

**RECOMMANDATION DE FORMULES DE FERTILISATION SITE-SPECIFIQUE
POUR LA PRODUCTION DU MAÏS (*ZEA MAYS* L.) DANS LA REGION DES
SAVANES AU TOGO
#9511**

Mouhamadou Lare¹, Jean Mianikpo Sogbedji¹, Kokou Lotsi², Ayéfouni Ale Gohn-Goh²,
Kokou A. Amouzou³, Thérèse A. Agneroh³

¹Laboratoire Interface Sciences du Sol-Climat et Production Végétale (LISSCPV),
Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé. ²L'Institut de Conseil et d'Appui
Technique, Lomé, Togo. ³African Plant Nutrition Institute, Yamoussoukro, Cote d'Ivoire
e-mail : mouhamadoulare@gmail.com

RESUME

Dans le contexte actuel de la dégradation des terres agricoles et des difficultés de disponibilité et d'accès aux intrants agricoles en particulier les engrais, la maximisation de l'efficacité d'utilisation des nutriments en nutrition des plantes devient plus que jamais une nécessité. Nous avons conduit en 2020 sous culture de maïs (*Zea mays* L.), des essais soustractifs à base de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) dans les préfectures de Tandjouaré et de Tône de la région des savanes au Togo. L'objectif a été de déterminer la fertilité endogène des sols de ces préfectures en termes de rendement en grain de la culture, avec pour but de faire des recommandations de formules de fertilisation site-spécifiques à partir de rendements ciblés. Cinq traitements de fertilisation définis suivant le principe de soustraction d'élément ont été appliqués : le témoin absolu – N₀P₀K₀ (T₁), N₀P₆₀K₇₀ (T₂), N₁₂₀P₀K₇₀ (T₃), N₁₂₀P₆₀K₀ (T₄) et N₁₂₀P₆₀K₇₀ (T₅) kg ha⁻¹ et la variété Ikenne de maïs a été utilisée. Les essais ont été conduits de façon participative incluant huit producteurs à Tandjouaré et sept producteurs à Tône servant chacun de répétition pour chacun des cinq traitements de fertilisation avec une parcelle élémentaire de 10 m x 10 m. Sur la base des rendements moyens obtenus sous chaque traitement dans chaque préfecture, des rendements ciblés ont été déterminés en tenant compte du rendement potentiel de la variété Ikenne. Les formules de fertilisation pour obtenir l'écart entre les rendements ciblés et ceux mesurés sur les traitements zéro N, zéro P et zéro K ont été calculées. Les résultats ont révélé que les rendements moyens variaient de 0,52 à 4,25 et de 0,32 à 3,02 Mg ha⁻¹, respectivement à Tandjouaré et Tône et ont montré que le gradient de besoin prioritaire en nutriment de maïs était de N > P > K dans les deux préfectures. A Tandjouaré, l'obtention des rendements en grain de 3, 3,5, 4 et 4,5 Mg ha⁻¹ est sujette aux formules de fertilisation N₉₂P₀K₀, N₁₁₂P₁₀K₀, N₁₃₂P₁₈K₁₆ et N₁₅₂P₂₆K₂₉ kg ha⁻¹, respectivement, avec des ratios valeur/coût correspondants de 16, 13, 11 et 10. Dans la préfecture de Tône, l'obtention des rendements en grain de 2,5, 3, 3,5, 4 et 4,5 Mg ha⁻¹ est sujette aux formules de fertilisation N₇₉P₂₄K₀, N₉₉P₃₂K₁₆, N₁₁₉P₄₁K₃₀, N₁₃₉P₄₉K₄₃ et N₁₅₉P₅₇K₅₆ kg ha⁻¹, respectivement, avec des ratios valeur/coût correspondants de 9, 8, 12, 7 et 6.

Mots clés: Maïs, recommandation de formule de fertilisation, essais soustractifs, Région des Savanes du Togo, RVC

ABSTRACT

In the current context of agricultural land degradation and difficulties in availability and access to agricultural inputs, particularly fertilizers, maximizing nutrient use efficiency in plant

nutrition is becoming more necessary than ever. In 2020, we conducted subtractive trials based on nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) under maize (*Zea mays* L.) in the prefectures of Tandjouaré and Tône in the Savannah region of Togo. The objective was to determine the endogenous fertility of the soils in these prefectures in terms of crop grain yield, with the aim of making recommendations for site-specific fertilization formulas based on targeted yields. Five fertilization treatments defined according to the element subtraction principle were applied: the absolute control - N0P0K0 (T1), N0P60K70 (T2), N120P0K70 (T3), N120P60K0 (T4) and N120P60K70 (T5) kg ha⁻¹ and the maize variety Ikenne was used. The trials were conducted in a participatory manner with eight farmers in Tandjouaré and seven farmers in Tône, each serving as a replication for each of the five fertilizer treatments with a 10 m x 10 m plot size. Based on the average yields obtained under each treatment in each prefecture, target yields were determined considering the potential yield of the Ikenne variety. Fertilization formulas to obtain the difference between the target yields and those measured on the zero N, zero P and zero K treatments were calculated. Results revealed that average yields ranged from 0.52 to 4.25 and 0.32 to 3.02 Mg ha⁻¹, respectively, in Tandjouaré and Tône and showed that the gradient of priority maize nutrient requirement was N > P > K in both prefectures. In Tandjouaré, grain yields of 3, 3.5, 4, and 4.5 Mg ha⁻¹ were obtained using the fertilizer formulas N92P0K0, N112P10K0, N132P18K16, and N152P26K29 kg ha⁻¹, respectively, with corresponding value/cost ratios of 16, 13, 11, and 10. In Tône prefecture, grain yields of 2.5, 3, 3.5, 4, and 4.5 Mg ha⁻¹ are achieved using the fertilizer formulas N79P24K0, N99P32K16, N119P41K30, N139P49K43, and N159P57K56 kg ha⁻¹, respectively, with corresponding value/cost ratios of 9, 8, 12, 7, and 6.

Keywords: Maize, fertilizer recommendation, nutrient omission trials, Savannah Region of Togo, RVC

INTRODUCTION

L'Afrique sub-saharienne est particulièrement vulnérable aux menaces jumelles de la dégradation des ressources naturelles et de la pauvreté, le changement climatique reste une préoccupation majeure donnant lieu à de nouveaux défis (Liniger *et al.*, 2011). Un des défis majeurs, pour les scientifiques, les gouvernements et autres parties prenantes dans la région, est que la production alimentaire devrait augmenter de 70% en l'an 2050 pour répondre aux besoins caloriques nécessaires à la population (Liniger *et al.*, 2011). Le déficit alimentaire ainsi que la pauvreté en particulier des populations rurales résultent principalement de la baisse de la fertilité des sols et il est démontré qu'aucune issue de sortie du cycle infernal de la famine et de la pauvreté n'est possible à moins que la tendance actuelle de la dégradation des sols est renversée (IFDC, 2005). Wheeler *et al.* 2000 ont démontré que la variabilité climatique a des impacts directs et indirects sur la production agricole. Par ailleurs, la vulnérabilité des systèmes culturels et de la production végétale à la variabilité climatique conduit à des risques économiques et de sécurité alimentaire (Hatfield *et al.*, 2011). Plusieurs approches telles que l'utilisation des rendements de culture et des analyses spatiales des systèmes agraires (Amouzou *et al.*, 2013 ; Sogbedji *et al.*, 2017) ont été utilisées pour comprendre les implications potentielles des trois principales entités (sol, climat et végétal) du système agricole pour plusieurs composantes du système de production alimentaire. Les résultats issus de telles approches ont montré qu'il devient plus urgent que jamais pour le secteur agricole de s'adapter à ces différentes entités. L'adaptation durable à ces entités est synonyme de composer simultanément avec leurs impacts respectifs, ce qui peut être fait avec succès en adoptant des technologies plus versatiles et plus résilientes vis-à-vis d'elles. Les options potentielles d'adaptation doivent nécessairement opérer sur la base de l'interface sol-climat-végétal

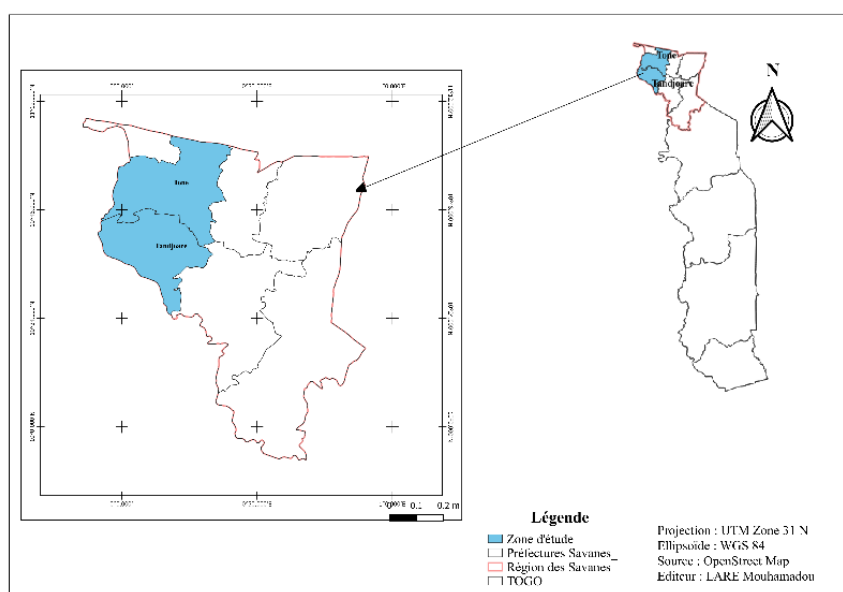
(Sogbedji, 2020). De telles options font sévèrement défaut dans le secteur agricole togolais et particulièrement dans la région des Savanes. Dans cette région, la culture de maïs constitue l'activité principale pour près de 90% de la population, les sols sont parmi les plus dégradés avec un rendement moyen en maïs grain n'excédant pas 2 t ha^{-1} , ce qui est en deçà du potentiel génétique de la culture d'au moins 5 t ha^{-1} (Akata, 1992, DSID, 2019, ITRA 2021). Des résultats de simulation sur la dégradation des sols au Togo permettent de dire que les sols dégradés passeraient de 15 % en 1995 à plus de 40 % en 2035 avec près de 16 % de sols fortement dégradés contre 2 % en 1995 (Brabant *et al.*, 1996). Plusieurs chercheurs ont souligné la nécessité d'actualiser les doses d'engrais recommandées après avoir rappelé le caractère obsolète des recommandations d'engrais en Afrique subsaharienne. Ces recommandations obsolètes qui sont des recommandations pan-territoriales ne tiennent compte ni de la dégradation des sols, ni de la diversité des agroécosystèmes et des pratiques culturales (Igue *et al.*, 2013, Blanchard *et al.*, 2014, Detchinili *et al.*, 2017).

La présente étude s'inscrit dans un programme de recherche-développement visant à déterminer la fertilité endogène des sols de ces préfectures en termes de rendement en grain de la culture, avec pour but de faire des recommandations de formules de fertilisation site-spécifiques à partir de rendements ciblés.

MATERIEL ET METHODES

Site expérimental

L'étude a été conduite dans la région des savanes (Tandjouaré et Tône) du Togo. C'est la région la plus septentrionale du Togo. Le climat dans la région est de type Soudano-sahélien avec une saison pluvieuse qui va de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. La pluviométrie y est de 850 à 1400 mm avec une très variabilité interannuelle (De Witte, 2013). Cette région connaît également des périodes de fortes températures en mars et avril (38°) et des périodes de faibles températures entre novembre et janvier (19°) (Lamsaïf, 2014) avec une importante évaporation surpassant les 2000 mm d'eau par an. Les sols dominants sont de types ferrugineux tropicaux lessivés (Lamoureux, 1969).



Carte de la zone d'étude

Matériel végétal

La variété de maïs Ikenne 9449-SR a été utilisée au cours de l'expérimentation. Il s'agit d'une variété composite, obtenue par CIMMYT / IITA, introduite au Togo en 1980 et cultivée dans toutes les régions du pays. Le cycle semis-maturité (50%) varie de 100 à 105 jours. Cette variété a une taille moyenne de 2,10 m et une hauteur d'insertion d'épis de 90 cm. Son grain est d'ur de couleur blanchâtre. Elle présente un bon recouvrement de l'épi, une bonne résistance à la sécheresse, au virus de la striure et à la verse. Le rendement moyen de la variété Ikenne est de 5 Mg ha⁻¹ (CEDEAO-UEMOA-CILSS, 2016).

Conduite de l'essai

L'étude a été conduite de juin à novembre de 2020 dans les préfectures de Tandjouaré et de Tône au Togo. Cinq traitements de fertilisation définis suivant le principe de soustraction d'élément ont été appliqués : le témoin absolu – N₀P₀K₀ (T₁), N₀P₆₀K₇₀ (T₂), N₁₂₀P₀K₇₀ (T₃), N₁₂₀P₆₀K₀ (T₄) et N₁₂₀P₆₀K₇₀ (T₅) kg ha⁻¹ et la variété Ikenne de maïs a été utilisée. Les essais ont été conduits de façon participative incluant huit producteurs à Tandjouaré et sept producteurs à Tône servant chacun de répétition pour chacun des cinq traitements de fertilisation avec une parcelle élémentaire de 10 m x 10 m.

Collecte et analyse de données

Les rendements en maïs grains ont été déterminés sous chaque traitement en récoltant les épis de la surface utile. Les grains récoltés ont été pesés pour chaque traitement à l'aide d'une balance électronique. Sur la base des rendements moyens obtenus sous chaque traitement dans chaque préfecture, des rendements ciblés ont été déterminés en tenant compte du rendement potentiel de la variété Ikenne. Les formules de fertilisation pour obtenir l'écart entre les rendements ciblés et ceux mesurés sur les traitements zéro N, zéro P et zéro K ont été calculées. La dose de chaque élément a été calculée à travers cette formule :

$$\text{Dose de Fertilisant} = \frac{\text{Rendement ciblé} - \text{Rendement Zéro}}{\text{EI} * \text{TR}}$$

EI : Efficience Interne

TR : Taux de Recouvrement

D'après JANSSEN et al (1990), on a : EI (N) : 50 Kg Grains/Kg de N absorbé, EI (N) : 400 Kg Grains/Kg de P absorbé et EI (K) : 75 Kg Grains/Kg de K absorbé

Pour les sols argileux, le taux de recouvrement (TR) est : TR(N)= 0,5, TR(P)= 0,15, TR(K)= 0,5

Le Ratio Valeur Cout (RVC) a été calculé à travers cette formule pour chacune des formules de fertilisation :

$$\text{RVC} = \frac{\text{Revenu total de l'option}}{\text{Coût total des engrais}}$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les rendements en grains de maïs enregistrés sont résumés en annexe 1 et 2 ci-après. Les résultats de l'étude révèlent que les rendements moyens ont variés de 0,52 à 4,25 et de 0,32 à 3,02 Mg ha⁻¹, respectivement à Tandjouaré et Tône et montrent que le gradient de besoin prioritaire en nutriment de maïs est de N > P > K dans les deux préfectures. Les résultats ainsi obtenus corroborent ceux de (Maba *et al.*, 2007, Mawussi *et al.*, 2015) qui ont également trouvé les mêmes scénarii sur les sols ferrugineux tropicaux.

Sur la base des résultats des essais soustractifs, les formules de fertilisation développées pour obtenir l'écart entre les rendements ciblés et ceux mesurés sur les traitements zéro N, zéro P et zéro K ont fait l'objet de débat et vient confirmer les études de Igue *et al.* (2013), Blanchard *et al.* (2014), Detchinili *et al.* (2017), Lare et Sogbedji (2020) sur la nécessité d'actualiser les formules de fertilisation. Pour la préfecture de Tandjouaré, l'obtention des rendements en grain de 3, 3,5, 4 et 4,5 Mg ha⁻¹ est sujette aux formules de fertilisation N₉₂P₀K₀, N₁₁₂P₁₀K₀, N₁₃₂P₁₈K₁₆ et N₁₅₂P₂₆K₂₉ kg ha⁻¹, respectivement, avec des Ratios Valeur Coût (RVC) correspondants de 16, 13, 11 et 10. Pour la préfecture de Tône, l'obtention des rendements en grain de 2,5, 3, 3,5, 4 et 4,5 Mg ha⁻¹ est sujette aux formules de fertilisation N₇₉P₂₄K₀, N₉₉P₃₂K₁₆, N₁₁₉P₄₁K₃₀, N₁₃₉P₄₉K₄₃ et N₁₅₉P₅₇K₅₆ kg ha⁻¹, respectivement, avec des ratios valeur/coût correspondants de 9, 8, 12, 7 et 6.

Il ressort que tous les Ratios Valeurs Coûts (RVC) calculés sur la base des formules de fertilisation développées sont supérieurs à la valeur seuil 2 fixée par la FAO en 2005. Pour la préfecture de Tandjouaré, plus le rendement ciblé est faible, plus le RVC est élevé. Par contre dans la préfecture de Tône, le meilleur RVC est obtenu pour un rendement ciblé de 3,5 Mg ha⁻¹. Les doses des éléments nutritifs obtenues pour les panoplies de rendements ciblés corroborent les travaux de Ziadi *et al.* (2006), Mustapha (2012) pour lesquels la fertilisation azotée joue un rôle essentiel sur la croissance des végétaux et le rendement des cultures et qu'elle contribue à augmenter la production agricole tout en ayant un impact sur la qualité des produits récoltés. Pour Batamoussi *et al.* (2014), l'azote constitue le principal élément limitant le rendement des cultures céréalières.

Les formules de fertilisation ainsi développées nécessitent une validation sur le terrain afin de confirmer et ou d'infirmer leurs performances agronomiques et économiques pour une production optimale et durable surtout dans le contexte actuel de changement climatique et de dégradation des ressources de base.

L'interprétation des résultats montre la nécessité pour chaque cite spécifique sa formule de fertilisation en fonction de l'objectif du producteur dans le strict respect de l'environnement et des réserves nutritives natives du sol. La pauvreté des terres agricoles a rendu l'utilisation des fertilisants, surtout minéraux, indispensable à la production (Sanou *et al.*, 2018).

CONCLUSION

La faible productivité du maïs au Togo est plus qu'une réalité malgré l'effort des chercheurs, des scientifiques, des parties prenantes et du gouvernement. L'agriculture de précision devient alors une urgence au Togo pour faire face à ce défi. Suite à l'objectif de développer des formules de fertilisation site spécifique pour les préfectures de Tandjouaré et de Tône, les résultats ont présenté différente amplitude et sont économiquement rentable avec des RVC supérieurs au seuil 2. Toutes fois, ces formules nécessitent une validation en milieu réel afin de confirmer ou d'infirmer leurs performances.

REFERENCES

- AKATA, A. 1992. Dégradation des Terres au Togo. Esquisse d'un programme national de conservation et de restauration des terres.
- Amouzou, K.A., Ezui, K.S., Sogbedji, J.M. 2013. Impacts of climate variability and soil fertility management strategies on maize grain yield on ferralsols in Coastal Western Africa. *Journal of Renewable Agriculture*. 1(3):44-52.
- Batamoussi, M.H., Oga C.A., Sèkloka E., Saïdou, A. 2014. Effects of different formulations of mineral fertilizers on the agronomic parameters of maize (*Zea mays*) in the climate

- change conditions of central Benin. *International Journal of Science and Advanced Technology* (ISSN 2221-8386), 4 (6) June 2014 <http://www.ijst.com>.
- Blanchard, M., Coulibaly, K., Bognini, S., Dugue, P., Vall, E. 2014. Diversité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest : quelles conséquences sur les recommandations de fumure ? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2014 18(4), 512-523.
- Detchinli, K.S., Sogbedji, J.M., Atchoglo, R., Bona, K. 2017. Modélisation des doses économiques optimales de l'azote en culture du maïs (*zea mays* L.) sur les sols ferrallitiques au Togo. *rev. comes - vol.05 num.01.* 2017 * issn 2424-7235.
- De Witte, C. 2013. Rapport d'étude des pratiques agro écologiques en vue d'une intensification durable de la production, octobre 2013, 2013.
- DSID. 2021. Rapport annuel sur l'évolution de la production agricole.
- Hatfield, L., Boote, K.J., Kimball, B.A., Ziska, L.H., Izaurralde, R.C., Ort, D., Thomson, A.M., Wolfe, D. 2011. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy Journal* Vol. 103 No.2, p. 351-370
- IFDC. (International Fertilizer Development Center): 2005. Development and dissemination of Sustainable integrated Soil fertility Management Practices for Smallholder. Alabama, USA.
- Igue, A.M, Amour, C., Balogoun, I, Saidou, A, Ezui, G, Sansan, Youl, Kpagbin, G., Mando, A., Sogbedji, J.M. 2016. Détermination Des Formules D'engrais Minéraux Et Organiques Sur Deux Types De Sols Pour Une Meilleure Productivité De Maïs (*Zea mays* L.) Dans La Commune De Banikoara (Nord-Est Du Bénin). *European Scientific Journal*, vol.12, No.30 ISSN: 1857 – 7881, 16.
- CEDEAO-UEMOA-CILSS. 2016. Catalogue Régional des Espèces et Variétés Végétales CEDEAO-UEMOA-CILSS.
http://www.insah.org/doc/pdf/Catalogue_Regional_semences_vf_janv_2017.pdf
- Lamouroux, M. 1969. Carte pédologique du Togo au 1/1000000. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre ORSTOM de Lomé, Togo.
- Lamsaïf, S., 2014. Mémoire de stage de fin d'étude – RESAD, SupAGRO
- Lare, M., Sogbedji, J.M. 2020. #7410 Maximisation de l'efficacité d'utilisation de l'azote par la tomate (*solanum lycopersicum* L.) sur les ferrasols au sud du Togo. 1st African Conference on Precision Agriculture | 8-10 December | 2020. p. 152-160
- Liniger, H.P.R., Studer, M., Hauert, C., Gurtner., M. 2011. La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en ASS. (FAO). Rome, Italie 243 pp.
- Sogbedji, J.M. 2020. Precision agriculture in Togo: the state of the art. In : <https://www.apni.net/2020/06/29/highlights-from-the-west-african-forum-on-precision-agriculture/>
- Maba, B. 2007. Identification des éléments nutritifs majeurs limitants et des stratégies appropriées de fertilisation sous culture de maïs dans l'Ogou-Est. Mémoire d'Ingénieur Agronome, ESA/UL, 91P.
- Mawussi, G., Adden, A.K., Sogbedji, M.J., Ayisah, K.D., Sanda K. 2015. Identification et hiérarchisation d'éléments nutritifs déterminants pour la production du maïs (*Zea mays* L.) sur les sols ferrugineux tropicaux au sud du Togo. *rev. comes*, 45-49.
- Mustapha, A. 2012. Etude de la nutrition uréique et ammoniacale chez le colza (*Brassica napus* L.) et développement de nouveaux inhibiteurs d'uréases et de la nitrification. Thèse de doctorat. Sciences du Vivant [q-bio]. Université de Caen Basse Normandie.
- Saïdou, A., Kossou, D., Acakpo, C., Richards, P., Kuyper, W.T. 2012. Effects of farmers' practices of fertilizer application and land use types on subsequent maize yield and nutrient uptake in Central Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(1): 363-376.

- Sanou, K., Amadou, S., Adjegan, K., Tsatsu, K.D. 2018. Perceptions et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles aux changements climatiques au nord-ouest de la région des savanes du Togo. *Agronomie Africaine* 30 (1) : 87 - 97 (2018)
- Sogbedji, J.M., Detchinli, K.S., Mazinagou, M., Atchoglo, R., Bona, K.M. 2017. Land degradation and climate change resilient soil and crop management strategies for maize production in coastal western Africa. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 10(6):24-30.
- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., VaraPrasad, P.V. 2000. Temperature variability and yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 80 P 159-167.
- Ziadi, N., Gagnon, B., Rochette, P., Angers, D., Chantigny, M. 2006. Nitrogen use efficiency and N₂O emission reduction in corn receiving mineral fertilizers. *Rapport de projet*, 12 p.

ANNEXE

Annexe 1.

Préfecture	Traitement	Rendement Moyen en Mg ha ⁻¹
Tandjouaré	Témoin absolu	0.52
	N ₀ P ₆₀ K ₇₀	0.70
	N ₁₂₀ P ₀ K ₇₀	2.92
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₇₀	3.40
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₇₀	4.25
Tône	Témoin absolu	0.32
	N ₀ P ₆₀ K ₇₀	0.52
	N ₁₂₀ P ₀ K ₇₀	1.06
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₇₀	2.39
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₇₀	3.02

Annexe 2.

Préfecture	Rendement ciblé	Formule de fertilisation	
			RVC
Tandjouaré	3	N ₉₂ P ₀ K ₀ ,	16
	3,5	N ₁₁₂ P ₁₀ K ₀ ,	13
	4	N ₁₃₂ P ₁₈ K ₁₆	11
	4,5	N ₁₅₂ P ₂₆ K ₂₉	10
Tône	2,5	N ₇₉ P ₂₄ K ₀	9
	3	N ₉₉ P ₃₂ K ₁₆ ,	8
	3,5	N ₁₁₉ P ₄₁ K ₃₀ ,	12
	4	N ₁₃₉ P ₄₉ K ₄₃	7
	4,5	N ₁₅₉ P ₅₇ K ₅₆	6