

ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIALE DES RENDEMENTS DE MAÏS (*ZEA MAYS L.*) DANS LES REGIONS DES SAVANES ET CENTRALE AU TOGO #9510

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

L'agriculture de précision s'impose au Togo. Une étude a été menée dans 5 préfectures du Togo, dont 2 dans la région des Savanes (Oti et Kpendjal) et 3 dans la région Centrale (Sotouboua, Tchamba et Tchaoudjo) avec un total de 20 producteurs en 2021. L'objectif a été d'analyser la variabilité spatiale du rendement en grain du maïs (variété Ikenne) au sein de chaque région sous deux pratiques de gestion agricoles incluant : la pratique paysanne (le producteur opère comme il en a l'habitude) et la pratique dite optimale avec N₁₂₀P₆₀K₇₀ ha⁻¹ et de bonnes pratiques principalement en termes d'entretien de la culture et de la gestion de l'application des engrais. Chaque producteur a disposé d'une surface de deux (02) ha divisée en deux parties (champs) égales dont une pour la pratique paysanne et l'autre pour la pratique dite optimale. Neuf carrés de rendement ont été posés dans chaque hectare à la récolte et les coefficients de variation des rendements sous les différentes pratiques ont été déterminés dans chaque région.

Les résultats ont montré une grande variabilité spatiale du rendement en grain de maïs au sein d'un même champ dans chaque région. Les coefficients de variation moyens ont été environ de 37% et 58% sous la pratique paysanne et environ de 21% et 30 % sous la pratique optimale, respectivement pour les préfectures de l'Oti et de Kpendjal dans la région des Savanes. Pour la région Centrale, les coefficients de variation moyens ont été environ de 44%, 39% et 27% sous la pratique paysanne et environ de 18%, 20% et 20% sous la pratique améliorée, respectivement pour les préfectures de Sotouboua, Tchamba et Tchaoudjo. Les coefficients de variation moyens au niveau régional ont été typiquement de 48 et 25 % respectivement sous les pratiques paysanne et améliorée dans les Savanes, et de 37 et 19 % respectivement sous les pratiques paysanne et améliorée dans la région Centrale. L'ensemble des résultats démontre que la variabilité du rendement en grain de maïs à l'échelle du champ est évidente avec une magnitude qui est fonction de la pratique agricole. Les coefficients de variation ont été différents suivant les régions indiquant ainsi que la recommandation de formules de fertilisation devrait être spécifique à chaque région.

Mots clés : Maïs, variabilité spatiale, rendement, coefficient de Variation ; Régions des Savanes et Centrale

ABSTRACT

Precision agriculture is gaining ground in Togo. A study was conducted in 5 prefectures of Togo, including 2 in the Savannah region (Oti and Kpendjal) and 3 in the Central region (Sotouboua, Tchamba and Tchaoudjo) with a total of 20 producers in 2021. The objective was to analyze the spatial variability of grain yields of maize (Ikenne variety) within each region

under two agricultural management practices including: the farmer's practice (the producer operates as he is used to) and the so-called optimal practice with N120P60K70 ha⁻¹ and good practices mainly in terms of crop maintenance and fertilizer application management. Each farmer was given an area of two (02) ha divided into two equal parts (fields), one for the farmer's practice and the other for the so-called optimal practice. Nine yield squares were placed in each hectare at harvest and the coefficients of variation of yields under the different practices were determined in each region.

The results showed high spatial variability in corn grain yield within a field in each region. The average coefficients of variation were about 37% and 58% under the farmer's practice and about 21% and 30% under the optimal practice, respectively for the Oti and Kpendjal prefectures in the Savannah region. For the Central region, the average coefficients of variation were about 44%, 39% and 27% under the farmer's practice and about 18%, 20% and 20% under the improved practice, respectively for the prefectures of Sotouboua, Tchamba and Tchaoudjo. The average coefficients of variation at the regional level were typically 48% and 25% under the farmer and improved practices in the Savannah region, and 37% and 19% under the farmer and improved practices in the Central region. Taken together, the results demonstrate that variability in maize grain yield at the field level is evident with a magnitude that is a function of farming practice. The coefficients of variation were different among regions indicating that the recommendation of fertilization formulas should be specific to each region.

Keywords: Maize, spatial variability, yield, coefficient of variation, Savannah and Central Regions

INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne (ASS), la fertilité des sols varie dans l'espace et dans le temps, de l'échelle du champ à celle de la région, et est influencée à la fois par l'utilisation des terres et par les pratiques de gestion des sols des petits exploitants agricoles (Guimaraes Couto *et al.*, 1997, Brejda *et al.*, 2000, Earl *et al.*, 2003, Godwin and Miller, 2003, Ncube *et al.*, 2009). Cette variabilité spatiale des caractéristiques physiques, chimiques et morphologiques des sols est un fait établi depuis de longues années (Burrough, 1993). Comprendre la variabilité de la fertilité des sols, sa distribution et les causes de la variabilité observée est important pour aborder les stratégies d'utilisation durable des terres (Ebanyat, 2009, Musinguzi *et al.*, 2016). Elle est due soit aux facteurs intervenant dans la formation des sols, soit au type d'utilisation et de gestion des terres (Kotto-Same *et al.*, 1997). Elle a pour corollaire la variabilité de la fertilité des sols, ce qui induit une variabilité spatiale dans les rendements des cultures. La quantification précise à différentes échelles permet des pratiques rentables telles que la gestion spécifique au site ou l'agriculture de précision qui, d'autre part, aideraient à résoudre les problèmes de pollution et de dégradation des sols (Uzielli *et al.*, 2006, Ngandeu Mboyo *et al.*, 2008).

Afin d'adapter une gestion corrective des terres efficace et spécifique au site dans l'optique de promouvoir une agriculture de précision au Togo, il est nécessaire d'analyser et de comprendre les causes de la variabilité spatiale des rendements à l'échelle d'une parcelle. Dans les pays en développement d'Afrique subsaharienne, l'utilisation efficace des engrais est affectée par la variabilité des sols (Musinguzi *et al.*, 2016).

Les rendements des cultures sont généralement limités en raison de l'exploitation des nutriments et de l'appauvrissement de la fertilité des sols dû à une application inadéquate ou inexistante d'engrais (Prabhavati *et al.*, 2015). Les sols ne sont pas seulement assoiffés mais aussi affamés (Wani, 2008). Or l'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). Au Togo plus précisément dans les régions des Savanes et Centrale, plus de 80% des sols sont pauvres en éléments nutritifs (ITRA, 2021). Dans ces régions, la question de la sécurité alimentaire semble se limiter à la disponibilité spatio-temporelle et à l'accessibilité du maïs pour les ménages. Durant les deux décennies, le rendement moyen en maïs grain dans ces régions est presque constant et très faible par rapport au rendement potentiel (5 t ha^{-1}) et n'excédant pas 2 t ha^{-1} contre une population en perpétuelle croissance exponentielle (DSID, 2021).

La présente étude s'inscrit dans un programme de recherche-développement visant à analyser la variabilité spatiale du rendement en grain du maïs et de comprendre les causes de cette variabilité afin de juger urgent de déterminer la fertilité endogène du sol et ainsi développer des stratégies techniquement, économiquement et socialement justifiée pour sa gestion et améliorer la productivité du maïs.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'expérimentation

L'étude a été conduite dans les régions des savanes (latitude : 10,423868 ; longitude : 0.409638) et centrale (latitude : 8.95792029 ; longitude : 1.25795939) au Togo. Le climat est de type Soudano-guinéen avec une saison pluvieuse qui va de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Au cours de la période de l'essai, la quantité de pluie enregistrée a été de 539,9 mm en 36,5 jours et 1007,2 mm en 68,3 jours respectivement pour les préfectures de Kpendjal et Oti de la région des Savanes et de 1369,3 mm en 86 jours, 1307,3 mm en 86 jours, 1269,9 mm en 79 jours respectivement pour les préfectures de Sotouboua, Tchaoudjo et Tchamba de la région Centrale. Les sols dominants sont de types ferrugineux tropicaux lessivés (Lamoureux, 1969).

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'essai a été mené de juin à novembre 2021 dans les régions des Savanes (Oti et Kpendjal) et Centrale (Tchaoudjo, Tchamba et Sotouboua) au Togo suivant un dispositif expérimental complètement aléatoires. Dix producteurs ont été choisis dans chaque région. Chaque producteur a disposé d'une surface de deux (02) ha divisée en deux parties (champs) égales dont une pour la pratique paysanne (le producteur opère comme il en a l'habitude) et l'autre pour la pratique dite optimale avec $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{70}\text{ ha}^{-1}$ et de bonnes pratiques principalement en termes d'entretien de la culture et de la gestion de l'application des engrais constituant ainsi les traitements.

Collecte et analyse des données

Les rendements en grain de maïs et les coefficients de variations ont été déterminé pour chaque traitement. Neuf carrés de rendements ont été posé d'une superficie de $3,84\text{ m}^2$ soit 2,4 m de long et 1,6 m de large. Pour la détermination des carrés de rendements, chaque hectare

est divisé en six parties égales du côté de sa longueur comme de sa largeur. Trois lignes ont été retenues, dont la ligne médiane et les lignes à chaque extrême en laissant une tranche des 1/6. Les carrés résultent des croisements des trois lignes de par la longueur et la largeur. Le rendement a été calculé par extrapolation à partir du poids des grains secs issus des plants récoltés et sur la base de la densité de peuplement pour chaque pratique par hectare. Les données obtenues ont été traitées à l'aide du tableur Excel pour déterminer l'écart type (σ) ainsi que la moyenne (μ). Le coefficient de variation (CV) a été calculé à travers cette formule ci-dessous :

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les rendements en grain de maïs et les coefficients de variations sont résumés en annexe 1 et 2 ci-après. Les rendements calculés ont servi de déterminé les coefficients de variations qui ont présenté différentes amplitudes.

Pour les préfectures de la région des Savanes (Oti et Kpendjal), les coefficients de variations ont été environ de 21 et 37 % respectivement pour les pratiques améliorée et paysanne pour la préfecture de l'Oti et de 30 et 58% respectivement pour les pratiques améliorée et paysanne pour la préfecture de kpendjal ; en moyenne de 25 et 48% pour la région des Savanes.

Pour les préfectures de la région centrale (Tchaoudjo, Tchamba et Sotouboua), les coefficients de variations ont été environ de 20 et 27 % respectivement pour les pratiques améliorée et paysanne pour Tchaoudjo, de 20 et 39% respectivement pour les pratiques améliorée et paysanne pour la préfecture de Tchamba et de 18 et 44 % respectivement pour les pratiques améliorée et paysanne pour la préfecture de Sotouboua ; en moyenne 19 et 37% pour la région Centrale.

Les coefficients de variations obtenues sous les pratiques paysannes sont plus élevés que ceux obtenus sous les pratiques améliorées pour les cinq préfectures montrant ainsi une grande variabilité spatiale des rendements en grains de maïs sous les pratiques paysannes. Les coefficients de variation obtenus sous les pratiques améliorées comme paysanne ont variés également selon les préfectures.

Malgré l'application des mêmes technologies sur les pratiques dite améliorées, le rendement moyen a varié par parcelle d'une même préfecture. En considérant également, la moyenne préfectorale et régionale, le rendement moyen a également varié d'une préfecture à l'autre et d'une région à l'autre. Nous observons les mêmes scénarii sur les pratiques paysannes.

Alors il ressort de nos résultats que la variabilité spatiale des rendements est fonction des pratiques de gestion de cultures, de la fertilité endogène du sol et du climat. Ces résultats sont similaires à ceux d'Uzielli *et al.* (2006) pour qui la variabilité de la fertilité des sols induit une variabilité spatiale des rendements des cultures. Ils corroborent également ceux de Earl *et al.* (2003), Ncube *et al.* (2009) qui ont déclaré que la fertilité des sols varie dans l'espace et dans le temps, de l'échelle du champ à celle de la région, et est influencée à la fois par l'utilisation des terres et par les pratiques de gestion des sols des petits exploitants agricoles. Pour Jabro *et al.* (2010) la variabilité spatiale des propriétés du sol est un problème mondial majeur et contribue aux différences observées dans la croissance, les rendements et la qualité des grandes cultures.

La meilleure interprétation des résultats est que la gestion de la variabilité spatiale des rendements en grain du maïs nécessite une connaissance préalable de la fertilité endogène des

sols, du climat et des pratiques de gestion techniquement, économiquement, socialement justifiées et respectueuse de l'environnement.

D'où l'urgence de promouvoir l'agriculture de précision au Togo, qui est un système intégré de gestion des cultures qui utilise divers outils et technologies pour évaluer et surveiller la variabilité spatiale des sols et des cultures et pour mettre en œuvre des applications spécifiques au site, qui est déjà dans de nombreux pays développés comme une pratique courante plutôt que comme une innovation (Rachid *et al.*, 2020).

CONCLUSION

L'adoption de l'agriculture de précision dans les pays subsahariens, dont le Togo, devient un besoin urgent pour une production végétale respectueuse de l'environnement. Les résultats de la présente étude, dont l'objectif était d'analyser la variabilité spatiale des rendements en grain du maïs, montrent que cette variabilité est fonction des pratiques de gestion des cultures, de la fertilité endogène des sols et du climat. L'adoption de bonnes pratiques de gestion de culture permet de réduire une grande partie de cette variabilité. La détermination de la fertilité endogène du sol reste prioritaire dans la gestion de la variabilité spatiale des rendements.

REFERENCES

- Burrough, P.A. 1993. Soil variability: a late 20th century view. *Soils & Fertilizers* 56, pp. 529-562
- Brejda, J.J., Moorman T.B., Smith J.L., Karlen D.L., Allan D.L., Dao T.H. 2000. Distribution and Variability of Surface Soil Properties at a Regional Scale. *Soil Science Society of America Journal* 64, pp. 974-982.
- 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
- DSID. 2021. Rapport annuel sur l'évolution de la production agricole.
- Ebanyat, P., de Ridder N., de Jager A., Delve R.J., Bekunda M.A., Giller K.E. 2010. Impacts de l'hétérogénéité de la fertilité des sols sur la productivité de la légumineuse-éleusine, le ciblage des agriculteurs et les avantages économiques. *Cycle des nutriments dans les agroécosystèmes* le volume 87, pages209–231 (2010)
- Earl, R., Taylor, J.C., Wood, G.A., Bradley, I., James, I.T., Waive, T., Welsh, J.P., Godwin, R.J., Knight, S.M. 2003. Soil Factors and their Influence on Withinfield Crop Variability, Part I: Field Observation of Soil Variation. *Biosystems Engineering* 84, pp. 425-440.
- Godwin, R.J., Miller, P.C.H. 2003. A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. *Biosystems Engineering* 84, pp. 393-407.
- Guimaraes, Couto E., Stein, A., Klamt, E. 1997. Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 66, pp. 139-152.
- ITRA. 2021. Recommandations pour les principales cultures selon l'état de la fertilité des sols.
- Jabro, J.D., Stevens, W.B., Evans, R.G., Iversen, W.M. 2010. Spatial variability and correlation of selected soil properties in the AP horizon of a CRP grassland. *Applied Engineering in Agriculture*, 26 (3): 419–428.
- Kotto-Same, J., Woome, P.L., Appolinaire, M., Louis, Z. 1997. Carbon dynamics in slash-and-bum agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65 (1997) 245-256.
- Liniger, H.P., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C., Gurtner, M. 2011. La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. *TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT)* et

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Rome, Italie, 243p.
- Lamouroux, M. 1969. Carte pédologique du Togo au 1/1000000. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre ORSTOM de Lomé, Togo.
- Musinguzi, P., Ebanyat P., Tenywa J.S., Basamba T.A., Tenywa M.M., Mubiru D.N. 2016. Critical soil organic carbon range for optimal crop response to mineral fertiliser nitrogen on a ferralsol. *Expl Agric.* (2016), volume 52 (4), pp. 635–653 C Cambridge University Press 2016. doi:10.1017/S0014479715000307
- Ncube, B., Twomlow, S.J., Dimes, J.P., van Wijk, M.T., Giller K.E. 2009. Resource flows, crops and soil fertility management in smallholder farming systems in semi-arid Zimbabwe. *Soil Use and Management*, March 2009, 25, 78–90. doi: 10.1111/j.1475-2743.2009.00193.x
- Ngandeu Mboyo, J.D., Yongue-Fouateu, R., Yemefack, M., Bilong, P., 2008. Variabilité spatiale de la productivité d'un Andosol Leptique de la région de Foumbot, Ouest Cameroun. *Etude et Gestion des Sols*, Volume 15, 2, 2008 - pages 87 à 96
- Prabhavati, K., Dasog, G.S., Patil, P.L., Sahrawat, K.L., Wani S.P. 2015. Soil Fertility Mapping using GIS in Three Agro-climatic Zones of Belgaum District, Karnataka. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, Vol. 63, No. 2, pp 173-180 (2015). <https://doi.org/10.5958/0974-0228.2015.00022.5>
- Rachid, B., Boulal, H., Phillips, S. 2020. The status of precision agriculture and its adoption in Morocco. 1st African Conference on Precision Agriculture | 8-10 December | 2020. Page 27-32.
- Uzielli, M., Lacasse, S., Nadim, F., Lunne T. 2006. Uncertainty-based analysis of Troll marine clay. In T.S. Tan, K.K. Phoon, D.W. Hight, S. Leroueil (eds.), *Proceedings of the 2nd International Workshop on Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*. Singapore, November 29 – December 1, 2006. The Netherlands: Taylor & Francis.
- Wani, S.P. 2008. Taking Soil Science to Farmers' Doorsteps through Community watershed management. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, Vol. 56, No.4, pp 367-377 (2008).

ANNEXE

Annexe 1. Tableau résumant les rendements et les coefficients de variation pour la région des Savanes.

Région	Préfecture	Producteur	Traitement	Rendement Mgha ⁻¹	Coefficient de variation (%)
Savanes	Oti	1	Améliorée	3,97	22
		1	Paysanne	1,45	44
		2	Améliorée	4,53	20
		2	Paysanne	2,46	48
		3	Améliorée	3,97	18
		3	Paysanne	3,11	28
		4	Améliorée	4,92	17
		4	Paysanne	2,56	30
		5	Améliorée	3,38	26
		5	Paysanne	2,33	36
	Moyenne Oti		Améliorée	4,15	20,6
			Paysanne	2,38	37,2
	Kpendjal	6	Améliorée	3,14	26
		6	Paysanne	1,67	45
		7	Améliorée	2,22	39
		7	Paysanne	0,82	87
		8	Améliorée	2,75	27
		8	Paysanne	1,20	40
		9	Améliorée	2,90	27
9		Paysanne	0,66	53	
10		Améliorée	2,89	29	
10		Paysanne	0,92	66	
Moyenne Kpendjal		Améliorée	2,78	29,6	
		Paysanne	1,05	58,2	
Moyenne Savanes		Améliorée	3,47	25,1	
		Paysanne	1,72	47,7	

Annexe 2. Tableau résumant les rendements et les coefficients de variation pour la région Centrale.

Région	Préfecture	Producteur	Traitement	Rendement Mgha ⁻¹	Coefficient de variation (%)
Centrale	Tchaoudjo	1	Améliorée	2,77	35
		1	Paysanne	1,87	19
		2	Améliorée	4,18	13
		2	Paysanne	1,89	14
		3	Améliorée	3,56	10
		3	Paysanne	2,05	35
		4	Améliorée	4,65	22
		4	Paysanne	1,77	41
	Moyenne Tchaoudjo		Améliorée	3,79	20
			Paysanne	1,90	27,25
	Moyenne Tchamba		Améliorée	4,15	20
			Paysanne	1,99	39,33
	Moyenne Sotouboua		Améliorée	4,11	18
			Paysanne	2,05	44
	Moyenne Centrale		Améliorée	4,02	19,33
			Paysanne	1,98	36,86