



**HAL**  
open science

## Comparaison de trois variétés d'arachide en zone sub-saharienne : rendement, état sanitaire et interactions symbiotiques avec les organismes du sol

Sophie Djiba, Cathy Clermont-Dauphin, Sergio Svistoonoff, Saliou Fall, Laurent Cournac, Karamoko Diarra

### ► To cite this version:

Sophie Djiba, Cathy Clermont-Dauphin, Sergio Svistoonoff, Saliou Fall, Laurent Cournac, et al.. Comparaison de trois variétés d'arachide en zone sub-saharienne : rendement, état sanitaire et interactions symbiotiques avec les organismes du sol. Innovations Agronomiques, 2025, 99, pp.177-191. 10.17180/ciag-2025-vol99-art15 . hal-04927234

HAL Id: hal-04927234

<https://hal.inrae.fr/hal-04927234v1>

Submitted on 3 Feb 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



## Comparaison de trois variétés d'arachide en zone sub-saharienne : rendement, état sanitaire et interactions symbiotiques avec les organismes du sol

Sophie DJIBA<sup>1,2</sup>, Cathy CLERMONT-DAUPHIN<sup>1,3\*</sup> ; Sergio SVISTOONOFF<sup>4</sup> ; Saliou FALL<sup>5</sup> ; Laurent CURNAC<sup>3</sup> ; Karamoko DIARRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LMI IESOL, Centre ISRA-IRD Bel Air, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> UCAD, FST, Dakar, Sénégal

<sup>3</sup> Eco&Sols, IRD, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

<sup>4</sup> PHIM Plant Health Institute, Univ Montpellier, IRD, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

<sup>5</sup> LNRPV, ISRA, Dakar, Sénégal

\*Correspondance : cathy.clermont@ird.fr

### Résumé

En vue d'accroître les rendements de l'arachide au Sénégal, la recherche a élaboré des propositions techniques. Cependant, une vision systémique est nécessaire pour évaluer leurs performances dans le contexte des parcelles d'agriculteurs. Nous avons comparé sur deux parcelles d'agriculteurs aux sols contrastés par leurs niveaux de fertilité, trois variétés d'arachide à cycle court : Fleur 11, 55-33 et 55-437, en interaction avec deux niveaux de fertilisation minérale et d'inoculation rhizobienne. Les essais ont été conduits en 2018, une année marquée par une longue pause pluviométrique pendant la phase végétative de la culture. Les variétés 55-33 et 55-437 ont atteint 50% de leur rendement potentiel, alors que Fleur 11 n'a atteint que 25% de son rendement potentiel. La variété Fleur 11 a été fortement affectée par les maladies fongiques causant des mortalités de plantules et des pourritures de gousses. Ces maladies ont été particulièrement importantes au niveau du champ le moins fertile. Les effets de l'apport d'engrais sur les rendements ont été les plus faibles sur le champ le moins fertile. Avec une moyenne de 114 nodules plant<sup>-1</sup>, les variétés ont montré une bonne capacité de nodulation, suggérant une fixation d'azote efficace. L'apport d'engrais a stimulé la nodulation, suggérant que la disponibilité en nutriments, notamment le phosphore, est un facteur limitant pour la fixation symbiotique d'azote dans ces agrosystèmes. La mycorhization des variétés a été intense, particulièrement sur le sol le moins fertile. L'inoculation de bactéries n'a eu d'effets sur les variables mesurées. Une régression pas à pas a mis en évidence que la variabilité du rendement de graines était en priorité liée aux teneurs en carbone du sol et aux dégâts des maladies telluriques, alors que le rendement de fanes était en priorité lié aux nombres de nodules plant<sup>-1</sup>. Alors qu'elles sont souvent ignorées dans les modèles de culture actuels, les maladies telluriques représentent un obstacle majeur à l'amélioration des rendements de l'arachide et de ses interactions symbiotiques avec les organismes du sol dans les agrosystèmes étudiés. En combinant résistance aux maladies, efficacité symbiotique et bonne réponse aux fertilisants, les variétés 55-33 et 55-437 constituent des outils précieux pour améliorer la productivité des cultures d'arachide en milieu marginal.

**Mots-clés :** Diagnostic agronomique, fertilisation, inoculation, mycorhization, nodulation, bio-agresseurs,, systèmes de culture

### Abstract: Comparison of three groundnut varieties in Sub-Saharan Africa: production, health status and symbiotic interactions with soil organisms

To increase groundnut yields in Senegal, research has developed technical proposals. However, a systemic vision is needed to evaluate their performance in the context of farmers' fields. We compared three short-cycle groundnut varieties: Fleur 11, 55-33 and 55-437, on two farmers' fields with contrasting soil fertility levels, interacting with two levels of mineral fertilization and rhizobial inoculation. Trials were conducted in 2018, a year marked by a long rainfall break in during the vegetative phase of the crop. Varieties 55-33 and 55-437 reached half of their potential yield, while Fleur 11 only reached a quarter.



Fleur 11 variety was severely affected by fungal diseases causing seedling mortality and pod rot. These diseases were particularly severe on the least fertile field. Effects of fertilizer application on yields were the lowest in the least fertile field. With an average of 114 nodules plant<sup>-1</sup>, the varieties showed a good nodulation capacity, suggesting effective nitrogen fixation. Fertilizer application stimulated nodulation, suggesting that nutrient availability, particularly phosphorus, is a limiting factor for symbiotic nitrogen fixation in these agroecosystems. Mycorrhization was intense, particularly on the least fertile soil. Bacterial inoculation had no effect on the measured variables. Stepwise regression showed that the variability in seed yield was primarily linked to soil carbon content and damage from soil-borne diseases, while fodder yield was primarily linked to the number of nodules per plant. While often ignored in current crop models, soil-borne diseases represent a major obstacle to improving groundnut yields and its symbiotic interactions with soil organisms in the studied agroecosystems. Combining disease resistance, symbiotic efficiency, and good fertilizer response, varieties 55-33 and 55-437 are valuable tools for improving the productivity of groundnut crops in marginal environments.

**Keywords:** agronomic diagnostic, fertilization, inoculation, mycorrhization, nodulation, pests, cropping systems

## 1. Introduction

Au Sénégal, différentes propositions techniques ont été formulées par la recherche dans la perspective d'améliorer les performances de rendement des cultures d'arachide (*Arachis hypogaea* L.). Elles concernent en particulier les variétés (Faye et al., 2022), la fertilisation minérale (Faye et al., 2016), l'apport d'inoculum de bactéries fixatrices d'azote et de champignons mycorrhiziens (Sene et al., 2023 ; Zaiya et al., 2018). Parmi les variétés proposées, on retrouve sur les parcelles d'agriculteurs, celles inscrites au catalogue de la CEDEAO-UEMOA-CILSS (2017) sous le nom de : 55-33, 55-437 et Fleur 11. Les deux premières ont été diffusées en 1955. Fleur 11 l'a été en 1995. Ces variétés à cycle court d'environ 90 jours et à port érigé sont encore utilisées par les agriculteurs malgré les nouvelles variétés proposées et jugées encore plus performantes par leurs obtenteurs (Faye et al., 2022). Des conseils de fertilisation minérale et de traitement phytosanitaire sont en général rapportés dans les fiches techniques de ces variétés. Ils comprennent l'utilisation d'un engrais N-P-K de formule 6-20-10 à la dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> qui devrait être apporté entre 10 et 15 jours après semis, un traitement fongicide et un traitement insecticide appliqués respectivement sur les graines au semis et les stocks de semences conservées. Les souches proposées pour l'inoculation de l'arachide dans la région ont été isolées à partir des racines et des nodules de plants prélevés dans une sélection de sols cultivés au Sénégal. Il a été proposé de les mélanger avec de la tourbe afin d'enrober les semences avec ce mélange avant semis, ou de les appliquer sous forme de liquide sur la graine au moment du semis (Zaiya et al., 2018).

Ces propositions ont du mal à s'intégrer dans la pratique des agriculteurs. Malgré l'intérêt historique de cette culture aux multiples rôles dans les exploitations familiales au Sénégal, les semences d'arachide utilisées par les agriculteurs ne présentent en général aucune garantie ni sanitaire ni de pureté variétale. Elles sont pour la plupart tirées des graines produites à la ferme et sont rarement traitées avec des pesticides au semis. De plus, peu d'engrais minéraux et d'amendements organiques sont apportés à la culture (Faye et al., 2019). L'arachide s'inscrit dans une rotation généralement biennale avec le mil (*Pennisetum glaucum* L) ou plus rarement triennale, en intégrant une jachère.

De nombreuses contraintes socio-économiques telles que les prix élevés et la disponibilité limitée des engrais et des semences certifiées, les difficultés d'accès aux inoculum et les faibles revenus de l'arachide contribuent à justifier la faible adoption de ces propositions techniques par les agriculteurs (Faye et al., 2019). De plus, ces options techniques ont souvent été évaluées en station expérimentale où plusieurs facteurs limitants ont été levés. Il est donc possible que la grande variabilité de leurs performances dans les conditions réelles de production, contribue aussi à justifier leur adoption limitée par les agriculteurs.



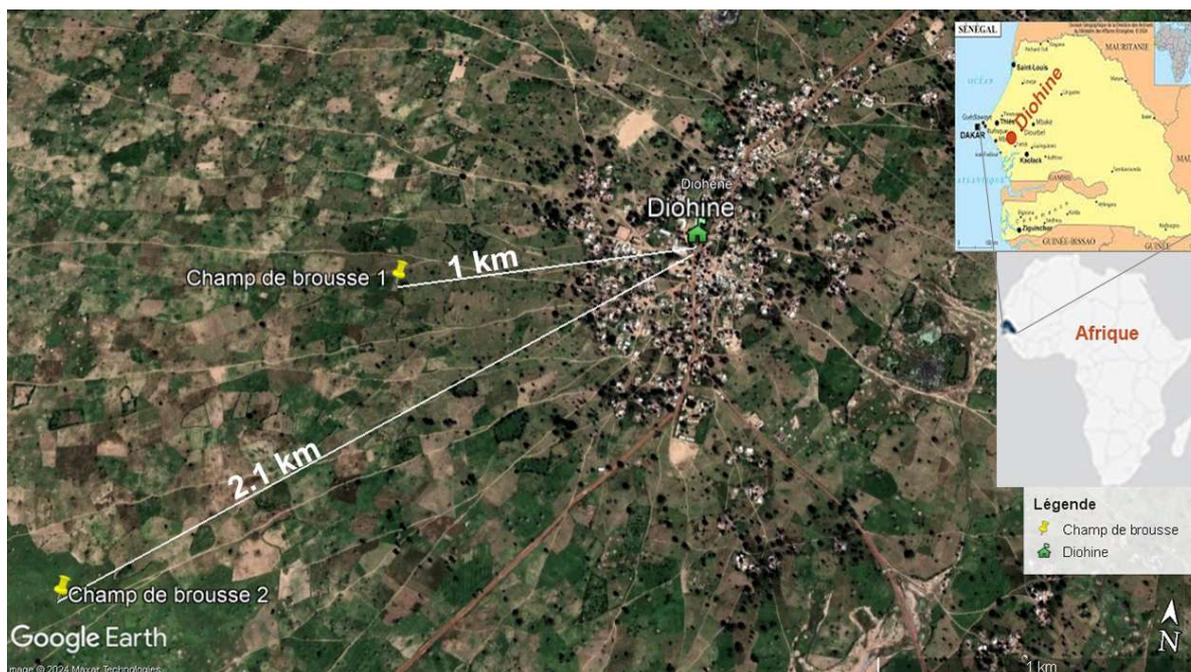
En vue d'évaluer les variétés utilisées par les agriculteurs et d'identifier les éventuels facteurs limitants pour leurs performances, une analyse systémique intégrant les interactions entre les variétés, les autres techniques, le fonctionnement des sols et de la culture est nécessaire. Cette analyse offre l'avantage de mettre à jour, à l'exemple des travaux de Tounkara et al. (2020), les clés d'extrapolation à l'échelle régionale, des résultats acquis sur un nombre réduit de parcelles. Dans le cas d'une légumineuse comme l'arachide, elle offre aussi la possibilité de comparer l'intensité des interactions symbiotiques de la culture avec les organismes du sol, en fonction des techniques. Ces interactions symbiotiques peuvent être avec des bactéries fixatrices d'azote qui fournissent un service de nutrition azotée à la culture (Zhang et al., 2023). Elles peuvent être avec les champignons mycorhiziens des racines qui fournissent des services d'amélioration des efficacités d'utilisation du phosphore et de l'eau du sol (Ndeko et al., 2023 ; Pawar et al., 2018). Elles peuvent être avec d'autres organismes du sol qui permettent de limiter les maladies telluriques de la culture (Woo et al., 2022). Dans le cadre des agricultures à faible niveau d'intrants, ces interactions symbiotiques peuvent avoir un rôle déterminant non seulement pour la production, mais aussi la résilience du système de culture au changement climatique (Liu et al., 2023).

Les objectifs retenus pour cette étude étaient : 1) de comparer les performances de rendement des variétés d'arachide selon le niveau de fertilité du sol, la fertilisation minérale et l'inoculation de bactéries symbiotiques. 2) d'évaluer leurs interactions symbiotiques avec les organismes du sol en fonction de ces techniques culturales 3) d'identifier les indicateurs de fonctionnement du milieu et de la culture qui ont été déterminants pour le rendement de l'arachide.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Site d'étude

Cette étude a été réalisée à Diohine (14°30'4 "N et 16°30'10" W), village de l'observatoire Population Santé Environnement (OPSE) de Niakhar, piloté par l'IRD, situé dans la région administrative de Fatick au centre ouest du bassin arachidier du Sénégal (Delaunay et al. 2018) (Figure 1). Ce village fait partie de la zone soudano-sahélienne. Sa pluviométrie moyenne annuelle est de 590 mm au cours des 5 dernières années. L'essentiel de cette pluviométrie est concentré sur la période de juillet à octobre qui constitue la seule saison de culture de l'arachide et du mil. Les sols de type arénosols ont une texture sableuse et sont souvent pauvres en nutriments. Les habitations sont regroupées et les parcelles cultivées sont distribuées autour de cet ensemble (Figure 1). La fertilité des sols cultivés diminue progressivement à mesure que l'on s'éloigne des habitations, en raison de la réduction des apports de matière organique quand on s'éloigne des habitations. Les parcelles proches des villages dénommées « champ de case » sont cultivées chaque année en mil et bénéficient d'apports réguliers de matière organique provenant des déchets ménagers et du parcage des animaux transhumants qui reviennent au village pendant la saison sèche. Les parcelles éloignées dénommées « champ de brousse » sont souvent cultivées en rotation mil/arachide ou mil/arachide/jachère. Ces parcelles reçoivent moins d'apports de matière organique et sont donc moins fertiles. La rotation triennale incluant une jachère est spécifique des parcelles les plus éloignées. Les agriculteurs disposant de telles parcelles s'accordent pour les mettre en jachère en même temps. Un des rôles de cette jachère est de rendre possible le maintien d'un minimum de bétail au niveau du village pendant la saison des pluies. La pression de pâturage de ces jachères est très faible. Ce sont sur ces parcelles les plus éloignées que les niveaux de fertilité des sols sont en général les plus faibles (Tounkara et al. 2020).



**Figure 1** : Situation géographique de la zone d'étude et des champs d'essais

## 2.2. Dispositif des essais arachide

Deux essais « arachide » ont été menés en 2018 sur deux parcelles d'agriculteurs présentant des niveaux de fertilité contrastés. La première parcelle (CB1), est un champ de brousse bénéficiant d'apports modérés de fumier. Elle est située à environ 1 km de distance du village, et porte régulièrement une rotation mil/arachide. La seconde parcelle (CB2), aussi un champ de brousse, reçoit en général de très faibles apports de fumier. Cette parcelle située à 2,3 km du village, est parmi les plus éloignées du village. Elle porte régulièrement une rotation triennale (mil/arachide/jachère) (Figure 1). Chaque essai (CB1 et CB2) comprenait 4 blocs ou répétitions comprenant les combinaisons factorielles suivantes (Photo 1a b) :

- Un facteur variété (Var) avec trois modalités : Fleur 11, 55-33 et 55-437
- Un facteur fertilisation (F) avec deux modalités : Sans et avec une fertilisation minérale apportant 150 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais NPK de formule 6-20-10
- Un facteur inoculum avec deux modalités : Sans et avec apport d'un mélange de souches de bactéries locales fixatrices d'azote: ISRA400, ISRA422, ORS3257 et ORS3409) décrites par Zaiya et al. (2018).

Toutes les combinaisons de ces trois facteurs n'ont pas été expérimentées. Ainsi, l'effet de l'inoculation rhizobienne a été étudiée uniquement sur la variété 55-437 et la variété Fleur 11, et non sur la variété 55-33 et les traitements fertilisés, ce qui réduit à 8 le nombre de traitements au lieu de 12, si toutes les combinaisons avaient été retenues. Des semences certifiées de chaque variété ont été fournies par le Centre de Recherches Agricoles (CRA) de Saint-Louis pour les variétés 55-33 et 55-437 et le Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS) de Thiès pour la variété Fleur 11. Un test de germination effectué par nos soins avant semis a mis en évidence des taux de germination de 95% ± 4.5 pour chaque variété. Les semis d'arachide ont été effectués dès la première pluie utile survenue le 30 juin 2018. Les densités de semis étaient de 130 000 plants ha<sup>-1</sup> avec un espacement de 15 cm entre les plants et 50 cm entre les lignes pour toutes les variétés. Les surfaces de 20 m<sup>2</sup> de chaque parcelle élémentaire comprenaient donc 10 lignes de semis de 5 m de long dans chacune (Photo1 b). La formule et la dose d'engrais minéral ont été choisies sur la base des

recommandations de l'ISRA pour cette zone du bassin arachidier (Faye et al., 2019). L'engrais a été appliqué à 30 jours après semis sur les lignes d'arachide (Photo 1 a). L'inoculation a été réalisée au moment du semis de l'arachide avec un inoculant liquide préparé selon la méthode de Zaiya et al. (2018) et appliquée sur le sillon de semis. Aucun apport de pesticide n'a été effectué sur les semences. Les désherbages ont été réalisés manuellement à 30 et 45 jours après semis et la récolte a été effectuée à 120 jours après semis.



**Photo 1 a b c** : Quelques photos des essais. a : épandage engrais minéral ; b : dispositif expérimental ; c : nodules des racines de l'arachide (crédit photo de Sophie Djiba)

### 2.3. Variables collectées

Le tableau 1 présente la liste des variables collectées et les méthodes de mesure développées. Celles-ci ont été classées dans ce tableau en 1) variables de caractérisation du milieu physico-chimique : pluviométrie, densité apparente des sols, analyses chimiques des sols au semis de l'arachide et état hydrique des sols à différentes périodes du cycle de la culture, 2) variables de caractérisation du fonctionnement de la culture : biomasse à la floraison, rendement et ses composantes (tableau 1), état sanitaire et quantités de N et P absorbées à la récolte, 3) variables de caractérisation des interactions symbiotiques de la culture avec les organismes du sol : fréquence et intensités de mycorhization des racines et nombres et poids de nodules de l'arachide.

### 2.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec STATISTICA 8.0. StatSoft, Inc. 2007. Des analyses de variance multifactorielles ont permis de mettre à jour les effets des facteurs étudiés et leurs interactions sur les variables mesurées. Quand les effets des traitements étaient significatifs, les comparaisons des moyennes associées ont été effectuées au seuil de probabilité de 5 % à l'aide du test de Newman-Keuls. Des régressions linéaires du rendement en graines et en fanes respectivement ont été réalisées en considérant comme variables explicatives potentielles, l'ensemble des variables mesurées les moins corrélées du jeu de données. Cela nous a conduits à ne retenir parmi les variables de caractérisation chimique du sol, que le carbone et le pH. Parmi les variables de caractérisation des maladies fongiques nous n'avons retenu que le taux de mortalité de plantules et de gousses attaquées par les champignons. Nous avons considéré les densités apparentes comme indicateurs des différences de dynamiques d'état hydrique des sols observés au cours du cycle, les densités apparentes faibles ayant été moins favorables à l'infiltration de l'eau de pluie que les densités apparentes élevées. Nous avons retenu les intensités de mycorhization plutôt que les fréquences car elles ont été les plus sensibles aux traitements. De même nous avons retenu le nombre de nodules plutôt que le poids qui lui était très corrélé.

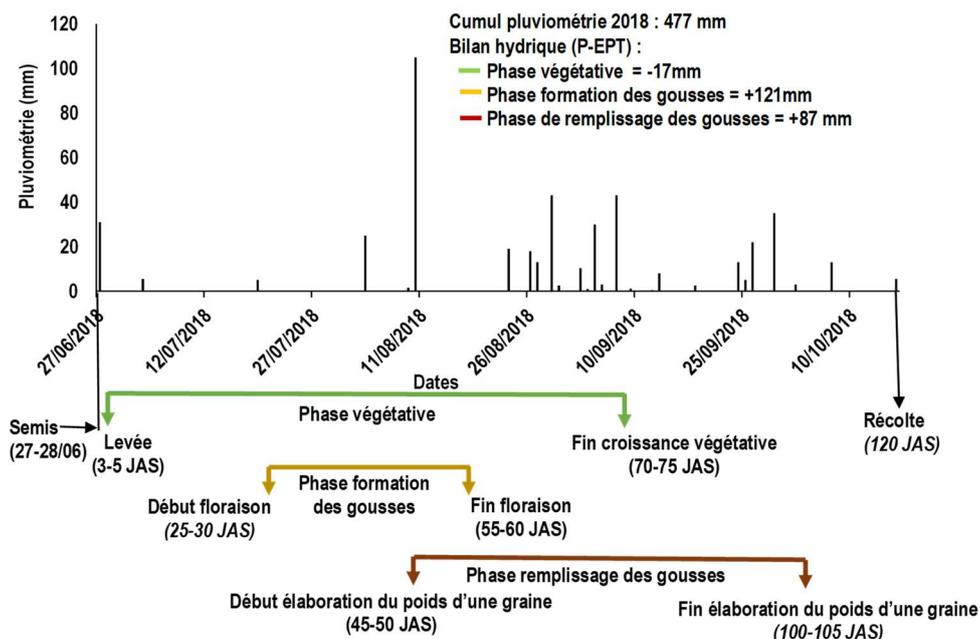

**Tableau 1 : Méthodologie de collecte des variables sur les essais arachide. N= nombre d'observations**

Variables	Méthodes de mesure	N
<b>Sol et climat</b>	Caractérisation chimique : analyse au laboratoire des échantillons composites de sols prélevés à l'horizon 0-10 cm avant semis de l'arachide (C, N, P Olsen, K, Mg, CEC et pH). Analyses effectuées au LAMA ( <a href="https://imago.ird.fr/moyens-analytiques/dakar">https://imago.ird.fr/moyens-analytiques/dakar</a> ).	64
	Densité apparente ( $\text{g cm}^{-3}$ ) : Prélèvement d'échantillons de sol aux horizons 0-10 ; 10-20 et 20-30 cm de profondeur et pesée après séchage pendant 72 h à 105°C. Cette mesure a été répétée sur 3 points par traitement. Densité apparente = poids sec sol / volume du cylindre de prélèvement.	64
	La pluviométrie a été enregistrée au cours de la saison et les bilans hydriques ont été calculés pour chaque période du cycle de développement de l'arachide par la différence entre la pluviométrie et le potentiel d'évapotranspiration (P-EPT). Evapotranspiration a été calculée en utilisant les données météorologiques à l'aide de l'équation de Penman-Monteith	2
	Mesure de l'humidité relative du sol avec une fréquence de 15 jours au cours du cycle. Mesure effectuée à l'aide de la sonde Diviner 2000 sur 24 tubes de 160 cm installés sur tous les traitements des 3 blocs de chaque essai.	48
<b>Interactions biologiques sol/plantes</b>	Nombre et biomasse nodules $\text{plant}^{-1}$ (après séchage à 65° pendant 48 h) mesurés sur 5 plants successifs par traitement prélevés à 50 cm de profondeur à 60 jours après semis.	64
	Fréquence et Intensité de mycorhization : Prélèvement de racines fines sur 3 plants/traitement à 60 jours après semis de l'arachide. Rinçage et coloration des racines et observation au microscope ( $\times 250$ ) des fragments racinaires colorés puis calcul des variables (méthode de Trouvelot et al. (1986)).	64
<b>Plantes et maladies</b>	Densité de plants (nombre de plants $\text{traitement}^{-1}$ ) et taux de fonte de semis (% de graines non germées) estimés à 10 jours après levée.	64
	Biomasse des fanes à 60 jours après semis estimée sur 5 plants par traitement après séchage à 65°C pendant 48 h	
	Nombre de gousses $\text{plant}^{-1}$ estimé après collecte de toutes les gousses sur les 5 plants précédemment utilisés pour l'estimation de la biomasse des fanes à la floraison.	
	Collecte de gousses et fanes sur 20 plants par traitement à la fin du cycle et pesée après séchage à 65°C pendant 48 h. Mesure des composantes du rendement : nombre de graines $\text{m}^2$ , nombre de gousses $\text{m}^2$ et poids de 100 graines.	
	Tri de gousses immatures, gousses attaquées par champignons, par iules et par termites. Estimation du taux de chaque catégorie de gousses par rapport au nombre total de gousses.	

### 3. Résultats

#### 3.1. Une pluviométrie et des sols particulièrement défavorables pour la production

En 2018, la pluviométrie s'est étendue entre juin et octobre avec un cumul de 477 mm irrégulièrement réparti entre les phases végétatives et reproductives de la culture d'arachide. Le bilan hydrique (P-EPT) était négatif (-17 mm) pendant la phase végétative et positif pendant les phases de formation (+121 mm) et de remplissage des gousses (+87 mm) (Figure 2). Ces conditions de l'étude présentaient l'avantage de permettre une évaluation des techniques dans un scénario climatique typique des années les plus sèches, puisque l'année 2018 se situait dans le premier quartile (476 mm) de la série enregistrée entre 2000 et 2020 au niveau de la station de Bambey (14°42'N, 16°28'W). Les paramètres chimiques des sols au semis de l'arachide ont confirmé que le sol de l'essai situé dans la zone la moins éloignée des habitations (CB1) était globalement plus fertile que celui situé en zone très éloignée (CB2) (Tableau 2). La densité apparente du sol jusqu'à la profondeur de 30 cm était significativement plus élevée en CB2 qu'en CB1 (Tableau 2). Les profils d'humidité du sol ont montré une accumulation d'eau dans les deux situations entre les 44<sup>ième</sup> et 63<sup>ième</sup> jours après semis et une régression à partir de cette période. Cette accumulation était plus faible en CB2 (non montré).



**Figure 2** : Répartition de la pluviométrie au cours des différentes phases du cycle de l'arachide en 2018. JAS : nombre de jours après semis

**Tableau 2** : Caractéristiques physico-chimiques du sol au semis de l'arachide en 2018. CB1 : champ de brousse 1 ; CB2 champ de brousse 2. Les caractéristiques chimiques des sols ont été analysées sur l'horizon 0-10 cm

Moyennes	pH eau	C%	N (%)	P Olsen (mg kg <sup>-1</sup> )	K (cmol 100g <sup>-1</sup> )	Mg (cmol 100g <sup>-1</sup> )	CEC (cmol 100g <sup>-1</sup> )	Densité apparente à 0-30 cm (g cm <sup>-3</sup> )
<b>CB1</b>	6.64 ± 0.03 a	0.51 ± 0.01 a	0.04 ± 0.00 a	2.39 ± 0.15 a	0.24 ± 0.01 a	0.41 ± 0.01 a	1.34 ± 0.02 a	1.57 ± 0.00 b
<b>CB2</b>	6.52 ± 0.03 b	0.34 ± 0.01 b	0.03 ± 0.00 b	1.51 ± 0.09 b	0.21 ± 0.01 b	0.34 ± 0.01 b	0.90 ± 0.01 b	1.64 ± 0.00 a
<b>Nombre observations</b>	64	64	64	64	64	64	64	576
<b>Signification (P)</b>	0.01	<0.00	<0.00	0.00	0.01	0.00	<0.00	<0.00

### 3.2. Des rendements variables selon les variétés et leurs sensibilités aux maladies telluriques

Les rendements des variétés d'arachide ont varié de 0.7 à 1 t ha<sup>-1</sup> pour les graines et de 1.6 à 1.8 t ha<sup>-1</sup> pour les fanes. La variété Fleur 11 a eu les plus faibles rendements en graines et en fanes quelle que soit le type de champ et la fertilisation. Ces rendements ont été significativement plus élevés en CB1 qu'en CB2. L'apport d'engrais minéral a eu un effet positif sur les rendements en graines et en fanes, mais il n'a été significatif que pour les variétés 55-33 et 55-437 (Tableau 3) en raison de la mortalité de plantules dans les premiers jours qui suivent la levée. Les densités de plants au 15<sup>ième</sup> jour après semis étaient plus faibles pour la variété Fleur 11 que pour les variétés 55-33 et 55-437 : seulement 52% des graines semées étaient devenues adultes pour Fleur 11 alors que ce taux a dépassé 90% pour les variétés 55-33 et 55-437. Le taux de mortalité de plantules de la variété Fleur 11 a été particulièrement élevé en CB2 (Tableau 3). Le taux de gousses immatures a aussi été deux fois plus élevé au niveau du sol moins fertile de CB2. Les taux de gousses attaquées par les champignons, iules (Myriapoda) et termites y ont été aussi significativement plus élevés. La variété Fleur 11 a été plus sensible que les



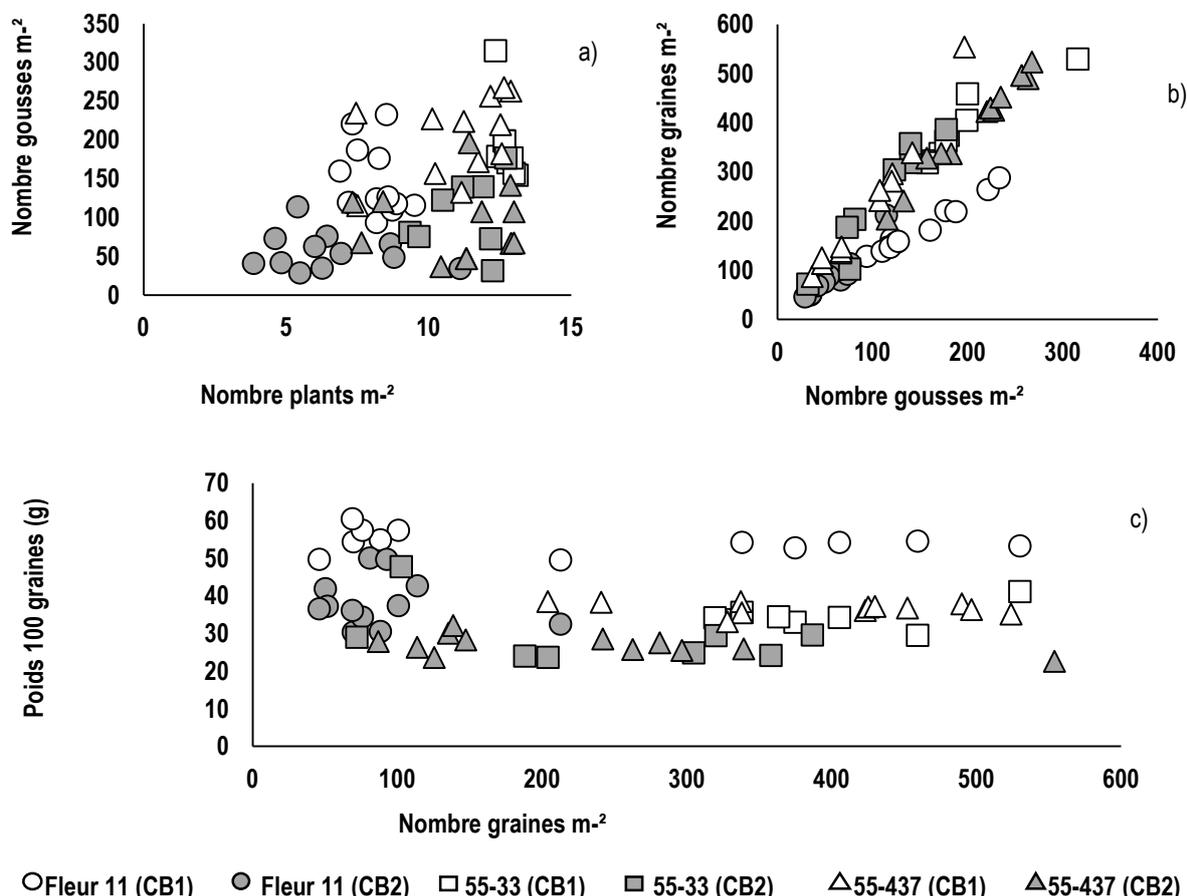
autres à ces attaques. Parmi les champignons, *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus* et *Rhizoctonia solani* ont été identifiés sur les gousses d'arachides infestées. Les plus forts taux de gousses immatures et de gousses malades ont été associés aux plus forts taux de mortalité de plantules (non montré). Les relations entre composantes successives du rendement ont montré le rôle prépondérant du nombre de plants  $m^{-2}$  pour l'élaboration du nombre de gousses  $m^{-2}$  et du rendement en graines de la culture (Figure 3 a, b). Le niveau de la composante du rendement « poids de 100 graines » a été plus faible en CB2 où le stress hydrique post floraison était plus important qu'en CB1 (Figure 3 c). Une régression linéaire pas à pas a sélectionné parmi les variables mesurées, le taux de mortalité de plantules, le taux de gousses attaquées par les champignons et la teneur en carbone du sol, comme des prédicteurs significatifs du rendement de graines de l'arachide dans les conditions de cette étude. Dans le cas du rendement de fanes, c'est le nombre de nodules par plant qui ressort comme principal prédicteur (Tableau 4).

**Tableau 3 :** Rendement, densité de plants (indicateur du % de plantules mortes), taux de gousses immatures et de gousses malades dans les différents traitements. Rdts : rendements ; CB1 et 2 : champ de brousse 1 et 2 ; F0 : sans engrais ; F1 : engrais ; NS : non significatif ( $p>0.05$ ). Les interactions non significatives ne sont pas détaillées.

	Interactions	Rdts de graines (t ha <sup>-1</sup> )	Rdts de fanes (t ha <sup>-1</sup> )	Densité de plants (ind m <sup>-2</sup> )	Taux de gousses immatures (%)	Taux de gousses attaquées par champignons, iules et termites (%)
<b>Effet type de champ (CB)</b>	CB1	1.30 ± 0.1 a	2.18 ± 0.1 a	11 ± 0.4	13.5 ± 0.7 b	9.9 ± 0.9 b
	CB2	0.51 ± 0.0 b	1.31 ± 0.1 b	9 ± 0.6	26.7 ± 1.7 a	18.7 ± 1.5 a
	Signification (p)	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Effet variété (Var)</b>	Fleur 11	0.66 ± 0.1 b	1.65 ± 0.1 b	6 ± 0.4 b	22.02 ± 2.89	17.4 ± 2.2 a
	55-33	1.01 ± 0.1 a	1.73 ± 0.1 a	12 ± 0.3 a	18.8 ± 2.0	12.1 ± 1.3 b
	55-437	1.04 ± 0.1 a	1.86 ± 0.2 a	12 ± 0.3 a	19.4 ± 2.0	13.4 ± 2.0 b
	Signification (p)	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	NS	<b>0.03</b>
<b>Effet fertilisation (F)</b>	F0	0.78 ± 0.1	1.46 ± 0.1	-	19.2 ± 1.8	13.1 ± 1.2
	F1	1.02 ± 0.1	2.03 ± 0.1	-	21.0 ± 2.0	15.4 ± 1.8
	Signification (p)	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	-	NS	NS
<b>Interaction CB x Var</b>	CB1 x Fleur 11		1.93 ± 0.2 b	8 ± 0.2 b		
	CB1 x 55-33		2.09 ± 0.2 a	12 ± 0.1 a		
	CB1 x 55-437		2.53 ± 0.3 a	12 ± 0.3 a		
	CB2 x Fleur 11		1.37 ± 0.1 c	5 ± 0.3 c		
	CB2 x 55-33		1.37 ± 0.1 c	11 ± 0.4 b		
	CB2 x 55-437		1.19 ± 0.2 c	11 ± 0.6 b		
	Signification (p)	NS	<b>0.05</b>	<b>0.04</b>	NS	NS
<b>Interaction F x Var</b>	F0 x Fleur 11	0.66 ± 0.1	1.47 ± 0.1 b	-	18.25 ± 3.0 b	13.82 ± 2.4
	F0 x 55-33	0.84 ± 0.1	1.47 ± 0.1 b	-	18.12 ± 3.0 b	11.41 ± 1.7
	F0 x 55-437	0.85 ± 0.2	1.45 ± 0.3 b	-	21.19 ± 3.6 ab	14.20 ± 2.1
	F1 x Fleur 11	0.65 ± 0.2	1.83 ± 0.2 b	-	25.80 ± 4.7 a	20.97 ± 3.4
	F1 x 55-33	1.18 ± 0.2	2.00 ± 0.2 a	-	19.58 ± 2.9 ab	12.79 ± 2.2
	F1 x 55-437	1.23 ± 0.2	2.27 ± 0.3 a	-	17.69 ± 1.7 ab	12.52 ± 3.3
	Signification (p)	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	-	<b>0.05</b>	0.08
<b>Interaction CB x F</b>	Signification (p)	NS	<b>NS</b>	-	NS	0.07

**Tableau 4:** Régression linéaire pas à pas des rendements de graines et de fanes en fonction des variables indiquées dans la première colonne. B= Coefficient non standardisé  $\pm$  erreur type; Beta = coefficients de régression centrés-réduits ;  $P < 0,05$  indique que le prédicteur est un ajout significatif au modèle.

	Rdts de graines (t ha <sup>-1</sup> )		Rdts de fanes (t ha <sup>-1</sup> )			
	Coefficient (B)	P	Coefficient Beta ( $\beta$ )	Coefficient (B)	P	Coefficient Beta ( $\beta$ )
Intercept	0.15 $\pm$ 0.26	0.58		0.89 $\pm$ 0.16	0.00	
1- Nombre de plantules mortes (%)	-0.01 $\pm$ 0.00	0.00	-0.29 $\pm$ 0.1			
2- Gousses attaquées par champignons (%)	-0.02 $\pm$ 0.01	0.04	-0.21 $\pm$ 0.1			
3- pH eau						
4- C %	2.54 $\pm$ 0.51	0.00	0.51 $\pm$ 0.1			
5- Densité apparente sur 0-30 cm (g cm <sup>-3</sup> )						
6- Nbre de nodules plant <sup>-1</sup>				0.01 $\pm$ 0.00	0.00	0.61 $\pm$ 0.10
7- Intensité de mycorhization (%)						
R <sup>2</sup>	0.57		0.38			



**Figure 3 :** Relations entre les composantes successives du rendement en graines de l'arachide. CB1 : champ de brousse 1 ; CB2 : champ de brousse 2

### 3.3. Des niveaux d'interactions symbioques avec les organismes du sol variables en fonction des variétés et de la fertilisation

Le nombre de nodules présents sur les racines d'arachide à 60 jours après semis (pleine floraison) a



atteint en moyenne 114 nodules plant<sup>-1</sup>. Il n'y a pas eu d'effet significatif de la variété sur le nombre et le poids sec des nodules plant<sup>-1</sup> quel que soit le type de champ. L'apport d'engrais minéral a fait augmenter la nodulation de toutes les variétés à l'exception de Fleur 11. Il n'y a pas eu d'effet significatif de l'inoculation rhizobienne sur la nodulation (Tableau 5). Le nombre de nodules a été corrélé positivement à la biomasse de fanes ( $r^2= 0.40$  ;  $p < 0.000$ ) et au nombre de gousses par plant ( $r^2= 0.42$  ;  $p < 0.0000$ ) à la floraison. La variété Fleur 11 a eu une intensité de mycorhization plus faible que les variétés 55-33 et 55-437 mais la différence variétale n'était significative qu'en CB1. L'apport d'engrais minéral a fait diminuer la fréquence et l'intensité de mycorhization des racines de l'arachide en CB1 (Tableau 5).

### 3.4. Des effets non significatifs de l'inoculation rhizobienne

L'inoculation rhizobienne n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements quelle que soit la variété d'arachide. Elle n'a pas eu d'effet significatif sur le taux de mortalité de plantules, ni sur les taux de gousses immatures et de gousses attaqués par les bio-agresseurs, ni sur la nodulation et la mycorhization de l'arachide (non montré).

**Tableau 5** : Nombre et le poids des nodules, fréquence et intensité de mycorhization des racines de l'arachide à 60 jours après semis en fonction des traitements. CB1 : champ de brousse 1 ; CB2 : champ de brousse 2 ; NS : non significatif ( $p > 0.05$ ). Les interactions non significatives ne sont pas détaillées.

	Signification (P)	Nombre nodules plant <sup>-1</sup>	Poids sec nodules plant <sup>-1</sup> (g)	Fréquence mycorhization (%)	Intensité mycorhization (%)
Effet type de champ (CB)	CB1	177.24 ± 11.8 a	0.35 ± 0.0 a	83.10 ± 2.2 b	35.75 ± 3.4 b
	CB2	85.87 ± 4.1 b	0.16 ± 0.0 b	94.65 ± 1.8 a	44.53 ± 2.3 a
	Signification (p)	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>
Effet variété (Var)	Fleur 11	104.18 ± 11.3	0.22 ± 0.0	87.77 ± 2.6	29.02 ± 3.1 b
	55-33	122.17 ± 8.9	0.23 ± 0.0	87.58 ± 3.0	43.43 ± 3.9 a
	55-437	118.59 ± 9.4	0.22 ± 0.0	90.63 ± 2.2	48.99 ± 3.4 a
	Signification (p)	NS	NS	NS	<b>0.00</b>
Effet fertilisation (F)	F0	96.94 ± 7.2 b	0.19 ± 0.0 b	90.04 ± 2.3	43.13 ± 3.1
	F1	131.24 ± 8.3 a	0.25 ± 0.0 a	87.51 ± 2.0	37.40 ± 2.9
	Signification (p)	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	NS	NS
Interaction CB x Var	CB1 x Fleur 11			76.08 ± 3.8 b	17.94 ± 4.5 b
	CB1 x 55-33			83.76 ± 3.9 b	40.80 ± 6.6 a
	CB1 x 55-437			89.86 ± 2.9 ab	50.02 ± 4.6 a
	CB2 x Fleur 11			100.00 a	40.61 ± 2.7 a
	CB2 x 55-33			91.39 ± 4.4 a	46.06 ± 4.4 a
	CB2 x 55-437			91.56 ± 3.4 a	47.70 ± 5.2 a
	Signification (p)	NS	NS	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>
Interaction F x Var	Signification (p)	NS	NS	NS	NS
Interaction CB x F	CB1 x F0			88.48 ± 2.9 a	45.29 ± 4.2 a
	CB2 x F0			92.0 ± 3.7 a	40.36 ± 4.4 a
	CB1 x F1			78.4 ± 2.9 b	26.80 ± 4.9 b
	CB2 x F1			96.4 ± 1.6 a	47.39 ± 2.5 a
	Signification (p)	NS	NS	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>



#### 4. Discussion :

Quelle que soit le niveau de fertilité du champ (CB1, CB2), le classement des variétés est le même que ce soit vis-à-vis du rendement en graines et en fanes : Fleur11<55-33 et 55-437. Les rendements en graines des variétés d'arachide 55-33 et 55-437 sont à 50% de leur potentiel, alors que ceux de Fleur 11 sont à environ 25% de ce potentiel. Cette différence s'explique en grande partie par la plus forte sensibilité de Fleur 11 aux maladies fongiques, notamment les fontes de semis et les pourritures de gousses. Ces résultats sont en accord avec Clavel et al. (1997) qui signalent la forte sensibilité de Fleur 11 à *Aspergillus niger*, ainsi qu'avec Subrahmanyam et al. (1992) qui rapportent l'impact significatif de ces maladies fongiques sur les rendements d'arachide dans les zones sahéliennes, en particulier en cas de stress hydrique sont important.

Dans le sol le plus riche en carbone et en nutriments et où les capacités d'infiltration de l'eau de pluie (telles qu'indiquées par les densités apparentes du sol), étaient plus favorables (CB1), les dégâts de ces maladies étaient plus faibles. Cela suggère que la teneur en matière organique, et plus globalement la fertilité chimique et physique du sol sont efficaces pour contrôler les infestations de ces maladies. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Kankam et al. (2022) qui rapportent qu'en plus d'augmenter la nutrition des cultures et leur résistance aux maladies, la matière organique peut stimuler l'activité biologique des sols et contribuer ainsi au contrôle naturel de bio-agresseurs. Ces résultats sont cohérents aussi avec les travaux de Subrahmanyam et al. (1992) qui indiquent que le déficit hydrique est un facteur favorable au développement de ces maladies. La fertilisation chimique n'a pas permis de réduire les symptômes des maladies, mais elle a contribué à améliorer la nutrition minérale et à augmenter le rendement des variétés les moins affectées par ces maladies. Ce résultat est en accord avec les conclusions de la régression pas à pas qui indiquent que la fertilité des sols et les maladies sont deux facteurs limitants majeurs pour le rendement de l'arachide.

Les références disponibles suggèrent qu'en plus des amendements organiques, d'autres options techniques pourraient contribuer au contrôle de ces maladies. Parmi celles-ci, la réduction des sources d'infestations primaires que représentent l'utilisation de semences déjà infestées par les spores des champignons en question, ne doit pas être négligée (Subrahmanyam et al., 1992). Ce risque avait été réduit sur nos essais par l'utilisation de semences saines, mais il peut être important sur la majorité des parcelles d'agriculteurs de la région, car leurs semences sont en général issues des récoltes précédentes, et sont non traitées avant les semis. Si le traitement des semences par un fongicide, une option déjà proposée par la recherche, pourrait être une alternative intéressante pour réduire le risque de maladies dans ces conditions, il conviendrait de l'évaluer aussi par rapport à ses potentiels effets dépressifs sur les services écologiques en lien avec la fixation symbiotique d'azote et la mycorhization de l'arachide (Rathjen et al., 2020, Dos Santos et al., 2021). Une autre option pour réduire le risque de maladies dans ces agrosystèmes pourrait être l'allongement des rotations et leur diversification, afin de réduire le stock d'inoculum du sol avant le semis de l'arachide (Subrahmanyam et al., 1992). Enfin nos résultats confirment qu'un choix approprié des variétés est aussi une option efficace pour contrôler les attaques de ces bio-agresseurs de l'arachide.

Les trois variétés étudiées ont montré une bonne capacité de nodulation, suggérant une fixation d'azote efficace. Nos valeurs de nodulation sont proches de celles observées par Bekele et al. (2023) en Ethiopie, Didagbé et al. (2014) au Bénin et par Amba et al. (2013) au Nigéria sur l'arachide sans apport de fertilisants. L'apport d'engrais a stimulé la nodulation, indiquant que la disponibilité en nutriments, notamment en phosphore, constitue un facteur limitant pour la fixation symbiotique d'azote dans les sols étudiés, ce qui rejoint les conclusions de Bado et al. (2006) sur ces agrosystèmes.

Nos valeurs de mycorhization sont dans la même gamme que celles rapportées par Bouhraoua et al. (2015) et Elsayed et al. (2000) sur l'arachide, et elles sont largement supérieures à celles de Pérez et al. (2017) sur l'arachide cultivée dans des sols plus riches en phosphore que les nôtres. L'augmentation de la mycorhization sur le sol le moins fertile de notre dispositif (CB2) rejoint les résultats de Ndeko et al.



(2023), qui montrent en station expérimentale, une réduction de la mycorhization quand la fertilisation phosphatée augmente. L'intensité de mycorhization a doublé sur le sol le plus dégradé, mais elle n'a pas permis d'atteindre les rendements d'arachide sur le sol le plus fertile (CB1).

L'apport d'engrais a significativement amélioré les rendements, en particulier dans le sol plus fertile (CB1). Cependant, probablement en raison des maladies, Fleur 11 a le moins répondu à la fertilisation que ce soit en termes de rendement et de nodulation, et son taux de mycorhization a été de 30% plus faible que celui des autres variétés. Nos résultats sur les effets de l'inoculation suggèrent que l'apport d'inoculum n'est pas nécessaire. Cette interprétation est en concordance avec le fait que les souches locales ont été assez efficaces pour permettre l'atteinte d'un nombre moyen de nodules important et bien corrélé avec la biomasse végétative de la culture. Les effets de l'inoculation bactérienne de l'arachide et sa variabilité dans les agrosystèmes subsahariens mériteraient d'être étudiées plus en détail avant toute vulgarisation de cette option technique dans la région.

## 5. Conclusion

Alors qu'elles sont souvent négligées dans les modèles de culture actuels, nos résultats suggèrent que les maladies fongiques représentent un obstacle majeur à l'amélioration des rendements de l'arachide et de ses interactions symbiotiques avec les organismes du sol dans les agrosystèmes étudiés. Une stratégie combinant la sélection de variétés résistantes et à haut potentiel symbiotique, l'apport d'amendements organiques et minéraux, l'utilisation de semences saines et la mise en place de rotations culturales diversifiées permettrait d'optimiser la santé des cultures et d'améliorer durablement les rendements. Dans cette perspective, les variétés 55-33 et 55-437 sont d'excellents candidats.

### Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

### Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

### Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

### ORCID des auteurs

C.C.D : <https://orcid.org/0000-0001-6500-9194>

S.D : <https://orcid.org/0009-0007-2557-0906>

L.C : <https://orcid.org/0000-0003-0371-938X>

S.S : <https://orcid.org/0000-0001-8554-2922>

K.D <https://orcid.org/0000-0001-6876-8241>



### Contributions des auteurs

Conceptualisation : S.D., C.C.D., L.C et K.D.

Méthodologie : S.D; C.C.D., L.C et K. D.

Investigation : S.D.

Analyse des données : S.D. et C.C.D.

Rédaction du draft original : S.D. CCD.

Révision du premier Draft : C.C.D., L.C., S.S. et S. F.

Acquisition Financement : C.C.D et L.C.

### Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, conseiller, posséder de parts, recevoir de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'UMR Eco&Sols (IRD-Montpellier), le LMI IESOL (IRD-ISRA Dakar) et l'Université de Dakar au Sénégal pour leur soutien institutionnel. Nous remercions également les agriculteurs du site d'étude (village de Diohine) pour avoir partagé leurs champs et leurs connaissances durant cette recherche.

### Déclaration de soutien financier

Ce travail a été soutenu par le programme ARTS de l'IRD sous la subvention n° 102080Y, par la fondation Avril à travers le projet « Oracle » et par le Projet FSPI LegAE.

### Références bibliographiques :

Amba A.A., Agbo E.B. & Garba A., 2013. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on nodulation of some selected grain legumes at Bauchi, Northern Guinea Savanna of Nigeria. *International Journal of Biosciences* 3(10), 1-7, <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/3.10.1-7>.

Bado B.V, Bationo A & Cescas MP (2006). Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa). *Biology and Fertility of Soils*. 43. 171–176. <https://doi.org/10.1007/s00374-006-0076-7>.

Bekele G., Birhanu T. & Terefe F., 2023. Growth, yield, yield components, and grain qualities of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as affected by liming and phosphorus rates in southwest Ethiopia. *Oil. Crop. Science* 8(3), 165–173, <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.07.001>.

Bouhraoua D., Aarab S., Laglaoui A., Bakkali M. & Arakrak A., 2015. Phosphate solubilizing bacteria efficiency on mycorrhization and growth of peanut in the Northwest of Morocco. *American Journal of Microbiological Research* 3(5), 176–180.

CEDEAO-UEMOA-CILSS (2016). *Catalogue Régional des Espèces et Variétés Végétales*. 1–109

Clavel D. & N'Doye O., 1997. La carte variétale de l'arachide au Sénégal. *Agriculture et développement* (14), 1–6.

Delaunay V., Engeli E., Moull A. & Sauvain-Dugerdil C., 2018. De la migration saisonnière à la migration temporaire. In: Delaunay V, Declaux A & Sokhna C Niakhar, mémoires et perspectives. *Recherches pluridisciplinaires sur le changement en Afrique*. Marseille et Dakar, IRD Éditions L'Harmattan. 240-245.

Didagbé O.Y., Houngnandan P., Sina H., Zoundji C.C., Kouelo F.A., Lakou J., Toukourou F. & Baba-Moussa L., 2014. Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to exogenous *Bradyrhizobium* sp. strains inoculation and phosphorus supply in two agro-ecological zones of Benin, West Africa. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 2(6). 623-633.



Dos Santos A.B., Gondim T.M. de S., Fernandes P.I. & Lima L.M. D., 2021. Effect of fungicides on the symbiosis between Bradyrhizobium strains and peanut. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 51, e69089. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5169089>.

Elsayed A.M. & Abdel-Fattah G.M., 2000. Influence of the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the development of peanut pod rot disease in Egypt. *Mycorrhiza* 10(1), 29–35, <https://doi.org/10.1007/s005720050284>.

Fall D., Bakhom N., Fall F., Diouf F., Ndiaye C., Faye M.N., Hoher V. & Diouf D., 2018. Effect of peanut shells amendment on soil properties and growth of seedlings of *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Hurter, and *Prosopis juliflora* (Swartz) DC in salt-affected soils. *Annals of Forest Science* 75(1), 32, <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0714-x>.

Faye I., Sambou A., Dorego G.S., Foncéka D., Tossim H.-A., Ka A., Sarr T. & Sy O., 2022. Breeding for drought adaptation and fresh seed dormancy of groundnut in Senegal: advances, challenges, and prospects. In *Breeding for Drought Adaptation and Fresh Seed Dormancy of Groundnut in Senegal: Advances, Challenges, and Prospects*. eds. Crop Adaptation and Improvement for Drought-Prone Environments. New Prairie Press. 491-521. <https://newprairiepress.org/ebooks/49>

Faye B., Webber H., Gaiser T., Diop M., Owusu-Sekyere J.D. & Naab J.B., 2016. Effects of fertilization rate and water availability on peanut growth and yield in Senegal (West Africa). *Journal of Sustainable Development* 9(6), 111–131.

Faye N.F., Sall M., Affholder F. & Gerard F., 2019. Inégalités de revenu en milieu rural dans le bassin arachidier du Sénégal 1–54, <https://doi.org/10.3917/afd.roud.2019.01.0001>.

Kankam, F., Kankam, I., Boatey, A & Theophilus, K T., 2022. Leaf spot disease of groundnut: A review of existing research on management strategies, *Cogent Food agric.* 8:1, 2118650, [doi.org/10.1080/23311932.2022.2118650](https://doi.org/10.1080/23311932.2022.2118650)

Liu Y., Lu J., Cui L., Tang Z., Ci D., Zou X., Zhang X., Yu X., Wang Y. & Si T., 2023. The multifaceted roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in peanut responses to salt, drought, and cold stress. *BMC Plant Biol* 23(1), 36, <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04053-w>.

Ndeko B.A., Chuma G.B., Mondo J.M., Ndusha B.N. & Mushagalusa G.N., 2023. Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Endomycorrhizal Inoculation under Different Phosphorus Application Levels in South-Kivu, Eastern DRC. *Planta Tropika* 11(2), 151–160.

Pawar P.B., Melo J.S., Kotkar H.M. & Kulkarni M.V., 2018. Role of Indigenous Mycorrhizal Species in Enhancing Physiological and Biochemical Status, Nutrient Acquisition and Yield Pattern of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Crop Sci. Biotechnol.* 21(1), 23–33, <https://doi.org/10.1007/s12892-017-0075-0>.

Pérez Y.M., Carmona A.M. & Guerra E.R., 2017. Inoculation Of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria in peanut crop (*Arachis hypogaea* L.) 38(2), 15–21.

Rathjen J.R., Ryder M.H., Riley I.T., Lai T.V., Denton M.D., 2020. Impact of seed-applied pesticides on rhizobial survival and legume nodulation, *Journal of Applied Microbiology*, Volume 129, Issue 2, 1, Pages 389–399, <https://doi.org/10.1111/jam.14602>.

Sene G., Top N., Niang N., Cissoko M., Ndiaye C., Faye I., Thiao M., Fall S. & Sylla S.N., 2023. Growth, root colonization and yield attribute responses of five groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties toward arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in a Senegalese agricultural soil. *African Journal of Microbiology Research* 17(10), 230–245.

Subrahmanyam P., Bosc J.-P., Hassane H., Smith D.H., Mounkaila A., Ndunguru B.J. & Sankara P., 1992. Les maladies de l'arachide au Niger et au Burkina Faso. *Oléagineux* 47 (3), 119-133.



Toukara A., Clermont-Dauphin C., Affholder F., Ndiaye S., Masse D. & Cournac L., 2020. Inorganic fertilizer use efficiency of millet crop increased with organic fertilizer application in rainfed agriculture on smallholdings in central Senegal. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 294, 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106878>.

Trouvelot A., Kough J.L. & Gianinazzi-Pearson V., 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae: Proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae*, Dijon, 1-5 July 1985. 217–221.

Woo S. L., Filippis F., De Zotti. M., Vandenberg A., Hucl P., & Bonanomi G., 2022. Pea-wheat rotation affects soil microbiota diversity, community structure, and soilborne pathogens. *Microorganisms*, 10(370), 1–12.

Zaiya Z. A., Fonceka D., Fall S., Fabra A., Ibañez F., Pignoly S., Diouf A., Touré O., Faye M.N. & Hoher V., 2018. Genetic diversity and symbiotic efficiency of rhizobial strains isolated from nodules of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Senegal. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265, 384–391.

Zhang G., Liu Q., Zhang Z., Ci D., Zhang J., Xu Y., Guo Q., Xu M. & He K., 2023. Effect of reducing nitrogen fertilization and adding organic fertilizer on net photosynthetic rate, root nodules and yield in peanut. *Plants* 12(16), 2902, 1-12, <https://doi.org/10.3390/plants12162902>.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.