Support System Workshop*. March 11 -12. Texas A&M University. College Station, TX. pp. 1-20.

©2003, African Crop Science Society

THE FOLLOWING IMAGES RELATED TO THIS DOCUMENT ARE AVAILABLE:

PHOTO IMAGES

[\[cs03003t2.jpg\]](#) [\[cs03003t1.jpg\]](#) [\[cs03003f3.jpg\]](#) [\[cs03003f1.jpg\]](#) [\[cs03003f4.jpg\]](#) [\[cs03003f2.jpg\]](#)
[\[cs03003t4.jpg\]](#) [\[cs03003t3.jpg\]](#)

HOME	FAQ	RESOURCES	EMAIL BIOLINE
----------------------	---------------------	---------------------------	-------------------------------

© Bioline International, 1989 - 2011, Site last up-dated on 16-Dec-2011.
Site created and maintained by the Reference Center on Environmental Information, CRIA, Brazil