



ISSN (O): 2320-5407
ISSN (P): 3107-4928

Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/23475
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/23475>



RESEARCH ARTICLE

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE AU SENEGAL : ANALYSE CRITIQUE DES PRATIQUES METHODOLOGIQUES ET PISTES D'AMELIORATION

Ndèye Khady Guissé Seck¹, Ablaye Ngom¹, Papa Ngom² and Kandjioura Noba¹

1. Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Institut Supérieur d'Agriculture et Entreprenariat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, PO Box 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

2. Laboratoire de Mathématiques Appliquées (LMA), Département de Mathématiques et Informatique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, PO Box 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 12 March 2026
Final Accepted: 14 April 2026
Published: May 2026

Key words:-

Statistical methods, data analysis, Agriculture, research, Eco-geographical zones, Senegal.

Abstract

This study on the application of statistical methods in agronomic research in Senegal highlights several key issues related to the methodological quality of scientific studies. The findings show that the Randomized Complete Block Design (52.54%) is the most frequently used experimental design, while ANOVA (43.31%) is the most commonly applied analytical method, followed by descriptive statistics. In addition, random sampling appears to be the predominant sampling technique used (75%) in the reviewed studies. However, the analysis also reveals significant methodological shortcomings. In many studies, the choice of experimental designs, sampling techniques, and data analysis methods is not clearly justified, which may undermine the validity, reproducibility, and reliability of the findings. Furthermore, most studies do not specify the formula used to determine sample size, which may reduce statistical precision and increase the risk of sampling errors. The study also points to the limited use of crop models in agricultural research, despite their importance as tools for simulation, yield prediction, and the assessment of the impacts of agricultural Practices and climate variability. Therefore, strengthening methodological rigor, improving the transparency of statistical choices, and promoting the integration of crop models are essential to enhance the scientific quality and robustness of agronomic research in Senegal.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction:-

L'agriculture occupe une place centrale dans la croissance économique du Sénégal et constitue une source essentielle de revenus pour les populations, en particulier celles du monde rural (Ndiaye, 2018). Elle représente l'activité principale de nombreux ménages sénégalais (Bourgoin et al., 2020) et contribue de manière significative à la dynamique économique nationale (Ramde & Lo, 2015). En 2023, le secteur agricole a enregistré une croissance de 7,6 % et a contribué à hauteur de 15 % du Produit Intérieur Brut (PIB) national (ANSD, 2024). A cet égard, la recherche joue un rôle fondamental dans le développement du secteur agricole, qui demeure un pilier essentiel de

Corresponding Author:-Ndèye Khady Guissé Seck

Address:-Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Institut Supérieur d'Agriculture et Entreprenariat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, PO Box 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

l'économie nationale. Bien que les activités agricoles soient largement réparties sur l'ensemble du territoire, certaines zones présentent une importance stratégique particulière. Dès lors, l'amélioration des performances agricoles passe nécessairement par l'adoption d'outils et de méthodes scientifiques visant à accroître l'efficacité et la durabilité des pratiques (Banerjee et al., 2023).

Parmi ces outils, les méthodes statistiques occupent une place déterminante. Depuis plusieurs décennies, elles sont fortement mobilisées dans l'interprétation et l'analyse des données empiriques issues des enquêtes agronomiques (Schabenberger & Pierce, 2002). Dans le secteur agricole sénégalais, leur importance est indéniable. Elles contribuent à la prise de décision, permettent de prédire les résultats et facilitent une analyse approfondie des phénomènes agricoles (Argaw et al., 2025). Les méthodes statistiques les plus utilisées dans les expérimentations agricoles sont généralement simples, fiables et largement diffusées (Carvalho et al., 2022).

Cependant, l'utilisation des méthodes statistiques en agronomie n'est pas exempte de limites. Les données agricoles présentent souvent une forte hétérogénéité, liée aux conditions environnementales ou à la diversité des protocoles expérimentaux (Makowski et al., 2019). De plus, l'application correcte des méthodes statistiques demeure un enjeu majeur dans la recherche sur les plantes et les cultures (Raudonius, 2017). La littérature scientifique met en évidence plusieurs insuffisances dans la qualité des analyses statistiques. Par exemple, une proportion importante des articles publiés dans les domaines biologiques et agricoles indique une utilisation ou une interprétation incorrecte des méthodes statistiques (Johnson & Berger, 1982). D'autres études confirment que ces méthodes sont fréquemment mal utilisées ou mal interprétées par les auteurs (Raudonius, 2017 ; Kramer et al., 2016). De manière générale, les chercheurs n'accordent pas toujours une attention suffisante à l'application rigoureuse des méthodes statistiques à toutes les étapes de la recherche. Cela peut engendrer divers biais liés à l'échantillonnage, à la collecte, au traitement et à l'analyse des données. Dans ce contexte, la présente étude vise à analyser les principales méthodes statistiques appliquées en agronomie dans le contexte sénégalais, afin d'identifier les insuffisances dans l'analyse des données agricoles et de proposer des outils appropriés permettant d'améliorer et d'approfondir ces analyses.

Matériel Et Méthodes:-

Collecte de données:-

La collecte des données a été faite par une revue bibliographique systématique suivant le diagramme de flux de PRISMA sur l'agriculture au Sénégal. La recherche de documents a été faite à partir de la base de données Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, bibliothèque Universitaire et celle de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Les Thèses, mémoires, articles, livres et rapports portant sur l'agriculture au Sénégal sont sélectionnés. La recherche a été accès principalement sur les cultures de rente, vivrières et maraichères. Les mots clés et leurs combinaisons utilisés sont : enquête, expérimentation, rendement de production, fertilisation, pratiques culturales, échantillonnage, collecte de données, analyse statistique, modèle statistique. Les données ont été rassemblées en tenant compte des documents publiés entre 1988 et 2023 (36 ans) , période suffisante pour effectuer une analyse approfondie et statistiquement significative.

Le processus de sélection des documents repose sur un certain nombre de critères d'inclusion :

- a) les études portaient sur une enquête et/ou expérimentation agricole, le rendement de production agricole, la fertilisation et les pratiques culturales, l'échantillonnage, la collecte de données agricoles, l'analyse statistique des données agricoles et l'utilisation de modèles statistiques ;
- b) elles portaient sur les cultures de rente, vivrières et maraichères ;
- c) les études ont été publiées entre 1988 et 2023.

Les informations extraites des études incluait particulièrement les types de dispositifs expérimentaux, les méthodes d'analyse statistique, les techniques d'échantillonnage ainsi que les caractéristiques des échantillons. Ces variables ont été codées et catégorisées de manière standardisée afin de permettre leur analyse comparative.

Nombre de documents retenus dans l'étude:-

Le processus de revue systématique se déroule en trois grandes étapes. Le diagramme de flux de la méthodologie avec toutes les étapes de la sélection des documents est basé sur les lignes directrices PRISMA (Page et al., 2021). Lors de la phase d'identification, un total de 2 863 documents a été repéré à partir de plusieurs sources, principalement Google Scholar (2 800 documents), ScienceDirect (n = 10), SpringerLink (n = 4), la bibliothèque numérique de l'UCAD (n = 30) et la bibliothèque de la Faculté des Sciences et Techniques (n = 19). Après suppression des doublons (n = 120), 2 743 documents ont été examinés sur la base de leurs titres et résumés,

conduisant à l'exclusion de 2 508 documents jugés non pertinents. La phase de sélection a permis d'évaluer l'éligibilité de 235 documents en texte intégral. Parmi ceux-ci, 106 ont été exclus pour les raisons suivantes : études non réalisées au Sénégal (n = 53), absence de lien avec les spéculations ciblées (n = 20) et manque d'informations concernant les méthodes d'analyses statistiques utilisées (n = 33). A l'issue de ce processus, 129 études remplissant l'ensemble des critères d'inclusion ont été retenues pour l'analyse quantitative (Figure 1). L'étude couvre toutes les zones éco-géographiques du Sénégal avec une prédominance du Bassin arachidier qui couvre plus du tiers des documents retenus. Il convient de noter que cette étude peut être sujette à certains biais particulièrement au choix des bases de données et à la disponibilité des publications, ce qui pourrait influencer la représentativité des études incluses.

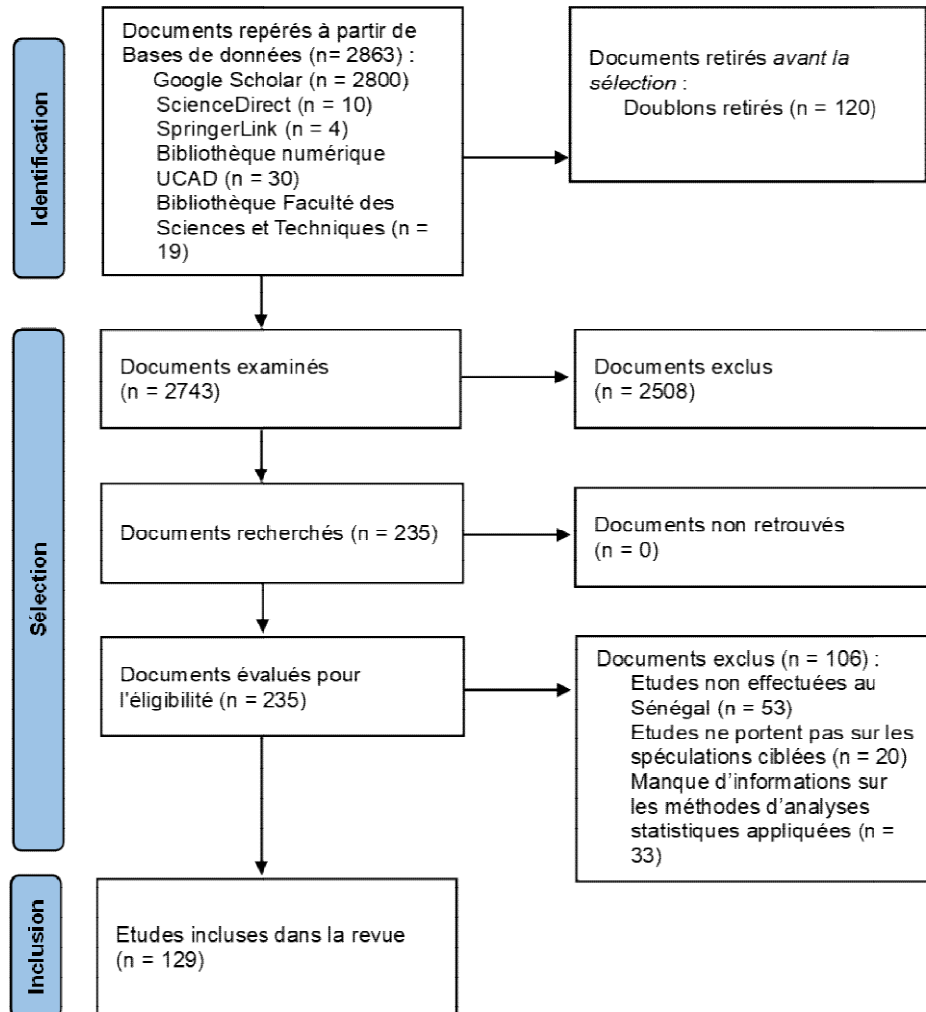


Figure 1:-Diagramme de flux, PRISMA 2020.

Méthodes d'analyse statistique:-

Les données ont été analysées avec le logiciel *R version 4.2.0*. Les analyses descriptives ont été faites à l'aide de graphes réalisés dans le package *ggplot2*. Pour évaluer les méthodes d'échantillonnage appliquées, l'ampleur de l'erreur d'échantillonnage est estimée. La méthode Bootstrap a été utilisée pour estimer l'erreur d'échantillonnage et les intervalles de confiance. Le Bootstrap proposé par Efron (1979) est une méthode de rééchantillonnage qui permet d'estimer l'erreur d'échantillonnage en répétant de nombreux échantillonnages avec remplacement à partir de l'échantillon original. Dans cette étude, 42 documents de recherches sont basés sur des enquêtes, parmi lesquels 18 ont été exploités en raison de leur complétude dans le calcul des erreurs d'échantillonnage. En effet, c'étaient les

seuls à fournir soit la taille de l'échantillon seule ou soit la taille de l'échantillon et celle de la population. La plupart des documents d'enquêtes consultés ont été effectués au niveau des ménages agricoles. De plus, au niveau national, la taille moyenne des ménages agricoles est de 9,5 personnes avec un écart-type d'environ 2,43 (DAPSA, 2020). Ainsi, dans cette étude, la moyenne et l'écart-type de l'échantillon considérés sont : $\mu=9,5$ et $\sigma=2,43$.

Dans le logiciel R, le package *boot* a permis de faire la simulation avec un nombre de réplication égale à $B=1000$. Les échantillons ont été générés suivant la distribution normale en supposant que la distribution d'échantillonnage de la moyenne et de la variance suivent une distribution approximativement normale (Palm, 2002).

Estimation de l'erreur type Bootstrap:-

L'erreur type Bootstrap est l'écart type des valeurs Bootstrap de la moyenne de l'échantillon donné par la formule suivante (Eq. 1) :

$$SE \text{ Bootstrap} = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B (\hat{\theta}_i - \bar{\theta})^2}, \quad (1)$$

où $\hat{\theta}_i$ est la moyenne calculée pour le i ème échantillon Bootstrap et $\bar{\theta}$ est la moyenne des $\hat{\theta}_i$ et B est le nombre d'échantillons Bootstrap. Plus l'erreur type de la moyenne est élevée et moins l'estimation de la moyenne de la population est précise.

Estimation de l'Intervalle de Confiance Bootstrap (IC Bootstrap):-

Dans la méthode de l'intervalle de confiance percentile simple, les limites de confiance sont données par les centiles $\alpha/2$ et $1 - \alpha/2$ de la distribution d'échantillonnage empirique (Palm, 2002). Nous prendrons les centiles 2,5 % et 97,5 % des valeurs Bootstrap qui correspondent approximativement à l'observation de rang 25 et à l'observation de rang 975. L'intervalle de confiance au niveau $1 - \alpha$ est alors (Eq. 2) :

$$IC_{(1-\alpha)} = \left[\hat{\theta}_{(B, \frac{\alpha}{2})}, \hat{\theta}_{(B, 1-\frac{\alpha}{2})} \right], \quad (2)$$

où α est le seuil de significativité (0,05 pour un IC à 95 %), et $\hat{\theta}$ est la moyenne bootstrap triée en i ème position.

Résultats:-

Différentes méthodes statistiques utilisées dans la recherche agricole au Sénégal:-

Principaux dispositifs expérimentaux:-

Les différents types de dispositifs expérimentaux utilisés lors des études au Sénégal sont présentés dans la figure 2. Le dispositif en Bloc Aléatoire Complet (dispositif de Fisher) représente 52,54 % des études expérimentales et il est le plus utilisé. Le dispositif en Split-plot est le deuxième dispositif le plus utilisé, avec 33,90 % des études. Le troisième dispositif le plus utilisé est le Factoriel bloc avec 5,08 % des études. Les autres types de dispositifs tels que le Split-split-plot, le Dispositif Complètement Aléatoire, Augmented design, Arrangement composé rotatif central et Alpha lattice carré représentent également 1,69 % des études.

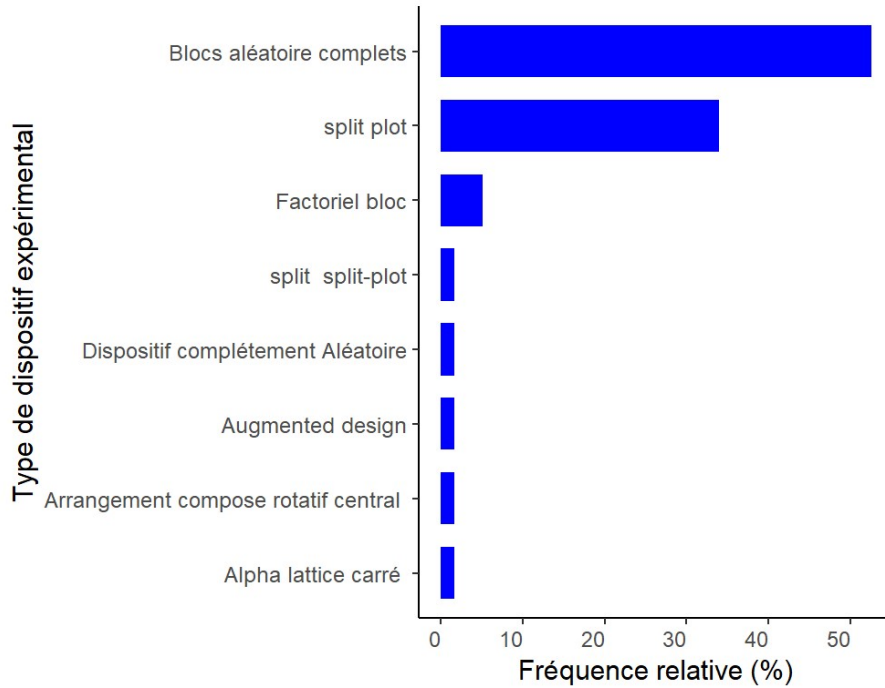


Figure 2:-Type de dispositifs expérimentaux utilisés dans la recherche agricole au Sénégal.

Principales méthodes d’analyse de données:-

La figure 3 montre les différentes méthodes d’analyse de données utilisées lors des études au Sénégal. L’ANOVA est la méthode la plus utilisée. Elle représente 43,31 % des méthodes d’analyse de données. La statistique descriptive représente 30 % des études et constitue la deuxième méthode la plus utilisée. L’Analyse en Composantes Principales est utilisée dans 3,94 % des analyses, ce qui montre une application modérée. Les autres méthodes d’analyse sont faiblement représentées avec moins de 3 % chacun.

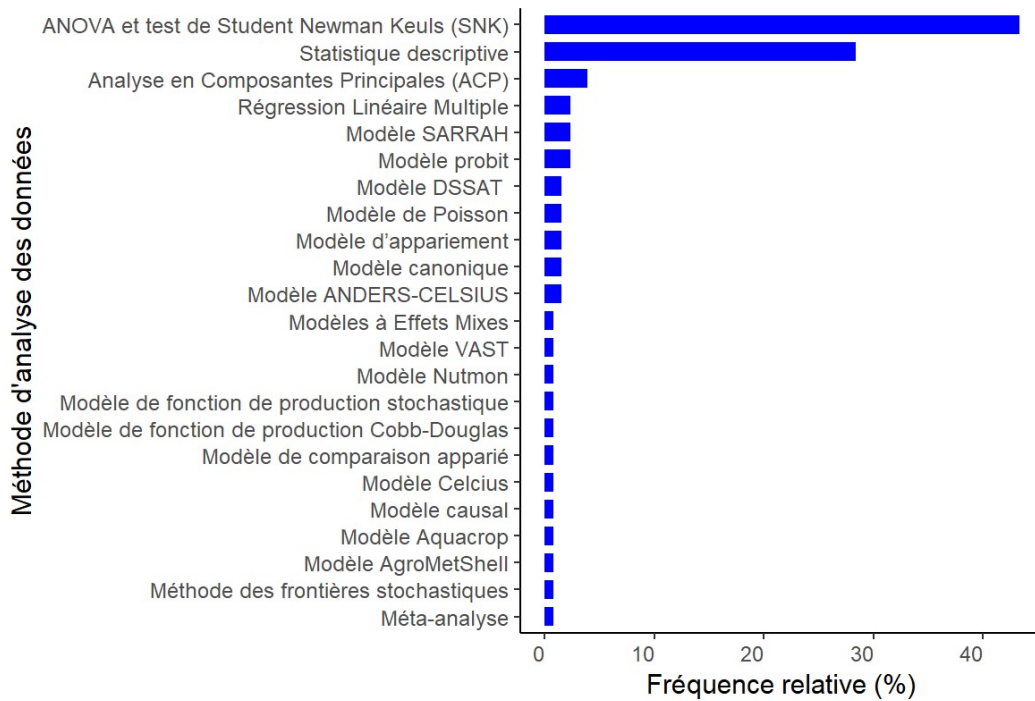


Figure 3:-Principales méthodes d’analyse de données agronomiques utilisées au Sénégal.

Test d'indépendance de Chi-carré entre type de dispositif et méthode d'analyse:-

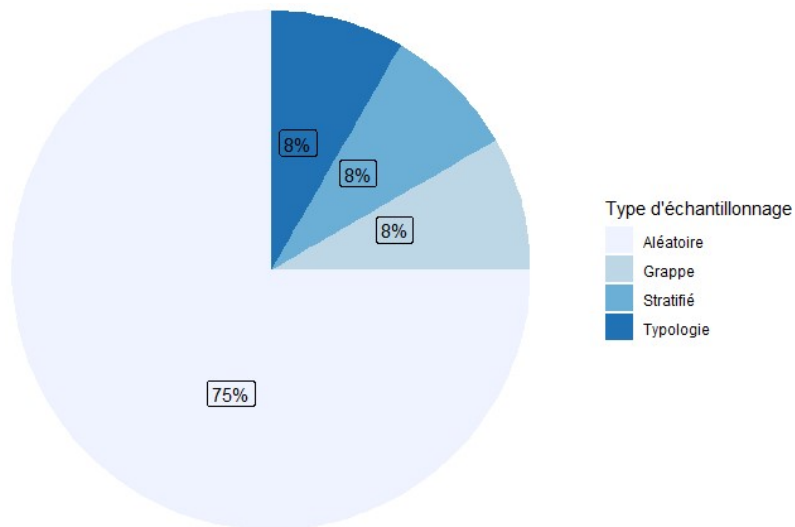
Le test de Chi-carré (χ^2) montre qu'il n'y a pas de lien significatif entre les types de dispositifs expérimentaux et les méthodes d'analyse de données utilisées au Sénégal, ce qui indique une indépendance dans les choix méthodologiques. La p-value de 0,9784 est très élevée, bien au-dessus du seuil de signification de 0,05. En d'autres termes, le choix du type de dispositif expérimental n'influence pas le choix de la méthode d'analyse de données (Tableau 1).

Tableau 1:-Résultats du test de KHI2.

χ^2	ddl	P
42,42	63	0,9784

Principales méthodes d'échantillonnage:-

La Figure 4 révèle que clairement que l'échantillonnage aléatoire domine largement les méthodes d'échantillonnage utilisées lors des études au Sénégal, avec 75 % des études utilisant cette méthode. Cependant, la présence de l'échantillonnage stratifié, en grappe et typologique, chacun représentant 8 % des études, souligne la reconnaissance de la diversité et de la complexité des populations étudiées.

**Figure 4:-Méthodes d'échantillonnage appliquées.**

Erreur type et intervalle de confiance des échantillons:-

L'erreur type et l'intervalle de confiance ont été estimés pour évaluer la précision des estimations d'échantillon et comprendre l'incertitude associée à ces estimations. Les résultats présentés dans la figure 5 montrent comment les moyennes et les intervalles de confiance varient en fonction de la taille des échantillons. Les points bleus représentent les moyennes des échantillons de tailles différentes. En examinant les intervalles de confiance (barres bleues) et les erreurs types (barres rouges), il a été constaté que plus la taille de l'échantillon est petite plus l'erreur type et l'intervalle de confiance sont grands. Cela montre que les études qui ont eu à utiliser des tailles d'échantillon petites présentent une grande variabilité dans les estimations avec de faibles précisions. Toutefois, plus la taille de l'échantillon est grande, plus l'erreur type et l'intervalle de confiance sont étroits, indiquant que les études avec des tailles d'échantillon grand ont des estimations précises et fiables. Autrement dit, l'estimation de l'échantillon est précise et proche de la valeur réelle de la population.

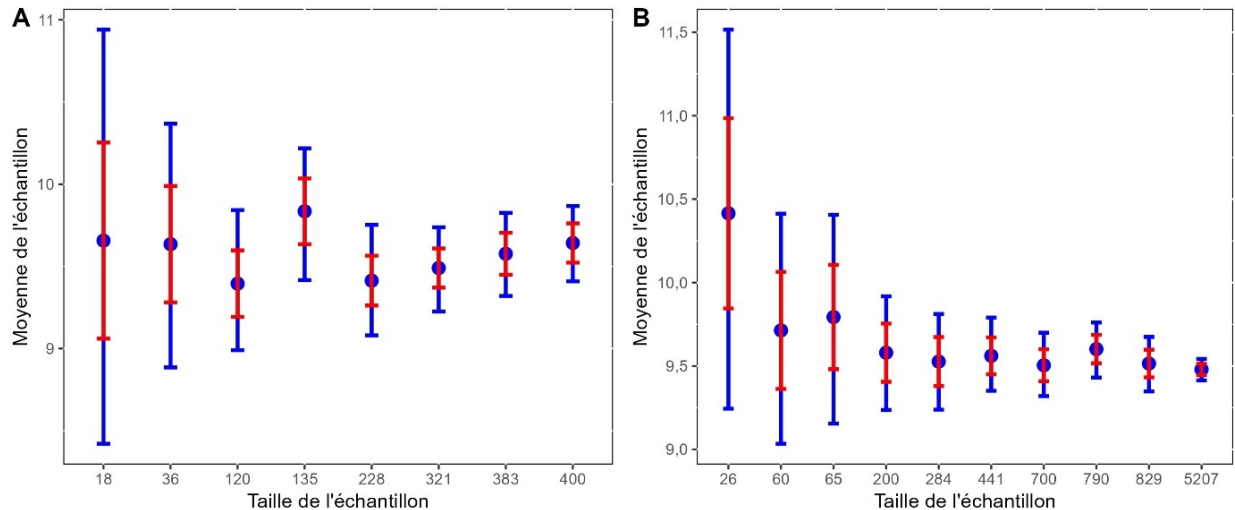


Figure 5:-Erreurs types et intervalles de confiance pour différentes tailles d'échantillon.

A : Calcul de l'erreur type (SE) Bootstrap avec correction pour population finie : L'erreur type est ajustée en fonction de la taille de la population (N), **B :** Calcul de l'erreur type (SE) Bootstrap en se basant sur l'échantillon : l'erreur type est ajustée en fonction de la taille de l'échantillon (n).

Discussion:-

Au Sénégal, les approches méthodologiques mobilisées pour l'analyse des données agricoles apparaissent à la fois diversifiées et inégalement maîtrisées. Les résultats de cette étude mettent en exergue l'utilisation d'une dizaine de dispositifs expérimentaux, parmi lesquels le dispositif en Bloc Aléatoire Complet domine largement, représentant plus de la moitié des publications examinées. Ce dispositif est particulièrement apprécié pour sa robustesse et sa capacité à contrôler la variabilité expérimentale, particulièrement en présence de gradients d'hétérogénéité sur le terrain (Montgomery, 2017 ; Gomez & Gomez, 1984). Toutefois, son efficacité dépend d'un contrôle rigoureux des facteurs de variation, ce qui en limite parfois l'applicabilité dans des conditions de terrain moins contrôlées. Il est suivi par le dispositif Split-plot qui constitue une alternative fréquente lorsque certains facteurs sont difficilement manipulables à petite échelle. Il est méthodologiquement plus complexe, en raison des erreurs expérimentales multiples à considérer (Otava & Mylona, 2025). Malgré cette diversité apparente, un constat majeur réside dans l'insuffisance de la justification du choix des dispositifs expérimentaux dans la quasi-totalité des publications analysées. Cette lacune compromet la reproductibilité des essais et traduit un déficit dans la planification expérimentale (Banerjee et al., 2023). Cela souligne un besoin d'approfondissement méthodologique dans les études agronomiques, en particulier dans la planification expérimentale. Cette problématique s'inscrit plus largement dans le contexte de la « crise de la reproductibilité » observée dans les sciences du vivant, où une proportion importante des résultats publiés s'avère difficilement reproductible. Dans le contexte sénégalais, l'absence de justification méthodologique pourrait accentuer ce phénomène, soulignant la nécessité d'un renforcement des standards analytiques.

Sur le plan de l'analyse statistique des données, l'analyse de la variance (ANOVA) s'impose comme l'outil dominant, suivie par les statistiques descriptives. La prédominance de l'ANOVA reflète une approche méthodologique axée sur la comparaison des effets de différents traitements, ce qui constitue un élément central dans la conduite des essais expérimentaux contrôlés (Steel & Torrie, 1981). Néanmoins, l'application de l'ANOVA repose sur des hypothèses fondamentales telles que la normalité des résidus, l'homoscédasticité et l'indépendance des observations dont la vérification est rarement documentée dans les études. Or, l'absence de validation de ces hypothèses fragilise la robustesse des conclusions statistiques (Emerson, 2022 ; Ghasemi & Zahediasl, 2012). Par ailleurs, lorsque ces conditions ne sont pas remplies, les alternatives méthodologiques telles que les transformations de données, les tests non paramétriques ou les modèles mixtes sont recommandés (Box & Cox, 1964). En complément, les statistiques descriptives sont largement utilisées pour explorer les tendances générales des données. Cependant, dans de nombreuses publications, l'analyse s'arrête à ce stade exploratoire, ce qui réduit la portée interprétative des résultats (Greenland et al., 2019). Dans ce cadre, le renforcement des collaborations interdisciplinaires entre agronomes et statisticiens apparaît essentiel pour améliorer le choix et l'application des méthodes d'analyse, et limiter le recours systématique à des approches standards telles que l'ANOVA.

Un autre point critique concerne l'utilisation encore marginale des modèles de culture, pourtant essentiels pour simuler l'impact de pratiques agricoles ou de conditions climatiques sur la production. Des travaux récents tels que ceux d'Ansarifar et al. (2021) et Torquebiau (2015) ont montré que ces modèles sont des outils clés pour améliorer la production agricole et garantir la sécurité alimentaire mondiale. Toutefois, leur faible utilisation dans les études peut être liée à des compétences limitées en modélisation chez les chercheurs ou des contraintes techniques d'accès à ces outils.

De plus, la non dépendance apparente entre les dispositifs expérimentaux et les méthodes d'analyse dans les publications suggère une flexibilité méthodologique. Néanmoins, cela nécessite une grande vigilance dans la cohérence entre dispositif expérimental et traitement statistique, afin d'assurer la validité des inférences statistiques (Gomez & Gomez, 1984).

Les pratiques d'échantillonnage posent elles aussi des défis. L'échantillonnage aléatoire simple domine les enquêtes au Sénégal en raison de sa simplicité et de sa capacité à minimiser le biais de sélection (Ardilly, 2013), mais il est souvent insuffisamment justifié. De plus, la taille des échantillons s'avère généralement insuffisante, comme en témoignent les erreurs types élevées estimées par des méthodes de rééchantillonnage telles que le Bootstrap dans une proportion importante des études. Cette situation traduit une grande variabilité et une précision limitée des résultats (Efron & Hastie, 2021). L'adoption de plans d'échantillonnage plus élaborés, tels que l'échantillonnage stratifié, apparaît ainsi nécessaire pour améliorer la représentativité et la fiabilité des résultats (Bacher, 1963 ; Lohr, 2021).

Enfin, à l'échelle nationale, des innovations importantes sont récemment introduites montrant un tournant dans la recherche agricole au Sénégal. L'agriculture de précision et les outils numériques (capteurs IoT, drones, IA etc.) gagnent davantage en importance dans les publications. Ces innovations offrent des perspectives importantes pour améliorer la qualité des données et affiner les analyses, tout en intégrant des dimensions environnementales et socio-économiques (Zagre et al., 2024 ; Belmin, 2020 ; Aymeric et al., 2020).

Au regard de l'ensemble de ces constats, plusieurs améliorations méthodologiques peuvent être proposées afin de renforcer l'analyse des données agricoles au Sénégal. Il apparaît essentiel de systématiser la justification des choix expérimentaux et d'améliorer la rigueur dans la planification des expériences. La vérification des hypothèses statistiques doit devenir une étape incontournable de toute analyse, accompagnée, le cas échéant, du recours à des méthodes alternatives adaptées telles que les modèles mixtes ou les approches non paramétriques. Par ailleurs, la diversification des outils analytiques, en particulier à travers l'intégration de la modélisation agronomique, constitue un levier majeur d'amélioration. Le renforcement des capacités des chercheurs en statistique appliquée et en modélisation, ainsi que l'accès à des logiciels spécialisés (tels que R, SAS, Python, etc.), sont également indispensables. Enfin, une attention particulière doit être accordée à l'optimisation des plans d'échantillonnage, en privilégiant des approches plus robustes et adaptées aux réalités du terrain. Dans cette perspective, l'élaboration d'une liste de contrôle méthodologique (methodological checklist) adaptée au contexte sénégalais pourrait constituer un outil opérationnel pertinent. Celle-ci permettrait de standardiser la justification des choix expérimentaux, des méthodes d'échantillonnage et des analyses statistiques dans les publications agronomiques, contribuant ainsi à améliorer la transparence, la reproductibilité et la qualité globale des recherches.

Conclusion:-

Cette étude a permis de mettre en évidence les principales approches statistiques mobilisées en agronomie au Sénégal, tout en soulignant les limites méthodologiques qui en affectent la portée analytique et la robustesse des résultats. L'analyse révèle une prédominance des dispositifs expérimentaux classiques, en particulier le Bloc Aléatoire Complet, ainsi qu'un recours massif à l'ANOVA et aux statistiques descriptives. Si ces outils constituent des fondements solides de l'expérimentation agronomique, leur utilisation apparaît souvent insuffisamment justifiée et accompagnée d'une faible vérification des hypothèses statistiques, ce qui compromet la validité des inférences produites, conduisant à des conclusions biaisées ou non représentatives.

Par ailleurs, l'étude met en lumière une sous-exploitation des approches analytiques avancées, telles que les modèles de cultures, modèles mixtes, et les méthodes non paramétriques, pourtant essentiels pour prendre en compte la complexité des systèmes agricoles et la variabilité des conditions de production. Les insuffisances observées dans les pratiques d'échantillonnage en termes de la formule employée pour déterminer la taille de l'échantillon et de justification du choix des techniques d'échantillonnage utilisé, contribuent également à limiter la représentativité et la précision des résultats. Face à ces constats, plusieurs leviers d'amélioration apparaissent nécessaires pour renforcer la qualité des analyses statistiques en agronomie au Sénégal. Il s'agit particulièrement de promouvoir une planification expérimentale plus rigoureuse, de systématiser la vérification des hypothèses statistiques, et d'encourager la diversification des méthodes d'analyse en intégrant des outils plus adaptés aux données complexes. Le renforcement des capacités des chercheurs en statistique appliquée et en modélisation, ainsi que l'accès à des outils analytiques modernes, constituent également des conditions indispensables à cette évolution. Il est aussi essentiel que les chercheurs présentent lors de leurs études des raisons claires et précises pour le choix des dispositifs expérimentaux, des techniques d'échantillonnage et des méthodes d'analyse de données pour une meilleure amélioration de la clarté, de la reproductibilité et de la fiabilité des recherches. Les formules et les raisonnements employés pour évaluer la taille de l'échantillon doivent être clairement précisés dans les productions scientifiques afin d'obtenir une meilleure précision sur la taille des échantillons, de diminuer les erreurs d'échantillonnage et d'augmenter la puissance statistique.

Enfin, dans un contexte marqué par des mutations rapides du secteur agricole et l'émergence de nouvelles technologies, l'intégration d'approches innovantes, telles que la modélisation et l'agriculture de précision, offre des perspectives prometteuses pour améliorer la prise de décision et renforcer la résilience des systèmes agricoles. Ainsi, une évolution des pratiques méthodologiques, combinée à une meilleure articulation entre recherche, formation et politiques publiques, apparaît essentielle pour produire des connaissances plus robustes et soutenir efficacement le développement agricole durable au Sénégal. La formalisation d'un cadre méthodologique structuré, décrivant les différentes étapes allant de la caractérisation du site à la sélection des modèles statistiques et outils de simulation, pourrait également constituer un support utile pour améliorer la rigueur des études futures.

Conflits d'intérêts:-

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs:-

NKGS, AN, et PN ont participé à l'exploitation des données et à la rédaction du manuscrit. NKGS a effectué le traitement et l'analyse statistique des données. KN a supervisé les travaux.

Références Bibliographiques:-

1. Ansarifar, J., Wang, L., & Archontoulis, S. V. (2021). An interaction regression model for crop yield prediction. *Scientific Reports*, 11, 17754. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97221-7>
2. ANSD. (2024). Rapport provisoire, Chapitre 10 : Agriculture. Juillet 2024.
3. Ardilly, P. (2013). Nature et déterminants de l'erreur d'échantillonnage dans les enquêtes par sondage. *Statistique et Société*, 1(2), 43–50.
4. Argaw, T., Fenta, B. A., Zegeye H., Azmach, G., & Funga, A. (2025) Multi-environment trials data analysis: linear mixed model-based approaches using spatial and factor analytic models. *Front. Res. Metr. Anal.* 10:1472282. <https://doi.org/10.2760/511453>
5. Aymeric, R., Kamel, L., & Sergio, G. Y. P. (2020). Subvention des intrants agricoles au Sénégal (No. JRC120454). Joint Research Centre, Seville. <https://doi.org/10.2760/511453>

6. Bacher, F. (1963). L'échantillonnage. BINOP : Bulletin de l'Institut national d'étude du travail et d'orientation professionnelle, 19, 37–49.
7. Banerjee, R., Das, P., Srivastava, V., Kataria, S., Ahmed, B., & Varshney, N. (2023). An overview of statistical techniques for analysis of data in agricultural research. *Emerging Issues in Agricultural Sciences*, 8, 190–206. <https://doi.org/10.9734/bpi/eias/v8/6853C>
8. Belmin R., (2020). Contribution aux politiques nationales pour une transition agroécologique au Sénégal. Ed. 2020, Dakar : DyTAES, 95 p.
9. Bourgoin, J., Diop, D., Dia, D., Sall, M., Zagré, R., Grislain, Q., & Anseeuw, W. (2020). Regard sur le modèle agricole sénégalais: pratiques foncières et particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles. *Cah. Agric.*, 29, 18. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020018>
10. Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B. Statistical Methodology*, 26(2), 211–243. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
11. Carvalho, A. M. X. D., Mendes, F. Q., Borges, P. H. D. C., & Kramer, M. (2022). A brief review of the classic methods of experimental statistics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 45, e56882. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56882>
12. Efron, B., & Hastie, T. (2021). *Computer age statistical inference, student edition: algorithms, evidence, and data science*. Cambridge University Press, 6.
13. Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1–26. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>
14. Emerson, R. W. (2022). ANOVA Assumptions. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 116, 585–586. <https://doi.org/10.1177/0145482X221124187>
15. Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. *International journal of endocrinology and metabolism*, 10(2), 486. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
16. Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 680 p.
17. Greenland, S., Rafi, Z., Matthews, R., & Higgs, M. (2019). To aid scientific inference, emphasize unconditional compatibility descriptions of statistics. *arXiv preprint arXiv:1909.08583*.
18. Johnson S. B., Berger R. D. (1982). On the status of statistics in phytophatology. *Phytophatology*, 72, 1014–1015.
19. Kramer M. H., Paparozzi E. T., Stroup W. W. (2016). Statistics in a Horticultural Journal: problems and solutions. *HortTechnology*, 26 (5): 558–564. <https://doi.org/10.21273/JASHS03747-16>
20. Lohr, S. L. (2021). *Sampling: Design and Analysis* (3rd ed.). Chapman and Hall/CRC.
21. Makowski, D., Piraux, F., & Brun, F. (2019). *From Experimental Network to Meta-analysis: Methods and Applications with R for Agronomic and Environmental Sciences*. Éditions Quæ, R10,78026 Versailles cedex, France, Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1696-1>
22. Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. 10th Edition John wiley& sons, 688 p.
23. Ndiaye, O. (2018). *Analyse des politiques agricoles et commerciales au Sénégal: sécurité et souveraineté alimentaire compromises*. Maîtrise en environnement, université de Sherbrooke, 97 p.
24. Otava, M., & Mylona, K. (2025). Split-plot experiments with replicated runs in pharmaceutical synthesis. *Quality and Reliability Engineering International*, 41(2), 641–651. <https://doi.org/10.1002/qre.3676>
25. Ramde, F., & Lo, S. B. (2015). *Le Role du Secteur Agricole dans L'Economie du Senegal*. Munich PersonalRePEc Archive, Paper No. 81906.
26. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104, 377–382. <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.048>
27. Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1981). *Principles and procedures of statistics, a biometrical approach* (No. Ed. 2, p. 633pp).
28. Torquebiau, E., (2015). *Changement climatique et agricultures du monde*. Collection Agricultures et défis du monde, Cirad-AFD. Editions Quae, 328 p.
29. Zagre, I., Akinseye, F. M., Worou, O. N., Kone, M., & Faye, A. (2024). Climate change adaptation strategies among smallholder farmers in Senegal's semi-arid zone: role of socio-economic factors and institutional supports. *Frontiers in Climate*, 6, 1332196. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1332196>