

Évolution des rendements agricoles dans le département de Fatick, Sénégal

François Ngor SENE^{1*}, Aïdara Chérif Amadou Lamine FALL¹, Ibra FAYE¹, Yancouba SANE¹

(Reçu le 16/04/2026; Accepté le 26/05/2026)

Résumé

Dans le contexte des changements climatiques et de la dégradation des ressources naturelles, l'évolution des rendements agricoles constitue un enjeu majeur pour la sécurité alimentaire au Sénégal. Cette étude analyse la dynamique des rendements agricoles dans le département de Fatick, à travers les communes de Diarère et de Ngayokhème (Observatoire de Niakhar). Une approche mixte associe des enquêtes auprès de 300 paysans (120 à Diarère et 180 à Ngayokhème), les données statistiques DAPSA (1986-2023), des données climatiques NASA POWER et une modélisation par forêt aléatoire (Random Forest) pour quatre cultures: arachide, mil, sorgho et maïs. Les résultats révèlent une forte instabilité interannuelle des rendements: 36 % des agriculteurs perçoivent une fluctuation, 35 % signalent une baisse et 29 % observent une amélioration. L'analyse historique met en évidence une progression générale, particulièrement marquée pour le maïs après 2015 (environ 3 000 kg/ha), attribuée aux variétés hybrides et aux politiques agricoles incitatives (GOANA, PRACAS). Le modèle Random Forest indique que les variables climatiques expliquent modérément la variabilité des rendements ($R^2 \leq 0,368$), suggérant que la dégradation des sols, les pratiques culturales et les politiques agricoles jouent un rôle tout aussi déterminant. L'étude plaide pour des stratégies intégrées combinant gestion de la fertilité des sols, adoption d'intrants améliorés et adaptation aux changements climatiques.

Mots-clés: Rendements agricoles, bassin arachidier, Niakhar, Random Forest, variabilité climatique, dégradation des sols, Sénégal

Evolution of agricultural yields in the department of Fatick, Senegal

Abstract

In the context of climate change and natural resource degradation, the evolution of agricultural yields is a major challenge for food security in Senegal. This study analyses yield dynamics in the Fatick department, focusing on the communes of Diarère and Ngayokhème (Niakhar Observatory). A mixed approach combines surveys of 300 farmers (120 in Diarère, 180 in Ngayokhème), DAPSA statistical data (1986-2023), NASA POWER climate data and Random Forest modelling for four crops: groundnut, millet, sorghum and maize. Results reveal high inter-annual yield instability: 36 % of farmers perceive fluctuation, 35% report a decline and 29% observe improvement. Historical analysis shows a general upward trend, especially for maize after 2015 ($\approx 3,000$ kg/ha), attributed to hybrid varieties and incentive agricultural policies. The Random Forest model indicates that climatic variables moderately explain yield variability ($R^2 \leq 0.368$), suggesting that soil degradation, farming practices and agricultural policies play an equally decisive role.

Keywords: Agricultural yields, groundnut basin, Niakhar, Random Forest, climate variability, soil degradation, Senegal

INTRODUCTION

L'Afrique subsaharienne, et plus particulièrement la zone sahélo-soudanienne, est confrontée à une vulnérabilité croissante de ses systèmes agricoles face aux changements climatiques, à la dégradation des terres et aux pressions démographiques (FAO, 2020; Nicholson, 2013). Au Sénégal, le bassin arachidier concentre l'essentiel de la production d'arachide, de mil, de sorgho et, de manière croissante, de maïs. Cette agriculture quasi exclusivement pluviale est exposée à la variabilité interannuelle des précipitations et à la dégradation structurelle des sols ferrugineux tropicaux qui la caractérisent (Diallo *et al.*, 2022; Bationo *et al.*, 2007). Une évaluation récente des risques climatiques sur les rendements dans le bassin arachidier sénégalais montre que les précipitations saisonnières et les températures exercent une pression croissante sur la productivité agricole, avec des disparités nord-sud significatives (Faye *et al.*, 2024). De même, l'évaluation du risque de sécheresse agro-météorologique dans des communes du bassin arachidier révèle des vulnérabilités structurelles aggravées par la variabilité intra-saisonnière des pluies (Kounta *et al.*, 2022).

L'évolution des rendements agricoles est un indicateur composite qui reflète à la fois la qualité des conditions pédoclimatiques, le niveau d'intensification des pratiques

agricoles et l'efficacité des politiques de développement rural. Plusieurs travaux ont documenté une tendance à la stagnation, voire à la dégradation de la productivité dans le bassin arachidier, imputée à l'épuisement des sols, à la réduction des jachères et aux effets de la sécheresse sahélienne des années 1970-1980 (Diouf, 1992; DAPSA, 2023; Sarr et Sultan, 2023). Depuis la fin des années 2000, des politiques d'intensification (GOANA, PRACAS) ont partiellement inversé ces tendances par la diffusion de semences améliorées et la subvention des engrais (Ministère de l'Agriculture, 2008; MAER, 2014).

L'Observatoire de Niakhar, mis en place par l'IRD depuis 1962 dans le département de Fatick, offre un cadre privilégié pour analyser les dynamiques agricoles à long terme (Delaunay *et al.*, 2013). Peu d'études ont cependant réalisé une analyse intégrée de l'évolution des rendements dans les communes de Diarère et de Ngayokhème en articulant perceptions paysannes, statistiques historiques et modélisation climatique. La présente étude comble cette lacune en visant à: (i) caractériser les perceptions locales de l'évolution des rendements; (ii) analyser les tendances historiques 1986-2023 à partir des données DAPSA; (iii) hiérarchiser les facteurs climatiques de variation par modélisation Random Forest; et (iv) discuter les implications pour les politiques agricoles adaptées.

¹ Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Département de Géographie, Université Assane SECK de Ziguinchor, Sénégal

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'étude est conduite dans le département de Fatick (14°19' N; 16°25' O), inscrit dans le domaine climatique soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle de 600 à 800 mm, concentrée de juin à octobre. Les communes de Diarère et de Ngayokhème font partie de l'Observatoire de Niakhar (Figure 1). Les sols, ferrugineux tropicaux lessivés à texture sablo-argileuse, présentent une faible teneur en matière organique. Les systèmes de production reposent sur la culture de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), du mil (*Pennisetum glaucum* L.), du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et du maïs (*Zea mays* L.) en pluvial strict.

Données

Trois sources de données ont été mobilisées. (i) Des enquêtes primaires par questionnaire semi-structuré auprès de 300 paysans répartis entre les deux communes : 120 à Diarère et 180 à Ngayokhème. Cet échantillon a été constitué par tirage aléatoire stratifié afin de garantir la représentativité des ménages agricoles de chaque commune. Les enquêtes portaient sur les perceptions de l'évolution des rendements, les causes identifiées et les impacts socio-économiques. (ii) Les données statistiques agricoles de la DAPSA, couvrant le département de Fatick sur la période 1986-2023 (rendements en kg/ha et superficies emblavées pour les quatre cultures). En l'absence de données communales désagrégées, l'analyse historique a été conduite à l'échelle départementale, considérée comme proxy représentatif des communes étudiées. (iii) Les don-

nées climatiques (précipitations, températures minimale, maximale et moyenne, humidité relative, ensoleillement) extraites de la plateforme NASA POWER (Power Data Access Viewer, <https://power.larc.nasa.gov>), qui fournit des données météorologiques regrillées sur grille globale à résolution journalière et mensuelle, couvrant la même période (1986-2023) pour les coordonnées géographiques de la zone d'étude.

Méthodes d'analyse

L'analyse temporelle des séries DAPSA (1986-2023) repose sur une approche graphique avec identification des ruptures majeures et superposition des politiques agricoles nationales. Les données climatiques NASA POWER ont été téléchargées via l'API de la plateforme pour les coordonnées centroïdes de la zone d'étude, puis agrégées à l'échelle annuelle et saisonnière. Les relations entre variables climatiques et rendements ont été modélisées par forêt aléatoire (Random Forest, Breiman, 2001), algorithme adapté aux données complexes de petite taille, dont l'efficacité pour la prédiction des rendements agricoles au Sénégal a été récemment confirmée par Razavi *et al.* (2024) et Seck *et al.* (2025). Ce modèle permet d'estimer l'importance relative (feature importance) de chaque variable climatique. Les performances sont évaluées par le coefficient de détermination (R^2) et l'erreur absolue moyenne (MAE). Des coefficients de corrélation de Pearson ont également été calculés entre rendements et superficies emblavées. Les analyses ont été réalisées sous Python (Scikit-learn, Pandas) et R (version 4.x).

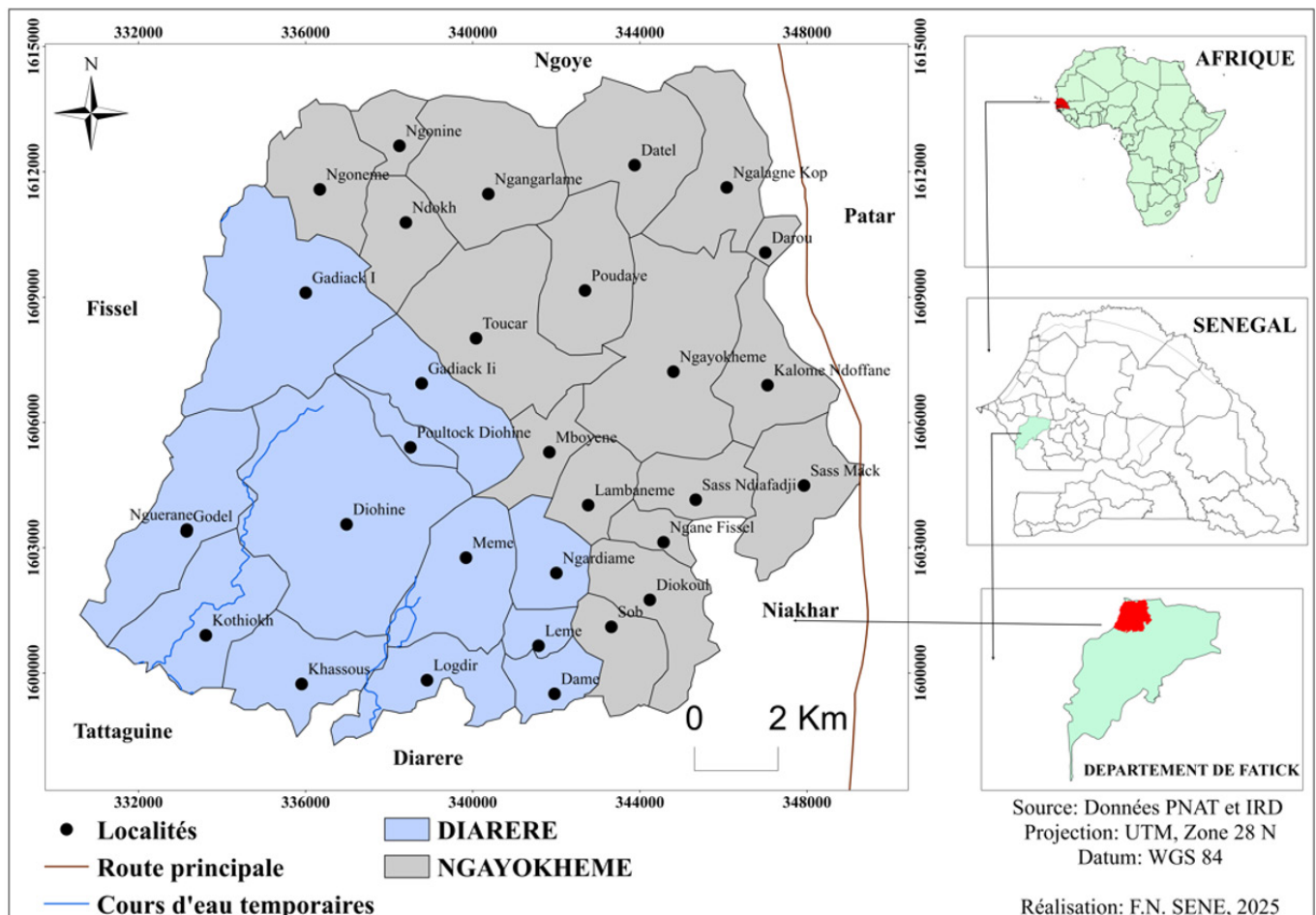


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Perceptions locales de l'évolution des rendements agricoles

Les enquêtes révèlent que 36 % des agriculteurs perçoivent une fluctuation des rendements, 35 % notent une baisse généralisée et 29 % observent une augmentation (Figure 2). Cette instabilité est principalement liée à la variabilité climatique et à la gestion des sols. La fluctuation des rendements reflète la dépendance de l'agriculture pluviale aux précipitations (Faye *et al.*, 2018; Sarr et Sultan, 2023), tandis que la baisse perçue résulte de la dégradation des sols par les pratiques extensives et la réduction des jachères (Diallo *et al.*, 2022).

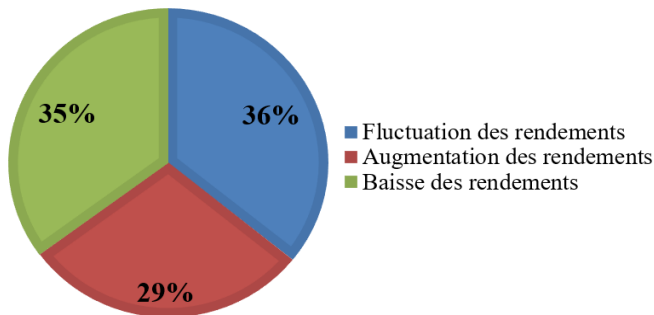


Figure 2: Perception des paysans sur l'évolution des rendements agricoles

Causes de la baisse des rendements

La baisse de la fertilité des sols (37,0 %) est la principale cause identifiée, suivie du manque de surface agricole (21,1 %), du manque d'intrants (20,3 %), du déficit pluviométrique (11,4 %) et de la salinisation des terres (8,13 %) (Figure 3). La culture prolongée de l'arachide a épuisé les sols en nutriments essentiels (Bationo *et al.*, 2007). Le remembrement lié à l'éclatement des familles limite la gestion optimale des parcelles (Toulmin et Quan, 2000). La salinisation des bas-fonds, bien que minoritaire, constitue une menace croissante (Sene *et al.*, 2024).

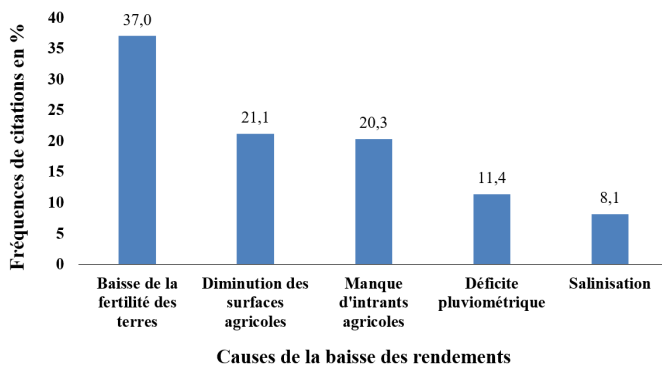


Figure 3: Causes perçues de la baisse des rendements agricoles

Facteurs favorisant l'augmentation des rendements

L'amélioration des rendements est attribuée aux engrais chimiques (26,6%), à la bonne fertilité naturelle des sols (22,1 %), à la fumure organique (21,3 %), à l'augmentation de la pluviométrie (18,7 %) et aux semences améliorées (8,99 %) (Figure 4). Ces résultats confirment que les choix humains de gestion conditionnent fortement la productivité, mais l'usage intensif d'engrais chimiques présente un risque d'acidification des sols (Vanlauwe *et al.*, 2010). La fumure organique, encore limitée, offre un potentiel de restauration durable (Bationo *et al.*, 2007).

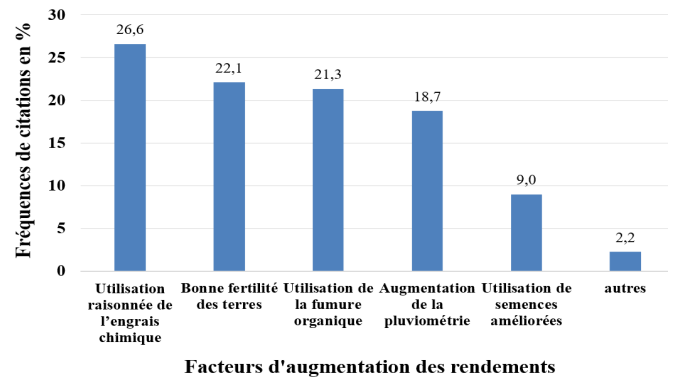


Figure 4: Facteurs favorisant l'augmentation des rendements

Impacts socio-économiques de la baisse des rendements

La baisse des rendements entraîne une diminution des revenus des ménages (36,4 %), une intensification de la pauvreté (28,0 %), un exode rural accru (22,0 %) et des périodes de soudure (11,7 %) (Figure 5). Ces résultats s'alignent avec les travaux de Sultan *et al.* (2019), qui montrent l'impact des fluctuations de rendements sur les moyens de subsistance, et de Barbier (2000), qui lie dégradation des terres et pauvreté rurale. L'exode rural, corrélé à l'absence de perspectives agricoles viables, est documenté par Tacoli (1998).

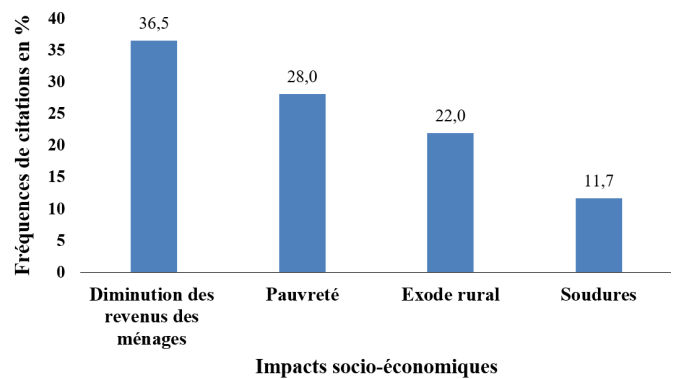


Figure 5: Impacts socio-économiques de la baisse des rendements

Évolution historique des rendements agricoles (1986-2023)

L'analyse des données DAPSA sur la période 1986-2023 (Figure 6) révèle une forte variabilité interannuelle avec une tendance générale à la hausse. Le maïs enregistre la progression la plus marquée, avec des rendements atteignant environ 3 000 kg/ha en 2021, résultant de l'introduction de variétés hybrides après 2015. L'arachide présente une tendance cyclique (400-500 kg/ha) liée à la variabilité climatique et aux rotations culturales. Le mil et le sorgho témoignent de rendements modestes mais relativement stables, reflétant leur résilience sahélienne. L'année 2007 constitue un point d'inflexion négatif notable pour l'ensemble des cultures.

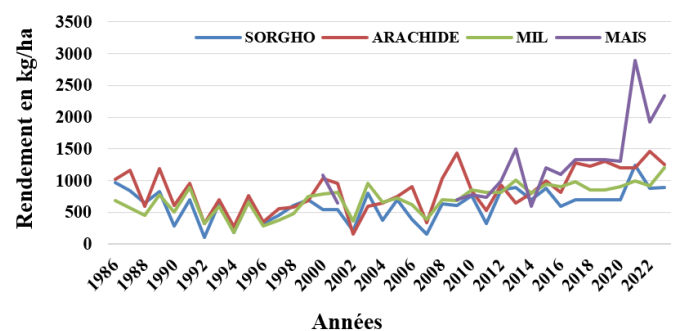


Figure 6: Évolution des rendements par culture (1986-2023), département de Fatick (Source: DAPSA Fatick, 2025)

Facteurs de variation des rendements

Importance des variables climatiques (Random Forest)

Pour l'arachide, l'humidité relative domine (Figure 7), confirmant le rôle de la disponibilité en eau dans le développement de la légumineuse (Schilling, 2001; Gautreau, 1973). Pour le mil, la température moyenne est le facteur dominant (21 %), suivie de l'humidité (19 %) et de la température minimale (18 %) (Figure 8). Pour le sorgho, la température minimale domine (24 %), influençant la translocation des photoassimilats (Figure 9). Pour le maïs, la température minimale est également prépondérante (27 %), reflétant la sensibilité des variétés hybrides aux stress thermiques nocturnes (Figure 10).

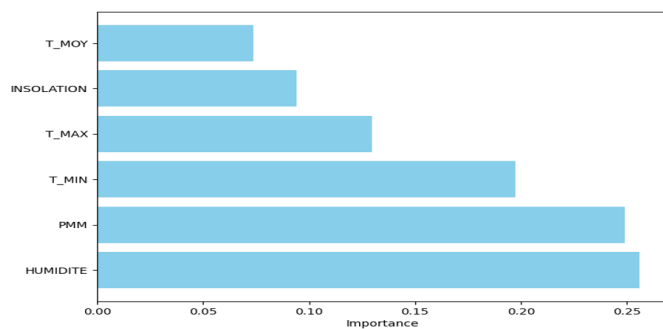


Figure 7: Importance des variables climatiques sur les rendements de l'arachide

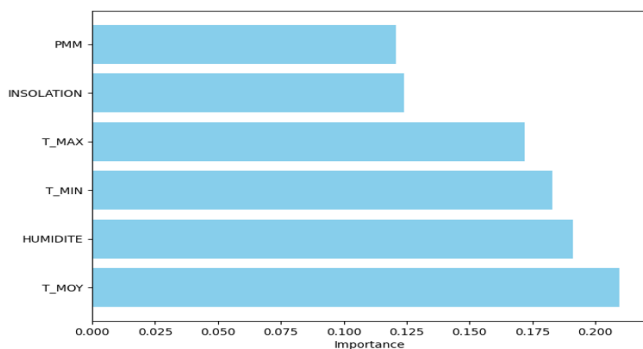


Figure 8: Importance des variables climatiques sur les rendements du mil

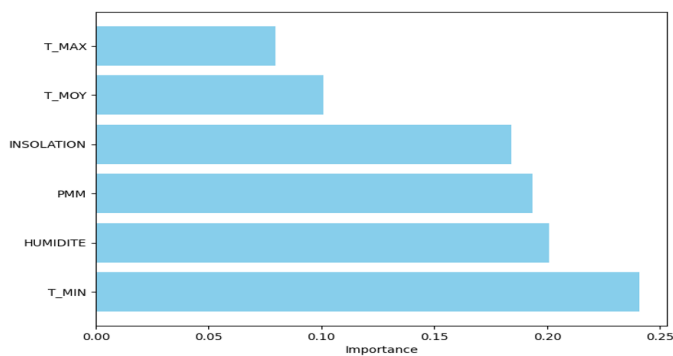


Figure 9: Importance des variables climatiques sur les rendements du sorgho

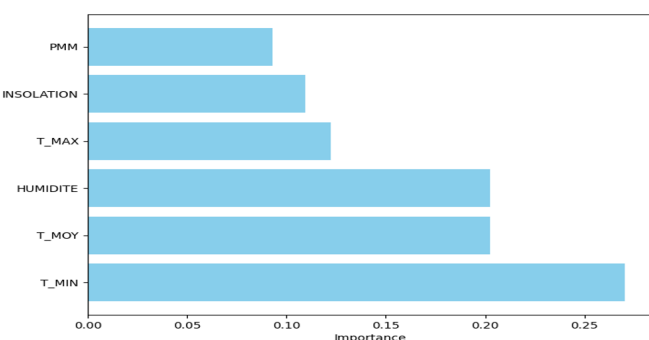


Figure 10: Importance des variables climatiques sur les rendements du maïs

Métriques de performance du modèle

Les performances du modèle Random Forest (Tableau 1) révèlent des coefficients de détermination faibles à modérés, compris entre 0,08 (arachide) et 0,368 (sorgho), indiquant que les variables climatiques seules n'expliquent qu'une fraction de la variabilité des rendements.

Tableau 1: Métriques de performance du modèle Random Forest par culture (Résultats de l'analyse, 2024)

Culture	R ²	MAE (kg/ha)
Sorgho	0,368	231
Arachide	0,080	221
Mil	0,308	170
Maïs	0,217	304

Rendements et superficies emblavées

L'analyse des corrélations de Pearson entre rendements et superficies emblavées (Figure 11) montre des relations globalement faibles: $r = -0,01$ pour le sorgho (absence de corrélation), $r = 0,43$ pour l'arachide (relation modérée), $r = 0,24$ pour le mil et $r = 0,38$ pour le maïs. L'extension des surfaces cultivées ne constitue donc pas une stratégie efficace d'amélioration de la productivité. D'autres facteurs (conditions pédoclimatiques, pratiques culturales, accès aux intrants) jouent un rôle plus déterminant.

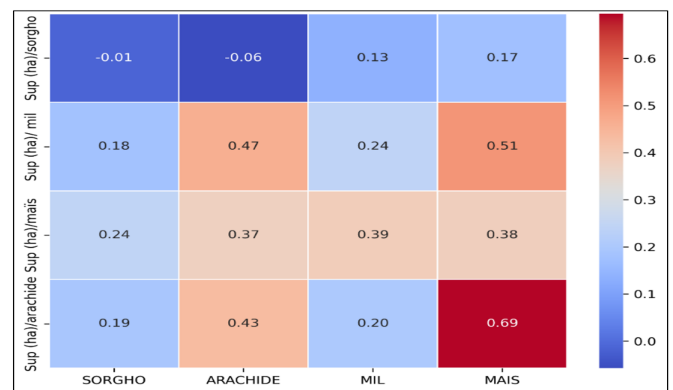
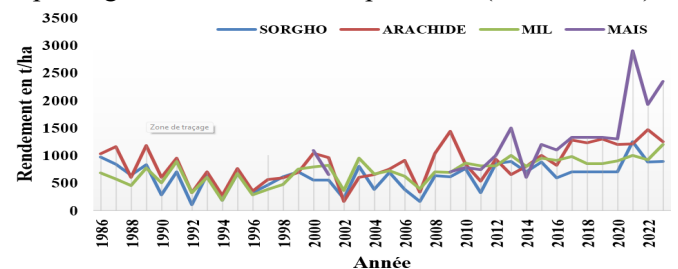


Figure 11: Matrice de corrélation rendements et superficies emblavées

Politiques agricoles et évolution des rendements

Le croisement entre politiques agricoles et tendances des rendements (Figure 12) identifie trois phases. La période PASA (1984-2000), marquée par le désengagement de l'État, correspond à une stagnation voire une baisse de la productivité (Diouf, 1992; DAPSA, 2023). La GOANA (2008) amorce une légère reprise grâce aux subventions aux intrants (semences, engrais). Le PRACAS (2014-2023), avec la mécanisation et les nouvelles technologies agricoles, engendre la hausse la plus significative, notamment post-2015 (MAER, 2014).



Période	Politique Agricole	Impact sur les rendements observés
1984-2000	PASA (Programme d'Ajustement Structurel Agricole)	Baisse de la productivité due à la réduction du soutien étatique aux agriculteurs
2000-2012	GOANA (Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance)	Légère amélioration des rendements, notamment avec une augmentation après 2008.
2012-2024	PRACAS (Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise)	Hausse des rendements surtout après 2015, grâce aux mesures de mécanisation.

Figure 12: Rendements agricoles et politiques agricoles nationales (1986-2023)

Convergence entre perceptions et données historiques

La triangulation entre perceptions paysannes et données DAPSA révèle une cohérence notable: la prédominance de la perception de fluctuation (36 %) est cohérente avec la forte variabilité interannuelle observée dans les séries statistiques. Cette convergence valide les savoirs endogènes comme indicateurs fiables de la dynamique agricole réelle (Nyong *et al.*, 2007; Nakashima *et al.*, 2012). La discordance partielle entre la perception de baisse des rendements et la tendance haussière des données DAPSA s'explique par l'échelle d'analyse (départementale et parcellaire) et par un effet de mémoire qui conduit les paysans à comparer les rendements actuels à une référence idéalisée du passé.

Facteurs climatiques et non climatiques

Le modèle Random Forest indique que les variables climatiques expliquent entre 8 % (arachide) et 36,8 % (sorgho) de la variabilité des rendements. Ce résultat confirme que les facteurs non climatiques (fertilité des sols, disponibilité en intrants, qualité des semences, pratiques culturales) conditionnent davantage les rendements, comme le montrent Tittonell et Giller (2013) dans les systèmes sahéliens. La faiblesse du R^2 pour l'arachide s'explique par la forte sensibilité de cette culture aux propriétés pédologiques (pH, calcium) et aux effets précédents culturels non capturés par le modèle (Schilling, 2001). Ces résultats s'inscrivent dans la continuité des travaux récents à l'échelle nationale, qui confirment les limites des modèles basés sur les seules variables climatiques tout en soulignant l'apport des approches d'apprentissage automatique pour pallier la rareté des données locales (Seck *et al.*, 2025; Razavi *et al.*, 2024). Par ailleurs, l'évaluation des risques agro-climatiques dans le bassin arachidier souligne la nécessité d'intégrer des indicateurs de sécheresse et de stress thermique dans les modèles de prédiction des rendements (Faye *et al.*, 2024; Kounta *et al.*, 2022).

Rôle déterminant des politiques agricoles

La correspondance entre les politiques agricoles et les inflexions des rendements souligne l'importance de la continuité des programmes d'intensification dans des contextes à faibles marges économiques. Haggblade *et al.* (2007) démontrent que les subventions aux intrants ciblées améliorent significativement la productivité des petites exploitations africaines lorsqu'elles sont associées à un dispositif de conseil. Le PRACAS illustre ce principe, mais des défis persistent quant à l'adaptation aux changements climatiques et la gestion durable des ressources naturelles.

Limites de l'étude

Trois limites principales méritent d'être soulignées. Premièrement, l'absence de données communales désagrégées contraint l'analyse à l'échelle départementale, masquant les hétérogénéités entre Diarère et Ngayokhème. Deuxièmement, la taille de l'échantillon temporel (37 années) peut conduire à une instabilité des estimations du Random Forest; des méthodes complémentaires (Mann-Kendall, Pettitt) mériteraient d'être mobilisées. Troisièmement, les perceptions paysannes peuvent être affectées par des biais de désirabilité sociale ou de mémoire.

CONCLUSION

Cette étude a analysé, selon une approche mixte et diachronique (1986-2023), l'évolution des rendements agricoles dans le département de Fatick, en s'appuyant sur les communes de Diarère et de Ngayokhème (Observatoire de Niakhar). Les résultats mettent en évidence une instabilité structurelle des rendements, accompagnée d'une tendance haussière significative depuis 2015, portée par les politiques d'intensification agricole et l'adoption de variétés améliorées. Le modèle Random Forest confirme que les variables climatiques exercent une influence modérée, et que d'autres déterminants (dégradation des sols, accès aux intrants, politiques agricoles) jouent un rôle tout aussi fondamental.

Ces résultats appellent à des politiques intégrées articulant: (i) la restauration de la fertilité des sols par des pratiques agroécologiques; (ii) l'accès équitable aux intrants de qualité; et (iii) l'adaptation des systèmes de production aux nouvelles normes climatiques. Des recherches futures devraient s'orienter vers des données communales désagrégées, l'intégration de tests de rupture de tendance et l'examen des effets différenciés des politiques selon les types d'exploitation.

RÉFÉRENCES

- Barbier E.B. (2000). The economic linkages between rural poverty and land degradation: some evidence from Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 82: 355-370.
- Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B., Kimetu J. (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agric. Syst.*, 94: 13-25.
- Breiman L. (2001). Random forests. *Mach. Learn.*, 45: 5-32.
- DAPSA (2023). Bulletin de statistiques agricoles 2023. Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de l'Élevage. Dakar. 85p.
- Delaunay V., Douillot L., Diallo A., Dione D., Trape J.F., Medjanikov O., Raoult D., Sokhna C. (2013). Profile: The Niakhar Health and Demographic Surveillance System. *Int. J. Epidemiol.*, 42: 1002-1011.
- Diallo M.D., Diaté B., Diédhiou P.M., Diédhiou S., Goalbaye T., Doelsch E., Diop A., Guissé A. (2019). Effets de l'application de différents fertilisants sur la fertilité des sols, la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) dans la commune de Gandon au Sénégal. *Rev. Afr. Environ. Agric.*, 2: 7-15.
- Diallo S., Faye M., Nacro H.B. (2022). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur les rendements et les surfaces cultivées dans le bassin arachidier de la région de Thiès (Sénégal). *Vertigo*, 22: 34710.
- Diouf M. (1992). La crise de l'ajustement. *Polit. Afr.*, 45: 62-85.
- FAO (2020). L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome. 320p.
- Faye A., Abbey G.A., Ndiaye A., Diop M. (2024). Évaluation des risques liés au climat et du rendement agricole dans le bassin sénégalais de l'arachide. *Atmosphere*, 15: 1246.
- Faye B., Webber H., Naab J.B., MacCarthy D.S., Adam M., Lamers J.P.A., Schleussner C.F., Ruane A., Gessner U., Hoogenboom G., Boote K., Shelia V., Saeed F., Wisser D., Hadir S., Laux P., Gaiser T., Ewert F. (2018). Impacts of 1.5 versus 2.0 °C on cereal yields in the West African Sudan Savanna. *Environ. Res. Lett.*, 13: 034014.
- Gautreau J. (1973). Influence des facteurs climatiques sur la croissance et le développement d'une arachide hâtive. *Oléagineux*, 28: 567-574.

- Haggblade S., Hazell P.B.R., Dorosh P.A. (2007). Sectoral growth linkages between agriculture and the rural nonfarm economy. In S. Haggblade, P. Hazell, T. Reardon (Éds.), *Transforming the Rural Nonfarm Economy* (pp. 141-182). Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Kounta A., El-Aboudi A., Loum M., Ngom E.M.D., Diongue D.M.L., Houmma I.H. (2022). Agro-meteorological drought risk assessment in the groundnut basin of Senegal: the case of the municipalities of Djilor, Dioussong, Keur Samba Gueye and Toubacouta. *Geocarto Int.*, 37: 18546-18568.
- MAER (2014). Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACAS). Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural. Dakar. 112p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. (2008). Résultats définitifs de la campagne agricole 2007-2008 et perspectives alimentaires. Dakar. 13p.
- Nacanabo A. (2025). Effet du changement climatique sur le rendement du mil, du sorgho et du maïs au Sahel: un modèle ARDL. *Afr. Sci. J.*, 3: 818.
- Nakashima D.J., Galloway McLean K., Thulstrup H.D., Ramos Castillo A., Rubis J. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. UNESCO-UNU. Paris. 120p.
- NASA (2025). Power Data Access Viewer - Prediction of Worldwide Energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov>. Consulté le 15 janvier 2025.
- Nicholson S.E. (2013). The West African Sahel: a review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability. *Int. Sch. Res. Notices*, 2013: 453521.
- Nyong A., Adesina F., Osman Elasha B. (2007). The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, 12: 787-797.
- Pretty J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*, 363: 447-465.
- Razavi M.A., Nejadhashemi A.P., Majidi B., Razavi H.S., Kpodo J., Eeswaran R., Ciampitti I., Prasad P.V.V. (2024). Enhancing crop yield prediction in Senegal using advanced machine learning techniques and synthetic data. *Smart Agric. Technol.*, 8: 100448.
- Sarr A.B., Sultan B. (2023). Predicting crop yields in Senegal using machine learning methods. *Int. J. Climatol.*, 43: 1817-1838.
- Schilling R. (2001). Arachide: données agronomiques de base sur la culture arachidière. *OCL*, 8: 230-236.
- Seck N.K.G., Ngom A., Ngom P., Noba K. (2025). Crop yield forecasting in Senegal: application of machine learning methods. *Discov. Agric.*, 3: 192.
- Sene F.N., Fall A.C.A.L., Sane Y. (2024). Dégradation des terres agricoles par salinisation dans la vallée fossile du Sine: cas de la commune de Niakhar (région de Fatick). *Eur. Sci. J.*, 20: 142.
- Sultan B., Defrance D., Iizumi T. (2019). Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models. *Sci. Rep.*, 9: 12834.
- Sultan B., Roudier P., Quirion P., Alhassane A., Muller B., Dingkuhn M., Ciais P., Guimberteau M., Traoré S.B., Baron C. (2013). Assessing climate change impacts on sorghum and millet yields in the Sudanian and Sahelian savannas of West Africa. *Environ. Res. Lett.*, 8: 014040.
- Tacoli C. (1998). Rural-urban interactions: a guide to the literature. *Environ. Urban.*, 10: 147-166.
- Tittonell P., Giller K.E. (2013). When yield gaps are poverty traps: the paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Res.*, 143: 76-90.
- Toulmin C., Quan J. (2000). *Evolving Land Rights, Policy and Tenure in Africa*. DFID/IIED/NRI. London. 336p.
- Vanlauwe B., Bationo A., Chianu J., Giller K.E., Merckx R., Mokwunye A.U., Ohiokpehai O., Pypers P., Tabo R., Shepherd K.D., Smaling E.M.A., Woormer P.L., Sanginga N. (2010). Integrated soil fertility management: operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook Agric.*, 39: 17-24.