

## Research Article

# ANALYSE DE L'EFFICACITÉ AGRONOMIQUE DE DOSES STANDARDS D'ENGRAIS MINÉRAUX UTILISÉS EN FERTILISATION DU COTONNIER AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE

<sup>1</sup>Jean-Baptiste Gnélié Gnahoua, <sup>1</sup>\*Zonlehoua Coulibali, <sup>1</sup>Marie Luce Mâ Semba Ouattara, <sup>1</sup>Loua Barthélémy Diomandé, <sup>1</sup>Koffi Serge Kouamé, <sup>2</sup>Yadé René Soro

<sup>1</sup>Institut de Gestion Agropastorale, Laboratoire des Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement, Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Département de Biochimie, Laboratoire des Biotechnologies, Faculté de Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Received 11<sup>th</sup> August 2023; Accepted 12<sup>th</sup> September 2023; Published online 30<sup>th</sup> October 2023

## RÉSUMÉ

En Côte d'Ivoire, le cotonnier représente la troisième culture d'exportation après le cacao et le café, avec une production de 580 000 tonnes. Dans les zones de production, les pratiques culturales sont caractérisées par l'utilisation de variétés améliorées et l'application standard d'engrais minéral (200 kg NPK, 50 kg urée ha<sup>-1</sup>). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité Agronomique des doses standard d'engrais minéral appliquées par les agriculteurs. L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif en Blocs de Fisher, comprenant 5 traitements et 3 répétitions. Les doses appliquées étaient 200 kg NPK ha<sup>-1</sup> + (0, 25, 50, 75, 100) kg urée ha<sup>-1</sup>. Les variables mesurées étaient le poids moyen des capsules et le rendement en coton graine. Les résultats ont montré des rendements élevés pour les fortes doses d'urée (75, 100 kg ha<sup>-1</sup>) comparativement à la dose recommandée (50 kg urée ha<sup>-1</sup>) et au témoin sans apport d'urée. L'efficacité Agronomique a été plus élevée pour la dose recommandée de 50 kg urée ha<sup>-1</sup> et faible pour les doses plus élevées (75 et 100 kg ha<sup>-1</sup>). Ce résultat explique que la dose recommandée d'urée (50 kg ha<sup>-1</sup>) constitue une alternative économiquement viable même si elle ne maximise pas le rendement de la culture. L'efficacité Agronomique de l'engrais minéral pourrait être améliorée par une Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols combinant l'usage de variétés améliorées, l'application de matières organiques et un apport modéré d'engrais minéraux.

**Mot clé:** Recommandation standard; Engrais minéral; Efficacité Agronomique; Culture du cotonnier; Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

Le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) est une plante arbustive de la famille des Malvacées, cultivée dans les zones tropicales et subtropicales pour ses fibres et graines (Bachelier, 2016). Sa culture est d'une grande importance économique dans plusieurs Pays en développement et dans certains Pays développés (Berti *et al.*, 2006; Rathore *et al.*, 2015). En Côte d'Ivoire, il constitue la troisième culture d'exportation, avec une production annuelle variant de 300 000 à 580 000 tonnes (Soro et Yao, 2020). Sa production représente environ 7% des recettes d'exportation et contribue à 1,7% du Produit Intérieur Brut (Zagbaï *et al.*, 2006). Cette culture est majoritairement produite dans la zone agro-écologique Nord du Pays, où elle constitue une source importante de revenus et d'emploi pour les populations rurales (Koffi, 2013; Zagbaï *et al.*, 2006). Les productions (fibres et graines) constituent des matières premières pour les industries textiles, cosmétiques et agro-alimentaires (Berti *et al.*, 2006; Rathore *et al.*, 2015).

Bien que crucial pour l'amélioration des conditions socioéconomiques des populations, la culture du cotonnier est confrontée à de multiples contraintes qui limitent fortement les rendements. La productivité du cotonnier est contrainte par la variabilité pluviométrique et ou thermique résultant du changement climatique (Khan *et al.*, 2022; Soviadan *et al.*, 2019), la pression des ravageurs (Gahukar, 1991; Silvie *et al.*, 2013), la faible fertilité des sols et l'absence de technologies efficaces, capables d'accroître la productivité des sols et la résilience des cultures (Benjaminsen *et al.*, 2010; Koning *et al.*,

2001; Rapidel *et al.*, 2009). Dans la zone nord, principal bassin de production, la culture du cotonnier est assurée par des petits exploitants agricoles et des grandes compagnies d'agro-business (Koffi, 2013). Les systèmes culturaux sont caractérisés par l'utilisation de variétés améliorées, vulgarisées par la recherche, et l'application standard d'engrais minéraux (Ochou *et al.*, 2006).

Dans les pratiques agricoles courantes, l'engrais minéral NPK est communément utilisé comme fumure de fond pendant le labour des sols, à la dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>, et l'urée est appliquée à 50 kg ha<sup>-1</sup> à la floraison pour stimuler la croissance des capsules. Cette application standard de l'engrais minéral, inadaptée aux besoins nutritionnels de la culture et aux conditions agro-écologiques spécifiques des parcelles, résulte en de faibles rendements en coton (Roobroeck *et al.*, 2021). Dans ces conditions, l'analyse de l'efficacité Agronomique de la dose standard d'engrais minéral appliquée par les agriculteurs apparaît judicieuse pour comprendre le fondement des pratiques agricoles et raisonner la fertilisation pour une intensification durable de la culture.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel

#### Site expérimental

L'expérimentation a été conduite au champ, dans la localité de Kanoroba (longitude 9°7'24" Nord, latitude 6°7'8" Ouest), située au Nord de la Côte d'Ivoire. Le relief est caractérisé par une succession de plaines et de plateaux dont l'altitude varie entre 100 et 200 m. Les sols de la région sont à prédominance ferrallitiques (Beaudou et Sayol, 1980). La végétation est dominée par la savane arborée parsemée de forêts claires (N'guessan *et al.*, 2019). La pluviométrie

\*Corresponding Author: Zonlehoua Coulibali,

1 Institut de Gestion Agropastorale, Laboratoire des Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement, Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire.

moyenne annuelle est de 1000 mm et la température moyenne de 27°C.

### Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué par la variété de cotonnier Gouassou Fus1. Gouassou Fus1 est une variété améliorée, résistante aux maladies, vulgarisée en culture du cotonnier en Côte d'Ivoire par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA).

### Matériel fertilisant

Le matériel fertilisant était composé de l'engrais minéral NPK (15-15-15) et de l'urée (46%), couramment utilisés par les agriculteurs pour la fertilisation du cotonnier dans les pratiques courantes.

### Méthodes

#### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était composé de Blocs de Fisher, comportant 5 traitements et 3 répétitions. Chaque bloc comprenait 5 parcelles élémentaires pour les 5 traitements complètement randomisés. Les blocs étaient espacés de 4 m et les parcelles élémentaires (unités expérimentales) de 2 m à l'intérieur de chaque bloc. Les dimensions de la parcelle élémentaire étaient 4 m x 5 m (20 m<sup>2</sup>) et l'essai couvrait une superficie totale de 660 m<sup>2</sup> (20 m x 33 m). Chaque parcelle élémentaire était constituée de 5 lignes de semis, comportant chacune 17 poquets. Les poquets étaient espacés de 30 cm sur les lignes et les lignes de 80 cm. Les poquets étaient semés à quatre graines et démarrés à deux plants.

#### Application des fertilisants

L'engrais minéral NPK a été appliqué comme fumure de fond pendant le semis et l'urée au début de la floraison de la culture (40 jours après semis). Les différents engrais ont été enfouis sur les interlignes de semis du cotonnier à l'aide d'un système d'attelage traditionnel. Les traitements combinaient l'engrais NPK à la dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>, et une application croissante d'urée incluant la dose recommandée (0, 25, 50, 75, 100 kg ha<sup>-1</sup>).

#### Entretien de la culture

Les parcelles élémentaires ont été traitées avec des pesticides (Fortiss 37 EC et Belt expert 480 EC) durant le cycle cultural pour le contrôle phytosanitaire. Les parcelles ont été sarclées pour limiter la pression des mauvaises herbes et améliorer la productivité de la culture.

#### Observations et mesures

Les observations ont porté sur neuf plants de cotonnier sélectionnés de manière aléatoire dans la parcelle utile constituée par les trois lignes centrales. Les paramètres mesurés étaient le nombre moyen de capsules par plant, le poids moyen des capsules par plant et le rendement en coton graine. Trois capsules ont été par la suite récoltées, séchées et pesées pour l'estimation des rendements. L'Efficiencia Agronomique (EA) des doses d'application d'urée a été calculée suivant la formule décrite par (Woli *et al.*, 2016) :

$$EA \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Rendement parcelle fertilisée} - \text{Rendement parcelle témoin}}{\text{Quantité d'engrais appliquée}} \quad (1)$$

où : EA : kg coton par kg engrais ; Rendement : tonnes par hectare ; Quantité d'engrais : kg.

### Traitement des données

Les données de rendements des cultures et de l'Efficiencia Agronomique des fertilisants appliqués ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences, version 20.0). L'effet des traitements a été déterminé par une analyse de variance au seuil  $\alpha = 0.05$ . Les moyennes des traitements ont été comparées par le Test de Student, Newman et Keuls (SNK).

## RÉSULTATS

### Effet des doses d'urée sur le nombre de capsules

Le nombre de capsules par plant pour les différentes doses d'urée appliquées est présenté dans le **tableau 1**. L'analyse de la variance a montré des différences significatives de l'effet des apports d'urée sur le nombre de capsules par plant ( $p$ -value = 0,000). La comparaison des moyennes a montré un nombre de capsules plus élevé pour les doses d'urée de 75 et 100 kg ha<sup>-1</sup> avec des moyennes respectives de 17,00±0,00 et 17,67±0,57 capsules par plant. Ces traitements ont été suivis par la dose d'urée de 50 kg ha<sup>-1</sup> et plus faible pour le traitement témoin sans apport d'urée (7,00±0,00 capsules par plant).

**Tableau 1** : Nombre de capsules par plant en fonction des doses d'application de l'urée

Traitements	Nombre moyen de capsules*
Engrais NPK + 0 kg urée ha <sup>-1</sup>	7,00±0,00 d
Engrais NPK + 25 kg urée ha <sup>-1</sup>	11,33±0,57 c
Engrais NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	14,67±0,57 b
Engrais NPK + 75 kg urée ha <sup>-1</sup>	17,00±0,00 a
Engrais NPK + 100 kg urée ha <sup>-1</sup>	17,67±0,57 a
Moyenne	13,53±4,10
Probabilité	0,000
Signification	HS

\*Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 0.05$  ; HS : Hautement significative ; Engrais NPK = 200 kg ha<sup>-1</sup>.

### Effet des doses d'urée sur le poids moyen des capsules

Le poids moyen des capsules par plant selon les doses d'urée appliquées est présenté dans le **tableau 2**. L'analyse de la variance a montré des différences significatives de l'effet des apports d'urée ( $p$ -value= 0,000). La comparaison des moyennes a montré des valeurs de poids capsulaire plus élevées pour les doses d'urée de 75 et 100 kg ha<sup>-1</sup> qui ont donné respectivement 90,67±1,94 g et de 101,00±3,09 g de capsules par plant. Ces traitements ont été suivis par la dose d'urée de 50 kg ha<sup>-1</sup> avec un poids moyen de 78,26 ± 3,18 g de capsules, qui est relativement faible comparativement aux fortes doses 75 et 100 kg urée ha<sup>-1</sup>. La plus faible valeur de poids capsulaire a été observée pour le traitement témoin sans apport d'urée (24,61 ± 0,13 g de capsules).

**Tableau 2** : Poids moyen des capsules en fonction des doses d'application de l'urée

Traitements	Poids moyen des capsules* (g)
Engrais NPK + 0 kg urée ha <sup>-1</sup>	24,61±0,13 d
Engrais NPK + 25 kg urée ha <sup>-1</sup>	51,62±3,08 c
Engrais NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	78,26±3,18 b
Engrais NPK + 75 kg urée ha <sup>-1</sup>	90,67 ± 1,94 a
Engrais NPK + 100 kg urée ha <sup>-1</sup>	101,00±3,09 a

Moyenne	69,23±28,80
Probabilité	0,000
Signification	HS

\*Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 0.05$  ; HS : Hautement significative ; Engrais NPK = 200 kg ha<sup>-1</sup>.

### Effet des doses d'urée sur le rendement de la culture

Les rendements de la culture du cotonnier pour les différentes doses d'application d'urée sont présentés dans le **tableau 3**. L'analyse de la variance a montré des différences significatives de l'effet des apports d'urée sur le rendement capsulaire ( $p$ -value = 0,000). La comparaison des moyennes a montré que le rendement a été plus élevé pour les doses d'urée de 75 et 100 kg ha<sup>-1</sup> avec  $11,33 \pm 0,24$  t ha<sup>-1</sup> et  $12,62 \pm 0,38$  t ha<sup>-1</sup> respectivement. Le rendement a été ensuite décroissant pour les doses de 50 à 0 kg urée ha<sup>-1</sup>. La dose 50 kg urée ha<sup>-1</sup> a obtenu un rendement relativement faible comparativement aux fortes doses de 75 et 100 kg urée ha<sup>-1</sup> ( $9,78 \pm 0,40$  t ha<sup>-1</sup>). La plus faible valeur de rendement ( $3,07 \pm 0,02$  t ha<sup>-1</sup>) a été obtenue pour le traitement témoin sans apport d'urée.

**Tableau 3** : Rendement du cotonnier en fonction des doses d'application de l'urée

Traitements	Rendement* (t ha <sup>-1</sup> )
Engrais NPK + 0 kg urée ha <sup>-1</sup>	3,07 ± 0,02 e
Engrais NPK + 25 kg urée ha <sup>-1</sup>	6,45 ± 0,38 d
Engrais NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	9,78 ± 0,40 c
Engrais NPK + 75 kg urée ha <sup>-1</sup>	11,33 ± 0,24 b
Engrais NPK + 100 kg urée ha <sup>-1</sup>	12,62 ± 0,38 a
Moyenne	8,65 ± 3,60
Probabilité	0,000
Signification	HS

\*Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 0.05$  ; HS : Hautement significative ; Engrais NPK = 200 kg ha<sup>-1</sup>.

### Efficiences Agronomiques des doses d'application d'urée

Les valeurs de l'Efficiences Agronomiques des différentes doses d'urée appliquées sont présentées dans le **tableau 4**. L'analyse de la variance a montré des différences hautement significatives de l'augmentation de rendement par kg d'engrais appliqué induite par les différentes doses d'urée ( $p$ -value = 0,001). La comparaison des moyennes a montré une Efficiences Agronomiques plus élevée pour les doses de 25 et 50 kg urée ha<sup>-1</sup> comparativement aux fortes doses (75 et 100 kg ha<sup>-1</sup>). La plus faible valeur d'Efficiences Agronomiques a été enregistrée par la dose la plus élevée (100 kg urée ha<sup>-1</sup>).

**Tableau 4** : Efficiences Agronomiques (kg coton kg<sup>-1</sup> urée) des doses d'applications de l'urée

Traitements	EfficiencesAgronomique*
Engrais NPK + 25 kg urée ha <sup>-1</sup>	135,00 ± 14,86 a
Engrais NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	134,12 ± 8,11 a
Engrais NPK + 75 kg urée ha <sup>-1</sup>	110,08 ± 3,20 b
Engrais NPK + 100 kg urée ha <sup>-1</sup>	95,48 ± 3,69 b
Moyenne	69,23 ± 28,80
Probabilité	0,001
Signification	HS

\*Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 0.05$  ; HS : Hautement significative.

## DISCUSSION

L'amélioration des rendements des cultures nécessite une application adéquate des fertilisants pour compenser le déficit minéral des sols cultivés. L'engrais doit être apporté à une dose convenable aux besoins nutritionnels de la culture, à une bonne période et à une formulation appropriée pour améliorer la productivité (Johnston et Bruulsema, 2014; Roberts, 2007; Ryan *et al.*, 2012). Cette étude visait à analyser la productivité et l'Efficiences Agronomiques de la dose standard d'engrais minéral appliquée par les agriculteurs dans les pratiques agricoles courantes du cotonnier. Les traitements comparés dans cette expérimentation étaient constitués de doses croissantes d'urée (0, 25, 50, 75, 100 kg ha<sup>-1</sup>), combinées à une application de fond de 200 kg NPK 15-15-15 ha<sup>-1</sup>.

Les résultats ont montré que pour chacune des variables (nombre de capsules par plant, poids moyen capsulaire et rendement en coton graine), les fortes doses d'urée (75 et 100 kg ha<sup>-1</sup>) ont donné des valeurs plus élevées, comparativement à l'application modérée (25 et 50 kg ha<sup>-1</sup>) et au témoin sans apport d'urée. Ce dernier a donné les plus faibles valeurs. L'augmentation des rendements induite par l'accroissement de la dose d'urée pourrait s'expliquer par le niveau faible d'azote dans le sol de la région (Kouadio *et al.*, 2018) résultant des exportations successives des cultures précédentes, ou l'épuisement des nutriments du sol dû à la culture continue (Tan *et al.*, 2021). La teneur en azote du sol pourrait expliquer la variabilité des réponses de la culture du cotonnier à l'application de doses croissantes d'urée. Lorsque la teneur du sol d'un élément nutritif est faible, l'augmentation des apports entraîne une réponse significative du rendement (Antille et Moody, 2021). Cette évaluation indispensable pour raisonner l'apport d'engrais minéral aux cultures subséquentes, n'a pas été réalisée dans le cadre de cette étude.

Actuellement, la valeur résiduelle d'éléments minéraux dans les sols cultivés n'est généralement pas déterminée par les agriculteurs à cause des coûts élevés des analyses pédologiques, de l'indisponibilité des laboratoires et de l'absence de méthode simplifiée facilement applicable dans les exploitations (Gnahoua *et al.*, 2023). L'effet bénéfique des fortes doses d'urée pourrait être attribué à un apport important d'azote assimilable qui a favorisé le nombre puis la croissance des capsules, et des rendements plus élevés. Par ailleurs, les résultats ont montré une Efficiences Agronomiques variable des doses croissantes d'urée appliquées, avec une valeur plus élevée pour les doses modérées de 25 et 50 kg ha<sup>-1</sup>, comparativement aux fortes doses (75 et 100 kg ha<sup>-1</sup>). Roberto *et al.*, (2012) ont obtenu des résultats similaires pour un dosage modéré par rapport aux doses élevées d'azote dans leur expérience. La dose standard d'urée recommandée par le Centre national de recherche agronomique (50 kg ha<sup>-1</sup>) (Ochou *et al.*, 2006), loin d'être la dose agronomique optimale, est la dose économiquement viable. L'Efficiences Agronomiques à cette dose est l'une des plus élevées avec à la fois un rendement élevé. La faible Efficiences Agronomiques des fortes doses d'application d'urée traduit les faibles productivités marginales résultant des apports supplémentaires au-delà de l'optimum économique.

La productivité de la culture du cotonnier pourrait être améliorée par l'implémentation de l'approche de Gestion Intégrée de la Fertilisation des Sol (GIFS) combinant l'utilisation des variétés productives ou résistantes, l'application de matières organiques (composte, fumier, rotation ou association de légumineuses), l'application modérée des engrais minéraux et différentes autres conditions affectant la production au champ. Un équilibre doit être trouvé entre les besoins des cultures, les conditions environnementales et la situation économique des producteurs (Johnston et Bruulsema, 2014). Dans cette étude, l'Efficiences Agronomiques de la dose standard de

l'engrais minéral a été évaluée dans des conditions agro-écologiques spécifiques d'une parcelle expérimentale. Au regard de cette application standard d'engrais apparaissant comme une pratique sociale, il conviendrait de conduire l'étude dans diverses zones pédoclimatiques pour raisonner la fertilisation.

## CONCLUSION

Le cotonnier cultivé dans un sol peu fertile répond de manière satisfaisante à une application adéquate d'azote. L'étude a montré une efficacité agronomique élevée avec la dose recommandée d'urée du Centre National de Recherche Agronomique (50 kg urée ha<sup>-1</sup> après la fumure de fond). Bien que des rendements plus élevés soient obtenus avec des doses plus élevées (75 et 100 kg ha<sup>-1</sup>), la dose recommandée permet d'améliorer la rentabilité de la culture du cotonnier dans la zone de Kanoroba. La prise en compte de la variabilité des conditions agro-écologiques et de divers facteurs de production, pourrait contribuer à une meilleure appréciation de la productivité et à mieux raisonner la fertilisation de la culture du cotonnier.

## REFERENCES

- Antille, D. L., & Moody, P. W. (2021). Nitrogen use efficiency indicators for the Australian cotton, grains, sugar, dairy and horticulture industries. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100099
- Bachelier, B. (2016). Coton : suivez le fil... Dossier Fibres et teintures végétales - Jardins de France 644, 23-25.
- Beaudou, A. G., & Sayol, R. (1980). Étude pédologique de la région de Boundiali-Korhogo (Côte-d'Ivoire): cartographie et typologie sommaire des sols; feuille Boundiali, feuille Korhogo, à 1/200.000: Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.
- Benjaminsen, T. A., Aune, J. B., & Sidibé, D. (2010). A critical political ecology of cotton and soil fertility in Mali. *Geoforum*, 41(4), 647-656. doi:https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2010.03.003
- Berti, F., Hofs, J. L., Zagbaï, H. S., & Lebailly, P. (2006). Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 10(4), 271-280.
- Gahukar, R. T. (1991). Control of cotton insect and mite pests in subtropical Africa: Current status and future needs. *Insect Science and Its Application*, 12(4), 313-338. doi:10.1017/S1742758400011188
- Gnahoua, J. B. G., Ouattara, M. I. M. S., Coulibali, Z., Diomandé, L. B., & Soro, Y. R. (2023). Integrated Soil Fertility Management: A Promising Pathway for Sustainable Intensification of Smallholder Cotton Farming Systems in Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 8(1), 51-58. doi:10.9734/ajrcs/2023/v8i1157
- Johnston, A. M., & Bruulsema, T. W. (2014). 4R nutrient stewardship for improved nutrient use efficiency. *Procedia Engineering*, 83, 365-370.
- Khan, N., Ma, J., Kassem, H. S., Kazim, R., Ray, R. L., Ihtisham, M., & Zhang, S. (2022). Rural farmers' cognition and climate change adaptation impact on cash crop productivity: evidence from a recent study. *Int J Environ Res Public Health*, 19(19), 1-16. doi:10.3390/ijerph191912556
- Koffi, S. Y. (2013). Libéralisation de la filière coton en Côte d'Ivoire quinze ans après: empreinte spatiale et organisationnelle. *Cinq Continents*, 3(7), 5-17.
- Koning, N., Heerink, N., & Kauffman, S. (2001). Food insecurity, soil degradation and agricultural markets in west Africa: why current policy approaches fail. *Oxford Development Studies*, 29(2), 189-207. doi:10.1080/13600810124747
- Kouadio, E. N., Koffi, E. K., Kouakou, B. J., Messoum, G. F., Brou, K., & N'guessan, D. B. (2018). Diagnostic de l'état de fertilité des sols sous culture cotonnière dans les principaux bassins de production de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(33), 221-238.
- N'guessan, K. A., Kouakou, K. E., Konan, A. A., & Kouamé, A. Y. (2019). Stratégies et pratiques paysannes de gestion durable de la fertilité des sols dans le département de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire. *Afrique Sciences*, 15, 245-258.
- Ochou, O. G., N'Guessan, E., Koto, E., Kouadio, N. N., Ouraga, Y., Téhia, K. E., & Touré, Y. (2006). Bien produire du coton en Côte d'Ivoire. Fiche technique coton n° 1 Centre national de recherche agronomique, 1-4.
- Rapidel, B., Traoré, B. S., Sissoko, F., Lançon, J., & Wery, J. (2009). Experiment-based prototyping to design and assess cotton management systems in West Africa. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 545-556. doi:10.1051/agro/2009016
- Rathore, K. S., Campbell, L. M., Sherwood, S., & Nunes, E. (2015). Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Methods Mol Biol*, 1224, 11-23. doi:10.1007/978-1-4939-1658-0\_2
- Roberto, A. R. J., Douglas, R. G. S., Danilo, A. S., Ávila, P. A., Ávila, F. W., & Valdemar, F. (2012). Productivity and agronomic efficiency of cotton plants in response to nitrogen and sulfur supply. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(4), 555-561.
- Roberts, T. L. (2007). Right product, right rate, right time and right place... the foundation of best management practices for fertilizer. Retrieved from
- Roobroeck, D., Palm, C. A., Nziguheba, G., Weil, R., & Vanlauwe, B. (2021). Assessing and understanding non-responsiveness of maize and soybean to fertilizer applications in African smallholder farms. *Agriculture, ecosystems & environment*, 305(107165), 1-13. doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107165
- Ryan, J., Sommer, R., & Ibrikci, H. (2012). Fertilizer best management practices: A perspective from the dryland West Asia-North Africa region. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198(1), 57-67.
- Silvie, P. J., Renou, A., Vodounnon, S., Bonni, G., Adegnika, M. O., Héma, O., . . . Brévault, T. (2013). Threshold-based interventions for cotton pest control in West Africa: What's up 10 years later? *Crop Protection*, 43, 157-165. doi:https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.006
- Soro, S. M., & Yao, N. R. (2020). Effet de l'apport au sol de déchets issus de l'égrenage du coton graine sur l'humidité du sol et la production en coton graine au nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 150, 15477-15487.
- Soviadan, M. K., Koffi-Tessio, E. M., Enete, A. A., & Nweze, N. J. (2019). Impact of climate change on cotton production: case of savannah region, northern Togo. *Agricultural Sciences*, 10, 927-947.
- Tan, G., Liu, Y., Peng, S., Yin, H., Meng, D., Tao, J., . . . Zhou, Z. (2021). Soil potentials to resist continuous cropping obstacle: Three field cases. *Environmental Research*, 200, 111319. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111319
- Woli, K. P., Boyer, M. J., Elmore, R. W., Sawyer, J. E., Abendroth, L. J., & Barker, D. W. (2016). Corn era hybrid response to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 108(2), 473-486.
- Zagbaï, H. S., Berti, F., & Lebailly, P. (2006). Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural. Etude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 10(4), 325-334.