



La culture du niébé (*Vigna unguiculata*) au Sénégal : plaidoyer pour une vision systémique de son développement

Cathy CLERMONT-DAUPHIN^{1,2}, Abdou L FALL^{1,3}, Omar B DIOP^{1,3}, Cheick T FAYE^{1,4}, Dan MOLCZADZKI⁵, Ndeye F FAYE⁶, Saïdou N SALL⁴, Alpha O DIALLO³.

¹ LMI IESOL, ISRA-IRD Bel-Air, Dakar, Sénégal;

² Eco&Sols, Univ Montpellier, IRD, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier; France

³ Agronomie et Protection des Cultures (APC), Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Thiès, Sénégal ;

⁴ Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal;

⁵ CIRAD, UPR AIDA, Dakar Sénégal;

⁶ ISRA-BAME, route des, BP 3120, Dakar, Sénégal.

Correspondance : cathy.clermont@ird.fr

Résumé

En tant que légumineuse, le niébé pourrait jouer un rôle clé dans la transition vers des systèmes agricoles plus durables en Afrique de l'Ouest. Toutefois, une meilleure compréhension des systèmes actuels est nécessaire pour raisonner les interventions en faveur de cette culture. À partir d'enquêtes réalisées dans deux zones pédoclimatiques contrastées du Sénégal, on a montré que dans la zone sahélienne (ZS) où la contrainte hydrique est la plus forte, le niébé est une culture de rente profitant des soutiens publics pour l'utilisation d'intrants de synthèse et de variétés améliorées. À l'opposé, en zone soudano-sahélienne (ZSS) où la contrainte hydrique est moins forte, le niébé est une culture mineure cultivée à faible densité en association avec le mil, avec peu ou pas d'intrants et orientée principalement vers la consommation du ménage et de ses animaux. Dans les deux zones, l'adoption du niébé est favorisée par la disponibilité de parcelles éloignées de la maison. En ZSS, elle est en outre favorisée par une surface agricole élevée et le manque de main d'œuvre au niveau de la ferme. En ZS, les agriculteurs accordent moins d'intérêt qu'en ZSS aux potentiels effets positifs du niébé sur les cultures associées. Plusieurs variétés sont cultivées au sein d'une même ferme dans une perspective de résilience vis à vis des risques climatiques et de conciliation de plusieurs objectifs. L'extension récente des surfaces en niébé en ZS a entraîné une baisse importante de la diversité des espèces cultivées et des difficultés de contrôle des bioagresseurs qui préoccupent fortement les agriculteurs de cette zone. Nos résultats suggèrent que les propositions techniques et les politiques en faveur du niébé doivent être diverses afin de prendre en compte la diversité des contextes et objectifs vis à vis de la culture du niébé. Dans un souci de durabilité de la filière niébé, les actions favorables au maintien de la diversité des espèces cultivées et des variétés de niébé dans les agrosystèmes doivent être considérées avec autant d'intérêt que les actions axées sur la filière commerciale et les revenus du niébé.

Mots-clés : Filière commerciale, Logiques socio-économiques, Perceptions de l'agriculteur, Bioagresseurs, Variétés, Politiques publiques, Durabilité, Sahel

Abstract : Cowpea cultivation in Senegal: advocacy for a systemic vision of its development

As a legume, cowpea could play a key role in the transition towards more sustainable agricultural systems in West Africa. However, a better understanding of current systems is necessary to justify interventions in favor of this crop. Based on surveys conducted in two contrasting pedoclimatic zones of Senegal, we showed that in the Sahelian zone (ZS) where water stress is strongest, cowpea is a cash crop benefiting



from public support for the use of synthetic inputs and improved cowpea varieties. In contrast, in the Sudan-Sahelian zone (ZSS) where water stress is less strong, cowpea is a minor crop grown at low density in intercropping with millet, with little or no inputs and oriented mainly towards household and animal consumption. In both zones, cowpea adoption is favored by the availability of plots located far from the house. In ZSS, it is also favored by a large agricultural area and a lack of labor at the farm level. In ZS, farmers attach less importance than in ZSS to the potential positive effects of cowpea on associated crops. Several varieties are found on the same farm with a view to resilience to climate risks and the reconciliation of several objectives. The recent expansion of cowpea areas in ZS has led to decreased biodiversity and increased pest problems. Our findings highlight the need for a variety of recommendations to accommodate the diverse contexts and goals of cowpea farmers. To promote the long-term sustainability of the cowpea sector, actions that support the maintenance of the diversity of cultivated species and cowpea varieties in agrosystems should be considered with as much interest as actions focused on the commercial sector and cowpea income

Keywords: commercial chain, Socio-economic logic, Farmer perceptions, Bioaggressors, Varieties, Public policies, Sustainability, Sahel

1. Introduction

Les cultures de légumineuses présentent de nombreux atouts dans les agricultures familiales à faible niveau d'intrants des pays du sud. Un de leurs premiers atouts réside dans la fourniture de produits riches en protéines contribuant fortement à la fois à l'alimentation humaine et animale, et à l'acquisition de revenus sur les marchés. Un autre atout majeur de ces légumineuses est la fourniture de services écologiques. En contribuant à la biodiversité des agrosystèmes céréaliers, en favorisant la fixation bactérienne d'azote atmosphérique, en stimulant le développement de mycorhizes, et en contribuant à la couverture des sols, les légumineuses favorisent le développement d'une agriculture plus rentable, durable et résiliente (Franke et al., 2018).

Au Sénégal, l'arachide est la légumineuse la plus fréquemment cultivée. Elle est la culture de rente par excellence, généralement pratiquée en rotation avec le mil. Le niébé est la deuxième légumineuse après l'arachide, mais avec un décalage important en termes de surfaces allouées. Pour la période 2015-2020, le niébé ne représentait que 11% des surfaces cultivées, contre 47% pour l'arachide (FAOStat, 2023). Malgré sa réputation de plus grande tolérance à la sécheresse et aux stress nutritionnels comparée à de nombreuses légumineuses cultivées (Carvalho et al., 2019), et malgré son potentiel de fixation symbiotique d'azote souvent plus élevé que celui de l'arachide (Cassman et al., 1981 ; Bado et al., 2006 ; Hamidou et al 2018), les rendements moyens en grain du niébé au Sénégal n'ont pas dépassé 0.3 T/ha/an sur la période précédant l'année 2013 (Fig.1, FAOStat, 2023). Ils étaient donc jusqu'à cette période, largement en dessous des rendements potentiels situés pour la plupart des variétés dans la gamme de 1.5 - 2.5 T/ha (CEDEAO et al., 2016). Cette position marginale du niébé semble au moins en partie liée au fait que le niébé a été longtemps considéré comme une culture de pauvres. Confinées à la recherche variétale, les actions en faveur du niébé ont peiné à décoller. Le déséquilibre des soutiens publics, largement en faveur de l'arachide, a maintenu le niébé dans une situation de sous-développement, un phénomène que Meynard et al. (2013) qualifient de « verrouillage technologique ».

L'année 2014 marque un tournant pour la culture du niébé, qui quitte une approche sectorielle centrée sur l'amélioration des variétés pour adopter une vision plus globale de la filière. Cette évolution se concrétise par la mise en place d'un cadre national interprofessionnel, le CNIFN (FIDA, 2013). Les statistiques montrent une percée du niébé à partir de cette période, aussi bien au niveau des surfaces allouées, que des rendements du niébé à l'unité de surface (Fig.1, FAOStat, 2023). Les variétés à cycle court proposées par la recherche, comme Melakh et Yacine, bien que disponibles depuis plusieurs années (CEDEAO et al., 2016), ont vu leur impact démultiplié grâce à cette nouvelle dynamique.



Cependant, une politique agricole durable pour le niébé doit aussi prendre en compte la diversité des systèmes où elle doit s'insérer en identifiant des leviers d'action adaptés à cette diversité. Les différences de perceptions sur la culture du niébé, d'objectifs vis-à-vis de la culture, de niveaux de ressources, et d'implication des femmes au niveau de la ferme, pourraient fortement affecter les décisions des agriculteurs vis-à-vis de la culture du niébé (Meijer et al., 2014 ; Mbaye et Hamet 2016 ; Koussihouede et al., 2020). Une politique agricole durable pour le niébé doit aussi intégrer les enjeux environnementaux associés à la culture du niébé. Quels sont les scénarios les plus prometteurs pour concilier productivité et respect de l'environnement ? Comment prévenir les impacts négatifs potentiels d'une expansion de cette culture ? Dans le contexte de saturation de l'espace agricole qui caractérise le Sénégal, une forte extension de la culture du niébé, pourrait être associée à une régression significative de la diversité des espèces cultivées et des services écologiques assurés par cette diversité (Ouyang et al., 2020). En outre, l'augmentation de la fréquence de retour du niébé dans le cadre des rotations avec le mil pourrait compromettre les rendements du mil à long terme, en raison de la vulnérabilité commune de ces deux espèces aux nématodes (Abade et al., 2016 ; Bagayoko et al., 2000 ; Mokrini et al., 2019 ; Mbengue et al., 2024).

Les objectifs de cette étude étaient les suivants : 1) Quantifier les surfaces allouées au niébé sur un réseau de fermes et analyser comment ces surfaces varient en fonction des caractéristiques socio-économiques et de l'environnement biophysique de ces fermes ; 2) Donner la parole aux agriculteurs et agricultrices de deux zones pédoclimatiquement contrastées afin de mettre en lumière et comparer leurs points de vue sur les atouts, les contraintes et les rôles de cette culture dans leurs exploitations respectives; 3) Analyser à la lueur de ces résultats, la diversité des environnements biophysiques, des logiques socio-économiques, et les équilibres écologiques à prendre en compte dans une perspective de développement durable de la culture du niébé au Sénégal.

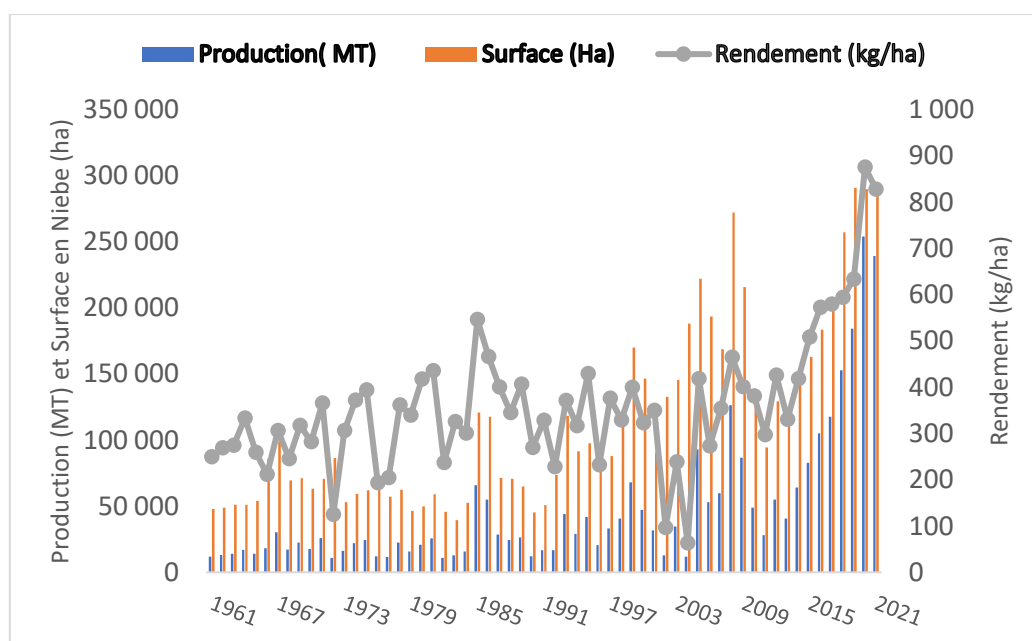


Figure 1 : Production, Surface et Rendement en Niébé au Sénégal de 1961 à 2021 – données tirées de FAOStat, 2023

2. Matériels et méthodes

Deux zones agroécologiques (ZAE) du bassin arachidier du Sénégal ont été retenues pour cette étude (Fig.2) :

- 1) la zone sahélienne (ZS) caractérisée par la gamme de pluviométrie la plus faible du pays (250–500 mm/an). Elle est représentée ici par le département de Louga. Ce département englobe à lui

seul près de la moitié des superficies cultivées en niébé du Sénégal. La production annuelle la plus élevée y est évaluée à environ 160 000 T pour une superficie de 168 756 ha en 2020 (DAPSA, 2023). De plus, les organisations d'appui à la filière y sont bien implantées, notamment pour la multiplication de semences certifiées pouvant desservir plusieurs régions du pays.

- 2) la zone soudano- sahélienne (ZSS) caractérisée par la gamme de pluviométrie la plus élevée du bassin arachidier (500–900 mm/an). Cette zone est représentée ici par le département de Kaffrine. La culture du niébé n'y est généralement présente qu'en culture associée, le plus souvent à faible densité avec l'arachide ou plus rarement, le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.). La production y est évaluée à environ 2000 T pour une superficie de 2800 ha en 2020 (DAPSA, 2023). L'encadrement technique sur le niébé y est quasiment absent.



Figure 2 : Positionnement des zones d'études au Sénégal

Différents types d'enquêtes ont été réalisées. A la suite d'entretiens auprès des personnes ressources de l'Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (ANCAR), de la Direction Régionale de Développement Rural (DRDR), des coopératives et associations paysannes des deux zones, un questionnaire fermé a été constitué et renseigné auprès de 76 exploitations agricoles choisis d'après nos informateurs comme susceptibles de représenter la gamme des petits, moyens, et gros producteurs de niébé. Les informations recueillies dans cette première enquête ont permis de quantifier pour chaque ferme le pourcentage de la surface agricole consacré à chaque espèce ou association d'espèces au cours des cinq dernières années. Sur la base de ces données, une estimation des indices de diversité de Shannon (H') a été réalisée comme suit pour les zones de Louga et Kaffrine respectivement :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=n} p_i * \ln p_i$$

où i = l'espèce cultivée i , p_i = surface occupée par l'espèce i sur la surface totale d'observation.

Ce calcul intègre les conditions suivantes :

- 1) Seulement les espèces dont la surface occupait plus de 2% de la surface cultivée en moyenne au cours de la période 2018-2022, sont prises en compte dans le calcul.
- 2) La proportion de surface en niébé quand il est associé avec bissap à Louga est fixée à 80% et celle de niébé associé avec arachide à Kaffrine à 20%. Ces pourcentages correspondent à la densité de pieds de niébé dans le cadre de l'association, comparée à la densité de pieds de niébé en situation de culture pure.
- 3) La proportion de chaque espèce sur la surface totale d'observation est égale à la somme de ses surfaces en culture pure à laquelle s'ajoute la proportion de surface occupée par cette espèce en culture associée.

Une deuxième série d'enquête a été réalisée sur un sous-échantillon de 30 fermes représentatif de la gamme couverte par la variable « % de la surface totale cultivée en niébé » retrouvée dans l'enquête précédente. Cette enquête portait sur les ressources disponibles au niveau de ces fermes et les modalités de conduite technique du niébé. A l'issue de cette enquête, 13 variables socio-économiques ont été



sélectionnées comme pouvant être des indicateurs pertinents des décisions de surface en niébé des agriculteurs (Tableau 1a et b). Par exemple, nous avons retenu le pourcentage de parcelles proches du lieu d'habitation, ainsi que le pourcentage de parcelles jugées peu fertiles, afin de tester l'hypothèse que des caractéristiques spécifiques des parcelles et les performances de rendement y associées pouvaient affecter les proportions de surface en niébé. La variable « nombre de bovins » a permis de tester l'hypothèse que la demande en fanes pour l'alimentation du bétail est un élément clé de la décision de surface consacrée au niébé à l'échelle de la ferme. La variable « Nombre de femmes/nombre d'adultes » a permis d'évaluer le rôle de la main d'œuvre féminine dans la décision (Tableau 1a et b).

Une troisième série d'enquêtes a porté sur les perceptions des agriculteurs et agricultrices. Elle comprenait une première étape d'entrevues informelles en focus groupes, avec chaque genre séparément, en vue d'établir les listes de services et disservices les plus fréquemment associés à la culture de niébé. Dans une deuxième étape, des entretiens individuels ont permis un classement de ces services et disservices par l'agriculteur ou l'agricultrice. Pour arriver à ce résultat, un lot de 50 graines a été fourni à chaque enquêté(e) qui devait les répartir entre les services d'une part et les disservices d'autre part. Plus un service (ou un disservice) était considéré comme important, plus il recevait de graines. Enfin, des enquêtes portant spécifiquement sur les atouts et contraintes des variétés qu'ils utilisent ont été réalisées. Les données ont été traitées avec le logiciel STATISTICA (StatSoft. Inc. 2007).

3. Résultats

3.1. Surfaces allouées au niébé au niveau des fermes et conséquences pour la biodiversité des agrosystèmes

Les figures 3 et 4 montrent que les proportions de leurs surfaces agricoles allouées au niébé ont été très variables entre fermes ou exploitations agricoles d'une même région. A Louga (ZS), les proportions de surfaces allouées au niébé cultivé en pur au niveau des fermes n° 34, 40, 45, 64 ont varié entre 0 et 15% alors qu'elles ont atteint des valeurs supérieures à 70% au niveau des fermes n° 9, 14, 17, 24, 26, 59. A Kaffrine (ZSS), les surfaces en niébé pur n'ont pas dépassé 10% dans la plupart des fermes. Des valeurs maximales de 20-30% sont toutefois observés au niveau des fermes n° 11, 61, 56 et de plus de 40% au niveau de la ferme n° 28.

En faisant l'hypothèse que les 75 fermes renseignées sont un échantillon représentatif de la diversité spatiale régionale, ces figures permettent de dire qu'à Louga, la surface cultivée est essentiellement constituée de niébé (51% de la surface totale de 75 fermes) et d'arachide (43%). Le mil est quasiment absent, et ne représente que 3% des surfaces mises en valeur. Il est probable que les rotations et associations de légumineuses avec le mil ont été pour la plupart, remplacées par des successions de culture pures de niébé, ou avec niébé majoritaire. Les autres cultures (sorgho, bissap, gombo, patate douce, manioc, pastèque) représentent moins de 2% des surfaces. Dans le cas de Kaffrine, l'occupation de l'espace est plus classique et typique du bassin arachidier : c'est le mil et l'arachide qui sont les cultures majoritaires. Elles sont cultivées en rotation et représentent chacune 44% de la surface cultivée en moyenne. Les surfaces en niébé pur sont très faibles (moins de 4%). Les autres cultures (maïs, sorgho, pastèque, bissap, représentent près de 8% des surfaces cultivées. L'indice de Shannon à Kaffrine a atteint 1.50, alors que celui de Louga n'a pas dépassé la valeur de 1.

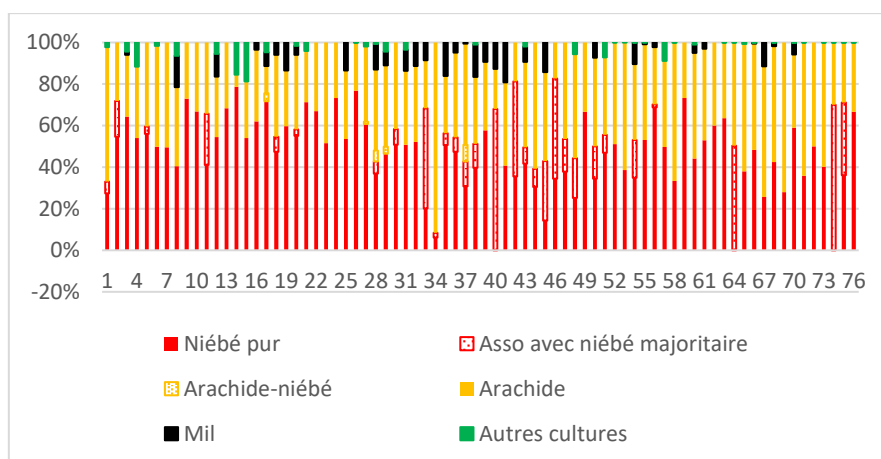


Figure 3 : Surface moyenne cultivée par différentes espèces dans la région de Louga, en zone sahélienne (ZS) sur la période 2018- 2022 sur un échantillon de 76 fermes couvrant une surface moyenne annuelle totale de 386 ha

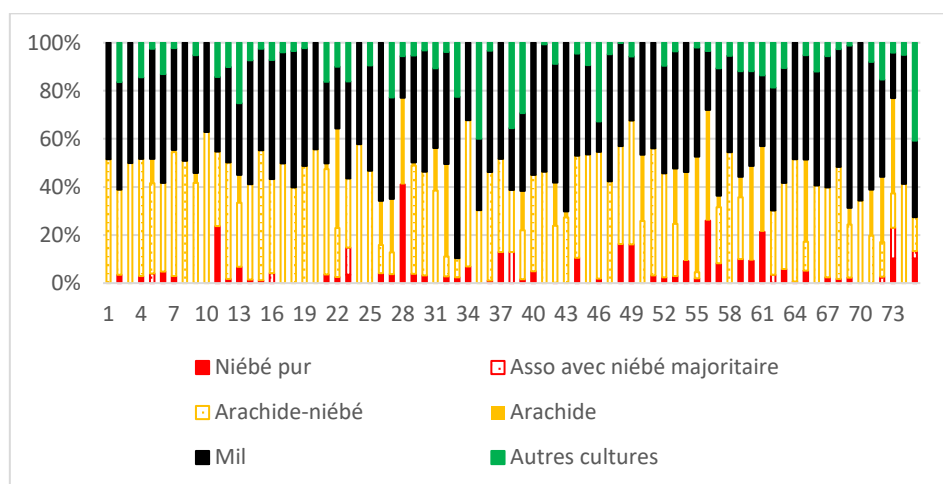


Figure 4 : Surface moyenne cultivée par différentes espèces dans la région de Kaffrine, en zone soudano-sahélienne (ZSS) sur la période 2018- 2022 sur un échantillon de 75 fermes couvrant une surface moyenne annuelle totale de 765 ha (NB : la 76ème enquête est manquante).

3.2. Déterminants socio-économiques des surfaces allouées au niébé

Une régression linéaire généralisée (GLZ) considérant comme variable expliquée le pourcentage de surfaces allouées au niébé au niveau de chaque ferme, et comme variables prédictives une liste de variables caractérisant les moyens de production des fermes et leur contexte socio-économique spécifiques (Tab.1 a et b), a permis de sélectionner a) à Louga : la disponibilité d'outils, la proportion de surface proche de la ferme, et la perception du niveau de fertilité des parcelles (Tab.1 a), et b) à Kaffrine: l'âge du chef d'exploitation, la surface agricole disponible, le nombre d'adultes dans le ménage, le % de surface à moins de 10 minutes à pied de la ferme, comme les principaux facteurs influençant la surface consacrée au niébé. Les coefficients de l'analyse statistique ont indiqué qu'à Kaffrine, l'agriculteur qui fait beaucoup de niébé est un agriculteur relativement âgé, qui a une surface agricole disponible relativement importante, dont une grande part est éloignée de son domicile (Tab.1 b). Il a tendance à avoir relativement peu de main d'œuvre et des activités annexes. L'agriculteur de Louga qui fait beaucoup de niébé ressemble à celui de Kaffrine par ses parcelles éloignées et souvent peu fertiles. Mais à la différence d'un agriculteur de Kaffrine, il est peu pourvu en outils, et sa surface totale cultivée serait souvent faible comparée à un agriculteur qui fait peu de niébé.



Tableau 1 a et b : Résultats de la régression linéaire généralisée (GLZ) du % de surfaces allouées au niébé en fonction des caractéristiques des exploitations agricoles dans les régions de Louga (ZS) et de Kaffrine (ZSS). Distribution : NORMALE, Fonction de Liaison : LOG.

a) Louga (ZS)				
	Coefficients	Erreur Standard	Wald stat	Valeur de P***
Ord.Orig	-0,29	0,14	4,02	0,04
Age du chef d'exploitation	-0,00	0,00	0,93	0,33
Moyenne surface cultivée 2018-2022 m ²	-0,00	0,00	1,22	<u>0,27</u>
Nombre d'adultes	-0,01	0,04	0,09	0,76
Nombre d'unités de consommation*	0,03	0,03	0,86	0,35
Nombre d'individus qui déclarent l'agriculture comme activité principale	-0,01	0,01	0,17	0,68
Nombre de) femmes/nombre d'adultes	-0,07	0,13	0,27	0,60
% Surface à moins de 10 min	-0,40	0,12	11,01	0,00
% Surface à fertilité faible	0,41	0,13	10,19	0,00
Nombre d'unités Bovins tropical**	-0,00	0,01	0,03	0,85
Nombre de charrettes	-0,09	0,06	2,37	<u>0,12</u>
Nombre de semoirs	0,03	0,06	0,28	0,60
Nombre de Houe sine	-0,63	0,18	12,13	0,00
Nombre d'organisations autour de l'agriculture auxquelles un ou plusieurs membres de la ferme sont affiliés	-0,03	0,04	0,38	0,53
Echelle	0,07	0,01	58,00	0,00
a) Kaffrine (ZSS)				
	Coefficients	Erreur Standard	Wald stat	Valeur de P
Ord.Orig	-2,89	0,54	29,07	0,00
Age du chef d'exploitation	0,02	0,00	13,10	0,00
Moyenne surface cultivée 2018-2022 m ²	0,00	0,00	3,38	<u>0,06</u>
Nombre d'adultes	-0,11	0,07	2,87	<u>0,09</u>
Nombre d'unités de consommation*	0,11	0,07	2,17	0,14
Nombre d'individus qui déclarent l'agriculture comme activité principale	-0,04	0,02	2,50	<u>0,11</u>
Nombre de femmes/nombre d'adultes	0,00	0,68	0,00	0,99
% Surface à moins de 10 min	-0,47	0,19	6,21	0,01
% Surface à fertilité faible	-0,33	0,27	1,51	0,22
Nombre d'unités Bovins tropical**	-0,00	0,00	0,58	0,45
Nombre de charrettes	-0,34	0,27	1,53	0,22
Nombre de semoirs	-0,13	0,12	1,24	0,26
Nombre de Houe sine	0,29	0,11	6,08	0,01
Nombre d'organisations autour de l'agriculture auxquelles un ou plusieurs membres de la ferme sont affiliés	0,04	0,11	0,12	0,73
Echelle	0,03	0,00	60,00	0,00

* le chef de ménage compte pour 1, les autres adultes pour 0,7 et les enfants pour 0,5 ; ** 1 bovin adulte = 1 cheval = 1 U.B.T. ; 1 ovin = 1 caprin = 0,12 U.B.T.T. *** les valeurs de P en gras sont ceux qui sont inférieurs à 0,05, indiquant ainsi un effet significatif de la variable testée. Les valeurs de P les plus proches de 0,05 ont été soulignées pour attirer l'attention du lecteur.



3.3. Eléments de gestion technique

Les contrats de multiplication de semences sont de plus en plus fréquents à Louga et exigent le respect d'un cahier des charges : un précédent jachère pour la production de semences de base, un précédent mil pour la production de semences de première génération R1 et un précédent arachide avant la production de R2, une densité de semis de 16 kg par hectare en culture pure, la distanciation des variétés, le respect des écartements entre les pieds, le semis après le retour des pluies (et non avant), l'épuration via désherbages, et l'application des traitements insecticides. Les variétés concernées sont le plus souvent Yacine et Melakh. Les organisations proposant le contrat s'engagent à la fourniture d'intrants en particulier les semences et les pesticides à crédit. L'agriculteur s'engage en retour à vendre toute sa récolte égrainée et triée, à un prix fixé au départ.

Avec la présence sur place de nombreuses organisations d'appui à la filière niébé, Louga bénéficie d'un environnement plus favorable à l'introduction des intrants et des variétés améliorées dans les systèmes de culture du niébé que Kaffrine. Ainsi, la fertilisation minérale des parcelles de niébé, hors production de semences, est plus fréquente à Louga qu'à Kaffrine. A Louga, plus de 50% des surfaces en niébé, hors production de semences, ont utilisé régulièrement des insecticides sur la culture de niébé (Dimethoate, Neonicotinoïdes) au cours de ces cinq dernières années, alors qu'à Kaffrine seulement 30% ont utilisé ces insecticides. Ces produits sont apportés, en général, jusqu'à trois fois au cours du cycle à Louga, une première fois au début de la floraison, une deuxième fois, à l'apparition des gousses et une troisième fois, deux semaines après le deuxième traitement.

- 1) La chenille poilue (*Amsacta moloneyi*)
- 2) Le puceron noir (*Aphis craccivora*)
- 3) Les insectes suceurs et foreurs de gousses (dont la punaise *Clavigralla tomentosicollis* et *Maruca vitrata*)

De nombreux agriculteurs ont signalé les dégâts de plus en plus importants d'un nouveau pathogène, vivant dans le sol et responsable de la pourriture de racines au stade de gousses de la culture, du flétrissement et de la mortalité de pieds de niébé. Un agriculteur a rapporté : « *Les plantes commencent à jaunir puis se dessèchent complètement par foyers qui se propagent. Les termites viennent ensuite faire des galeries au niveau de la plante fragilisée.* Un autre a témoigné : *Il me semble qu'il s'agit d'un minuscule ver noir, que nous appelons ici « le guolane ». On a plus de chance de le rencontrer lorsque le sol est humide. On ne connaît actuellement pas de traitement pour cette maladie ».*

Plusieurs variétés différentes, le plus souvent des variétés locales, sont cultivées au sein d'une exploitation agricole. En général, les semis de variétés locales sont effectués à sec après un labour superficiel avec une houe tractée par un animal (houe Sine). Les semences certifiées des variétés à cycle court proposées par les soutiens publics supporteraient mal, d'après les agriculteurs, un semis à sec, à la différence des variétés locales. Même à Louga, les parcelles de niébé utilisant des semences certifiées sont une minorité et utilisent en particulier les variétés améliorées Yacine et Melakh. En fait, nos enquêtes indiquent que les semences de niébé utilisées par les agriculteurs ne sont certifiées que dans 25% des cas. Le reste est issu soit d'une récolte précédente (25% des cas), soit du marché local de graines « tout venant » (50% des cas). Il est fréquent de retrouver plusieurs variétés dans un lot de semences d'une seule couleur. C'est par exemple le cas pour la variété appelée localement « niébé blanc ». Les responsables d'organisations paysannes rencontrés ont rapporté que les semences certifiées finissaient par dégénérer au bout de 4 à 5 ans de semis successifs des graines récoltées : « *les rendements baissent, les grosseurs et densité des graines et les taux de germination se réduisent, et la sensibilité aux bioagresseurs s'accroît* ». Yacine finirait ainsi par ressembler à la variété locale Ndiagaaw. Le rendement moyen chuterait de 1 200 à moins de 400 kg ha⁻¹. L'hypothèse a été émise par un agriculteur que des attaques d'oiseaux observées en 2022 s'expliqueraient par la réduction de taille de la graine, la rendant plus facilement accessible aux oiseaux.



4. Perception des agriculteurs et agricultrices sur les atouts et contraintes de la culture de niébé

Les perceptions des rôles du niébé au niveau de la ferme ont varié en fonction des régions. A Louga le niébé a avant tout un rôle d'alimentation humaine et de génération de revenu. A Kaffrine, le niébé sert avant tout à l'alimentation humaine et animale. Le rôle de génération de revenu y serait relativement faible. Ces différences ont été observées aussi bien chez les hommes que chez les femmes des deux régions (Fig.5 a, b).

A l'échelle de la parcelle, plusieurs services écologiques ont été mis en avant. Le service de production précoce (cycle court) était le plus attendu dans les deux régions. Le cycle court fait du niébé une culture qui permet de raccourcir la période de soudure qui précède en général les récoltes de mil. A Louga les hommes ont été plus sensibles à cet avantage que les femmes. Le service de facilitation pour le rendement des cultures associées a été plus apprécié à Kaffrine qu'à Louga, aussi bien au niveau des femmes que des hommes. A Louga, les femmes ont été plus sensibles que les hommes au service d'amélioration du rendement des cultures associées fourni par le niébé (Fig.6 a, b).

De nombreuses contraintes du niébé ont été aussi perçues. A Louga, la sensibilité du niébé aux bioagresseurs a été la contrainte majeure, aussi bien pour les femmes que les hommes. A Kaffrine, la qualité des semences a été rapportée comme une contrainte au moins aussi importante. La compétition pour le travail entre le niébé et les autres cultures de la ferme a été plus souvent rapportée à Kaffrine qu'à Louga (Fig. 7 a, b).

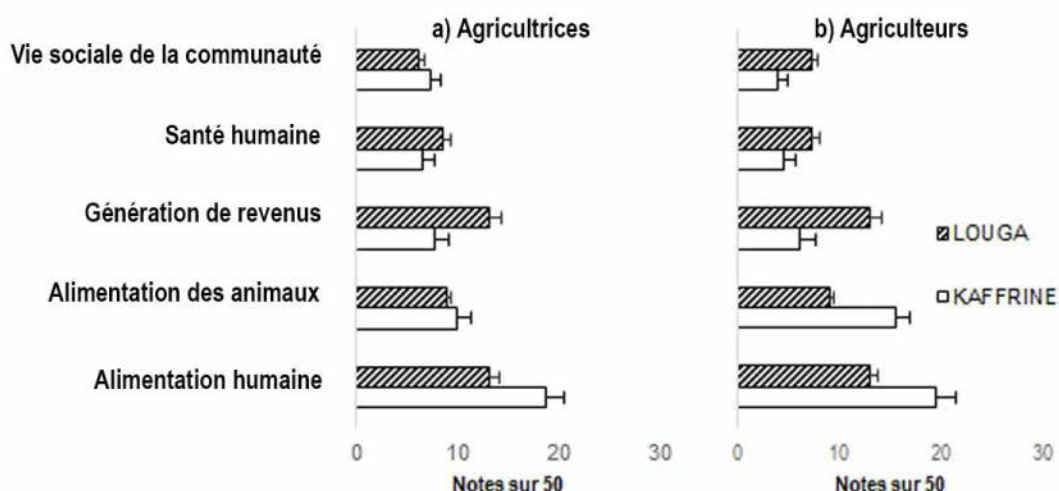


Figure 5 : Perceptions sur les rôles de la culture du niébé des agricultrices et des agriculteurs de deux régions en zone sahélienne (Louga) et zone soudano sahélienne (Kaffrine) au Sénégal.

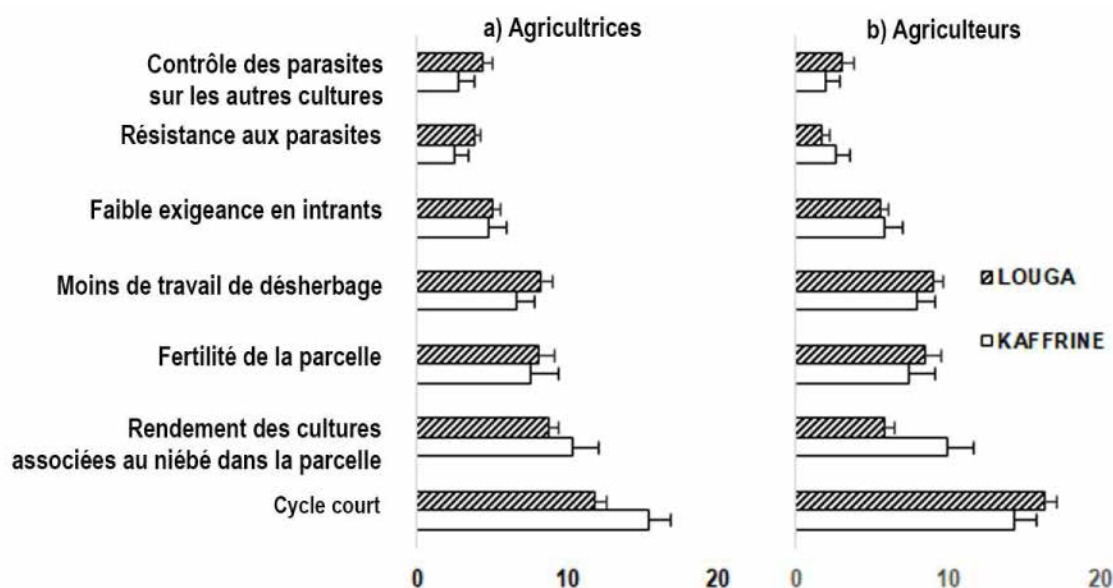


Figure 6 : Perceptions sur les atouts de la culture du niébé des agricultrices et des agriculteurs de deux régions en zone sahélienne (Louga) et zone soudano sahélienne (Kaffrine) au Sénégal

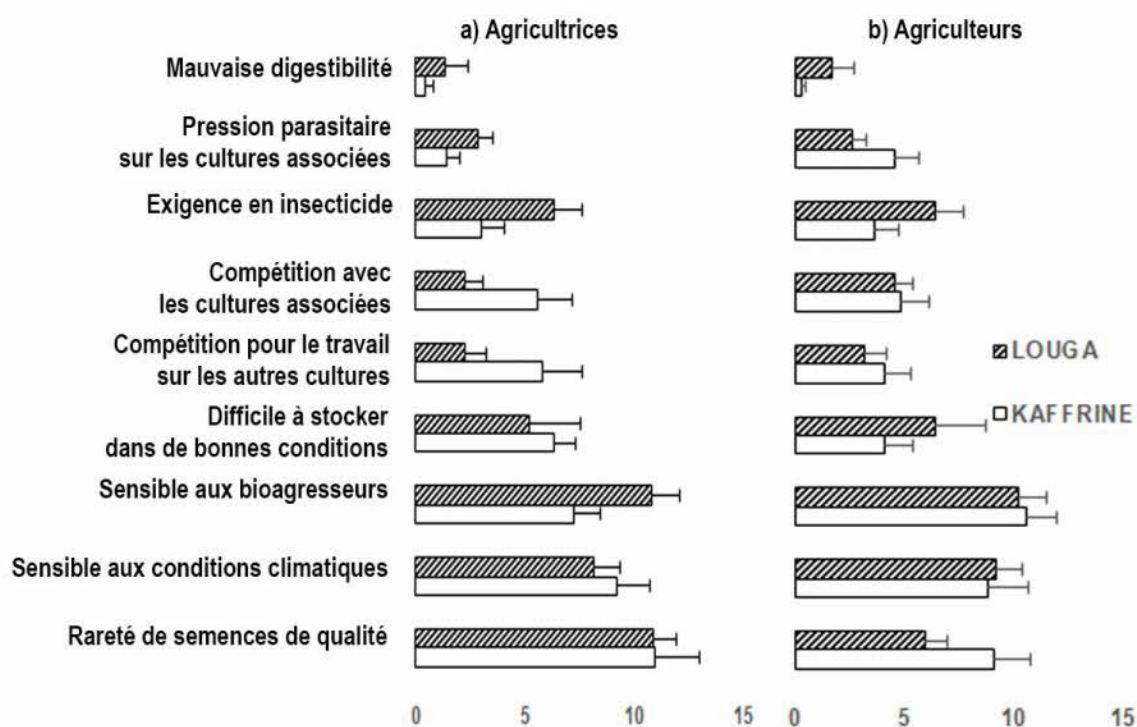


Figure 7 : Perceptions sur les contraintes de la culture du niébé des agricultrices et des agriculteurs de deux régions en zone sahélienne (Louga) et zone soudano sahélienne (Kaffrine) au Sénégal



Tableau 2 : Perceptions des agriculteurs et agricultrices de Kaffrine (ZSS) des atouts et contraintes de quelques variétés parmi les plus utilisées

Variétés		Atouts		Contraintes
	Ndiassive (var. locale, rampante, 90 jours*)	- Bon rendement en fourrage - Améliore la fertilité du sol - Haute valeur nutritive du fourrage - Soigne des maladies et parasites (teigna, vers) - Plus résistante aux pucerons noirs <i>Aphis cracivora</i> que les autres variétés - Capacité de régénération après coupe des tiges en septembre pour donner des graines en décembre		- Ne peut donner des graines qu'à partir de décembre - Son fourrage est amer à l'état vert d'où sa non-consommation par les animaux à l'état vert - Incompatible avec l'arachide - Ne peut pas être conservé au-delà de 6 mois. A l'approche de l'hivernage (période de mousson), la qualité commence à détériorer et peut entraîner la constipation chez les animaux qui ne ruminent pas (chevaux et ânes)
	Baye ngagne (var. locale, rampante, 90 jours)	- Bon rendement en graines et fourrage (3 à 4 récoltes) - Grosses graines, facile à récolter et à décortiquer - Excellent fourrage pour les chevaux de trait - Permet le contrôle de <i>Mitrocarpus villosus</i> sur arachide - Fourrage facilement consommable par les animaux à l'état vert ou sec - Variété « élastique »	- Bon goût - Feuilles peuvent être préparées comme sauce pour le couscous - Pas besoin de beaucoup d'eau au moment de la floraison - Début de floraison plus précoce si semis précoce. - Gonfle plus que les variétés à petite graine en cas de cuisson - Une des plus précoces parmi les variétés à cycle long - Bon précédent cultural	- Entretien difficile quand il est associé à l'arachide - Sensible aux insectes - Sensible aux chenilles en cas de pause pluviométrique - Perd ses feuilles dès que les pluies commencent à diminuer - Sensible à la rosée (apparitions de moisissures affectant la qualité du foin) - Forte chute des fleurs due aux pluies intenses - Sensible à la pourriture en cas de récolte tardive - Nécessite un sol suffisamment humide pour germer (semis à sec difficile)
	Niébé fouta (var locale, semi-rampante, 90 jours)	- Bon rendement en fourrage - Valeur nutritive plus intéressante que baye ngagne et ndiassive - Ne perd pas ses feuilles précocement		- Sensible aux thrips et à quelques lépidoptères - Sensible aux fortes pluies qui font chuter les fleurs - Commence à fleurir tardivement (70 JAS) - Nécessite des sols riches si on veut un bon rendement fourrage
	Niébé blanc à grosse graine** (var locale, semi-rampante, 85 jours)	- Précoce - Bon rendement en graines - Facile à récolter - Rendement moyen en fourrage - La gousse à maturité ne pourrait pas si récolte en retard		- Perd ses feuilles précocement - Sensible aux foreurs de tiges - Très sensible aux foreurs de gousses - Farinière
	Volète (var locale, érigée, 35 jours)	- Précoce - Bon rendement en graine - Moins attaqué par les foreurs de gousses que les autres - Moins attaqué par les bruches		- Difficile à récolter - Peu de Fourrage
	Ndiaga aw (var locale, semi-rampante, 90 jours)	- Précoce - Rendement moyen en fourrage		- Difficile à récolter - Sensible aux ravageurs - fissuration des grains ou l'altération de la couleur au cours du séchage après récolte
	Yacine (var améliorée, érigée, 35 jours)	- Bon rendement - Récolte précoce - Prix plus intéressant parce que très apprécié par les restauratrices		- Ne supporte pas le semis tardif - Sensible aux ravageurs - Sensible à la pourriture si récoltée tardivement - Déhiscence des gousses à maturité - fissuration des grains ou l'altération de la couleur au cours du séchage après récolte

* durée approximative du cycle ; ** Ce nom local pourrait comprendre un mélange de plusieurs variétés dont la variété Mélakh proposée par la recherche



4.1. Diversité des variétés et perceptions des agriculteurs sur leurs atouts et contraintes

Plus d'une vingtaine de dénominations de niébé ont été citées lors des enquêtes réalisées sur les 76 fermes à Louga, et environ une dizaine à Kaffrine. Plusieurs variétés de niébé sont cultivées au niveau d'une même ferme afin de bénéficier, disent les agriculteurs, de la diversité des atouts et contraintes associées à chacune (Tab. 2) et assurer quel que soit les conditions climatiques, un minimum de rendement. Selon les agriculteurs, toutes les variétés ne sont pas également sensibles aux attaques des insectes les plus fréquentes sur le niébé. La variété locale « Ndiassive », par exemple serait plus résistante aux pucerons noirs *Aphis cracivora* que les autres variétés. « Baye Ngane » serait particulièrement sensible aux attaques de la chenille poilue, et se prêterait mal à l'association avec l'arachide. Mais cette variété aurait l'avantage d'être à double usage à la fois pour l'alimentation animale et humaine, et de permettre trois à quatre passages pour la récolte de ses gousses au cours du cycle. Les variétés à cycle court proposées par la recherche, comme « Yacine » et « Melakh », sont très prisées pour la consommation en vert et afin de raccourcir la période de soudure. Elles se vendraient bien sur le marché local. Les gros grains rouges de la variété Yacine, ont été les préférés pour la préparation du « ndambé », un ragout de niébés prisé des clients des petits restaurateurs ambulants. Cependant, Yacine a été jugée sensible à la déhiscence des gousses si la récolte est retardée. La variété locale à cycle long « Fouta » permettrait une production de biomasse importante, et serait donc particulièrement recherchée par les agriculteurs éleveurs. Parmi les variétés à cycle long, certaines seraient plus adaptées que d'autres à la sécheresse, comme par exemple « Ndiassive ».

5. Discussion

Ces résultats illustrent non seulement les avantages, mais aussi les risques d'une approche à l'échelle de la filière commerciale qui conduit à privilégier une espèce et son ouverture sur le marché sans tenir compte de ses relations avec les autres espèces avec lesquelles elle interagit, que ce soit en termes socio-économiques et/ou écologiques. Les surfaces en niébé à Louga (ZS) se sont fortement accrues avec l'accroissement des soutiens publics et privés au niveau des différents maillons de la chaîne de valeur. Cet accroissement témoigne du succès de ces soutiens. Cependant il s'est accompagné à Louga, d'une baisse de la diversité des espèces cultivées, peu favorable au développement des processus de régulation naturelle des bioagresseurs. La hausse des attaques d'insectes au cours des dernières années ne fait aucun doute d'après les agriculteurs. Le nouveau syndrome observé sur les cultures de niébé par les agriculteurs, pourrait être lié à une infestation par un nématode foreur de racines du genre *Pratylenchus*, un parasite connu pour affaiblir les cultures de niébé (Mbengue et al., 2024). Les recherches futures devront préciser l'agent pathogène en cause.

Selon plusieurs agriculteurs de Louga, les pesticides de synthèse qui ont été proposés dans le cadre d'une intensification de la culture, semblent de moins en moins efficaces. Au-delà des risques de résistance des insectes aux pesticides au fil des années, le manque de moyens de la Direction de Productions Végétales (DPV) sensée assurer un service de gestion collective de la protection phytosanitaire à l'échelle communale, et le coût de plus en plus élevé des produits phytosanitaires pour les agriculteurs, sont autant de facteurs susceptibles d'entraîner des retards d'interventions et de favoriser une baisse d'efficacité des traitements chimiques. Ces premiers résultats conduisent à s'interroger sur la durabilité de la stratégie de lutte chimique pour l'intensification du niébé dans le contexte de l'étude. A Kaffrine (ZSS) où la fréquence du niébé est nettement plus faible, l'utilisation de pesticides quasiment inexistante, et où les associations et rotations du niébé avec d'autres espèces sont la règle, la pression de bioagresseurs sur la culture de niébé est restée faible. Ces résultats sont cohérents avec la littérature qui montre le rôle déterminant de la biodiversité pour la régulation naturelle de bioagresseurs (Peñalver-Cruz et al., 2019 ; HE et al., 2019 ; Yang et al., 2023). Des rotations plus longues avec niébé et



l'association de cultures sont autant de pratiques susceptibles d'avoir permis un contrôle naturel de l'abondance des pestes.

Nos résultats révèlent des stratégies de culture du niébé différenciées entre Louga (ZS) et Kaffrine (ZSS). Dans la ZS, la culture intensive du niébé est motivée par la recherche de revenus rapides sur des terres marginales. Ces agriculteurs accordent peu d'intérêt aux services de facilitation du niébé, tandis que dans la ZSS, le niébé est plutôt perçu comme une culture de complément fournissant un aliment de « soudure » peu coûteux, du fourrage pour l'alimentation du bétail et des services écologiques. Le niébé est intégré dans des systèmes de production diversifiés où les cultures de mil et d'arachide continuent de jouer un rôle majeur et sont les premières à bénéficier des ressources en travail et en terres fertiles disponibles au niveau de l'exploitation agricole. Des conseils d'itinéraires techniques du niébé qui utiliseraient des niveaux élevés d'intrants de synthèse ne seraient pas compatibles avec les objectifs des agriculteurs en ZSS. Un des processus clés à la base des services écosystémiques attendus de la légumineuse, à savoir la fixation symbiotique d'azote, pourrait d'ailleurs être fortement inhibé par les fertilisations azotées et les traitements pesticides (Ahemad et Khan 2011 ; Lamichhane et al., 2020 ; Reinprecht et al., 2020).

La filière semencière actuelle, focalisée sur les variétés à cycle court, répond aux besoins des systèmes intensifs mais ignore les besoins des systèmes de culture associés et fourragers. Les agriculteurs, eux, valorisent les variétés locales pour leur résilience et leur capacité à concilier plusieurs objectifs (Toure et al., 2022). Ces variétés locales de niébé, bien que peu documentées scientifiquement, font l'objet d'une connaissance approfondie des agriculteurs. Nos enquêtes ont permis de construire un catalogue vernaculaire révélant des caractéristiques variétales souvent négligées par les catalogues officiels. Ce catalogue vernaculaire a été particulièrement apprécié des agriculteurs d'autres régions du Sénégal intéressés par l'introduction du niébé dans leur système, comme par exemple, la région casamançaise au Sud du Sénégal. Il pourrait aussi guider les sélectionneurs dans l'amélioration des variétés afin de mieux répondre à la diversité des besoins des agriculteurs.

6. Conclusion

Notre étude a souligné l'importance des facteurs socio-économiques et environnementaux dans les stratégies de culture du niébé au Sénégal. Elle a révélé la nécessité d'une approche systémique pour améliorer la production, en tenant compte de la diversité des exploitations et des services écosystémiques fournis par les légumineuses. Si les politiques de soutien en zone sahélienne ont stimulé la production du niébé, elles ont aussi eu comme effets pervers de réduire la diversité des espèces cultivées et le contrôle naturel des pestes. En zone soudano-sahélienne, les politiques de soutien au niébé devraient veiller à assurer l'optimisation des synergies entre cette légumineuse et le mil sur les plans à la fois nutritionnel, agronomique et écologique.

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

SNS : <https://orcid.org/0000-0002-4854-3958>



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

Contributions des auteurs

Conceptualisation: C.C.D. Methodologie: All co-authors. Investigation: A.L.F; O.B.D; C.T.F; and D.M. Analyse des données: C.C.D; A.L.F; O.B.D; C.T.F and D.M. Version originale: C.C.D. Révision et édition: C.C.D; A.L.F; O.B.D; C.T.F; D.M; N.F.F. Acquisition des fonds: C.C.D

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas ne travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas 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 chaleureusement les agriculteurs et agricultrices de Louga et Kaffrine pour le temps et les connaissances partagés dans un climat de grande sympathie. Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide des membres des organisations actives sur le niébé, en particulier Bada Mbengue, le Président du CNIFN et gérant de COOPAKEL, Malick Sow, Secrétaire général de la FAPAL. Ils sont reconnaissants pour l'accueil enthousiaste des membres de la COOPEBASS à LOUGA, de l'ADAK à Kaffrine, des personnels des services de la DRDR, et de l'ANCAR. Ils n'oublient les chefs de villages qui les ont hébergés pendant plusieurs jours. Ils ont une pensée spéciale pour Mrs Ousmane Diouf, ex président de l'Union de Boulel à Kaffrine, et Youssou Ndiaye, ex chef du village de Ndangourou à Louga, aujourd'hui décédés.

Déclaration de soutien financier

Ce travail a bénéficié du soutien financier FSPI N°2022-88 du Fonds de Solidarité pour les Projets Innovants du Ministère français de l'Europe et des Affaires Étrangères, dans le cadre du projet LegAE (Légumineuses pour la transition Agro-Ecologique et la sécurité alimentaire en Afrique).

Références bibliographiques :

Abade CLP., Pedrosa EMR., (...) Guimaraes LMP., 2016. Spatial variation of plant-parasitic nematodes in areas under cowpea cultivation after eradication of guava orchard. *Nematropica* 46, 172–187.

Ahemad M., Khan M.S., 2011. Insecticide-tolerant and plant-growth-promoting *Rhizobium* improves the growth of lentil (*Lens esculentus*) in insecticide-stressed soils. *Pest Management. Science*, 67: 423-429. <https://doi.org/10.1002/ps.2080>

Bado BV, 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. doi.org/10.1007/s00374-006-0076-7.

Bagayoko M., Buerkert A., Lung G., Bationo A. & Römhild V., 2000. Cereal/legume rotation effects on cereal growth in Sudano-Sahelian West Africa: soil mineral nitrogen, mycorrhizae and nematodes. *Plant and Soil* 218 (1), 103-116. doi.org/10.1023/A:1014957605852.

Carvalho M., Castro, I., Moutinho-Pereira J., Correia C., Egea-Cortines M., Matos M., Rosa E., Carnide, V., & Lino-Neto T., 2019. Evaluating stress responses in cowpea under drought stress. *Journal of Plant Physiology* 241, 153001. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.153001>.

Cassman K.G., Whitney A.S. and Fox R.L., 1981. Phosphorus Requirements of Soybean and Cowpea as Affected by Mode of N Nutrition[†]. *Agronomy Journal* 73, 17-22. <https://doi.org/10.2134/agronj1981.00021962007300010005x>.

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

DAPSA, 2023. Rapport de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2022-2023. SENEGAL: DAPSA - Direction de l'analyse de la prévision et des statistiques agricoles.



FAO STAT, 2023. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL> (23/06/2023).

FIDA, 2013. Projet d'Appui aux Filières Agricoles Mission de supervision du 21 octobre au 01 Novembre 2013, République du Sénégal, 19 p.

Franke A.C., van den Brand G.J., Vanlauwe B. & Giller K.E., 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: A review. *Agriculture Ecosystems & Environment* 261, 172–185, doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.029.

Hamidou F., Harou A., Achirou B. F., Halilou O., & Bakasso Y., 2018. Nitrogen Fixation by Groundnut and Cowpea for Productivity Improvement in Drought Conditions in the Sahel. *Tropicultura (TSI)* 36 (1).

He H.M., LIU L.N., Munir S., Bashir N.H., Wang Y., Yang J., LI C.Y., 2019. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. *Journal of Integrative Agriculture* 18 (9), 1945-1952, ISSN 2095-3119. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62689-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62689-4).

ISRA, 1998. Rapport annuel 1997. ISRA, Dakar Sénégal. 91 p.

Kouakou C.K., 2004. Diversité génétique des variétés traditionnelles de niébé au Sénégal ». Mémoire de DEA de Biologie Végétale, UCAD, <http://bibnum.ucad.sn/viewer.php?c=mmoires&d=mems%5f2847>.

Koussihouede H., Clermont-Dauphin C., Aholoukpe H., Barthès B., Chapuis-Lardy L., Jassogne L., Amadji G., 2020. Diversity and socio-economic aspects of oil palm agroforestry systems on the Allada plateau, southern Benin Agroforestry Systems. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00360-0>.

Lamichhane J.R., You M.P., Laudinot V., Barbetti M.J., and Aubertot J.N., 2020. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops. *Plant Disease* 104 (3), 610-623.

Mbaye C.T., Hamet I.T., 2016. Analyse approfondie sensible au genre de la chaîne de valeurs niébé au Sénégal ». Sénégal : ICCO coopération.

Mbengue M., Tall L., Diakhate S., Founoune H., Diedhiou P. M., Diedhiou I., Trap J., Cournac L., & Clermont-Dauphin C., 2024. Intercropping Millet with Cowpea Reduces *Pratylenchus* Abundance and Improves Land Use Efficiency in a Low Input Sub-Saharan Cropping System. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 24 (1), 1448-1459. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01648-6>.

Meijer S.S., Catacutan D., Ajayi O.C., Sileshi G.W., Nieuwenhuis M., 2015. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agriculture Sustainability* 13, 40–54. <https://doi.org/10.1080/14735903.2014.912493>.

Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I. 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures : étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* 20 (4), 10 p.

Mokrini F., Viaene N., Waeyenberge L., (...) Moens M., 2019. Root lesion nematodes in cereal fields: importance, distribution, identification, and management strategies. *Journal of Plant Diseases and Protection* 126, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0195-z>.

Ouyang F., Su W., Zhang Y., Liu X., Su J., Zhang Q., Men X., Ju Q., Ge F., 2020. Ecological control service of the predatory natural enemy and its maintaining mechanism in rotation-intercropping ecosystem via wheat-maize-cotton, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 301, 107024, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107024>.

Peñalver-Cruz A., Alvarez-Baca J.K., Alfaro-Tapia A. et al. 2019. Manipulation of Agricultural Habitats to Improve Conservation Biological Control in South America. *Neotropical Entomology* 48, 875–898. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00725-1>.



Reinprecht Y., Schram L., Marsolais F., Smith TH., Hill B., and Pauls KP., 2020. Effects of Nitrogen Application on Nitrogen Fixation in Common Bean Production. *Front. Plant Sci.* 11:1172. doi: 10.3389/fpls.2020.01172doi: 10.3389/fpls.2020.01172

Touré K., Mbaye T., Diatta P., Foncéka D., Faye I. & Mills B., 2022. Utilisation des variétés améliorées dans le bassin arachidier du Sénégal. Note de recherche, 1-8.

Yang X., Delgado-Baquerizo M., Niu Y., Christie P., Chen J., Hu, H. and Chen Y., 2023. Optimizing cropping systems to close the gap between economic profitability and environmental health. *New Phytologist* 240, 2498-2512. <https://doi.org/10.1111/nph.19310>.



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.