



Décembre 2024

Les systèmes techniques innovants d'intensification agroécologique

Recueil d'innovations testées au Burkina Faso, au Mali et au Sénégal, dans le cadre du programme FAIR Sahel

AUTEURS ET AUTRICES DANS L'OUVRAGE :

	Roger KABORE		Sogo Bassirou SANON
	Oumar COUMARE N'Tyo TRAORE		O. Maurice SAVADOGO Hamado SAWADOGO Issa SAWADOGO Abidine TRAORE Adama TRAORE Mamoudou TRAORE Youssef TRAORE
	Patrice KOUAKOU Louis-Marie RABOIN Michel VAKSMANN		
	Amadou DIOP Isidore Birame DIOUF Alassane NDIAYE Bassirou NGOM Saer LO Fatoumata SIDIBE Faba Hamath SOW Mamadou Abdoulaye SOW		Djibril BADIANE Diarry Diallo DEMBELE Ndéye Hélène DIALLO-DIAGNE Ndéye Khady DIOP Latyr DIOUF Ndella DIOUF Djibril DJIGAL Moustapha GUEYE Modou Guéye FALL Samba Bineta KEITA Abdoulaye MARICO Mame Farma NDIAYE Moussa N'DIENOR Lamine NGOM Moussa SALL
	Saliou NDIAYE Katim TOURE		
	Alassane BA Harouna COULIBALY Karim DAGNO Bandiougou DEMBELE Danfing Youssouf DIARRA Mohamed DOUMBIA Adama KORBO Salifou SISSOKO		Martin KONATE Mahamady SAWADOGO A. Rasmané BAGAGNAN
	Alimata BANDAOGO André BEYE Baba OUATTARA Ibrahim OUEDRAOGO Souleymane OUEDRAOGO Fatimata SABA		

Les auteurs et autrices adressent leurs sincères remerciements aux relecteurs et relectrices des différentes fiches : Amélie d'ANFRAY (Cirad), Eric SCOPEL (Cirad), Eric VALL (Cirad), Lionel YEMADJE (Cirad), Helena GOMEZ (CSIC), Ouango SAVADOGO (INERA), Mamoudou TRAORE (INERA) et Lydie LARDY (IRD).

COORDINATION DE L'OUVRAGE :



Claire KIEFFER

ILLUSTRATIONS :

Fanny LE BAGOUSSE

A NOTER

Bien que les rédacteurs du recueil reconnaissent l'importance de la prise en compte des questions de genre, en particulier la valorisation de la place des femmes dans les activités agricoles et leur participation aux prises de décisions associées, le choix a été fait de ne pas utiliser systématiquement l'écriture inclusive dans le corps du texte, pour en alléger la forme et permettre une appropriation plus facile du contenu du document dans différents contextes linguistiques. Une exception a tout de même été faite pour le terme « producteur.rices » car le projet FAIR Sahel a impliqué, dans ses actions, des hommes et des femmes, et il a été considéré primordial que cela soit souligné.



Table des matières

AVANT-PROPOS	4
SIGLES ET ACRONYMES	5
GLOSSAIRE	6
INTRODUCTION	8
1 INTÉGRATION AGRICULTURE-ÉLEVAGE	11
Valorisation des co-produits	12
Sorgo, niébé et arachide pour l'intensification de l'élevage	12
Les variétés de sorgho à double usage	25
Production de fourrages	35
Production d'espèces fourragères pour l'alimentation du bétail	35
2 BIODIVERSITÉ CULTIVÉE	49
Associations et rotations de cultures	50
Amélioration des pratiques d'associations du sorgho avec le niébé	50
L'association arachide/niébé : variantes de pratiques culturales	61
Diversification des espèces cultivées	75
Les crotalaires en association et en rotation avec les céréales	75
Introduction d'une légumineuse, le niébé, dans les rotations céréalières	86
Effets des associations de plantes sur la gestion des bioagresseurs	96
3 GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS	109
Aménagements de conservation des eaux et des sols	110
Zaï, demi-lunes et fumure organique pour la gestion de la fertilité des sols	110
Le zaï appliqué sur de nouvelles cultures, comme le coton	122
Apport organo-minéral	134
Optimisation de l'utilisation des ressources fertilisantes	134
La production et l'utilisation du compost enrichi en phosphate naturel du Burkina	144
Les apports localisés : l'application de compost au sillon	156
Effet du paillage et de la réduction d'engrais minéral sur la productivité maraîchère	165
CONCLUSION	177

Avant-propos

Agroécologie : une autre voie pour l'agriculture au Sahel

Le Sahel : Défis et Perspectives pour la Sécurité Alimentaire

Le Sahel est actuellement confronté à des défis cruciaux qui mettent en péril la sécurité alimentaire d'une grande partie de sa population en accentuant l'instabilité de sa production agricole. Cette région, déjà fragile et soumise à une insécurité croissante, subit également une combinaison dévastatrice de facteurs techniques en constante évolution. Les aléas climatiques, tels que les sécheresses récurrentes et les inondations, accentués par le changement climatique, perturbent les cycles de culture et réduisent les rendements. De plus, la dégradation des sols due à des pratiques agricoles non durables compromet leur fertilité et la capacité de résilience des écosystèmes. La perte de biodiversité est en constante accélération, qu'elle soit due à l'urbanisation, à l'exploitation forestière ou à l'intensification agricole réduisant les services écosystémiques fournis par les agroécosystèmes. Ces facteurs engendrent une situation alarmante qui touche des millions de personnes, exacerbant la vulnérabilité des communautés rurales, souvent dépendantes de l'agriculture de subsistance.

Face à cette crise, les pratiques traditionnelles d'intensification agricole, souvent inspirées des modèles de la «révolution verte», montrent toutes leurs limites. Bien qu'initialement prometteuses dans d'autres contextes, ces approches ne tiennent pas compte des réalités écologiques, économiques et socioculturelles spécifiques du Sahel. L'utilisation intensive d'intrants chimiques et de monocultures, par exemple, peut engendrer des gains de productivité à court terme, mais peuvent épuiser rapidement les ressources et nuire aux écosystèmes locaux avec, bien sûr, une grande diversité de situations dans l'expression de ces effets. Ces pratiques peuvent également aggraver les inégalités sociales, car peu accessibles physiquement et économiquement aux petits producteurs familiaux, elles favorisent souvent les producteurs les plus riches et les productions d'exportations au détriment des productions vivrières.

Dans ce contexte préoccupant, l'intérêt pour l'intensification agroécologique émerge comme une voie potentielle pour redéfinir l'agriculture au Sahel. L'agroécologie prône des pratiques durables, respectueuses de l'environnement, intégrant savoirs traditionnels et techniques innovantes pour améliorer la résilience des systèmes agricoles. Elle favorise la diversification des cultures et des activités agricoles, la gestion durable des ressources naturelles et l'utilisation de méthodes écologiques pour lutter contre les ravageurs, tout en impliquant activement les producteurs.rices dans le processus de décision.

Cette approche permet non seulement d'améliorer la sécurité alimentaire, mais aussi de restaurer les écosystèmes dégradés, de renforcer la biodiversité et de revitaliser les communautés rurales. En intégrant les savoirs locaux et en tenant compte des spécificités des agroécosystèmes sahéliens, l'intensification agroécologique offre une réponse adaptée et durable aux défis actuels. Ainsi, elle constitue une lueur d'espoir dans un paysage souvent assombri par des crises multiples.

Un ouvrage de synthèse et de partage

Face aux défis du Sahel, il est impératif de repenser notre approche de l'agriculture. Le projet FAIR Sahel, et cet ouvrage de capitalisation qui en découle, offrent quelques éléments pour y appuyer une transition agroécologique.

En partageant le fruit des multiples expériences développées entre les différents partenaires du projet sur le test et l'adaptation de ces systèmes d'intensification agroécologiques dans ces dynamiques participatives, cet ouvrage offre des références utiles pour les producteurs et productrices de la région. Il vise à consolider ainsi une communauté de pratiques autour de l'agroécologie, favorisant ainsi l'innovation collective dans le contexte sahélien.

Nous vous en souhaitons une bonne lecture.

Eric Scopel

*Chef de projet FAIR Sahel Chercheur au Cirad,
Unité de recherche AIDA*

Sigles et acronymes

AFD	Agence Française pour le développement
AMSP	Association Minim Sông Pânga (organisation de producteurs au Burkina Faso)
ANCAR	Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (Sénégal)
AOPP	Association des Organisations Professionnelles Paysannes (Mali)
BCDR	Blocs complets randomisés
CES	Conservation des Eaux et des Sols
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (France)
CMDT	Compagnie Malienne de Développement des Textiles
DAP	Di Amonno Phosphate (Phosphate d'ammonium)
DRS	Défense et Restauration des sols
DyTAEL	Dynamique pour une Transition Agroécologique locale (Sénégal)
DyTAES	Dynamique pour une Transition Agroécologique au Sénégal
ENSA	École Nationale Supérieure d'Agriculture (Thiès, Sénégal)
GIFS	Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols
IER	Institut d'Économie Rurale (Mali)
INERA	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (Burkina Faso)
ISRA	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Sénégal)
LER	Land Equivalent Ratio (ratio de surface équivalente)
LNRPV	Laboratoire National de Recherches sur les Productions Végétales de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
MARAH	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques du Burkina Faso
MS	Matière sèche
OPIB	Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda
SODEFITEX	Société de Développement et des Fibres textiles (Sénégal)
UFL/kg	Unités Fourragères Lait / kilogramme
UNB	Université Nazi BONI (Burkina Faso)
UNPCB	Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina
WRB	World Reference Base for Soil Resources

Glossaire

Allélochimique : Un allélochimique est un métabolite bioactif dont il a été prouvé qu'il était sécrété par des plantes ou des microbes et qu'il montrait une activité dans l'écosystème. Un allélochimique est impliqué dans les interactions plantes-microbes. Des substances allélochimiques (communication interspécifique) induisent une réaction comportementale ou physiologique d'un organisme receveur appartenant à une espèce différente de celle de l'organisme source.

Champ central : Parcelle collective (0,5 à 1 ha) où est testée une diversité d'options agroécologiques pouvant répondre aux défis des producteurs et productrices.

Champs satellites : Parcelles individuelles (0,2 à 0,5 ha) où les producteurs et productrices adaptent une ou plusieurs options dans leur propre champ.

Co-produit : En économie, un co-produit est une matière créée de façon inévitable par le processus de fabrication d'un autre produit. La différence entre un co-produit et un sous-produit est la présence, pour le premier, d'un marché capable d'absorber toute la production.

Démariage : Action d'éliminer manuellement une partie des jeunes plantes dans une culture, pour un meilleur rendement.

Essais multi-locaux : Essais gérés par des chercheurs en poste (au Mali), ou des doctorants (au Sénégal et Burkina Faso). Ils sont installés dans les champs de producteur, rices pour tester la performance de certaines options dans une gamme variée de conditions agroécologiques et de types d'exploitation.

Gynophorisation : Un gynophore se présente comme le prolongement du pédoncule d'une fleur, ce qui va provoquer une surélévation du pistil au regard du réceptacle floral. C'est le gynophore qui permet la fructification de l'arachide sous terre, du fait qu'il se ploie jusqu'à toucher le sol après la fécondation.

Houe sine : La houe sine est un matériel à trois dents qu'on utilise pour gratter le sol ou diminuer la vigueur de l'herbe.

Isohyète : Ligne, trait imaginaire sur une carte géographique qui lie les lieux, sous forme de points, où la même quantité d'eau de pluie est tombée pendant une période donnée.

LER : Le "ratio de surface équivalente" est un outil permettant de juger la productivité d'une association de cultures, en la comparant avec les rendements obtenus séparément pour chacune des cultures associées. Il se calcule de la manière suivante :

$$\text{LER} = \frac{\frac{\text{Rendement espèce 1 dans l'association}}{\text{Rendement espèce 1 pure}} + \frac{\text{Rendement espèce 2 dans l'association}}{\text{Rendement espèce 2 pure}}}{2}$$

Lixisol : Les lixisols constituent un groupe de sols de la base de référence mondiale pour les ressources en sols (WRB). Il s'agit de sols présentant une accumulation d'argiles à faible activité sous la surface et une forte saturation de la base. Ils se développent dans des conditions d'altération tropicale intensive et sous un climat sub-humide à semi-aride.

Photopériode : La photopériode est définie comme la durée du jour ou la période d'éclairage quotidien reçue par un organisme, et elle reste constante d'une année à l'autre (saisonnalité) à un emplacement géographique donné.

Phototropisme : Le phototropisme est la capacité d'un organisme à s'orienter par rapport à la lumière.

Piquetage : Le piquetage a pour but de matérialiser sur le terrain l'emplacement que chaque plant va occuper. Il est réalisé à l'aide de "piquets" de taille et composition variables selon les cultures et les matériaux disponibles. Dans la pratique, pour s'assurer de l'alignement des plantations, un gabarit ayant la forme d'un triangle équilatéral est souvent utilisé.

Pommaison : La pommaison est un processus de formation de la pomme pour certains légumes, essentiellement les salades et les choux, dans le cycle annuel de ces graminées.

Productivité de l'eau : La productivité de l'eau correspond à la quantification de l'efficacité équivalant au ratio des produits, biens et services, par rapport à l'eau utilisée.

La productivité de l'eau est généralement définie comme le rendement des cultures par mètre cube de consommation d'eau, y compris l'eau verte (pluviométrie effective) pour les zones pluviales et l'eau bleue (eau détournée des systèmes d'eau) pour les zones irriguées.

Resemis : Si après la levée des semis, il est constaté qu'elle est très mauvaise par endroits (mauvaises semences, "fonte" des semis, etc.), il est indispensable de resemer les manquants. Ce "comblement" des vides est important non seulement pour assurer une forte production de biomasse nécessaire pour le semis direct, mais aussi pour ne pas laisser la place à des adventices qui produiront des graines et risquent ainsi de "polluer" les parcelles. Il est très facile à réaliser manuellement mais difficilement mécanisable.

Sénescence : Processus physiologique qui entraîne une lente dégradation des fonctions de la cellule, à l'origine du vieillissement. La sénescence chez les végétaux est programmée de manière génétique. C'est la dernière étape du cycle de vie d'une plante ou d'une partie de la plante.

Striga : Espèce de plantes parasites herbacées annuelles qui pousse dans les régions tropicales principalement en Afrique, y compris Madagascar, et secondairement en Asie. Elle est connue pour parasiter des espèces de la famille des Poaceae (graminées), en particulier le sorgho, le maïs, la canne à sucre et les millets (genre *Panicum*), mais peut aussi parasiter des espèces de la famille des Fabaceae telles que l'arachide, le niébé, le lablab et le soja. Le Striga se développant sur les racines des espèces hôtes, elle réduit leur développement et impacte les rendements.

Traitement : En expérimentation agronomique planifiée, un traitement correspond à toute combinaison de différentes modalités, niveaux ou variantes de facteurs étudiés. L'unité expérimentale est l'unité élémentaire qui reçoit un traitement et sur laquelle est faite chaque mesure.

Unité Fourragère Lait : Pour exprimer la valeur énergétique des aliments destinés aux animaux d'élevage (bovins, ovins, caprins, porcins, équidés), on utilise généralement les Unités Fourragères. Les UFL (Unités Fourragères Lait) concernent les ruminants à l'entretien ou en croissance modérée et les femelles en lactation.

À NOTER

Lorsque l'astérisque* est utilisé à la suite d'un mot dans les fiches, cela signifie que ce mot est défini dans ce glossaire.

Introduction

Dans le Sahel, l'insécurité alimentaire et nutritionnelle, conjoncturelle et structurelle, touche une grande partie de la population. Selon Oxfam, en 2018, près de 10 millions de personnes, dont 1,6 millions d'enfants, y souffraient de malnutrition aiguë, et l'extrême pauvreté y touche entre 40 et 50 % de la population de la zone. Les raisons de l'insécurité alimentaire sont multiples. Elles relèvent des faibles disponibilités et accessibilités des produits agricoles, en lien avec les mauvaises performances des systèmes de production : rendements faibles (<1 t/ha), pertes post-récolte élevées (>30%), conflits d'usage, ressources en eau insuffisamment valorisées pour le développement de systèmes irrigués, etc.

Dans toute cette région, les systèmes agricoles sont caractérisés par une forte vulnérabilité face à l'extrême variabilité du climat, une forte exposition des producteurs familiaux à des risques de diverses natures (climatiques, économiques, sanitaires, voire sécuritaires), un faible niveau de diversification des moyens d'existence, un accès limité aux moyens de production et des chaînes de valeurs agricoles peu favorables aux producteurs. Dans un contexte de forte croissance de la population (triplement pour l'ensemble du continent à l'horizon 2100), on assiste à une compétition pour les différents usages des terres agricoles et pastorales, une dégradation rapide des ressources naturelles (sols, eau, biodiversité) et l'abandon de certains périmètres d'irrigation.

Au cœur de la méthodologie proposée par ce projet se trouve l'intégration fine des apports scientifiques dans les trajectoires de développement, en lien étroit avec l'expérience concrète des acteurs de terrain. L'objectif est de rendre les producteurs agricoles et les zones rurales plus résilients face aux défis imposés par le changement climatique, en améliorant la gestion des ressources naturelles et en promouvant de nouvelles pratiques agricoles : les innovations agroécologiques.

Ces innovations, développées en tenant compte des réalités propres aux zones rurales ciblées, visent à poser les bases d'une agriculture durable et pérenne dans un contexte particulièrement sensible, marqué par des tensions climatiques et sociales en Afrique de l'Ouest.

Le projet a ainsi œuvré dans 3 contextes agroclimatiques :

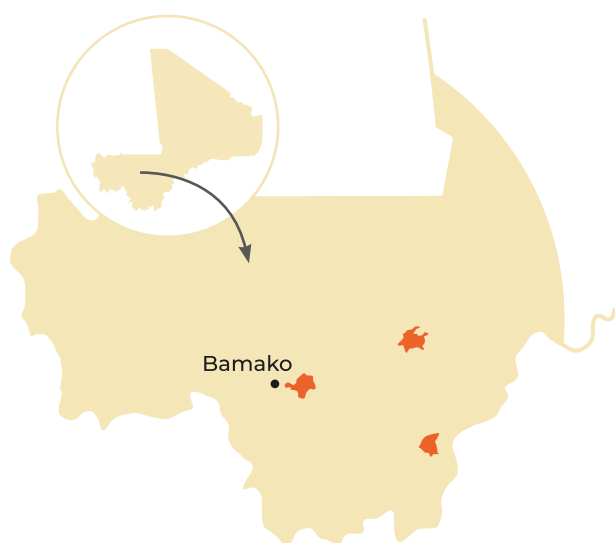
- dans **les zones maraichères irriguées** des Niayes (Sénégal) et de Baguineda (Mali),
- dans **les zones sub-humides** avec une forte prédominance de la culture cotonnière dans les Hauts Bassins du Burkina Faso, les régions de Sikasso (Mali) et Tambacounda (Sénégal),
- dans **les zones sèches** dans le Centre-Nord du Burkina Faso, les régions de Ségou (Mali) et du Bassin Arachidier (Sénégal).

Le Projet FAIR Sahel : Une contribution à l'intensification agroécologique au Sahel

Le projet FAIR Sahel repose sur une dynamique qui valorise les savoirs et l'expérience des producteurs locaux tout en s'appuyant sur les contributions méthodologiques, scientifiques et techniques des acteurs de la recherche et du développement. Ce projet se distingue par sa volonté de questionner et de renforcer les interactions ainsi que les processus collectifs entre les parties prenantes, aussi bien d'Afrique de l'Ouest que d'Europe, afin de favoriser l'émergence et la pérennisation d'innovations agroécologiques en milieu rural.



Zones d'intervention du projet FAIR Sahel au Sénégal



Zones d'intervention du projet FAIR Sahel au Mali



Zones d'intervention du projet FAIR Sahel au Burkina Faso

Le projet a travaillé sur différents types d'innovations agroécologiques, visant à l'intensification durable de la productivité agricole. Les leviers mobilisés dans les zones d'intervention sont l'intégration agriculture-élevage (valorisation des co-produits, production de fourrage et mobilisation de la matière

organique), la biodiversité cultivée (associations et rotations de culture, diversification des espèces cultivées), la gestion intégrée de la fertilité du sol (aménagements de conservation des eaux et des sols, apports de fertilité), et la gestion écologique des ravageurs (biopesticides, cultures pièges).

Les engrais minéraux associés aux pratiques agroécologiques

Dans une démarche d'intensification, les fertilisants minéraux jouent un rôle essentiel pour améliorer les rendements agricoles en Afrique subsaharienne. Au-delà des débats sur leur nécessité, la fragilité de la plupart des sols dans cette région, parfois exacerbée par leur épuisement en nutriments, rend difficile la satisfaction des besoins azotés pour des rendements de culture élevés uniquement par des méthodes agroécologiques (fixation d'azote par les légumineuses et recyclage du fumier). De même, des éléments importants et parfois rares comme le phosphore et le potassium doivent être renouvelés en continu. Bien utilisés, les fertilisants minéraux ont un impact environnemental limité et, combinés aux pratiques agroécologiques, ils permettent d'améliorer durablement la productivité agricole (Falconnier *et al.* 2023). Ainsi, le projet FAIR Sahel a fait le choix de travailler également sur des pratiques intégrant des apports d'engrais minéraux, travaillant sur les doses à appliquer pour optimiser leur complémentarité avec des apports organiques et les gains associés sur les sols et les plantes.

Un dispositif expérimental innovant

Dans les zones d'intervention du projet FAIR Sahel, un dispositif expérimental a été mis en place avec plusieurs éléments complémentaires. Le **champ central**, installé dans un lieu accessible à la communauté agricole, présente des essais de diverses innovations agroécologiques, choisies pour répondre aux défis et aux opportunités identifiés par les producteur.rices lors des ateliers de diagnostic. Les traitements expérimentaux y sont maintenus, en grande partie, chaque année, permettant une évaluation dans des conditions climatiques diverses, mais incluent aussi des adaptations demandées par les producteur.rices d'année en année.

En complément, des **champs d'adaptation**, ou « **champs satellites** », sont mis en place directement par les producteur.rices. En se basant sur leurs observations dans le champ central, les producteurs testent les options qu'ils jugent prometteuses dans leurs propres exploitations.

Ils sont libres d'adapter ces pratiques à leur convenance. Par ailleurs, dans certaines zones, des **essais multi-locaux**, pilotés par des chercheurs, ont été intégrés dans les champs des producteur.rices afin de tester la performance de certaines options dans diverses conditions agroécologiques.

Enfin, des expérimentations en **station de recherche** ont été menées, permettant d'obtenir des résultats de performance de certaines innovations en milieu contrôlé, et servant de base d'échange lors de visites avec des producteur.rices.

Ces différentes composantes du dispositif expérimental de FAIR Sahel créent ainsi des espaces d'échange entre producteur.rices, organisations agricoles, services techniques et chercheurs, pour avoir les points de vue sur les performances des innovations agroécologiques, les défis à leur mise en place, leur capacité à répondre aux contraintes pédologiques et climatiques, etc.



1 INTÉGRATION AGRICULTURE - ÉLEVAGE

Valorisation des co-produits	12
Sorgo, niébé et arachide pour l'intensification de l'élevage.....	12
Les variétés de sorgho à double usage.....	25
Production de fourrages	35
Production d'espèces fourragères pour l'alimentation du bétail.....	35



VALORISATION DES CO-PRODUITS



Sorgho, niébé et arachide pour l'intensification agroécologique

AUTEURS : Issa Sawadogo, Souleymane Ouédraogo et Baba Ouattara (INERA).

Crédits photos de la fiche : Sawadogo Issa, Ouédraogo Ismaël, Sawadogo Hamidou, Sodré Etienne / INERA

L'expérience des cultures fourragères n'est pas nouvelle au Burkina Faso, avec l'introduction et la diffusion de plusieurs espèces fourragères dans les dernières décennies (Siratro, Pois d'Angole, Dolique, etc.). Mais les résultats de ces introductions sont mitigés pour plusieurs raisons : (i) pratique inhabituelle pour les agro-pasteurs ; (ii) charge de travail et besoin en main-d'œuvre supplémentaires ; (iii) indisponibilité et coûts des semences ; (iv) destruction par les animaux en divagation, etc.

Il a donc été décidé dans le cadre du projet FAIR Sahel de proposer également des solutions pour l'alimentation du bétail à partir des co-produits* des cultures principales pour enrichir la disponibilité fourragère en saison sèche sans porter préjudice à la sécurité alimentaire.

Caractéristiques des zones d'étude

L'innovation a été testée et diffusée dans 3 communes rurales de la zone sèche du Burkina Faso, avec dans la région du Centre Nord la commune de Korsimoro ; la commune d'Arbollé dans la région du Nord ; et dans la région du plateau central, la commune de Nagréongo.

Dans ces communes, la plupart des ménages ruraux pratiquent à la fois l'agriculture et l'élevage. Un bon nombre d'entre eux pratiquent l'élevage intensif (embouche ovine et bovine) de petits effectifs destinés à être vendus au marché et consommés pour les fêtes.



Localisation des zones d'étude, Burkina Faso

Problématiques des zones

Les enquêtes diagnostiques réalisées en 2020 par l'équipe du projet FAIR Sahel dans les communes d'intervention ont montré que les activités d'élevage sont soumises à de nombreuses contraintes, en particulier, en saison sèche, l'insuffisance en quantité et en qualité de la biomasse fourragère naturelle. En conséquence, l'entretien des animaux en cette saison est contraignant pour les ménages d'agro-pasteurs et la productivité (viande, lait) reste faible. De surcroît, il est difficile pour eux d'envisager l'intensification de leur élevage (embouche) ce qui nécessite des aliments de haute qualité nutritive.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Au regard des difficultés observées pour l'introduction et la diffusion des plantes fourragères et les besoins liés à l'alimentation du bétail en saison sèche, le projet est parti de l'hypothèse que les cultures à double usage pouvaient répondre en partie à ces problématiques grâce à une double valorisation de la production : d'un côté, les produits de la récolte pour la consommation du ménage (grains/graines) et de l'autre les co-produits pour l'alimentation des animaux (tiges, fanes, etc.). Cette caractéristique pourrait constituer un facteur motivant pour encourager les ménages agricoles à produire pour l'alimentation de leur bétail.

Le projet a donc choisi d'accompagner les producteur.rices vers ce nouveau type de production en partant de leurs pratiques habituelles. Pour cela, il a proposé différents types de céréales et légumineuses

Avantages de l'innovation :

- adaptée aux régions chaudes, arides et semi-arides
- adaptée aux problématiques foncières et au manque de main-d'œuvre
- une culture pour deux productions, l'une pour l'alimentation humaine, l'autre pour l'alimentation du bétail
- permet de réaliser des économies dans les charges d'alimentation des animaux d'embouche

à double usage avec une sélection de variétés adaptées : 1) pour les céréales, Sorgho ICSV 1049, Sorgho Grinkan et mil fourrager ; 2) pour les légumineuses, Arachide SH470P, Niébé K VX 745-11P et Niébé IS 5874F. Des tests adaptatifs ont été réalisés sous contrôle des chercheurs avec une forte implication des producteur.rices, puis ces derniers ont pu reproduire les résultats dans leurs propres champs.

Le choix des variétés a été réalisé de manière participative lors d'ateliers communaux de planification, mais aussi lors d'entretiens individuels. Parmi les 6 possibilités proposées, le choix s'est porté sur le sorgho ICSV, l'arachide, le niébé IS et le niébé 11P.

Dispositif expérimental

Pour la mise en place du site expérimental, un labour à la charrue à traction animale a été réalisé pour préparer le sol, puis un piquetage* pour délimiter le site avec ses parcelles d'expérimentation.

Le site d'expérimentation est d'une superficie d'un peu plus de 8 ares (19 m x 43,5 m) et est composé de 4 blocs d'expérimentation. Chaque bloc est composé de 8 parcelles d'une taille de 20 m², espacées de 50 cm dans les lignes et de 1 m entre les lignes (voir Figure 1).



Figure 1 : Agencement du site expérimental avec les différentes parcelles d'expérimentation.

Le dispositif expérimental comprend :

- un essai en champ central*, avec un dispositif en blocs de Fischer randomisé avec 8 traitements* et 4 répétitions avec : T1 = *Mucuna deeringiana* ; T2 = Niébé KVX 745-11P ; T3 = Niébé IS 5874F ; T4 = Arachide SH 470P ; T5 = Sorgho ICSV ; T6 = Niébé Tiligré ; T7 = Jachère (témoin) et T8 = *Brachiaria ruziziensis*. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 20 m² (4 m x 5 m) ;
- des champs satellites*, chez des producteur.rices volontaires, pour produire les variétés retenues de sorgho, de niébé et d'arachide dans des parcelles d'environ ¼ d'hectare.

À NOTER

Mucuna deeringiana (légumineuse) et *Brachiaria ruziziensis* (graminée) sont deux plantes herbacées localement utilisées comme fourrage. Les résultats des traitements T1, T6, T7 et T8 ne sont pas présentés ici.

Description technique de l'innovation

D'une manière générale, l'innovation utilise du matériel et des équipements qui sont déjà présents au sein des exploitations : houe, daba, mortier et pilon, pulvérisateur, machette, etc. L'innovation ne doit pas représenter de coûts supplémentaires pour les producteur.rices.

Semis (et resemis*)

Le semis des différentes céréales et légumineuses sélectionnées est réalisé rapidement à la suite du labour pour éviter que le sol ne sèche. Au préalable, un rayonnage est effectué pour matérialiser les espacements interlignes et inter-poquets car les espacements diffèrent en fonction des variétés :

- **Sorgho ICSV** : 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets sur la ligne
- **Niébé (11P et IS)** : 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets sur la ligne
- **Arachide** : 50 cm entre les lignes et 15 cm entre les poquets sur la ligne

Pour 1 ha de chaque culture, les besoins en semences sont de : 10 kg pour le sorgho, 50 kg pour l'arachide et entre 12 et 14 kg pour le niébé (quelle que soit la variété).

En fonction du régime des pluies, et donc des levées de semis - tardifs ou non - il est possible d'effectuer le resemis* de complément entre 10 à 15 jours après semis (JAS), là où les semences n'ont pas germé.

Entretien des cultures

Deux sarclages à la daba sont nécessaires pour assurer la bonne croissance des plants, aux 14^e et 45^e jours après semis (JAS).

Pour la protection des cultures contre les ravageurs, une préparation à base de poudre de margousier ou de neem (*Azadirachta indica*) est confectionnée et appliquée au moment du second sarclage.

À NOTER

D'ordinaire, lorsque les cultures sont attaquées, les producteur.rices utilisent des pesticides de synthèse. L'utilisation d'un biopesticide naturel est donc une innovation. Le neem est d'ailleurs souvent mal valorisé alors qu'il est naturellement présent dans ces zones.

Le biopesticide à base de neem, principalement utilisé pour les cultures de niébé, est préparé en mélangeant 500 g de poudre de neem avec 10 L d'eau. Cette quantité de solution permet de traiter en préventif 400 m² de surfaces cultivées. Il faut environ 12,5 kg de poudre de neem pour traiter 1 ha.

La poudre de neem est obtenue par broyage de l'amande contenue dans les graines des fruits, mais peut aussi être achetée localement déjà préparée.

Il est conseillé de réaliser les traitements 2 fois dans le cycle : avant la floraison et avant la formation des graines. Des traitements à la demande peuvent être nécessaires selon les saisons.



Saisons	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saison des pluies												
Saison sèche												
Cultures (durée des cycles)												
Sorgho (105 jours)	C	C	C	C	C	P	L/Se/Sa	Sa		R	C	C
Niébé 11P (70 jours)	C	C	C	C	C	P	L/Se/Sa	Sa	R	C	C	C
Niébé IS (70 jours)	C	C	C	C	C	P	L/Se/Sa	Sa	R	C	C	C
Arachide (90 jours)	C	C	C	C	C	P	L/Se/Sa	Sa		R	C	C

Légende P : Préparation du terrain - L : Labour - Se : Semis - Sa : Sarclage - R : Récolte - C : Conditionnement

Figure 2 : Calendrier des opérations culturales

Conditionnement

La biomasse fourragère est récoltée après celle des gousses/épis arrivés à maturité. Les fanes des légumineuses (niébé, arachide) et les tiges de sorgho fauchées sont tout d'abord séchées pendant une à deux journées au soleil avec des retournements fréquents, puis transférées à l'ombre jusqu'à assèchement total (pré-fanage et fanage). A partir de là, elles sont conditionnées en bottes puis stockées dans des granges/fenils ou sous des hangars. Le fourrage ainsi préparé et stocké demeure vert contrairement aux formes traditionnelles de stockage (dans les arbres ou sur les toits).



Fenil pour le stockage des fanes

Il est utilisé quelques mois plus tard pour la gestion de la soudure ou pour des opérations d'embouche.

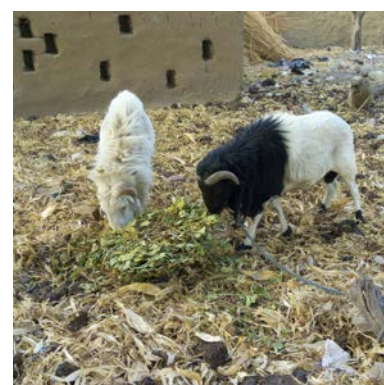
La durée du conditionnement est variable et va dépendre du degré d'utilisation du stock constitué. Elle peut s'étendre de la récolte (octobre) jusqu'à la fin de la saison sèche (mai).



Fauche du sorgho



Mise en botte



Alimentation du bétail

Résultats technico-économiques

Les résultats technico-économiques de l'innovation ont été mesurés au niveau des parcelles d'expérimentation (champ central) mais également sur deux parcelles individuelles témoins des producteurs (champs satellites).

1. Parcelles d'expérimentation

Résultats techniques : productivité

Les résultats techniques portent sur la productivité des cultures, considérant les deux types de produits - les grains pour la consommation humaine et les fanes/tiges pour l'alimentation animale. L'indicateur utilisé est le rendement, exprimé en kilogramme de matière sèche par hectare (kg MS/ha).

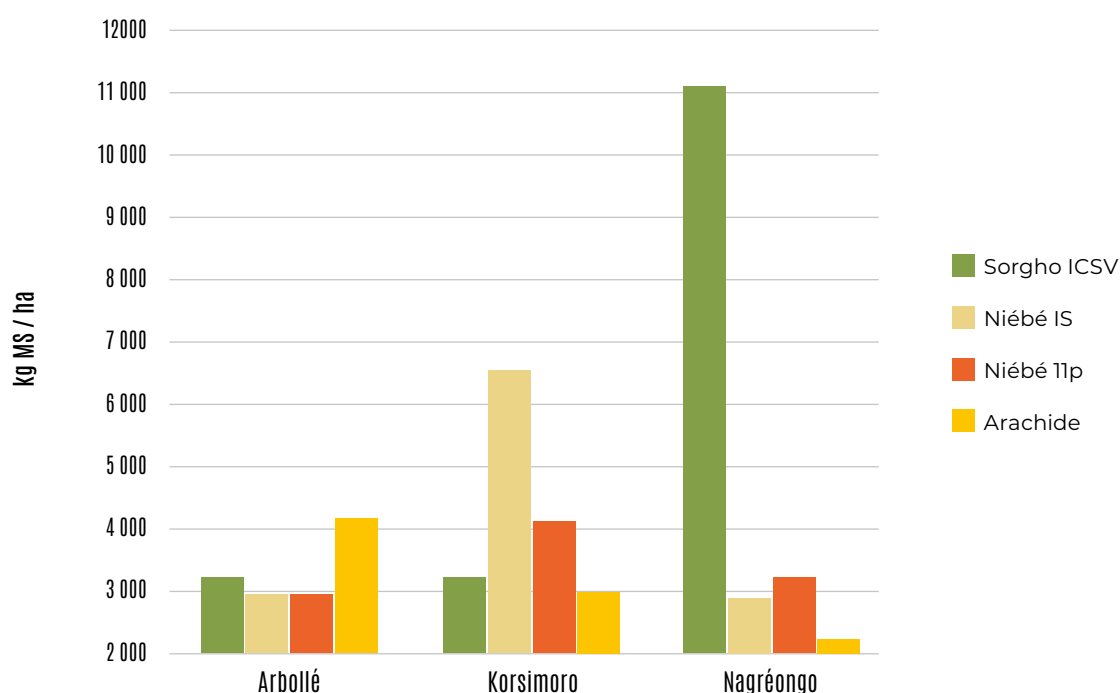


Figure 3 : Quantité moyenne de biomasse fourragère (fanes/tiges) produite à l'hectare (kg MS/ha) pour chaque culture (octobre 2022)

Ces rendements de biomasses végétales sont globalement intéressants, voire parfois exceptionnels au regard des référentiels techniques ou expérimentaux de ces variétés, obtenus dans des conditions agroécologiques similaires (données référentiels techniques : 3 231 kg MS/ha pour le niébé IS ; entre 1 028 - 1 752 kg MS/ha pour le niébé 11p ; et 1 029 - 1 860 kg MS/ha pour le sorgho ICSV).

Les rendements sont meilleurs à Arbollé pour l'arachide, et à Korsimoro, pour le niébé. Le sorgho s'est mieux comporté dans la commune de Nagréongo alors qu'ailleurs les rendements sont en deçà des performances espérées.

A Korsimoro, un épisode de sécheresse avec un arrêt brusque des pluies a été préjudiciable au développement des cultures, en limitant notamment la production en grains.



Parcelle d'arachide, Arbollé



Parcelle de niébé, Korsimoro

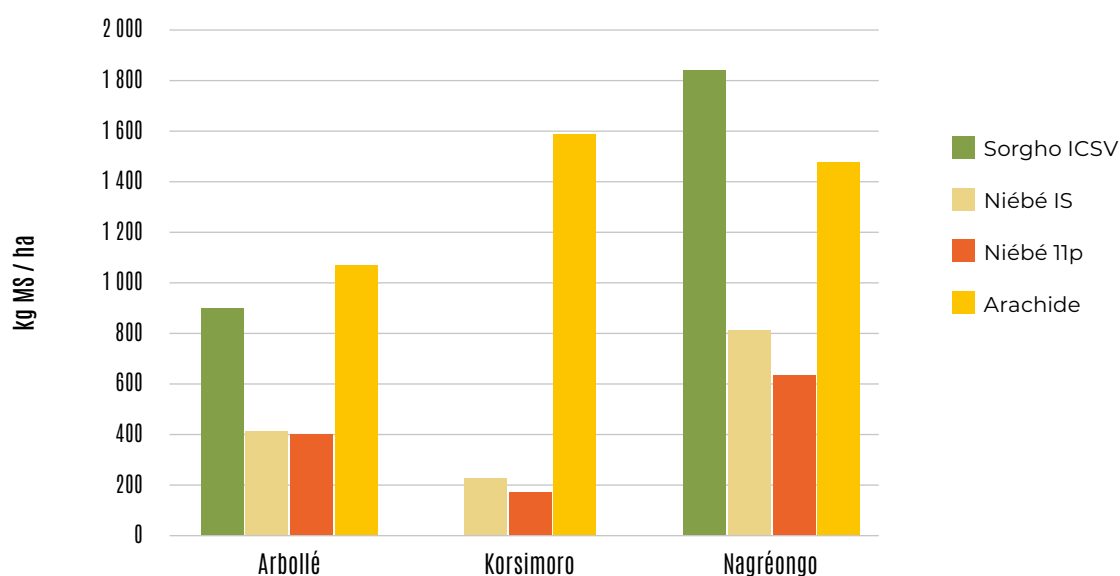


Figure 4 : Quantité moyenne de grains produits à l'hectare (kg MS/ha) pour chaque culture (octobre 2022)

Au regard des références techniques ou expérimentales de ces variétés, les résultats sur les rendements grains sont mitigés. Pour l'arachide, les rendements grain sont dans la norme, voire légèrement au-dessus (référence moyenne à 1 475 kg MS/ha), sauf dans la commune d'Arbolle où les rendements plus faibles s'expliquent par des sols de moindre qualité dans les parcelles allouées au champ central. Concernant le niébé IS, les rendements sur les 3 communes sont largement en dessous des références (1 112 kg MS/ha pour le niébé IS), mais au-dessus à Arbolle et Nagréongo pour le niébé 11p (327 kg MS/ha).

Dans la commune de Korsimoro, l'arrêt brusque des pluies en octobre n'a pas permis la maturation des panicules de sorgho.



Parcelle de sorgho, Nagréongo

Résultats économiques : rentabilité

Les résultats économiques portent sur la rentabilité de la production de l'innovation à travers un indicateur : la marge brute. Les produits (grains) et les co-produits des cultures (fanes/tiges) sont inclus dans ce calcul économique.

Tableau 1 : Marge brute (produits moins coûts de production sans prise en compte de l'amortissement) par culture sur le site expérimental d'Arbollé (estimation pour 0,25 ha pour chaque culture) - Campagne agricole de juin-octobre 2022

Culture	Types de dépenses	Prix total (FCFA)	Types de produits	Prix total (FCFA)	Marge brute (FCFA)
Niébé 11p	Main-d'œuvre (pour préparation, labour, semis, sarclage, application biopesticide, récolte et conditionnement)	99 000	Grains	312 000	465 250
	Semences	24 000	Fanes	295 000	
	Biopesticides (6 applications)	18 750			
Niébé IS	Main-d'œuvre (pour préparation, labour, semis, sarclage, application biopesticide, récolte et conditionnement)	99 000	Grains	319 020	473 570
	Semences	24 000	Fanes	296 300	
	Biopesticides (6 applications)	18 750			
Sorgho ICSV	Main-d'œuvre (pour préparation, labour, semis, sarclage, application biopesticide, récolte et conditionnement)	99 000	Grains	202 500	172 070
	Semences	10 000	Tiges	97 320	
	Biopesticides (6 applications)	18 750			
Arachide	Main-d'œuvre (pour préparation, labour, semis, sarclage, application biopesticide, récolte et conditionnement)	99 000	Grains	322 200	470 750
	Semences	150 000	Fanes	416 300	
	Biopesticides (6 applications)	18 750			

Tableau 2 : Comparaison de la marge brute totale (somme des 4 cultures) réalisée sur les 3 sites expérimentaux (estimation pour 1 ha) - Campagne agricole de juin-octobre 2022

Communes	Total des dépenses (FCFA)	Total des recettes pour grains (FCFA)	Total des recettes pour fanes (FCFA)	Marge brute (FCFA)
Arbollé	679 000	1 155 720	1 104 920	1 581 640
Korsimoro	451 530	791 040	1 468 840	1 808 350
Nagréongo	659 805	1 990 605	1 175 390	2 506 190

Ce calcul de marge brute a été réalisé sur les 3 dispositifs expérimentaux et donne des résultats différents. Le site de Korsimoro réalise une meilleure marge que celui d'Arbollé malgré un total de recettes en grains bien inférieur (absence de récolte de sorgho) mais grâce à une meilleure production en biomasse et surtout des coûts de production (dépenses) plus faibles. En effet, sur le site de Korsimoro, les frais en biopesticides ont été bien inférieurs aux autres sites (10 000 FCFA au lieu de 75 000 FCFA sur les autres sites) du fait de l'absence d'infestation sur les cultures. Par ailleurs, la charge en main-d'œuvre (nombre d'hommes/jour) a été inférieure aux autres sites, avec un total de 180 h/j pour Korsimoro contre 192 h/j à Arbollé et à Nagréongo. A Korsimoro, une meilleure organisation et un engagement plus grand des producteur.rices dans la conduite des différentes opérations culturales ont permis une économie de temps dans la mise en œuvre des activités comparativement aux autres sites.

Le site de Nagréongo est celui qui enregistre les meilleurs résultats économiques, avec une marge bien supérieure aux deux autres sites, en particulier grâce à une meilleure production en grains.

À NOTER

Les charges présentées dans ces calculs économiques ne comprennent pas les coûts amortis de la construction d'un dispositif de stockage. Elles n'incluent pas non plus le matériel de conditionnement. En effet, pour cette expérimentation, il n'y a pas eu d'investissement et les producteur.rices ont utilisé les moyens déjà à leur disposition.

2. Parcelles individuelles témoins

Au niveau des parcelles individuelles (champs satellites), les résultats technico-économiques présentés ici ont été collectés chez 2 producteurs, un à Arbollé et un à Korsimoro. Chez ces deux producteurs, les résultats technico-économiques ont été meilleurs que sur les sites du dispositif expérimental du même village. A Nagréongo, il n'a pas été possible de mettre en place de parcelles individuelles faute d'espace disponible de taille suffisante (au moins 250 m²/spéculation/producteur).

Tableau 3 : Comparaison de la marge brute réalisée sur 2 parcelles individuelles témoins (estimation pour 1 ha) - Campagne agricole de juin-octobre 2022

Communes	Total des dépenses (FCFA)	Total des recettes pour grains (FCFA)	Total des recettes pour fanes (FCFA)	Marge brute (FCFA)
Arbollé	236 390	1 571 700	1 608 500	2 943 810
Korsimoro	440 500	3 502 500	750 000	3 812 000

Les résultats des parcelles individuelles sont meilleurs que ceux des parcelles expérimentales (à l'exception de la biomasse fourragère dans la commune de Korsimoro).

Ces résultats s'expliquent par la combinaison de plusieurs facteurs :

- L'usage de meilleures terres pour les parcelles individuelles par rapport aux terres dédiées au dispositif expérimental. Cela est surtout très net pour la commune d'Arbollé où les terres du dispositif étaient très encroutées ;
- Le non enregistrement de certains temps de travail par les producteurs lors des entretiens de reconstitution, entraînant une légère sous-estimation des charges en hommes/jour ;
- L'apport d'amendements organiques sur les parcelles individuelles de Korsimoro, non comptabilisées dans les coûts, mais qui a permis des rendements plus élevés. Au contraire, sur le site expérimental de Korsimoro, les relevés de biomasse peuvent être sous-estimés de par la divagation des animaux constatée dans cette communauté.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

L'innovation a été diffusée auprès des producteur.rices de trois manières :

- via un processus d'apprentissage collectif au niveau des sites expérimentaux (champs centraux) qui a concerné 30 producteur.rices (22 hommes et 8 femmes) ;
- via l'accompagnement à la mise en place de 18 champs individuels (12 champs d'hommes et 6 de femmes) ;
- via le dispositif de co-évaluation à mi-campagne afin d'apprécier collectivement le développement des cultures (visites sur site) et noter les préférences.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

La co-évaluation a concerné seulement les parcelles expérimentales et a regroupé les hommes et les femmes impliqués dans le processus. Elle a été organisée en deux temps : lors de la période de plein développement des cultures (fin août - début septembre), puis pendant la période de maturation des cultures (octobre).

Au total, 86 personnes (52 hommes et 34 femmes) ont été impliquées (40 à Korsimoro, 30 à Arbolé et 16 à Nagréongo).

Chaque participant devait choisir les 3 meilleurs traitements parmi l'ensemble des 8 traitements et justifier leurs choix suivant ses critères propres (bon port végétatif, contribution à la sécurité alimentaire, gestion de la fertilité des sols, bonne production de biomasse, etc.). La somme des choix a ensuite été faite pour chaque traitement, pour le groupe des hommes et pour celui des femmes, afin de déterminer les préférences de chaque groupe.

Tableau 4 : Restitution des appréciations données par les producteur.rices lors du processus de co-évaluation - octobre 2022

Commune	Hommes		Femmes	
	Choix	Explications	Choix	Explications
Arbolé	1) Niébé IS	- Bon feuillage, dont les feuilles ne chutent pas - Bien pour l'alimentation humaine - Résidus des gousses bons pour les animaux	1) Niébé 11P	- Donne un peu de grains et bon fourrage - Feuilles ne chutent pas - Bon feuillage - Précoce et aide pour la soudure
	2) Arachide	- Biomasse en quantité et de qualité - Revenu substantiel	2) Arachide	- Double usage - Permet d'avoir des revenus
	3) Niébé 11P	- Gestion de la soudure - Biomasse de qualité - Revenus monétaires	3) Niébé IS	- Sécurité alimentaire - Bonne biomasse
Nagéongo	1) Sorgho ICSV	- Sécurité alimentaire (grain) - Biomasse en quantité	1) Sorgho ICSV	- Nourrir la famille et les animaux - Biomasse en quantité
	2) Arachide	- Double gain - Biomasse en quantité et de qualité	2) Arachide	Fourrage vert de qualité
	3) Niébé IS	Revenu	3) Niébé 11P	Revenu substantiel

Les appréciations que les producteurs et productrices ont des cultures à double usage, consignées dans le tableau ci-dessus, portent essentiellement sur (i) leurs capacités à subvenir aux besoins alimentaires à la fois des humains et des animaux, notamment leur forte contribution à la gestion de la soudure (le niébé produit précocement au moment où le stock alimentaire des ménages est épuisé), et (ii) les revenus que ces cultures procurent, en particulier pour l'arachide et le niébé qui sont en grande partie des cultures de rente.



Co-évaluation, Arbollé

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation d'intensification agroécologique testée et diffusée ont été menées en mai 2024 avec 24 producteur.rices (12 hommes et 12 femmes) du village de Soundogo, dans la commune de Korsimoro. Parmi eux, 11 avaient reproduit l'innovation au sein de leurs exploitations.



Focus group Hommes, Soundogo

Connaissances préalables des producteur.rices

Dans le village de Soundogo, l'utilisation des tiges et fanes des cultures vivrières et des légumineuses pour l'alimentation des animaux est une pratique courante pour l'embouche des ovins et des bovins. Les cultures utilisées d'ordinaire sont le sorgho (Balinga) ; le niébé (Benga-raaga) et l'arachide (appelé Ballolé ou Nangourri Moaga selon la variété). Les itinéraires techniques pour la mise en place de ces cultures sont les mêmes entre la pratique traditionnelle et la pratique réalisée au sein du dispositif expérimental. En revanche, les traitements à base de neem pour protéger les cultures contre les parasites, en particulier le niébé, constituaient une nouveauté pour les producteur.rices.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

D'une manière générale, toutes les cultures et variétés testées ont été très appréciées par les producteur.rices car elles produisent davantage de feuilles que les variétés traditionnelles, en offrant à la fois des grains pour la consommation humaine et du fourrage pour les animaux. Les personnes enquêtées témoignent que les grains sont savoureux et le fourrage très apprécié par le bétail. De plus, ces variétés contribuent à l'enrichissement du sol en azote et ont l'avantage d'avoir un cycle court, ce qui leur permet un développement au cœur de la saison des pluies.

Les inconvénients de ces variétés, en particulier de niébé, pour les producteur.rices sont qu'elles sont plus sensibles aux maladies et ravageurs (ce qui nécessite plus de traitements phytosanitaires) et que leurs semences ne sont actuellement pas disponibles dans leur village. Mais les producteur.rices ont exprimé une satisfaction générale à l'égard de l'alternative proposée au travers du traitement biopesticide à base de neem. Les hommes ont souligné son caractère pertinent et efficace, ainsi que son avantage d'être non chimique et moins coûteux. Les femmes, de leur côté, ont également loué l'aspect naturel et l'efficacité du traitement. Elles ont particulièrement apprécié son plus faible impact pour la santé et son efficacité pour repousser les insectes indésirables. Les seules perceptions négatives ont concerné la forte odeur dégagée par le biopesticide et le travail minutieux demandé pour sa préparation.

Parmi les personnes enquêtées ayant reproduit l'innovation, deux producteurs, ayant cultivé le sorgho ICSV, l'arachide et le niébé 11P, ont constaté des rendements inférieurs à ceux du champ central, mais qu'ils expliquent soit par la nature de leur sol (caillouteux), soit par un défaut de suivi et d'entretien du

champ. En revanche, un producteur s'étant consacré uniquement au sorgho ICSV a affirmé avoir eu des rendements supérieurs grâce aux engrais (NPK, urée et fumure organique) qu'il a apportés et qui n'ont pas été appliqués à ces doses dans le champ central.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Concernant l'accès aux facteurs de production pour la mise en place de l'innovation, la disponibilité de la main-d'œuvre peut s'avérer un point bloquant, notamment en cas de conflit d'agenda entre la nécessité de s'occuper des cultures vivrières (grands champs) et des cultures fourragères. La priorité est généralement accordée aux premières.

En revanche, les femmes comme les hommes n'ont pas souligné de frein particulier concernant la disponibilité foncière. Cependant, il convient de noter que sur leurs champs individuels, les femmes préfèrent en général les variétés plus productives en grains qu'en fanes. Bien qu'elles disposent aussi de petits ruminants (moutons et chèvres), elles peuvent compter sur les résidus de cultures des grands champs pour nourrir leurs animaux en période de soudure (mars-juin) ou pour l'embouche.

En ce qui concerne l'accès aux variétés proposées par les dispositifs expérimentaux, hommes et femmes les jugent disponibles à Korsimoro, Kaya et Ouagadougou, mais pas localement, à l'exception d'une variété spécifique cultivée par un producteur influent, à savoir le sorgho ICSV. Les producteur.rices affirment être capables de reproduire ces semences, mais pour le moment, la reproduction de l'innovation n'a été réalisée qu'avec des semences fournies par le projet FAIR Sahel.

Une difficulté persiste, celle de la conservation des fanes/tiges provenant des cultures. En effet, les exploitations agricoles familiales ne disposent pas d'endroit adéquat pour les stocker à l'abri du soleil et de la pluie. Ils ont l'habitude de les stocker dans les arbres, ce qui entraîne une détérioration de leur qualité en raison de l'exposition au soleil et à la pluie, une potentielle pourriture et les attaques du fourrage par les termites.

Dispositif d'appui

Les producteur.rices qui ont collaboré avec le projet ont exprimé une appréciation globalement positive à l'égard de l'innovation présentée, soulignant son caractère concret et pratique. Ils ont montré un vif intérêt pour les différentes options proposées et ont été convaincus de l'efficacité de la méthode par site expérimental (champ central) pour les essais et l'apprentissage. Cependant, des inquiétudes ont été soulevées quant à la protection des cultures contre les animaux, étant donné l'absence de grillages autour du site pour assurer cette protection.

Leviers pour la diffusion :

- Variétés plus productives en biomasse
- Forte appétence du bétail pour les fanes/tiges et des ménages pour les grains
- Cycles plus courts permettant de mieux résister aux périodes de sécheresse
- Des itinéraires techniques simples, connus et maîtrisés par les producteur.rices

Freins à la diffusion :

- Variétés demandant un contrôle phytosanitaire et des traitements plus fréquents
- Semences des variétés testées non disponibles localement
- Pas d'espace de stockage convenable pour les fanes/tiges

Conclusion

Les résultats des innovations proposées pour les cultures à double usage sont intéressants et ont été fortement appréciés des producteurs et productrices. L'image positive qui se construit autour de ces cultures réside dans les bons rendements obtenus avec un faible recours aux engrais, ce qui rend l'innovation relativement plus accessible. Dans un contexte où l'arbitrage dans l'allocation des terres et de la main-d'œuvre au sein des ménages des trois communes est problématique, ces cultures constituent une alternative intéressante. Leur adoption, bien que timide, est déjà effective au sein de quelques exploitations, avec quelques adaptations (par exemple, 70 cm entre les lignes de sorgho au lieu des 80 cm préconisés par la recherche). Par ailleurs, pour faire face à certaines contraintes comme l'accès aux semences (disponibilité et coût), quelques producteurs ont pu recourir aux semences des récoltes antérieures.

Pour aller plus loin

- Obulbiga M.F., Bougouma V., Sanon H.O, 2015. **Amélioration de l'offre fourragère par l'association culturale céréale-légumineuse à double usage en zone nord soudanienne du Burkina Faso**, Int. J. Biol. Chem. Sci. 9 (3) : 1431-1439
- Toé A., Sanon H.O, Obulbiga M.F, Bougouma V. M. Chr., 2022. **Amélioration du disponible fourrager par différents modes de cultures de sorgho et de niébé à double objectif**, Journal of Animal & Plant Sciences, Vol.54 (1) : 9808-9821
- Tensaba R. S., KIEMA A., ZONGO M., GNANDA B. I., 2022. **Evaluation d'une démarche participative d'insertion des cultures fourragères dans deux villages sites de la Région du Centre-Nord du Burkina Faso**, Afrique SCIENCE 20 (3) (2022) 41 - 54
- Zoungrana S. R., Ouedraogo S., Sib O., Bougouma-Yameogo V. M. C., Fayama T., Kalifa Coulibaly K., Berre D., Assouma M.H., Vall E., 2023. **Recycling crop and livestock co-products on agro-pastoral farms for the agroecological transition: more than 60% potentially recoverable in western Burkina Faso**, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2023 27, 270-283

VALORISATION DES CO-PRODUITS



Les variétés de sorgho à double usage

AUTEURS : Salifou Sissoko et Mohamed Doumbia (IER), Michel Vaksman (Cirad).

Crédits photos de la fiche : Mamoutou Kouressy, Salifou Sissoko et Niaba Témé / IER Mali

Au Mali, l'augmentation du cheptel et l'urbanisation rapide exercent une pression considérable sur les pâturages conduisant les producteur.rices à utiliser les résidus agricoles pour nourrir les animaux. Cette tendance s'est récemment accélérée dans les zones périurbaines en raison du développement rapide des centres urbains et de la demande croissante de la population en produits d'élevage. L'amélioration du sorgho a initialement cherché à favoriser la production du grain au dépend de la paille en développant des variétés très précoces et de tailles très courtes. Cette orientation a débouché sur des taux d'adoption extrêmement faibles. Il a donc été décidé de changer d'orientation et de valoriser l'expertise des producteurs soudano-sahéliens qui, au fil des générations, ont développé des variétés bien adaptées à des sols et des climats contraignants. C'est ce qui a mené l'IER à utiliser les cultivars des paysans pour développer des variétés à double usage, le grain destiné à l'alimentation humaine et la paille utilisée comme fourrage. Des essais multi-locaux* participatifs ont été réalisés en 2018 et 2019 pour trois nouvelles variétés dans les zones centre et sud du Mali selon les isohyètes* 600, 800 et 1000 mm. Les meilleures variétés ont été homologuées en 2021 et cette même année, le projet FAIR Sahel a pris le relais pour contribuer à l'adoption des nouvelles variétés.

Caractéristiques des zones d'étude

Les activités de diffusion des nouvelles variétés ont été réalisées dans les zones d'intervention du projet FAIR Sahel : la commune de Cinzana, dans le cercle de Ségou ; et la commune de Kléla, dans le cercle de Sikasso.

Dans ces deux zones, l'élevage est diversifié avec des bovins, des ovins et des caprins, des équins et des asins, des porcins, ainsi que de la volaille.

L'élevage des petits ruminants et de la volaille est utilisé comme réserve financière qui sert pour les événements imprévus.

La commune de Cinzana a une moyenne annuelle des précipitations de 700 mm pour une durée moyenne de saison des pluies de 80 jours. Les systèmes de culture sont principalement basés sur les céréales sèches telles que le mil et le sorgho. La commune de Kléla est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 945 mm pour une durée de saison des pluies de 120 jours. Les systèmes de culture principaux sont basés sur le coton associé avec des céréales telles que le maïs, le mil et le sorgho.

Trois variétés de sorgho à double usage ont été diffusées dans ces communes : « Pinpélé » (bien remplie) ; « Tiorilé » (grains entassés) ; et « Wilibalis » (sans contestation)¹.



Localisation des zones d'étude, Mali

Problématiques des zones

Au Mali, les céréales constituent la principale source d'alimentation de la population. Le sorgho est l'une des céréales les plus cultivées et les plus consommées. Les caractéristiques du sorgho, par rapport aux autres céréales cultivées au Mali, en font un bon candidat pour la production en quantité d'un fourrage de qualité. Toutefois, la qualité des pailles des sorghos locaux de grande taille est médiocre en raison de fortes teneurs en lignine des tiges. La qualité des pailles des sorghos améliorés est meilleure mais avec une plus faible production de biomasse. Cette situation a incité les programmes d'amélioration des céréales à rechercher des variétés de sorgho à double usage (fourrage et grain).

À NOTER

La lignine est un composant majeur des parois cellulaires des plantes après la cellulose et les hémicelluloses. La lignine apporte résistance et rigidité, elle est bénéfique pour les plantes, mais elle entrave la digestibilité des pailles par le bétail surtout dans le cas des sorghos locaux de grandes tailles. Les pailles des sorghos à double usage doivent avoir une plus faible teneur en lignine pour produire un fourrage de qualité.

1. Noms donnés par les villageois des communes tests, en Bamanankan (Bambara).

Comment l'innovation répond à ces problématiques

L'objectif de cette innovation est de doter les agro-éleveurs de variétés de sorgho à double usage mieux adaptées aux variations climatiques, et avec des teneurs en lignine plus faibles, afin de contribuer au développement de l'élevage et de l'agriculture.

Avantages de l'innovation :

- adaptée à divers contextes pédoclimatiques et au changement climatique
- permet de produire de l'aliment pour le bétail même dans des contextes de pression foncière comme les zones péri-urbaines
- permet de réaliser des économies dans les charges d'alimentation des animaux d'embouche

Les sorghos à double usage présentent de nombreux avantages. Ils sont productifs en paille et en grains, possèdent une très bonne efficacité d'utilisation de l'eau, sont moins exigeants en fertilisants et sont naturellement résilients au changement climatique.

Les variétés de sorgho développées par la recherche possèdent une zone d'adaptation large, tolèrent des dates de semis très variées, qui les rendent particulièrement adaptées aux pratiques de semis étalés des producteurs.rices. Les animaux nourris avec la paille fraîche ou séchée produisent plus de lait, de viande et de déjections (fumier).

Description technique de l'innovation

Caractéristiques des variétés de sorgho à double usage



La variété « Pinpélé »

Pinpélé est une variété de sorgho à double usage de type Caudatum à sénescence* retardée. Son feuillage reste vert plus longtemps (caractère *stay green*). Cette variété est sensible à la photopériode* avec un cycle semis maturité de 126 jours. La couleur de la plante est tan. Sa hauteur est de 2 mètres avec une panicule pyramidale renversée. Elle est tolérante à l'anthracnose. La variété a des grains vitreux avec un bon rendement au décorticage, une bonne couleur et une bonne consistance du tô (plat de base au Mali, composé de farine de mil ou de sorgho).



La variété « Tiorilé »

Tiorilé est une variété de sorgho à double usage de type Guinée/Caudatum à sénescence retardée (caractère *stay green*) et sensible à la photopériode avec un cycle semis maturité de 127 jours. La couleur de la plante est tan. Sa hauteur est de 2 mètres avec une panicule pyramidale renversée. Elle est tolérante à l'anthracnose. La variété *Tiorilé* a un bon rendement au décorticage, une bonne couleur et une bonne consistance du tô.



La variété « Wilibalis »

Wilibalis est une variété de sorgho à double usage de type Guinée/Caudatum à sénescence retardée (caractère *stay green*) et sensible à la photopériode avec un cycle semis maturité de 130 jours. La couleur de la plante est tan. Sa hauteur est de 2,1 mètres avec une panicule de forme pyramidale. Elle est tolérante à l'anthracnose. Les grains sont vitreux avec un bon rendement au décorticage, une bonne couleur et une bonne consistance du tô.

À NOTER

Les sorghos photopériodiques de taille moyenne ont une meilleure efficacité des éléments fertilisants car le photopériodisme permet de maximiser la durée du cycle et octroi plus de temps pour valoriser les fertilisants présents dans le sol. De plus, les sorghos de taille moyenne produisent plus de biomasse, ont une profondeur racinaire plus grande et présentent une meilleure efficacité de la photosynthèse que les sorghos nains de l'idéotype de la révolution verte.

Zones agroécologiques optimales

En raison de leur sensibilité à la photopériode, les 3 variétés de sorgho diffusées - *Pinpélé*, *Tiorilé* et *Wilibalis* - possèdent des zones optimales dans lesquelles leur culture est possible quelle que soit la date de semis avec une floraison groupée en fin de saison :

- **Variété *Pinpélé*** : isohyète 800-900 mm pour ses meilleurs résultats. Pour un semis précoce, elle est adaptée à l'isohyète 700-900 mm. En cas de semis tardif, sa zone d'adaptation se déplace vers le sud dans l'isohyète 800-1100 mm.
- **Variété *Tiorilé*** : isohyète 800-1100 mm pour ses meilleurs résultats. Pour un semis précoce, elle est adaptée à l'isohyète 700-1000 mm. En cas de semis tardif, sa zone d'adaptation se déplace vers le sud dans l'isohyète 800-1200 mm.
- **Variété *Wilibalis*** : isohyète 800-900 mm pour ses meilleurs résultats. Pour un semis précoce, elle est adaptée à l'isohyète 700-900 mm. En cas de semis tardif, sa zone d'adaptation se déplace vers le sud dans l'isohyète 800-1000 mm.

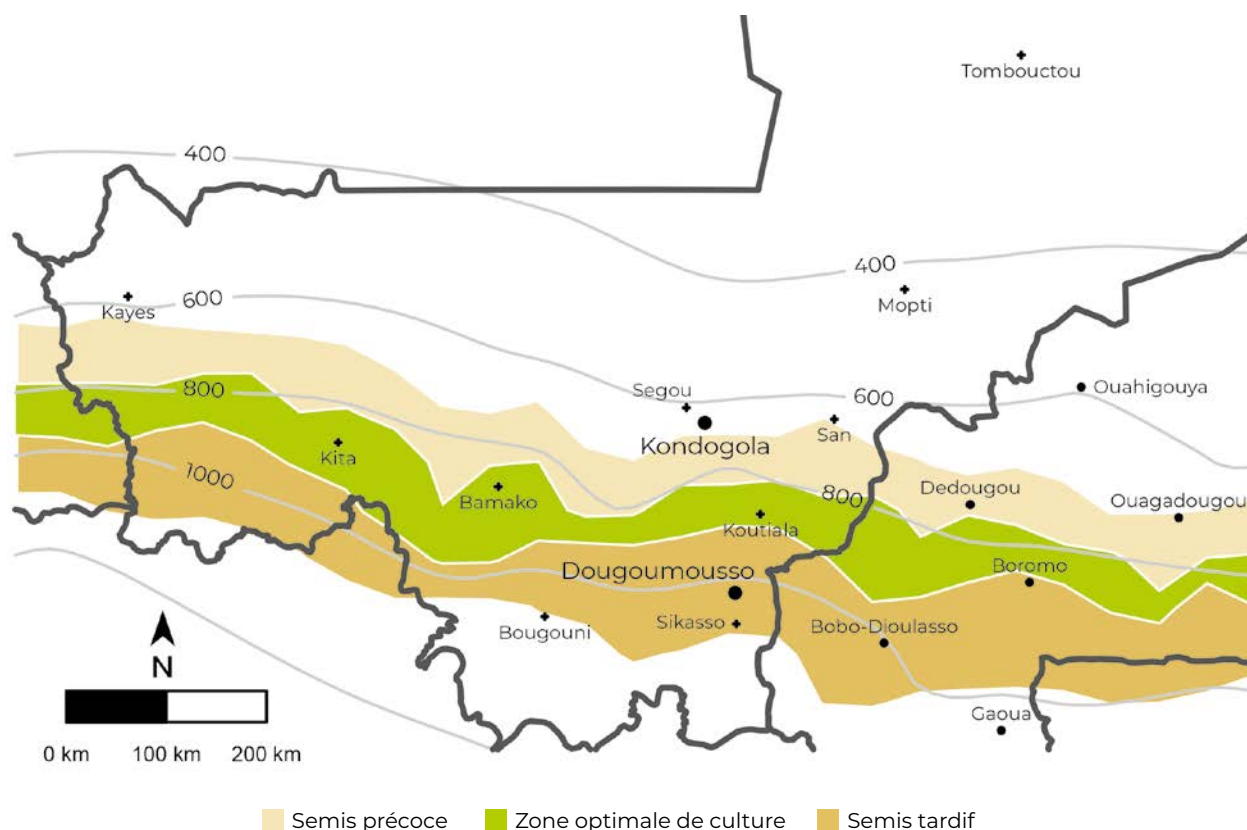


Figure 1 : Carte de délimitation des zones optimales de culture de la variété *Pinpélé*

Mise en place de la culture

Pour les 3 variétés de sorgho à double usage, les recommandations pour la mise en place sont les mêmes.

Tableau 1 : Étapes et recommandations pour la mise en place de la culture

Étapes	Recommandations
Période de semis	A réaliser en début d'hivernage, mais un semis tardif entre le 10 juin et le 15 juillet est possible.
Semis	De préférence sur billons, avec des écartements de 0,75 m entre les billons et de 0,4 m entre les poquets sur la ligne de semis.
Traitement phytosanitaire	Traitement des semences avant semis, de préférence avec des biopesticides, mais à défaut avec un fongicide chimique.
Fumure de fond	Apport de 5 t/ha de fumure organique.
Démariage*	2 plants/poquet 15-20 jours après semis.
Entretien	Un à deux sarclages à effectuer en fonction des besoins.
Fertilisation	100 kg/ha de DAP (Phosphate d'ammonium 18-46-00) après le démariage (environ 15-20 jours après semis) et de 50 kg/ha d'urée 45 jours après le semis.
Récolte	Les tiges sont coupées et rapidement transportées sur le lieu de séchage.

Conseil : Pour assurer une bonne levée, il faudra semer juste après une pluie suffisante pour humecter les 20 premiers centimètres de sol.

Le billonnage est une pratique agroécologique qui favorise l'infiltration de l'eau et demande moins de travail que le labour à plat. Cependant, dans la zone cotonnière, le labour à plat a été vulgarisé pour la culture du coton. Il convient donc de s'assurer qu'au moment de l'adoption de l'innovation les producteurs ne doublent pas le travail du sol en réalisant un labour à plat puis un billonnage.

Exigences de la culture

L'obtention des meilleures performances de ces variétés est fonction du respect des itinéraires techniques. Il faut récolter dès la maturité physiologique des grains afin de pouvoir récolter les tiges avant la sénescence* des feuilles qui dégrade sa valeur fourragère. De même, les tiges seront récoltées et séchées à l'ombre en les retournant de temps à autre pour conserver l'azote dans les feuilles sèches. Il faut également éviter le développement de la moisissure et les attaques des termites en stockant la récolte dans un endroit sec et propre puis couvrir avec de la paille de brousse ou du foin pour une protection contre les rayons solaires.

Formes et types d'utilisation

Les grains du sorgho servent à l'alimentation humaine et de la volaille. La farine est utilisée dans la préparation de plusieurs plats traditionnels (tô, couscous, dégué, etc.).

La paille sert à l'alimentation du bétail. La paille hachée est donnée dans une mangeoire aux animaux (3 à 5 kg/jour/bœuf) au retour des pâturages. Ce complément d'aliment est surtout utile pour les vaches allaitantes.

Résultats technico-économiques

Les résultats technico-économiques de l'innovation présentés dans cette fiche sont ceux des évaluations sur 21 essais multi-locaux, réalisées en 2018 et 2019 dans les communes de Cinzana (cercle de Ségou), N'Gountjina (cercle de Koutiala), Ouléssébougou (cercle de Kati) et Sanso (Cercle de Bougouni).

Résultats techniques sur la productivité

D'une manière générale, la production des 3 variétés de sorgho testées avoisine celle du maïs avec un rendement moyen en grain compris entre 3 300 et 3 600 kg/ha et un rendement potentiel en grain entre 4 500 et 4 700 kg/ha. Le rendement en fourrage sec varie entre 10 000 et 13 000 kg/ha selon la variété.

Le rendement potentiel d'une variété est évalué par rapport aux meilleurs rendements atteints dans les essais multi-locaux de 2018 et 2019.

Tableau 2 : Comparaison des performances des 3 variétés de sorgho en rendements moyens grain et fourrage sec (kg/ha), dans les 4 communes au cours de 2 campagnes agricoles, en 2018 et 2019.

Variétés	Rendement moyen grain	Rendement potentiel grain	Rendement moyen fourrage sec	Rendement potentiel fourrage sec
<i>Pinpélé</i>	2 500	5 900	9 300	13 000
<i>Tiorilé</i>	2 400	4 700	7 300	9 300
<i>Wilibalis</i>	2 200	4 800	8 000	9 700

La différence entre les rendements est surtout variétale puisque les variétés ont été testées dans les mêmes conditions de culture pendant 2 ans. Ces nouvelles variétés ont un cycle adapté à l'environnement soudano-sahélien et sont issues des savoirs des producteurs.rices du Mali qui ont développé, au fil des générations, des variétés adaptées au climat et à sa très grande variabilité.

A titre de comparaison, le rendement potentiel en grain des variétés locales ne dépasse pas 1 500 kg/ha mais avec une production en paille qui peut atteindre 18 000 kg/ha. Toutefois le fourrage produit est de qualité médiocre en raison des fortes teneurs en lignine des tiges. La diminution de production de fourrage des variétés double usage est ainsi compensée par l'augmentation de la qualité.

La productivité en paille des nouvelles variétés est forte surtout si elle est comparée à celle du maïs, culture de référence au Mali en matière de céréale à double usage et dont la productivité en paille ne dépasse pas 5 000 kg/ha.

À NOTER

Les sorghos locaux du Mali sont photopériodiques, ils fleurissent vers le mois de septembre lorsque la durée du jour décroît. Ce caractère synchronise la floraison avec la fin de la saison des pluies et permet de limiter les risques liés à la sécheresse, aux attaques d'insectes, d'oiseaux et aux moisissures. Cette adaptation essentielle des variétés locales avait été largement ignorée par la "révolution verte" qui a préféré développer des variétés améliorées précoces de cycle fixe. Depuis le début des années 2000, ce caractère a été introduit par les programmes d'amélioration du sorgho d'Afrique de l'ouest et un volet essentiel de l'expertise paysanne est ainsi devenu accessible à l'analyse des chercheurs.

Toutes les variétés diffusées dans le cadre du projet FAIR Sahel sont photopériodiques (à la différence des variétés améliorées classiques qui étaient précoces).

Résultats économiques sur la rentabilité

Les résultats économiques portent ici sur la rentabilité de la production de l'innovation à la lecture d'un indicateur : la marge brute. Les productions en grains et en fourrage sec sont inclus dans les produits.

Tableau 3 : Comparaison des performances économiques des 3 variétés de sorgho, à Cinzana, N'Gountjina, Ouéléssébougou et Sanso, au cours de 2 campagnes agricoles, en 2018 et 2019.

Variétés	Coûts de production (FCFA)	Total des produits pour grains (FCFA)	Total des produits pour fourrage sec (FCFA)	Marge brute (FCFA)
<i>Pinpélé</i>	181 800	450 000	60 000	510 000
<i>Tiorilé</i>	181 500	437 500	60 000	497 500
<i>Wilibalis</i>	196 800	450 000	60 000	510 000

Les coûts de production correspondent aux charges liées à l'achat des intrants (engrais, semences, fongicides), aux consommations intermédiaires (frais de labour, de transport, de sarclage, etc..) et aux charges de main-d'œuvre.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

L'innovation a été diffusée via des parcelles de démonstration dans les champs centraux sous la responsabilité d'un comité de gestion paysan qui a réalisé les opérations culturales du semis à la récolte. Elle a aussi été mise en œuvre dans des essais multi-locaux et dans des champs d'adaptation paysans (champs satellites). Le choix et l'installation des dispositifs, leur suivi avec les producteur.rices, les visites de terrain, les ateliers de restitution et de planification sont des activités qui ont permis aux producteur.rices d'échanger entre eux sur l'innovation et d'apprendre collectivement. La mise en place des essais multi-locaux et des champs d'adaptation par les producteur.rices, de manière volontaire, a beaucoup facilité l'apprentissage par l'expérience. Enfin, les co-évaluations en champs paysans (essais multi-locaux et champs d'adaptation) ont permis à chacun.e des producteur.rices d'observer l'évolution des essais mis en place chez les différents acteurs afin de tirer des enseignements sur les modifications qu'ils pourraient opérer pour une meilleure adaptation à leur environnement.

L'Association des Organisations Professionnelles Paysannes du Mali (AOPP), avec son réseau de couverture nationale, est chargée de prendre le relais pour assurer la diffusion de l'innovation. Déjà, certaines organisations semencières produisent et vendent les semences de l'innovation bien que le système d'échange traditionnel de semences reste le moyen clé de diffusion de semences dans ces régions.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation diffusée ont été menées en novembre 2024 auprès de 20 producteur.rices (10 hommes et 10 femmes) du village de Dougoumousso, dans la commune de Kléla. Parmi eux, 2 hommes ont reproduit l'innovation au sein de leur exploitation via le dispositif des champs d'adaptation paysans. Les femmes n'ont pas reproduit l'innovation dans leurs champs, mais elles ont assisté aux tests dans le champ central*.

Dans ce village, l'embouche des ovins et bovins est réalisée avec les fanes de niébé, d'arachide et les pailles de sorgho et de maïs, ainsi qu'avec des feuilles d'arbres locaux (*guénou*, *lengué* et *toro*). Mais ces dernières années, ces arbres se font de plus en plus rares à cause des coupes abusives pour le bois de chauffe et la fabrication de charbon de bois.

Connaissances préalables des producteur.rices

L'embouche des animaux à partir des pailles de sorgho n'est pas une pratique nouvelle pour les producteur.rices, cependant les variétés proposées sont différentes de celles couramment utilisées dans le village, et l'itinéraire technique n'est également pas le même concernant la méthode de semis, de fertilisation et d'entretien, ainsi que pour la conservation des pailles.

Les producteurs (hommes) témoignent que, dans leurs pratiques, ils utilisent de l'herbicide et des engrais minéraux, que les semis ne sont pas réalisés sur billons mais au labour à plat et qu'ils ne font pas de sarclage. Quant aux pratiques de récolte et de conservation des pailles de sorgho, ils laissent une partie sur les parcelles qui est pâturée par les animaux, et une autre partie est ramassée et attachée en tas pour les conserver sur les hangars, sans sécher ni conserver les pailles à l'ombre.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Pendant les discussions, les producteur.rices ont exprimé leur satisfaction concernant les variétés de sorgho diffusées dans le cadre du projet FAIR Sahel. Ils témoignent que ces variétés produisent plus de fourrage et de grain que les variétés qu'ils utilisent d'ordinaire, et qu'elles ne perdent pas leurs feuilles même à maturité. Les femmes ajoutent que les tiges restent droites, sans que le poids des panicules ne les fasse verser avant la récolte.

Parmi les personnes qui ont reproduit l'innovation dans leurs champs, ils considèrent que la variété Tiorilé, qui est de grande taille, donne plus de grains. Selon eux, cette variété est un peu plus adaptée à leur environnement que les autres variétés.

Les producteur.rices considèrent que ces variétés permettent d'augmenter les stocks de fourrage produit pour faire face au problème d'alimentation des animaux pendant la saison sèche et donc contribuent à diminuer les dépenses liées à l'achat de pailles de mil et de sorgho en cette période.

Quant à l'itinéraire technique proposé pour cultiver ces variétés, les hommes comme les femmes considèrent qu'il est simple à comprendre et à reproduire. Les femmes émettent tout de même des réserves quant à leurs capacités financières pour se fournir en engrais (DAP et Urée), ainsi que sur l'espace dont elles disposent pour sécher les pailles à l'ombre.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Parmi les hommes qui ont reproduit l'innovation, il y a eu des adaptations par rapport à l'itinéraire technique. En effet, ils ont décidé de semer après un labour à plat, sans réaliser de billons, parce que pour eux le sorgho ne se sème pas sur billons. Ils ont aussi décidé de ne faire aucun apport d'engrais, ni minéral ou organique, car il s'agissait de champs en friche. Cependant, ils témoignent que leurs productions en fourrage et en grain n'ont pas été moins importantes que celles du champ central.

Hommes comme femmes considèrent que les quantités d'engrais organiques demandées par l'innovation (5 t/ha) sont bien plus élevées que leurs pratiques habituelles et que cela peut constituer un frein à l'adoption de l'innovation.

Quant à l'accès aux semences des variétés proposées, elles ne sont pas disponibles dans le village, mais peuvent être achetées au niveau de la commune de Kléla (7,5 km de distance). Les hommes témoignent que leur prix n'est pas un frein pour eux et qu'ils savent également les reproduire.

Les femmes agricultrices ne sont pas en maîtrise des décisions concernant l'utilisation du foncier. Cela constitue un frein dans leurs capacités à s'engager dans la mise en œuvre des innovations. La plupart du temps, elles ne disposent que de très petites surfaces prêtées par leur mari. Leur capital financier propre est également limité ce qui constitue un frein à l'achat de semences et d'engrais.

Dispositif d'appui

Les producteur.rices ont affirmé que la méthode de présentation de l'innovation en champ central était claire et facilement compréhensible. Les expérimentations dans le champ central sont un bon moyen de favoriser les échanges entre producteur.rices, contribuant à créer des liens de fraternité et de cohésion entre les différents villages. Ils considèrent que le dispositif d'appui a été suffisant pour permettre l'adoption de l'innovation, tout en précisant que des appuis supplémentaires pour le renforcement des méthodes de production et de conservation des semences seraient appréciés.

Leviers pour la diffusion :

- Permet de répondre aux besoins en fourrage pendant la saison sèche
- Meilleurs rendements en paille et en grain
- Semences disponibles à proximité, accessibles financièrement et reproductibles
- Dispositif de diffusion efficace, clair et favorisant la cohésion sociale et le partage des savoirs

Freins à la diffusion :

- Quantités de fumure organique plus importantes que les pratiques paysannes (5 t/ha)
- Capital foncier et financier des femmes plus restreint pour une application

Conclusion

L'introduction de cultures fourragères est devenue une nécessité en raison de la disparition des parcours naturels et de la faible fertilité des sols. À la demande des producteurs, le sorgho à double usage a été mis en test dans les champs centraux de Dougoumouso et de Kondogola. Les producteurs ont apprécié cette alternative aux variétés traditionnelles de sorgho en raison de sa possible double valorisation, ainsi que la facilité de la mise en œuvre de l'innovation qui ne nécessite pas de grandes modifications des itinéraires techniques. Certains ont volontairement adopté ces variétés, soit en culture pure, soit en association avec le niébé dans le cadre de la lutte contre le Striga*. Cependant, deux principales contraintes ont été soulevées concernant la trop grande tardiveté des variétés pour la zone sahélienne de Kondogola et la non disponibilité des semences de base.

À l'avenir, les variétés à double usage permettront une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage et contribueront à intensifier les productions végétales et animales selon les principes de la transition agroécologique. À terme, le développement de nouvelles chaînes de valeur autour de la production d'aliments pour le bétail aura un impact positif sur les revenus des producteurs, en particulier pour les jeunes et les femmes, qui sont souvent les principaux acteurs de l'intensification de la production animale périurbaine.

Pour aller plus loin

- Projet d'appui à la transition Agroécologique (AgrECO) 2023 : **Fiches techniques et guides méthodologiques pour la transition Agroécologique**, Editeur scientifique Pr Mamy Soumaré, IER Mali/AFD. Bamako, Mali. 80 P.
- Témé *et al.*, 2022, **Chapter 17: Modern Approaches for Sorghum Breeding in Mali. Crop Adaptation and Improvement for Drought-Prone Environments**. I. C. Dr. Khady Nani Dramé, Senegal & Dr. Benjamin E. Kohl, Kansas State University, USA. Manhattan, KS, New Prairie Press: 435-464.
- Sissoko, S., Tékété M.L., Kouressy M., Thera K., Doumbia M., Sissoko A., Sanogo S., Diarra Y., Rami J.F., Diallo A.G., *et al.* (2018). **Combined agronomic and climatic approaches for sorghum adaptation in Mali**. 1816–1827.
- Leroy, T., Coumaré, O., Kouressy, M., Trouche, G., Sidibé, A., Sissoko, S., Touré, A., Guindo, T., Sogoba, B., Dembélé, F., Dakouo, B., Vaksman, M., Coulibaly, H., Bazile Didier & Dessauw, D. (2014). **Inscription d'une variété de sorgho obtenue par sélection participative au Mali dans des projets multiacteurs**. *Agronomie, Environnement et Sociétés* 4(2): 143-152.
- Sissoko, S., Doumbia, S., Vaksman, M., Hocdé, H., Bazile, D., Sogoba, B., Kouressy, M., Vom Brocke, K., Coulibaly, M. M., Touré, A. & Dicko, B. G. (2008). **Prise en compte des savoirs paysans en matière de choix variétal dans un programme de sélection**. *Cahiers Agricultures* 17(2): 128-133.
- Traoré, S. B., Reyniers, F.-N., Vaksman, M., Koné, B., Sidibé, A., Yoroté, A., Yattara, K. & Kouressy, M. (2000). **Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos du Mali**. *Sécheresse* 11(4): 227-237.

PRODUCTION DE FOURRAGES



Production d'espèces fourragères pour l'alimentation du bétail

AUTEURS : Adama Korbo, Alassane Ba, Bandiougou Dembelé, Salifou Sissoko, Danfing Youssouf Diarra, Karim Dagno et Harouna Coulibaly (IER), Oumar Coumaré et N'Tyo Traoré (AOPP).

Crédits photos de la fiche : Adama Korbo, Alassane Ba, Danfing Youssouf Diarra et Sidi Oumar Traoré / IER

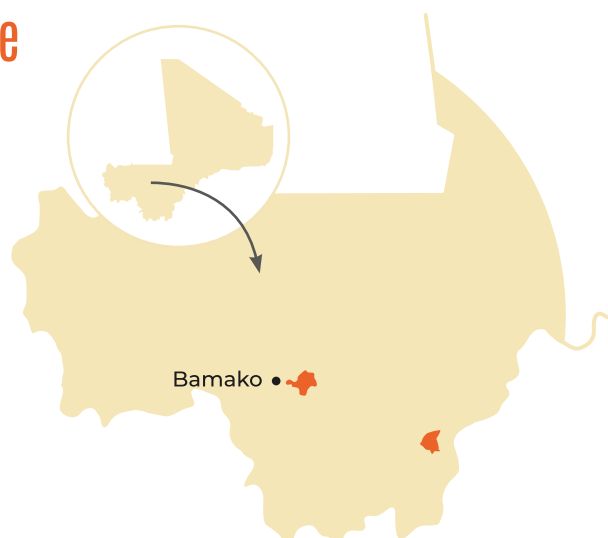
Le Mali est un pays d'élevage par excellence avec plus de 13 millions de bovins, 23 millions d'ovins et 32 millions de caprins (DNPIA, 2023) et le pâturage naturel constitue la base de l'alimentation de ces animaux. Ces pâturages connaissent au cours des saisons des fluctuations (qualitative et quantitative) dont la durée et les caractéristiques varient en fonction des zones bioclimatiques. Ces fluctuations sont exacerbées par les effets de plus en plus pressants des changements climatiques.

Caractéristiques des zones d'étude

Dans le cadre du projet FAIR Sahel, plusieurs espèces fourragères cultivées ont été testées et diffusées : une graminée, *Brachiaria ruziziensis*, dans le village de Dougoumousso (commune rurale de Kléla, cercle de Sikasso) dans la zone cotonnière ; une espèce ligneuse, *Gliricidia sepium*, dans le village de Kobala Coura (commune rurale de Baguineda camp, cercle de Kati), dans la zone irriguée ; et une espèce de type légumineuse, *Mucuna pruriens*, également dans la zone cotonnière.

La zone cotonnière se trouve dans la partie sub-humide du Mali. La pluviométrie moyenne annuelle y est de 1 000 mm. La commune de Kléla, où a été testée la culture du *Brachiaria*, présente une forte intensification agricole, avec une avancée en technologie agricole par rapport au reste du pays grâce à l'encadrement de la Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT). Les systèmes de production agricole sont basés sur la culture du coton, du maïs, du mil et du sorgho. L'intégration agriculture-élevage y est forte avec plusieurs associations avec des cultures fourragères de types légumineuses et ligneuses.

Dans la zone irriguée, les systèmes de culture sont dominés par le riz en saison des pluies et par les cultures maraîchères en contre-saison. La pluviométrie moyenne y est de 800-900 mm. Les producteurs possèdent une maîtrise totale de l'eau pour mener les activités grâce à l'encadrement de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguineda (OPIB). Il s'agit également d'une zone à forte intensification agricole, avec utilisation d'engrais chimiques et de pesticides.



Localisation des zones d'étude, Mali

Problématiques des zones

En saison sèche (décembre à mai), les producteurs rencontrent de plus en plus de difficultés pour l'alimentation des troupeaux de bovins. Cette situation est due à la réduction des espaces pastoraux, à l'accroissement des effectifs de cheptel et au faible développement des cultures fourragères dans les exploitations agricoles. En cette saison, la plupart des pailles de graminées des pâturages tropicaux sont pauvres en protéines. En dépit de l'utilisation des co-produits* agro-industriels (graine de coton, tourteaux, mélasse, farine basse de riz, etc.) et de résidus agricoles (fanés d'arachide, fanés de niébé, etc...), la demande en aliments pour bétail demeure très forte en cette saison contribuant ainsi à une forte augmentation du prix d'achat de ces co-produits.

A Kobala Coura, les terres étant en zone irriguée, elles sont aménagées pour la production de riz et le maraîchage. La production de fourrages y est peu développée, faute d'espaces disponibles.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Dans la zone cotonnière, la production de *Brachiaria ruziziensis* n'est pas développée, parfois inconnue. Pourtant cette graminée constitue un fourrage à haute valeur nutritive pour l'alimentation du bétail. C'est une espèce pérenne herbacée de type C4, originaire d'Afrique mais très largement répandue dans le monde intertropical. L'espèce produit une forte biomasse ce qui en fait un fourrage de qualité. *B. ruziziensis* a une durée de vie assez courte (3 à 5 ans environ). Au Brésil, des rendements en biomasse peuvent atteindre 12 t MS/ha avec un apport d'engrais azoté de 150 kg/ha (Cook et al., 2005).



Brachiaria ruziziensis



Mucuna pruriens



Gliricidia sepium

Diploïde à fort taux d'autopollinisation, elle se multiplie par graines et par ses organes végétatifs (production de racines sur les nœuds des tiges, possibilité de multiplication par éclats de souches). Sa vigueur au départ et sa croissance rapide lui permettent de dominer rapidement les adventices.

Si les légumineuses fourragères, dont *Mucuna pruriens*, sont présentes dans la zone cotonnière, leur diffusion reste encore peu développée. Pourtant, *Mucuna pruriens* possède un fort potentiel de production fourragère et sa valeur nutritive est élevée. Les rendements varient de 10 à 35 t de matière verte/ha et de 250 à 3 300 kg de graines/ha selon les conditions de culture (Ecocrop, 2011).

Mucuna pruriens est une légumineuse annuelle à croissance rapide, rampante et grimpante. Son cycle végétatif est de 4 à 6 mois suivant les zones climatiques. La tige de forme cylindrique, volubile, peut atteindre plus de 15 m de longueur. Les feuilles sont larges, alternes avec trois folioles losangiques. C'est une plante photopériodique de jours courts avec floraison au mois d'octobre. Les fleurs sont en grappes de 10 à 30 cm de long, de couleur pourpre noirâtre. Les gousses épaisses et recouvertes de poils bruns jaunâtres mesurent 10 cm de long. Les grains sont de couleur noire avec un hile blanc.

Dans le contexte de Kobala Coura, en raison du manque d'espace pour la culture de fourrage de type herbacée, c'est un fourrage de type ligneux qui a été choisi afin d'être planté dans les parcelles maraîchères. En saison sèche, la plupart des espèces ligneuses fourragères conservent des feuilles vertes pendant une bonne partie ou l'entièreté de la saison (Hiernaux et al, 1994).

Le choix de l'espèce pour l'innovation dans cette zone s'est porté sur *Gliricidia sepium*, pour ses caractéristiques physiologiques et nutritionnelles et sa croissance rapide (les plants peuvent atteindre 3 m de hauteur au bout d'une année de plantation).

En outre, l'espèce tolère largement les coupes répétitives - ce qui représente un atout considérable en matière de production de fourrage ligneux - et elle résiste aux passages du feu qui va même favoriser sa repousse. Le rendement est compris entre 9 et 16 t/ha MS avec un taux de 22,3% de protéine brute par unité de matière sèche (MS) (Heuzé et Tran, 2015). Ses feuilles vertes et d'autres organes comme les jeunes rameaux, les inflorescences et les fruits également prélevés par le bétail ont des teneurs en nutriments qui restent particulièrement élevés en azote même durant la période sèche (Sangaré 2005). Sur le plan nutritionnel, l'espèce a un haut potentiel nutritionnel pour les ruminants (production de lait et de viande).

Avantages de l'innovation :

- Produit du fourrage de qualité et en quantité afin d'améliorer la disponibilité fourragère en saison sèche
- Permet de réaliser des économies dans les charges d'alimentation des animaux d'embouche
- Contribue à l'amélioration de la fertilité des sols, pour les légumineuses principalement
- Contribue à la disponibilité du bois de chauffe (*Gliricidia*)

Description technique de l'innovation

Brachiaria ruziziensis en culture pure



L'innovation peut s'appliquer dans toutes les zones ayant une pluviométrie annuelle située entre 650 et 1 400 mm de pluies.

Brachiaria ruziziensis peut tolérer les sols acides jusqu'à pH 4,8. Il pousse indifféremment sur tous les types de sols (sableux à argileux), à condition qu'ils soient bien drainés. Les sols très lourds sont déconseillés.

Préparation du sol et semis

Le nettoyage de la parcelle (couper les repousses et ramasser les résidus de la culture précédente) est nécessaire avant le labour (plat ou billon) qui doit être réalisé quand le cumul des hauteurs des

pluies est supérieur à 20 mm (de préférence au mois de juin). Il faut éviter de labourer dans le sens de la pente pour minimiser le ruissellement des eaux.

Un cumul de pluie de 20 mm est nécessaire pour permettre une bonne germination des graines. La date optimale de semis du *Brachiaria ruziziensis* se situe entre le 1er et le 20 juin.

Le semis de *Brachiaria ruziziensis* se fait en ligne continue avec un espacement de 80 cm entre les lignes. La quantité de semences de *Brachiaria ruziziensis* recommandée pour un hectare est de 10 kg. Les semences peuvent être mélangées avec du sable pour faciliter le semis.

Entretien et fertilisation

Il est recommandé de faire au moins un sarclage après la levée et de procéder à l'arrachage des adventices en cours de végétation.

Une fertilisation uniforme de 100 kg d'engrais NPK et de 100 kg d'urée par hectare optimise la production de biomasse.

Récolte et conservation de la paille



Récolte du *Brachiaria*

Pour conserver les valeurs nutritives recherchées des fourrages, la période de récolte doit être respectée. La fauche du *Brachiaria ruziziensis* est effectuée à 50% de floraison. Dans les conditions favorables de développement, la floraison intervient entre 8 à 12 semaines après le semis. Le préfanage est réalisé par l'étalement et le retournement des fourrages de préférence à l'ombre. La constitution des bottes est effectuée le matin du 2ème jour après la fauche.

Les bottes sont transportées avant le séchage complet pour conservation. Le séchage des bottes se poursuit sous un abri aéré, dans une grange ou sur un hangar. Pour le séchage sur le hangar, elles sont recouvertes de paille de brousse ou de résidus de récolte pour les protéger du soleil.

Mucuna pruriens en culture pure ou associée au maïs



La réussite de la culture de *Mucuna pruriens* est beaucoup liée au type de sol. Elle se développe sur les sols gravillonnaires, sableux, sablo argileux, vertisol sans inondation.

La culture de *Mucuna* se comporte bien sous :

- un climat chaud et humide ;
- une température optimale de 19 à 27°C ;
- une saison des pluies de 4 à 6 mois ;
- et une pluviométrie annuelle de 700 à 1 300 mm.

Préparation du sol et semis

Le travail du sol consiste à effectuer un bon labour (plat ou billon) quand le cumul des hauteurs des pluies est supérieur à 20 mm (de préférence au mois de juin.)

En culture pure, l'écartement de semis est de 80 cm entre les lignes et 80 cm entre les poquets à raison de 2 graines par poquet, soit 30 kg de semences par hectare.

En culture associée, le maïs est semé aux écartements de 80 cm sur 40 cm et *Mucuna* est semé sur la même ligne que le maïs à l'écartement de 80 cm entre les poquets. La densité de semis du *Mucuna* est de 2 graines par poquet soit 30 kg/ha de semences. La date optimale de semis du *Mucuna* en association est de 20 à 30 jours après le semis du maïs.

Entretien et fertilisation

En culture pure, le sarclage est effectué 10 à 15 jours après la levée pour éviter la compétition avec les adventices. Puis, la couverture rapide du sol par *Mucuna* permet le contrôle efficace des adventices. La fertilisation minérale recommandée par hectare est de 65 kg de Phosphate diammoniaque (DAP). L'apport du DAP est effectué au sarclage 10 à 15 jours après la levée. En l'absence du DAP, il est possible d'utiliser 100 kg de NPK (15-15-15) par hectare.

En association, le sarclage de la céréale est effectué 10 à 15 jours après la levée. Le buttage de la parcelle n'est pas nécessaire à raison de la couverture rapide du sol par *Mucuna*. La légumineuse profite de la fertilisation organique et minérale apportée au maïs dont la dose recommandée par hectare est de 6 tonnes de fumure organique, 100 kg de NPK et 150 kg d'urée (46 % N).



Préfanage du Mucuna

Récolte et conservation de la paille

Pour l'association maïs/*Mucuna*, la récolte des épis de maïs est effectuée à maturité. Les tiges doivent être maintenues sur pied pour servir de supports au *Mucuna* pendant son cycle végétatif.

Pour conserver les valeurs nutritives recherchées des fourrages, la période de récolte doit être respectée. La fauche du *Mucuna* est effectuée à 50% de floraison. Dans les conditions favorables de développement, la floraison intervient entre 8 à 12 semaines après le semis.

En association, les tiges de maïs et les fanes de *Mucuna* sont coupées en même temps.



Séchage du Mucuna, sous paille de brousse

Le préfanage est réalisé par l'étalement et le retournement des fourrages de préférence à l'ombre. La constitution des bottes est effectuée le matin du 2ème jour après la fauche.

Les bottes sont transportées avant le séchage complet pour éviter les pertes de feuilles. Le séchage des bottes se poursuit sous un abri aéré ou sur un hangar.

Elles sont ensuite recouvertes de paille de brousse ou de résidus de récolte pour les protéger du soleil.

Gliricidia sepium dans les parcelles maraîchères



Gliricidia sepium peut se développer sur différents types de sols : sableux, limoneux et argileux.

Production de plants

La production des plants a lieu environ trois (03) mois avant la plantation. Elle commence par la récolte de semences qui se fait à partir de semenciers identifiés. La sélection de semences exempts de toutes maladies et de parasites est importante pour produire des jeunes plants de qualité.

Après la récolte des semences, il y a le remplissage des pots. Généralement des pots éthyléniques (17x15 cm) sont utilisés. Les pots sont remplis avec un substrat composé de mélange de terreau-

terre de champ-sable ou à défaut de terreau et de sable. Le mélange se fait à proportion égale entre chaque élément constitutif.

Pour le semis, les graines de *Gliricidia sepium* ne nécessitent pas de prétraitement particulier, un simple trempage à l'eau pendant 24 h permet une bonne germination des graines. Pendant le séjour des plants en pépinière, un entretien régulier est apporté à travers un arrosage quotidien, un désherbage et un binage régulier afin d'éliminer toute concurrence et de permettre une bonne aération dans les pots.

À NOTER

La propagation de *Gliricidia sepium* peut se faire aussi par bouturage. Des branches sont coupées pour en faire des boutures de 50 à 80 cm de long. Ces boutures sont plantées par un bout (extrémité basale) dans la terre.

Plantation

La plantation a lieu en juillet avec des plants âgés de deux mois et demi. Les écartements entre les plants de *Gliricidia* sont de 5 x 5 m entre les plants sur la même ligne et entre deux lignes consécutives. Pour une superficie de 300 m², il faut 20 plants : 4 lignes de 5 plants chacune.



Coupe des rameaux de gliricidia

Les trous de plantation sont réalisés à la daba avec pour dimensions 30 cm de diamètre et 30 cm de profondeur. À l'exception de la trouaison, aucun travail du sol n'est nécessaire car le sol a déjà été labouré au moment de l'installation des cultures maraichères.

Entretien et fertilisation

L'entretien d'une nouvelle plantation consiste à l'apport d'eau pendant les périodes critiques et à éliminer toute concurrence avec les mauvaises herbes au moins pendant la première saison sèche (octobre à mai). Dans le cas de cette étude, les plantations ont été faites dans les périmètres maraîchers et les plants ont régulièrement bénéficié de l'entretien apporté aux cultures

maraichères en termes d'irrigation, de désherbage et même d'apport de fertilisants (organique ou minéral).

Exploitation du fourrage

Gliricidia sepium étant une espèce qui tolère les coupes répétitives (jusqu'à quatre coupes par an). Le fourrage peut être exploité pendant toute l'année.

Les coupes régulières sont importantes pour ne pas gêner le développement des cultures maraichères. En effet, s'il n'est pas régulièrement coupé, avec sa croissance rapide et sa capacité à faire beaucoup de rejets, il réduit l'espace utile pour les cultures et son ombrage impacte négativement sur leur productivité.

Par ailleurs, après avoir coupé les branches pour exploiter le fourrage, le bois est aussi utilisé comme bois de chauffe pour les ménages.

Le préfanage est réalisé par l'étalement et le retournement des fourrages de préférence à l'ombre. Après le séchage à l'ombre, le fourrage peut être stocké dans des sacs et gardé sous des hangars ou dans un magasin bien aéré.

Résultats technico-économiques

Les résultats technico-économiques de ces 3 espèces fourragères sont présentés de manière distincte dans les paragraphes ci-dessous.

Résultats pour *Brachiaria ruziziensis*

Brachiaria ruziziensis produit en moyenne 15 tonnes de biomasse par hectare en station et 6,3 tonnes de biomasse par hectare chez les producteurs en milieu paysan. *Brachiaria ruziziensis* est un bon fourrage pour l'alimentation du bétail avec une très bonne appétibilité et une digestibilité variant de 55 à 75% fournissant entre 0,69 à 0,74 Unités Fourragères Lait/kg (UFL/kg)¹. De manière générale, la qualité du fourrage baisse avec la durée du cycle, et en particulier si il est récolté après la floraison.

Les charges liées aux opérations culturales concernent les dépenses de main-d'œuvre pour la préparation du sol, le labour, le semis, les sarclages, l'épandage d'engrais, la fauche du fourrage et son transport.

1. Les Unités Fourragères Lait/kg permettent d'évaluer la valeur énergétique des aliments destinés aux ruminants. Elles sont calculées à partir de la référence sur l'orge : 1 kg d'orge fait 1 UFL. Ainsi, le *Brachiaria ruziziensis* est un peu moins énergétique que l'orge (0.69 UFL Lait/kg).

Tableau 1 : Marge brute générée pour 1 ha de *Brachiaria ruziziensis* en culture pure

Charges variables	Valeur (FCFA)	Produits	Valeur (FCFA)
Semences	60 000	Biomasse	948 000
Opérations culturales	112 000		
Fertilisants	140 000		
Total charges	312 000	Total produits	948 000

Marge brute = Total des produits – total des charges = 636 000 FCFA/ha

Résultats pour *Mucuna pruriens*

En culture pure, la production de biomasse fourragère totale du *Mucuna* est estimée à 6 tonnes en moyenne de fanes séchées par hectare (Coulibaly *et al.*, 2018). Aussi, dans un objectif de production de semences en culture pure, on peut récolter 2 à 3 tonnes de graines par ha.

En culture associée, le rendement moyen en grain de maïs (variété Sotubaka) obtenu est de 2 tonnes par hectare. La production de biomasse fourragère totale (maïs et *Mucuna*) est estimée à 7 tonnes en moyenne par hectare de fourrages séchés.

Tableau 2 : Marge brute générée pour 1 ha de *Mucuna Pruriens* en culture pure ou en culture associée avec le maïs

Type de culture	Charges variables	Valeur (FCFA)	Produits	Valeur (FCFA)	Marge brute (FCFA)
Mucuna (culture pure)	Labour	20 000	Biomasse	1 163 400	1 090 950
	Engrais	14 950			
	Semences	15 000			
	Opérations culturales (semis, entretien, récolte, fauche)	22 500			
Total charges		72 450	Total produits	1 163 400	
Maïs/Mucuna (association)	Labour	20 000	Grains de maïs	222 900	792 600
	Engrais	57 500			
	Semences	21 000	Mélange de fourrage (maïs/Mucuna)	713 200	
	Opérations culturales (semis, entretien, récolte, fauche)	45 000			
Total charges		143 500	Total produits	936 100	

Les charges de la culture pure de *Mucuna* sont estimées sur la base des coûts moyens pratiqués dans la zone cotonnière. Les valeurs brutes (VB) de la production de la culture de *Mucuna* et de maïs sont calculées en fonction des prix moyens de vente payés aux producteurs.rices, soit 100 FCFA/kg de grains de maïs, 200 FCFA/kg de fanes sèches de *Mucuna*, 100 FCFA/kg de mélange de fourrage de maïs et de *Mucuna*.

À NOTER

La couverture rapide du sol par le *Mucuna* permet une réduction des besoins en main-d'œuvre pour les travaux d'entretien (sarclage, buttage) et des charges en herbicides. L'arrière effet du *Mucuna* par l'apport de la matière organique sur la qualité des sols (fertilité, texture, etc.), permet un accroissement des rendements des cultures en rotation lors de la campagne agricole suivante. La production de volumes importants de fourrage de *Mucuna* diminue la transhumance des bovins et augmente la production de fumier sur l'exploitation agricole.

Résultats pour *Gliricidia sepium*

Les résultats en termes de résistance et de croissance des plants sont intéressants. Cinq mois après la plantation, les taux de survie moyens étaient de 84%. Après regarnissage (remplacement des plants morts) chez les 6 producteurs testeurs, le taux de survie a été de 88,3% au bout d'un an de plantation.

Quant à la croissance des plants, les hauteurs moyennes ont été de 0,8 m à 5 mois et de 3,4 m au bout de 12 mois de plantation. De même, les diamètres moyens au collet ont été de 1,3 cm et 52,2 cm respectivement à 5 mois et 12 mois. Le nombre moyen de ramifications par souche a progressé à 3 au bout de 12 mois de plantation. Il a été constaté aussi que la croissance a varié selon les producteurs, en fonction des itinéraires techniques pratiqués par ces derniers sur les cultures maraîchères en association, en termes d'entretien et de fertilisation. En effet, certains producteurs produisent sur leur périmètre maraîcher pendant toute l'année alors que d'autres ne produisent qu'une partie de l'année.



Évaluation de la croissance des plants de *Gliricidia Sepium*

Le rendement moyen à l'hectare de biomasse verte de *Gliricidia* a été estimé à 5,7 tonnes/ha. Le calcul de la marge brute générée est plus difficile du fait des plantations en marge des cultures maraîchères. Les charges opérationnelles pour la production n'ont pas été estimées et le prix de ce fourrage n'est pas connu au marché car il n'est pas vendu.

Bien que disponible au Mali depuis des années, l'espèce n'a pas bénéficié d'une large adoption du fait que le fourrage vert n'est pas de suite apprécié des animaux (bovins, ovins et caprins).

Cependant, à travers le projet FAIR Sahel, des témoignages à Kobala Coura ont indiqué que le fourrage vert a bien été consommé par les petits ruminants (ovins, caprins).



Récolte et pesée de la biomasse verte

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

Toutes les expérimentations sur *Brachiaria ruziziensis* et *Mucuna pruriens* ont été réalisées en champ central et en champs d'adaptation des paysans à Dougoumousso. La diffusion a été faite à travers les activités de co-évaluation et de visites inter-paysannes sur champ central à Dougoumousso. Les ateliers de restitution des résultats et de planification des activités de la campagne ont servi à la diffusion de l'innovation. En outre, la Ferme Ecole Agroécologique Biton Coulibaly de l'AOPP dans la commune de Sanankoroba a aussi servi à la diffusion de l'innovation.

Pour *Gliricidia sepium*, les champs expérimentaux étaient à Kobala Coura et les villages de diffusion ont été Dougoulakoro, Kognini et Nimizate, dans la commune de Baguineda camp. La diffusion de l'innovation a été faite à travers les ateliers de restitution des résultats et de planification des activités de la campagne où, en plus des producteur.rices directement impliqués dans l'activité, les représentants des villages environnants étaient conviés.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

La co-évaluation a concerné seulement le champ central de Dougoumousso. Elle a regroupé les acteurs de tous les villages de la commune de Kléla ainsi que les services techniques et les autorités administratives et communales impliqués dans le processus. Elle a été organisée en octobre 2023 (période de maturation des cultures).

Au total, 48 personnes dont 35 hommes et 13 femmes du village de Dougoumousso ont été impliquées.

Dans la commune de Baguineda camp, dans le village de Kobala Coura et les villages de diffusion, l'intérêt des producteur.rices pour *Gliricidia sepium* a été évalué à travers des témoignages. Ces derniers ont, par exemple, attesté de l'appétence du fourrage de *Gliricidia*, frais comme sec, par leurs animaux en embouche (caprins et ovins). Ils ont aussi montré de l'intérêt pour la croissance rapide de l'espèce qui permet d'avoir du bois de chauffe pour la cuisson des plats.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation ont été menées en novembre 2024 avec 20 producteur.rices (10 hommes et 10 femmes) du village de Dougoumoussou, dans la commune de Kléla, pour les cultures de *Brachiaria ruziziensis* et *Mucuna pruriens*, et 18 autres personnes (10 hommes et 8 femmes) à Kobala Coura (commune de Baguineda camp), dans la zone irriguée, pour la culture de *Gliricidia sepium*.

Parmi les participants de Dougoumoussou, 4 personnes (uniquement des hommes) avaient reproduit l'innovation au sein de leurs exploitations. A Kobala Coura, ce sont aussi uniquement des hommes qui ont reproduit l'innovation (6 parmi les 10 interrogés).

A Dougoumoussou, les producteur.rices élèvent principalement des bovins, caprins et ovins. D'après leurs témoignages, l'élevage occupe une place importante au sein des exploitations car elle permet de faire face aux dépenses imprévues. L'activité d'élevage est pratiquée aussi bien par les hommes que par les femmes, avec une tendance à la gestion des caprins et des ovins par les femmes, et des bovins par les hommes. Hommes comme femmes peuvent être en charge de l'alimentation et des soins apportés aux animaux.

A Kobala Coura, l'élevage occupe une place importante au sein des exploitations, comme source de revenus, mais également pour les effluents d'élevage pour la fertilisation des parcelles de cultures, en particulier dans les périmètres maraîchers. Les hommes et les femmes pratiquent ensemble l'élevage des ruminants, principalement des ovins, mais les tâches sont plus différenciées avec, les hommes pour la sécurisation des animaux, leur alimentation et le suivi vétérinaire, et les femmes pour l'entretien des hangars ou des enclos.

Connaissances préalables des producteur.rices

Dans le village de Dougoumoussou, les animaux sont nourris principalement à partir des co-produits des cultures (fanés d'arachide et de niébé, tiges de maïs, pailles et son de riz). Les fourrages naturels (feuilles d'arbres locaux) ont tendance à se faire de plus en plus rares en raison de l'extension des champs de culture et des coupes pour le bois de chauffe. La culture d'espèces uniquement fourragères n'est pas courante, les producteur.rices privilégiant les cultures à double usage (alimentations humaine et animale).

A Kobala Coura, les animaux d'élevage sont également nourris en grande partie par les co-produits des cultures (fanés de niébé et d'arachide, pailles de maïs et de riz).

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Aux dires des producteur.rices, *Brachiaria ruziziensis* et *Mucuna pruriens* sont des espèces fourragères intéressantes à cultiver car elles ont une croissance rapide et produisent une forte biomasse, offrant ainsi une productivité en fourrages plus importante que celle issue des co-produits de cultures. Pour *Brachiaria ruziziensis*, il est également précisé qu'il est possible de le récolter en plusieurs fois. Hommes comme femmes considèrent que l'innovation peut répondre aux problèmes d'alimentation du bétail en saison sèche.

A Kobala Coura, les hommes ont répondu de manière surprenante qu'il n'y aucune différence entre *Gliricidia sepium* et les co-produits habituellement utilisés pour l'alimentation des ruminants. Les femmes, quant à elles, ont observé qu'il était possible de récolter le *Gliricidia sepium* en plusieurs fois pour nourrir les animaux sur une longue période, contrairement aux résidus de cultures qui se récoltent en une seule fois. Elles jugent les résultats de ce fourrage prometteurs en termes de croissance et les feuilles de *Gliricidia sepium* appétentes pour leurs animaux.

Les hommes exposent le problème de l'ombrage produit par les plants de *Gliricidia* sur les cultures maraîchères lorsqu'ils sont plantés en association avec uniquement 2 coupes par an. Selon eux, cela impacterait négativement la productivité de leurs cultures. Ils proposent plutôt de planter les plants de *Gliricidia sepium* en haies vives en pourtours de parcelles.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Quatre producteurs du groupe interrogés à Dougoumousso avaient choisi de reproduire cette innovation dans leurs champs avec cependant des adaptations. En effet, ils n'ont pas pu suivre les recommandations en termes d'apports en engrais minéraux (100 kg de NPK et 100 kg d'urée pour 1 hectare de *Brachiaria* ; et 65 kg de DAP et 100 kg de NPK pour un hectare de *Mucuna*). Faute de moyens, les quantités ont été réduites de moitié.

Quant aux semences pour ces espèces fourragères, elles sont disponibles au village, grâce au projet. Pour les hommes, leur achat ne constitue pas un frein, mais pour les femmes, tout achat d'intrants (semences comme engrais) est considéré comme un frein au regard de leur faible capital financier.

À Kobala Coura, les semences de *Gliricidia sepium* ne sont pas disponibles localement mais l'espèce se reproduit facilement à partir de boutures.

En revanche, la disponibilité du foncier est un frein important à la diffusion de l'innovation. La taille des parcelles agricoles est considérée comme trop restreinte pour permettre une introduction des plants de *Gliricidia sepium* dans les parcelles. Cependant, ils considèrent que cette espèce peut être plantée comme haie vive.

Pour les femmes de Dougoumousso comme de Kobala Coura, le manque d'accès au foncier est le premier frein à l'adoption de ces cultures fourragères. À Dougoumousso, les surfaces dont elles disposent, souvent prêtées par leur mari, sont trop faibles pour qu'elles puissent y cultiver du fourrage, ce qui serait au détriment de cultures pour l'alimentation humaine. À Kobala Coura où la pression foncière est plus importante, le peu de terres disponibles appartient exclusivement aux hommes.

Dispositif d'appui

D'une manière générale, à Dougoumousso, le dispositif d'appui mis en place par le projet FAIR Sahel a été jugé pertinent par les producteur.rices. Ils considèrent que la manière dont l'innovation a été présentée était claire et facilement compréhensible. La démarche de diagnostic et de co-conception participative, ainsi que la méthode de démonstration dans le champ central ont permis la prise en compte de l'avis des producteur.rices. Ils apprécient tout particulièrement d'avoir été placé au cœur du dispositif. Les visites dans les champs d'adaptation ont été perçues comme un bon moyen de convaincre pour la diffusion de l'innovation. L'accompagnement et les appuis apportés par le projet sont jugés suffisants pour leur permettre de reproduire l'innovation sans difficulté.

À Kobala Coura, la tenue d'ateliers organisés par le projet, pendant lesquels l'innovation leur a été présentée, a permis aux producteur.rices de choisir de s'impliquer ou non dans les tests sur leurs parcelles. Les essais réalisés chez quelques producteurs sont globalement jugés pertinents pour diffuser l'innovation, mais les personnes interrogées lors de l'enquête témoignent tout de même qu'elles auraient préféré tester des espèces fourragères qui, en association, ne produisent pas d'ombrage.

Leviers pour la diffusion :

- Coupes/récoltes multiples permettant de produire plus de fourrages et de nourrir les animaux sur une plus longue période, dont la saison sèche
- Croissance rapide et forte biomasse
- Espèces fourragères jugées appétentes pour les ruminants
- Semences disponibles au village et/ou reproductibles par graine ou bouture
- Intérêt pour planter le *Gliricidia sepium* en haies vives plutôt qu'en association

Freins à la diffusion :

- Besoins en engrais minéraux jugés plus importants et chers au regard des moyens des exploitations
- Effet d'ombrage mal perçu sur la productivité des cultures maraîchères pour le *Gliricidia sepium* en association
- Espèces peu adaptées pour les parcelles de faibles superficies

Conclusion

Les trois cultures fourragères (*Mucuna pruriens*, *Brachiaria ruziziensis* et *Gliricidia sepium*) ont été positivement appréciées par les producteurs.rices dans les zones où elles ont été testées. Elles offrent d'autres perspectives pour l'alimentation des animaux et contribuent à l'amélioration de la fertilité des sols.

Avec le temps et la familiarisation avec les animaux (ovins et caprins), le fourrage frais de *Gliricidia sepium* peut être apprécié et correctement consommé. Dans la zone de Kobala Coura, l'intégration de *Gliricidia sepium* dans les périmètres maraîchers a été partiellement adoptée par les producteurs.rices du fait d'un manque d'espace pour l'agriculture et de la crainte de l'action néfaste de son ombrage sur les cultures.

La plantation de *Gliricidia sepium* en haies vives le long des périmètres maraîchers gérée à travers des coupes répétitives (4 fois par an) pourraient permettre d'inciter les producteurs.rices à l'intégrer dans leur système de production pour non seulement contribuer à l'amélioration du disponible fourrager (quantitativement et qualitativement), mais aussi à la fertilité des sols dans les périmètres, et à l'amélioration de la production de source d'énergie domestique.

Pour aller plus loin

- Ba, A., Traoré, A., Coulibaly, D., Traoré, S. O., Koné, A. K., Sissoko, F. 2023. **Production de fourrages de *Brachiaria ruziziensis* pour l'alimentation du bétail en saison sèche.** In Soumaré M., 2023 (éd.). Fiches techniques et guides méthodologiques pour la transition agroécologique, AgrECo, Institut d'Economie Rurale (IER), Mali, 71-75 pp.
- Ba, A., Traoré, S.O., Diawara, M.O., Traoré, A., Koné, A.K., Coulibaly, D., 2022. ***Brachiaria ruziziensis* fodder: A Supplementary Resource for Livestock in the Cotton Production Zone of Mali.** International Journal of Food Science and Agriculture, 6(4) : 409 - 415.
- Ba, A., Traoré, A., Coulibaly, M., Traoré, S. O., Dembélé, B., Coulibaly, D. 2023. **Production de semences de *Mucuna pruriens*.** In Soumaré M., 2023 (éd.). Fiches techniques et guides méthodologiques pour la transition agroécologique, AgrECo, Institut d'Economie Rurale (IER), Mali, 12-17pp.
- Coulibaly D., Ba A., Koné A. K., 2018. **FICHE TECHNIQUE : Culture du mucuna (*Mucuna pruriens*) pour la production de fourrage en zone Mali-Sud**, Soumaré M., Havard M. (eds), 2018. Innovations pour l'amélioration de la productivité et de la durabilité des systèmes d'exploitation à base de coton au Mali. IER, CIRAD, AFD, CNRA, Bamako, Mali, 19-22 pp.
- Heuzé V., Tran G., 2015. ***Gliricidia* (*Gliricidia sepium*).** Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/552> Last updated on May 11, 2015, 14:34
- Sissoko F., Traoré A ; Togola M., 2012. **Association céréale / *Brachiaria ruziziensis*.** Fiche technique, Institut d'Économie Rurale (IER), Mali, 5p.

2 BIODIVERSITÉ CULTIVÉE

Associations et rotations des cultures	50
Amélioration des pratiques d'associations du sorgho avec le niébé.....	50
L'association arachide/niébé : variantes de pratiques culturales.....	61
Diversification des espèces cultivées	75
Les crotalaires en association et en rotation avec les céréales.....	75
Introduction d'une légumineuse, le niébé, dans les rotations céréalières	86
Effets des associations de plantes sur la gestion des bioagresseurs...	96



ASSOCIATIONS ET ROTATIONS DES CULTURES



© INERA / AMSP

Amélioration des pratiques d'associations du sorgho avec le niébé

AUTEURS : Hamado Sawadogo (INERA) et Roger Kaboré (AMSP).

Les associations culturales se définissent par la présence simultanée, au moins temporaire, de plusieurs espèces ou variétés sur une même parcelle, où au moins une des cultures est valorisée, et où l'association apporte un bénéfice à au moins une des cultures. Dans le cadre des associations de type sorgho/niébé, les deux cultures peuvent être valorisées pour l'autoconsommation ou la vente, et la culture du niébé apporte un bénéfice à la culture du sorgho pour la gestion de la fertilité du sol.

Caractéristiques de la zone d'étude

La commune de Korsimoro est localisée dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso, dans la province du Sanmatenga. Elle compte 29 villages et ses habitants sont mobilisés autour des activités agricoles, pastorales, de pêche, de la cueillette (mangues, fruit de karité) et de l'artisanat (couture, transformation des arachides, préparation de la bière locale, etc.). L'activité agricole constitue la principale source de revenus et ce secteur occupe près de 90% de la population active. Les principales spéculations sont les cultures vivrières (sorgho, mil, maïs, riz, niébé et pois de terre), les cultures de rente (sésame et arachide) et les produits maraîchers (chou, oignon, tomate, concombre, aubergine...).



Localisation de la zone d'étude, Burkina Faso

Le sorgho et le mil sont généralement associés avec le niébé ou le sésame dans la pratique des producteur.rices (Ganamé *et al.*, 2021 ; Sawadogo *et al.*, 2022).

L'accès facile à cette localité par la route nationale goudronnée N°3 (Ouagadougou-Kaya) permet aux producteur.rices d'évacuer les produits de récolte avec un minimum de contraintes vers les marchés régionaux, nationaux et internationaux.

Problématiques de la zone

À l'instar des autres communes de la région, l'activité agricole est tributaire des conditions climatiques, et la commune est caractérisée par une mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies. Les sols sont également peu fertiles, ou présentant certaines contraintes, avec des sols ferrugineux tropicaux peu profonds et lessivés sur les glacis et les plateaux ; des sols ferrugineux tropicaux profonds, difficiles à travailler dans les bas-fonds ; et des sols vertiques et bruns eutrophes, dégradés au niveau des collines et des dépressions.

La pression foncière y est forte avec un manque de surfaces à cultiver en raison de l'augmentation grandissante de la population et de la baisse de la fertilité des sols. Cette problématique, ajoutée à la variabilité des pluies et le manque de variétés adaptées au changement climatique, contribuent à des baisses de rendements sur les principales cultures.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Les associations de cultures permettent de mieux valoriser les espaces agricoles dans les contextes de forte pression foncière. Si l'association sorgho/niébé est déjà pratiquée par les producteur.rices, elle est réalisée directement dans les poquets. Avec l'innovation testée, l'association est réalisée en ligne, en bandes alternées.

Les associations en ligne permettent de mieux gérer l'espace et facilitent les travaux d'entretien des cultures (sarclages, traitements biopesticides), comparativement à l'association sorgho/niébé traditionnelle en poquet. Les effets de compétitions entre espèces sont également diminués et la production par unité de surface est plus importante avec cette association en ligne que dans les systèmes en monoculture ou l'association au poquet.

Avantages de l'innovation :

- adaptée aux contextes de faibles disponibilités foncières
- permet de minimiser les risques en cas d'aléas climatiques
- permet d'augmenter la production par unité de surface
- fournit une production alimentaire supplémentaire lors des périodes de soudure (feuilles consommées en couscous et en sauce pour le niébé)

A l'issue d'une démarche de co-conception avec les parties prenantes (producteur.rices, OP, organismes d'appui-conseil, recherche), les principaux traitements* (T) à implémenter pour l'étude comparative ont été les suivants :

T1 : Association sorgho/niébé en poquets (la pratique paysanne qui va servir de référence)

T2 : Culture pure de sorgho (en zaï)

T3 : Culture pure de niébé (en lignes)

T4 : Association 4/2 - quatre lignes de sorgho et deux lignes de niébé

T5 : Association 2/1 - deux lignes de sorgho et une ligne de niébé

Les variétés utilisées sont Kapelga pour le sorgho et Komcallé pour le niébé.

L'innovation sur les associations en lignes sorgho/niébé est évaluée en la comparant à la pratique paysanne actuelle en poquets. Des traitements en culture pure sont également réalisés afin de permettre le calcul des LER* (Land Equivalent Ratio - qui permet de comparer la performance de l'association à celle des mêmes espèces cultivées séparément).

À NOTER

La pratique du zaï a été acceptée pour la culture pure de sorgho, dans le cadre de la co-conception, car la parcelle du producteur associé était déjà cultivée en zaï et ce dernier ne voulait pas perdre le fruit de son travail précédent (creusement des trous de zaï) en pratiquant un labour.



Association 2 lignes de sorgho / 1 ligne de niébé



Association 4 lignes de sorgho / 2 lignes de niébé

Description technique de l'innovation

Choix et préparation du terrain

Dans le village de Soundogo, dans la commune de Korsimoro, les essais ont été réalisés sur un sol ferrugineux tropical lessivé moyennement profond. La texture du sol est sablo-argileuse. Le relief est plat. La pente du terrain est faible et inférieure à 0,5%.

Toutes les parcelles ont été labourées à la charrue, à l'exception de la parcelle de sorgho en culture pure qui était déjà cultivée en zaï. Le labour est réalisé début juillet et le temps de travail pour le labour à la charrue bovine est de 5 à 6 heures par ha en moyenne lorsque le sol est humide. Avant le semis, un piquetage* a été réalisé pour la mise en place des traitements.

Mise en place et entretien

Pour tous les traitements en ligne, les densités de plantation sont de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets sur la même ligne. Il faut compter environ 10 kg/ha de semences pour le sorgho et 12 kg/ha pour le niébé. La réalisation des semis est préconisée la 3ème semaine de juin et le resemis* début juillet. La fertilisation consiste en 2,5 t/ha de fumure organique incorporée au moment du labour et 62,5 kg de NPK, dans toutes les parcelles tests, à l'exception de celles de la pratique paysanne qui sert de témoin (T1). Les parcelles de sorgho (en pure et en associations) reçoivent en plus 25 kg/ha d'urée appliquée en microdose 35 jours après le semis (JAS).

L'entretien consiste en deux sarclages manuels à la daba à 14 JAS et à 35 JAS, et deux traitements biopesticides appliqués en début de floraison du niébé et à la formation des gousses (début août à mi-septembre). La récolte se fait en deux fois pour le niébé dès la 3ème semaine de septembre et début octobre. La récolte de sorgho s'effectue en une seule fois fin octobre.

Le traitement biopesticide est appliqué chaque deux semaines à partir de la floraison du niébé soit 3 traitements durant la saison. Il est préparé dans une grande barrique où sont mélangés 100 litres d'eau, 2 kg de poudre de neem, 5 bulbes d'oignon broyés, 3 cuillerées d'ail broyé, et 3 cuillerées de piment broyé. Le mélange doit être préparé 48 heures avant le traitement. Le jour du traitement, la solution obtenue est filtrée avant d'être pulvérisée sur les plants.

Résultats technico-économiques

Les résultats technico-économiques de l'innovation sont collectés pendant deux années consécutives (2021 et 2022) sur les parcelles tests et comparés entre types de traitement.

Résultats techniques sur la productivité

Les résultats techniques portent ici sur la productivité du sorgho et du niébé avec un indicateur-clé, le rendement (kg/ha). Celui-ci est calculé pour les produits en grains, mais aussi pour la paille et les fanes.

Tableau 1 : Rendements grains et paille du sorgho/niébé en kg/ha par traitement en 2021 et en 2022 à Soundogo, village de la commune de Korsimoro (S = Sorgho ; N = Niébé).

Traitements	2021				2022			
	Grains		Paille/fanes		Grains		Paille/fanes	
	S	N	S	N	S	N	S	N
T1 : Association sorgho/niébé en poquets	208	142	651	88	781	374	3442	509
T2 : Culture pure de sorgho	672		1314		1941		9058	
T3 : Culture pure de niébé		785		1722		1167		1132
T4 : Association 4/2	647	408	1489	252	1314	507	5646	556
T5 : Association 2/1	446	371	1265	206	1230	311	5270	354

Au cours de l'année d'expérimentation 2021 à Soundogo, il a été observé un gain de rendement en grains de sorgho de 211% et 114% respectivement pour les associations 4/2 et 2/1 comparativement à l'association traditionnelle sorgho/niébé en poquets (T1). Les rendements en paille sont également plus élevés. Pour la saison 2022, le gain de rendement en grains de sorgho est respectivement de 64% et 53%. Pour le niébé, le gain de rendement en grains est de 187% et de 161% comparativement au témoin (T1) respectivement pour les associations 4/2 (T4) et 2/1 (T5).

Les calculs des LER pour le rendement en grains de sorgho en 2021 présentent les résultats suivants : 0,49 pour l'association traditionnelle (T1), 1,14 pour l'association 2/1 (T5) et 1,48 pour l'association 4/2 (T4). Sur base des LER, l'association 4/2 est considérée comme plus performante, suivie de l'association 2/1.

Les faibles rendements pour le traitement 1 peuvent s'expliquer par la faible densité utilisée pour le niébé dans la pratique traditionnelle, la non utilisation d'engrais et l'absence de démariage* du sorgho qui empêche un bon développement.

En 2022, un nouveau traitement est également testé : sorgho/niébé/sésame, en association 2/2/2 - deux lignes de sorgho, deux lignes de niébé, deux lignes de sésame. Cette nouvelle association est comparée à un traitement en culture pure de sésame.

Tableau 2 : Rendements grains et paille sorgho/niébé/sésame en kg/ha en 2022 à Soundogo (S = Sorgho ; N = Niébé ; Sé = Sésame).

Traitements	2022					
	Grains			Paille/fanes		
	S	N	Sé	S	N	Sé
T6 : Association sorgho/niébé/sésame 2/2/2	982	324	192	4210	425	272
T7 : Culture pure du sésame			593			629

Le rendement en grains pour le sésame a été de 593 kg/ha en culture pure. Ce rendement est faible au regard du rendement potentiel en grains qui est de 800 kg/ha. Les rendements en paille et en tiges ont suivi la même tendance que le grain. L'essai a connu des difficultés dues à un problème de levée du sésame. En effet, la période de semis a coïncidé avec de fortes pluies d'où une faible densité des plants. Les plants de sésame après germination ont besoin de chaleur et de lumière et quand les pluies se suivent chaque jour, ils ne se développent pas bien. En outre, il y a eu une forte attaque de ravageurs en dépit des traitements biopesticides. Pour l'association 2/2/2, le rendement du sésame est aussi faible mais la productivité globale du traitement est intéressante.



Association sorgho/niébé/sésame



Sésame en culture pure

En 2022, les LER (Land Equivalent Ratio) totaux pour le rendement en grains de sorgho sont de 0,72 pour l'association traditionnelle au poquet (T1), 1,11 pour l'association sorgho/niébé 4/2 (T4), 0,90 pour l'association 2/1 (T5) et 1,11 pour l'association 2/2/2 (T6).

Résultats économiques

Le calcul des résultats économiques permet de valider et de comparer la viabilité économique des différents traitements les uns par rapport aux autres. La valeur de référence utilisée est la marge brute.

Tableau 3 : Estimation de la marge brute (produits - charges) pour chaque traitement testé (estimation pour 1 ha) pour l'année 2022

Traitements	Total des charges (FCFA)	Total des produits pour grains (FCFA)	Total des produits pour paille (FCFA)	Marge brute (FCFA)
T1 : Association sorgho/niébé en poquets	322 000	364 375	111 500	153 875
T2 : Culture pure de sorgho	530 500	533 775	226 450	229 725
T3 : Culture pure de niébé	311 250	466 800	56 600	212 150
T4 : Association 4/2	502 250	564 150	168 950	230 850
T5 : Association 2/1	428 600	462 650	149 450	183 500
T6 : Association sorgho/niébé/sésame 2/2/2	552 000	591 650	129 220	168 870
T7 : Culture pure du sésame	425 000	593 000	6 290	174 290

Ce sont les coûts de main-d'œuvre et des fertilisants qui expliquent les différences de charges entre les traitements. Les traitements avec sorgho coûtent plus chers à la mise en place que les cultures pures de niébé ou de sésame en raison d'un supplément en main-d'œuvre nécessaire pour l'apport en urée effectué à la main dans chaque poquet. De même, une production plus importante induit une main-d'œuvre plus importante pour la récolte, le transport, le battage, le conditionnement et le stockage.

Concernant le calcul des produits, il a été effectué en fonction des prix pratiqués sur le marché de Soundogo, en période de récolte, c'est-à-dire 27 500 FCFA pour un sac de 100 kg de grains de sorgho, 40 000 FCFA pour un sac de 100 kg de grains de niébé, 250 FCFA la botte de paille de sorgho de 10 kg et 500 FCFA la botte de fanes de niébé de 10 kg. Le kilogramme de sésame grains est vendu 1 000 FCFA. La paille de sésame, bien que rarement vendue, a été estimée à 10 FCFA /kg. Il est important de valoriser la paille dans le calcul économique, même si, dans la pratique générale, celle-ci n'est pas vendue mais plutôt stockée dans les arbres au niveau du champ et donnée en alimentation aux animaux.

Au final, l'association 4 lignes de sorgho et 2 lignes de niébé (T4) obtient, en 2022, la meilleure marge brute avec 230 850 FCFA, suivi du sorgho pur (T2) et du niébé pur (T3). La saison agricole ayant été bonne sur le plan pluviométrique, l'association traditionnelle au poquet (T1) a eu une marge bénéficiaire de 153 875 FCFA. Toutes les associations en lignes ont produit une marge brute supérieure à l'association traditionnelle en poquets, malgré des charges plus importantes (ex : fertilisants).

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

La diffusion de l'innovation auprès des producteur.rices s'est faite au travers d'une approche participative. Un nombre fixe de 30 producteur.rices a participé, autour d'un champ central* expérimental, à la co-conception des traitements, à leur mise en place et à leur co-évaluation.

Puis, dans un second temps, chaque producteur.rice a été libre de tester les traitements vus dans le champ central dans ses propres champs, appelés les essais satellites ou champs satellites*. Les visites commentées sont également une occasion de partage de connaissances et de diffusion auprès de producteur.rices non participant.es aux tests. De même, les séances de présentation et de restitution des résultats permettent à différents acteurs (représentants des services techniques, des ONG, et des commerçants et des transformateurs) d'échanger avec les producteur.rices des champs satellites.

Des émissions à la radio impliquant les producteur.rices, les associations de producteur.rices, les organismes d'appui conseil et les chercheurs, réalisées à Kaya en septembre 2022, ont permis une présentation des innovations à une plus large audience. Enfin les couvertures par les télévisions des activités d'expérimentation sont également un moyen de diffusion des innovations.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

La co-évaluation avec les producteurs et productrices a été réalisée en septembre et octobre 2022 selon la démarche suivante en 4 étapes :

- Rappel sur le processus et les objectifs de mise en place des champs centraux et essais satellites ;
- Visite des tests/ essais mis en place au niveau du champ central ;
- Choix des producteurs et productrices sur les tests par des votes directs à l'aide de 3 cartons de couleurs différentes ;
- Dépouillement des résultats des votes et justification des choix des femmes et des hommes.

Tableau 4 : Scores d'appréciation des producteur.rices en septembre 2022 à Soundogo

Traitements	Femmes			Hommes		
	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix
T1 : Association sorgho/niébé en poquet	0	0	0	0	0	4
T2 : Culture pure de sorgho	0	11	0	17	4	0
T3 : Culture pure de niébé	0	0	11	3	16	3
T4 : Association 4/2	11	0	0	1	5	4
T5 : Association 2/1	0	0	0	0	0	2
T6 : Association sorgho/niébé/sésame 2/2/2	0	0	0	4	0	10
T7 : Culture pure du sésame	0	0	0	0	0	2

La co-évaluation montre qu'il y a un certain intérêt des producteur.rices pour les associations sorgho/niébé en lignes, mais uniquement pour l'association 4/2. Bien que les scores d'appréciation de cette innovation proposée n'atteignent pas ceux des cultures pures de sorgho ou de niébé pour les hommes, il est à noter que pour les femmes, les scores sont équivalents. Pour les deux genres, cette innovation est bien plus appréciée que la pratique paysanne d'association en poquets qui n'a reçu qu'un score global de 4 contre 21 pour l'association 4/2.

Concernant l'association sorgho/niébé/sésame en 2/2/2, mieux notée que les autres associations pour les hommes, ils ont justifié leur choix par les raisons suivantes : elle permet d'avoir 3 cultures et donc 3 productions dans la même parcelle ; elle contribue à résoudre les problèmes de disponibilité des terres ; l'entretien entre les semis en lignes est aisé ; il est possible d'organiser des rotations entre les lignes. En revanche pour les femmes qui ont donné un score de 0 pour cette association, elles ont expliqué qu'elles l'avaient jugée trop complexe dans sa réalisation.

Dans les champs satellites en 2022, les producteur.rices ont également adapté les associations en lignes. Il y a les associations 3 lignes de sorgho et 2 lignes de niébé (3/2) avec ou sans fumure organique, de même que l'association 2 lignes de sorgho et 1 ligne de niébé (2/1), plutôt adoptée par les jeunes hommes de même que l'association 1 ligne de sorgho et 1 ligne de sésame. Dans des parcelles tenues par des femmes, d'autres types d'association ont été observés tels que deux lignes de sorgho et une ligne d'oseille, ou encore sorgho/arachide ou mil /arachide en ligne.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions ont été menées sous forme de focus groupes non mixtes, en mai 2024, auprès de 24 producteur.rices du village de Soundogo, dans la commune de Korsimoro (12 hommes et 12 femmes) afin d'obtenir des éléments de réponse sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation. Parmi les participants à la discussion, 22 ont reproduit l'innovation au sein de leur exploitation (11 hommes et 11 femmes).

Contexte du village de Soundogo

Dans le village de Soundogo, la culture du sorgho est exclusivement dédiée à la consommation, tandis que celle du niébé est destinée à la fois à la vente et à la consommation.

Selon les producteur.rices, les principales difficultés rencontrées pour les cultures de sorgho et de niébé sont : la pénibilité des récoltes lorsque les cultures sont semées dans les mêmes poquets (démangeaisons cutanées en raison du contact direct des plants de sorgho avec la peau) ; les pertes dues à l'irrégularité des pluies ; un manque de ressources financières pour l'acquisition d'engrais organiques ou de NPK ; l'utilisation de traitements phytosanitaires nuisibles pour la santé ; des pratiques de fertilisation en surface pouvant entraîner l'emportement des engrais organiques en cas de pluies ; et la menace des ravageurs.

Connaissances préalables des producteur.rices

Dans ce village, l'association traditionnelle du sorgho et du niébé en poquets, bien que longtemps pratiquée, semble actuellement délaissée au profit des pratiques de monocultures. Les pratiques d'associations de ces cultures testées avec le projet FAIR Sahel diffèrent de manière significative avec la pratique traditionnelle en ce qui concerne le mode de semis. Alors qu'autrefois, les graines de sorgho et de niébé étaient semées dans un même poquet, au détriment du développement optimal des cultures, l'innovation a introduit le semis en ligne, en bandes alternées de sorgho et de niébé qui permet d'obtenir un équilibre adéquat entre les quantités de sorgho et de niébé dans chaque ligne de plantation, facilitant ainsi la croissance des plants. Une autre différence réside dans le choix des semences, avec l'utilisation de variétés améliorées.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Concernant les résultats des tests effectués sur l'association du sorgho et du niébé, les producteurs (hommes) ont constaté que les rendements des cultures en poquets étaient généralement inférieurs

à ceux des cultures en lignes. Les productrices ont noté également une baisse de rendement lors de périodes de fortes pluies qui favorisent la pourriture des feuilles de niébé. Néanmoins, elles ont souligné que malgré ces conditions climatiques défavorables, les variétés proposées par le projet FAIR Sahel permettent des récoltes plus satisfaisantes que celles obtenues avec les variétés locales.

Les producteur.rices ont exprimé leur appréciation pour ces variétés, soulignant qu'elles offrent un rendement supérieur, une résistance à la sécheresse et un cycle de croissance court. Cependant, les inconvénients signalés par le groupe des producteurs (hommes) concernent le besoin d'apports en engrais (NPK) pour assurer une production optimale avec ces variétés, ainsi que la nécessité de traitements phytosanitaires supplémentaires pour contrer les attaques de ravageurs sur les cultures de niébé.

Dans l'ensemble, les perceptions de l'innovation par les producteur.rices sont bonnes et les adoptions nombreuses avec des adaptations. Les hommes ont choisi diverses options pour mettre en œuvre ces innovations, telles que trois lignes de sorgho pour deux lignes de niébé (3/2), deux lignes de sorgho pour deux lignes de niébé (2/2), deux lignes de sésame pour deux lignes de niébé (2/2) et deux lignes de sorgho pour quatre lignes de niébé (2/4). Les raisons évoquées pour ces adaptations sont : la volonté d'expérimenter et celle d'augmenter la production de niébé en raison d'une demande accrue du marché. Les femmes ont également reproduit l'innovation en optant pour : trois lignes de sésame et quatre lignes de niébé (3/4), trois lignes de sorgho pour deux lignes de niébé (3/2), deux lignes de sorgho pour quatre lignes de niébé (2/4), deux lignes de sésame pour deux lignes de niébé (2/2), et deux lignes de sorgho pour deux lignes de niébé (2/2). La majorité des femmes ont adapté ces nouvelles associations afin de mener des expériences et d'acquérir du sésame et du niébé pour la vente, contribuant ainsi à répondre à des besoins monétaires spécifiques, notamment payer les frais de scolarité et le matériel scolaire.

Au cours des dernières années, plusieurs changements ont été observés par les producteur.rices en termes de conditions pédo-climatiques, principalement une plus grande variabilité des pluies, mais aussi une dégradation progressive de la qualité des sols. Ces évolutions ont un impact direct sur les cultures, entraînant une diminution des rendements et empêchant les cultures d'atteindre leur pleine maturité. Les producteur.rices estiment que l'innovation proposée est adaptée à ces changements, grâce à l'utilisation de variétés à cycle court, offrant des rendements élevés, faciles à cultiver et favorisant l'amélioration de la fertilité du sol.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

A Soundogo, l'exode rurale provoque une pénurie de main-d'œuvre qui limite le potentiel d'exploitation des terres cultivables. Ainsi, les nouveaux modes d'association du sorgho et du niébé proposés par le projet FAIR Sahel se révèlent être en parfaite adéquation avec la main-d'œuvre disponible chez les producteur.rices. L'innovation permet d'utiliser le même nombre de jours de travail par rapport au traitement traditionnel.

L'innovation s'adapte également aux surfaces disponibles au sein des ménages agricoles. Les femmes soulignent même que l'innovation est particulièrement intéressante pour elles car elles ont accès à de plus petites surfaces et ces associations leur permettent de cultiver plusieurs spéculations à la fois, malgré les contraintes d'espace.

En matière de capital, l'adoption de l'innovation entraîne des coûts supplémentaires par rapport à la pratique agricole traditionnelle pour l'acquisition de semences améliorées, de NPK et de matières premières pour la fabrication de biopesticides. Cependant, les producteur.rices se disent prêts à cet investissement en raison de l'augmentation significative de la productivité observée.

Pour le groupe d'hommes interrogés, l'innovation se révèle bien plus efficiente en termes d'utilisation de la matière organique. Les quantités utilisées dans les pratiques traditionnelles sont nettement plus conséquentes et le mode d'apport employé ne permet pas sa répartition de manière homogène. En revanche, du point de vue des femmes, l'innovation requiert une quantité de matière organique supérieure à celle dont elles disposent habituellement pour leurs champs. De plus, bien qu'elles aient été formées aux techniques de compostage dans le cadre du projet FAIR Sahel, ces femmes rencontrent des difficultés pour produire du compost en raison des problématiques liées à l'approvisionnement en eau sur les lieux de compostage.

Dispositif d'appui

Les producteurs.rices ont exprimé leur appréciation de la méthodologie adoptée pour leur présenter l'innovation. La méthode comparative entre les différentes options de l'innovation et la pratique traditionnelle, au moyen du champ central, a su les convaincre. Ils ont spécifiquement loué la dimension concrète et pratique de cette approche. Ils ont particulièrement apprécié leur implication directe dans le processus et le suivi régulier assuré par les techniciens.

Pour les personnes ayant reproduit l'innovation, les visites de terrain dans le cadre du dispositif expérimental se sont révélées suffisantes pour leur permettre d'assimiler l'innovation et pour la mettre en œuvre de manière autonome. Une productrice ayant reproduit l'innovation par mimétisme a réussi grâce à l'assistance d'un autre producteur qui avait suivi de près les expérimentations. Elle a pu reproduire l'innovation sans rencontrer de difficultés majeures.

Leviers pour la diffusion :

- Pratiques de semis en lignes favorisant les travaux d'entretien et de récolte
- Technique simple, facilement assimilable
- Amélioration des rendements par rapport à la pratique traditionnelle
- Semences améliorées plus résistantes aux poches de sécheresse
- Possibilités d'adaptation des spéculations et des associations dans les lignes
- Adaptée au foncier et à la main-d'œuvre disponibles
- Utilisation plus efficiente de la matière organique
- Efficacité de la méthode de diffusion par le dispositif expérimental et les comparaisons

Freins à la diffusion :

- Coûts supplémentaires pour l'achat de certains intrants (semences améliorées, NPK, biopesticides)
- Vulnérabilité du sésame aux ravageurs
- Besoin en matière organique trop important pour les femmes

Conclusion

Les deux années d'expérimentation avec les associations sorgho/niébé et sorgho/niébé/sésame en lignes ont permis aux producteur.rices de faire des comparaisons avec leur association traditionnelle en poquets. Il est ressorti que les associations en lignes ont globalement des rendements plus élevés que l'association traditionnelle en poquets surtout en cas d'aléas climatiques. Les associations en ligne sorgho/niébé en 4/2 et en 2/1 sont appréciées par les producteurs et productrices comme stratégies pour couvrir les besoins alimentaires et pour l'obtention de revenus. L'association sorgho/niébé/sésame 2/2/2 présente également un LER intéressant malgré les problèmes de pluviométrie rencontrés l'année de l'expérimentation.

Cependant, il a tout de même été observé quelques inconvénients à la mise en place de l'innovation, comme le manque de main-d'œuvre en début de saison pour le semis, ainsi que l'insuffisance de la fumure organique ou minérale pour fertiliser les cultures. Les difficultés d'acquisition de nouveaux petits matériels et des intrants peuvent également constituer un frein pour les ménages vulnérables.

Il est donc recommandé d'associer la mise en place de cette innovation à des formations pour la fabrication de biopesticides et la production de compost de qualité afin de permettre une diffusion à un plus large panel de producteur.rices.

Pour aller plus loin

- Ganamé A. 2021. **L'association sorgho/niébé au poquet, une pratique traditionnelle en zone soudano-sahélienne à faible rendement: Etat des lieux et pistes d'amélioration.** International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 31 No. 4 Jan. 2021, pp. 836-848
- Sawadogo, H. 2001. **Gestion de la matière organique et récupération des potentialités de sols dégradés en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso.** Mémoire de DEA. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 87p
- Sawadogo, H. 2006. **Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso.** Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 232p.
- Sawadogo M ; Zaongho P and Sawadogo JP. 2022. **Analyse des facteurs explicatifs de l'association des cultures.** Économie Rurale. Ouagadougou, Burkina Faso, 380p.

ASSOCIATIONS ET ROTATIONS DES CULTURES



L'association arachide/niébé : variantes de pratiques culturales

AUTEURS - ZONE DE KOUSSANAR : Saer Lô, Amadou Diop, Bassirou Ngom, Fatoumata Sidibé et Faba Hamath Sow (Enda Pronat)

AUTEURS - ZONE DE NDIJOB : Moussa N'Diénéor & Abdoulaye Marico (ISRA), Isidore Birame Diouf & Alassane Ndiaye (Enda Pronat)

Crédits photos de la couverture : FAIR Sahel

Autres photos de la fiche : Amadou Diop & Absa Mbodj / Enda Pronat

Il est admis que la biodiversité ou « l'agrobiodiversité », aussi bien aux niveaux des variétés, des espèces et même de l'écosystème, joue un rôle important dans la durabilité agricole. L'association de cultures, qui implique la plantation d'au moins deux espèces ou génotypes de cultures différents sur une même parcelle pendant un certain temps, est considérée comme plus performante quant à l'utilisation des ressources (lumière, eau, nutriments), en augmentant la production par unité de ressource. Dans le cadre du projet FAIR Sahel, plusieurs types d'associations de cultures ont été testés et leurs performances techniques et économiques mesurées. Cette fiche est consacrée à l'étude menée sur l'association de deux légumineuses, l'arachide et le niébé.

Caractéristiques des zones d'étude

L'innovation a été testée dans 2 zones : la commune de Ndiob, dans la région de Fatick, faisant partie de la zone communément appelée le bassin arachidier ; et la commune de Koussanar, dans la région de Tambacounda, également appelée le Sénégal Oriental.

Les travaux ont été menés par une équipe mixte de chercheurs (ISRA) et de développeurs (Enda-Pronat).

Les deux zones agroécologiques présentent des profils de sol assez similaires avec des sols de type ferrugineux tropicaux dont les plus dominants sont :

(i) les sols peu ou non lessivés appelés localement sols « Dior » ; (ii) les sols bruns calcimorphes (Deck), situés dans les dépressions, mieux structurés que les sols Dior mais moins répandus.

Dans la région de Tambacounda, les cultures d'arachide, du coton, du maïs, du mil, du fonio et du sésame sont pratiquées durant la saison pluvieuse. Du maraîchage et de la riziculture sont également faits dans certains bas-fonds proches des villages.

Dans la région de Fatick, l'arachide et le mil constituent les spéculations les plus cultivées. D'ailleurs, à l'échelle nationale, la région de Fatick occupe la deuxième place en termes de superficie cultivée en arachide. Cette culture de rente assure une bonne partie du revenu des producteurs.rices. D'autres cultures sont également pratiquées pour la commercialisation : le niébé, la pastèque et le manioc, mais aussi les productions maraîchères.



Localisation des zones d'étude, Sénégal

Problématiques des zones

Si le Sénégal a été le premier exportateur mondial d'arachide, le niveau de production et le rendement ont été instables et loin du potentiel permis par les variétés depuis les 30 dernières années. Le pays connaît une crise de la filière arachidière et les produits arachidières ne représentent plus que 4 % des exportations.

Cette crise est attribuée, selon les experts, à divers facteurs : la pauvreté et la dégradation des sols ; les modifications des pratiques agricoles avec la disparition de la jachère ; la baisse de la pluviométrie liée aux changements climatiques ; la vétusté du matériel agricole ; et la dégradation du capital semencier. Par ailleurs, l'accès aux engrais, à la fois minéraux et organiques, est également limité. En dépit de ces différentes contraintes, l'arachide demeure la première production agricole du pays et joue un rôle prépondérant dans l'économie rurale.

Face à ces contraintes, notamment la dégradation des sols et l'accès limité aux engrais minéraux et aux intrants organiques (fumier et compost notamment) pour la majorité des producteurs.rices, quelles sont les voies d'amélioration de la productivité de l'arachide ?

Comment l'innovation répond à ces problématiques

L'hypothèse émise est que la diversification des systèmes de culture, à travers l'association de deux cultures (arachide et niébé), est une des voies qui pourrait améliorer la productivité de l'arachide, en dépit des contraintes identifiées.

Les associations de légumineuses ne sont pas nouvelles dans ces zones. Pour cette innovation, la recherche s'est inspirée de la pratique déjà mise en place par les femmes. L'accès à la terre de ces dernières étant limité, au moment des semis, elles mélangent souvent quelques graines de niébé avec celles de l'arachide. Le niébé, à cycle plus précoce que celui de l'arachide, est ainsi récolté, puis consommé ou vendu en gousses fraîches ou sèches, constituant un levier pour mieux gérer la soudure. Bien que

la pratique soit connue, elle est peu étudiée par le secteur de la recherche, contrairement aux associations entre céréales et légumineuses pour lesquelles les complémentarités spécifiques sont plus évidentes. Cette étude va donc s'intéresser à quantifier les performances de cette pratique sur la productivité du système de cultures associées en comparaison avec des productions pures d'arachide.

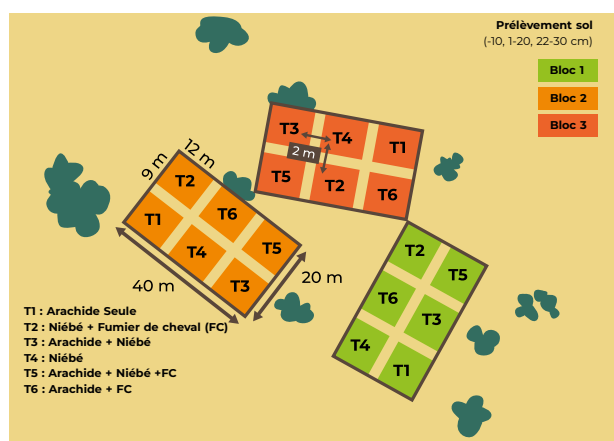
L'approche participative a été privilégiée, en incluant plusieurs acteurs, notamment les producteurs et productrices (hommes, femmes et jeunes), la recherche (ISRA/LNRPV), les services de développement (Enda Pronat), les collectivités territoriales et les services techniques (ANCAR).

Avantages de l'innovation :

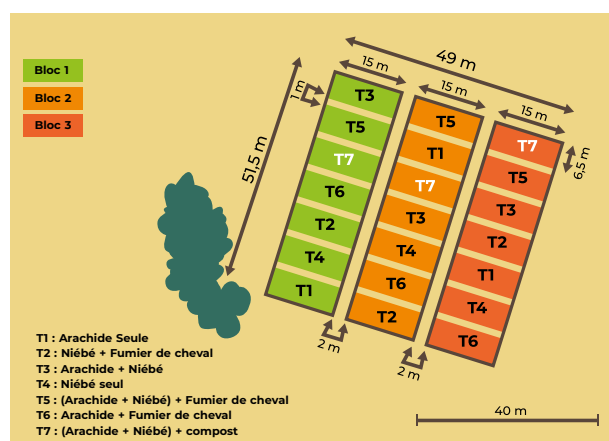
- Une amélioration de la fertilité des sols
- Une double disponibilité de produits et co-produits*, pour les ménages et les animaux d'élevage
- Une amélioration de la sécurité alimentaire pendant la période de soudure (mi-août à mi-septembre)

Lors des diagnostics rapides qui ont eu lieu en 2021, seul le site du bassin arachidier, notamment la commune de Ndiob, avait retenu l'association arachide/niébé en "mélange" dans le semoir, alors que l'association mil/niébé en bandes alternées avait été préférée dans la zone de Koussanar. L'association arachide/niébé est donc testée à Koussanar qu'à partir de 2022, d'abord en bandes alternées en ligne. Ce n'est qu'après des visites d'échanges entre les producteurs.rices des 2 zones, à l'issue de la campagne 2022, que ceux de Koussanar ont décidé de tester également, en 2023, l'association arachide mil/niébé en mélange dans le semoir.

Dans la **commune de Ndiob, dans le bassin arachidier**, un dispositif expérimental en bloc complet randomisé (BCDR) avec trois répétitions de 6 à 7 traitements, a été mis en place en 2021 et 2022. Ces traitements ont été installés dans le champ central* co-identifié, géré et évalué avec les producteur.rices. En 2021, le champ central a été installé dans le village de Ndiourbel Sine et, en 2022, un autre a été installé à Mbatar.



Configuration du champ central 2021 Village de Ndiourbel Sine



Configuration du champ central 2022 Village de Mbatar

L'étude s'est focalisée sur les associations arachide/niébé en mélange (A+N) en comparant ses performances par rapport à l'arachide en culture pure.



Parcelle en arachide pure, Mbatar, 2022



Parcelle en association en mélange arachide/niébé,
Ndiourbel Sine, 2021

Description technique de l'innovation

Mise en place de l'innovation



Versement des semences mélangées dans le semoir



Mélange direct dans le semoir

Dans la commune de Ndiob, le matériel végétal utilisé est l'arachide de la variété 55-437 appelée localement « Fourré ». C'est une variété semi érigée, résistante à la sécheresse et à l'aflatoxine avec un cycle de 90 jours après semis. Pour le niébé, la variété Baye Ngagne, rampante, à cycle de 75 jours, a été utilisée.

Le semis est réalisé dès les premières pluies utiles (environ 20 mm). Le jour du semis, sur le terrain, une poignée de semences de niébé (environ 80 g) est mélangée dans une bassine contenant 5 kg de semences d'arachide (le semoir artisanal local est calibré à une quantité maximale de 5 kg). Les deux types de semences sont bien mélangés afin que la répartition de graines de niébé au semis dans la parcelle soit la plus homogène possible. Après l'opération de mélange, les semences sont versées dans le semoir et semées en même temps avec un écartement de 50 cm entre 2 lignes de semis. A défaut d'une bassine, le mélange peut se faire aussi directement dans le semoir.

La maîtrise des adventices au cours du cycle est assurée par quatre sarclages dont le 3ème est un sarclo-binage.

À Koussanar, suite à l'atelier de restitution des résultats de la campagne 2021 pendant laquelle l'association mil/niébé en bandes alternées avait été testée, plusieurs producteur.rices se sont portés volontaires pour tester d'autres innovations agroécologiques, dont l'association arachide/niébé. Cette association a été testée par les producteur.rices dans les champs satellites*

pendant les hivernages 2022 et 2023. Elle a été pratiquée selon deux modes de semis : (i) en bandes alternées et (ii) en mélange (dans le semoir).

Dans le cas du semis en bandes alternées (i), l'association est réalisée avec 8 lignes d'arachide et 4 lignes de niébé (8A+4N). La distance entre les lignes est de 80 cm pour les bandes d'arachide et 1 m pour les bandes de niébé pour les sols peu fertiles (60 cm pour les bandes d'arachide et 80 cm pour les bandes de niébé sur les sols plus fertiles). Les disques utilisés pour le semoir sont : le disque 30 pour l'arachide et le disque 8 pour le niébé.

Quant à l'association en mélange (ii), les doses sont les mêmes que dans le bassin arachidier avec 5 kg de semences d'arachide pour une poignée de semences de niébé. La distance entre les lignes est tout de même plus importante (80 cm). Le disque 30 est utilisé pour le semoir.

À NOTER

Concernant les disques pour le semoir, le diamètre des disques ne change pas, c'est uniquement le nombre de trous qui est différent : 8 trous dans un disque 8 ; 24 trous dans un disque 24 ; etc.

Pour l'arachide, il y a deux types de disques utilisés : le 24 et le 30. Le dernier est plus utilisé pour des raisons d'optimisation de la levée en cas de pause pluviométrique et en cas de faible germination des graines. Il permet d'éviter les espaces vides pour ces deux facteurs cités. Quant au disque 8, il s'agit du type de disque utilisé pour le semis du niébé en milieu rural.

Un sarclage est effectué à trois reprises : après le semis, après la levée des plants, puis après le démariage* des cultures.

À Koussanar, le précédent cultural, la préparation du sol et le choix des variétés va dépendre du type de sol des champs satellites : 1) sol fertile, riche en matière organique (MO), ou 2) sol peu fertile, à faible teneur en matière organique.

Tableau 1 : Préparation du sol et choix des variétés sur les champs satellites

	Sol fertile (sol riche en MO)	Sol peu fertile (sol pauvre en MO)
Gestion de la fertilité du sol	- Le sorgho est recommandé comme précédent cultural. Avant semis, le sol ne nécessite pas d'apport en fumure organique. - Après deux ans de cultures, une période de parage des animaux (ovins, bovins) est préconisée pour maintenir la fertilité du sol. Il s'agit d'un parage rotatif de 7 jours, effectué de Novembre (fin de l'hivernage) à Juin-Juillet. - L'apport des feuilles de <i>piliostigma</i> permet de maintenir la fertilité des sols.	- Une jachère est recommandée la première année avec un parage rotatif par 15 jours pendant toute la saison des pluies (juin à novembre). Si le nombre d'animaux dans le troupeau est insuffisant, le parage débute au mois de Mai jusqu'à juin. - Le sésame, le mil et le maïs sont les meilleurs précédents culturaux, et le sorgho est à éviter. La biomasse du précédent est laissée au sol. - Quant à la gestion des apports, elle doit être appliquée de façon localisée et uniquement sur l'arachide dans un sol pauvre.
Choix variétal	- Pour l'arachide, la variété 73-33 donne un bon rendement en gousses et en fanes et son cycle est moyen. - Pour le niébé, la variété <i>Mélakh</i> donne un bon rendement en gousses et en fanes ; le port est semi érigé.	- Pour l'arachide, la variété <i>thiopor/fourré</i> à cycle court est choisi. - Et pour le niébé, il s'agit également de la variété <i>Mélakh</i>.

Pour le niébé, la biomasse souterraine et aérienne peut être laissée sur place à la récolte, alors que pour l'arachide, les grains et les fanes sont récoltés.

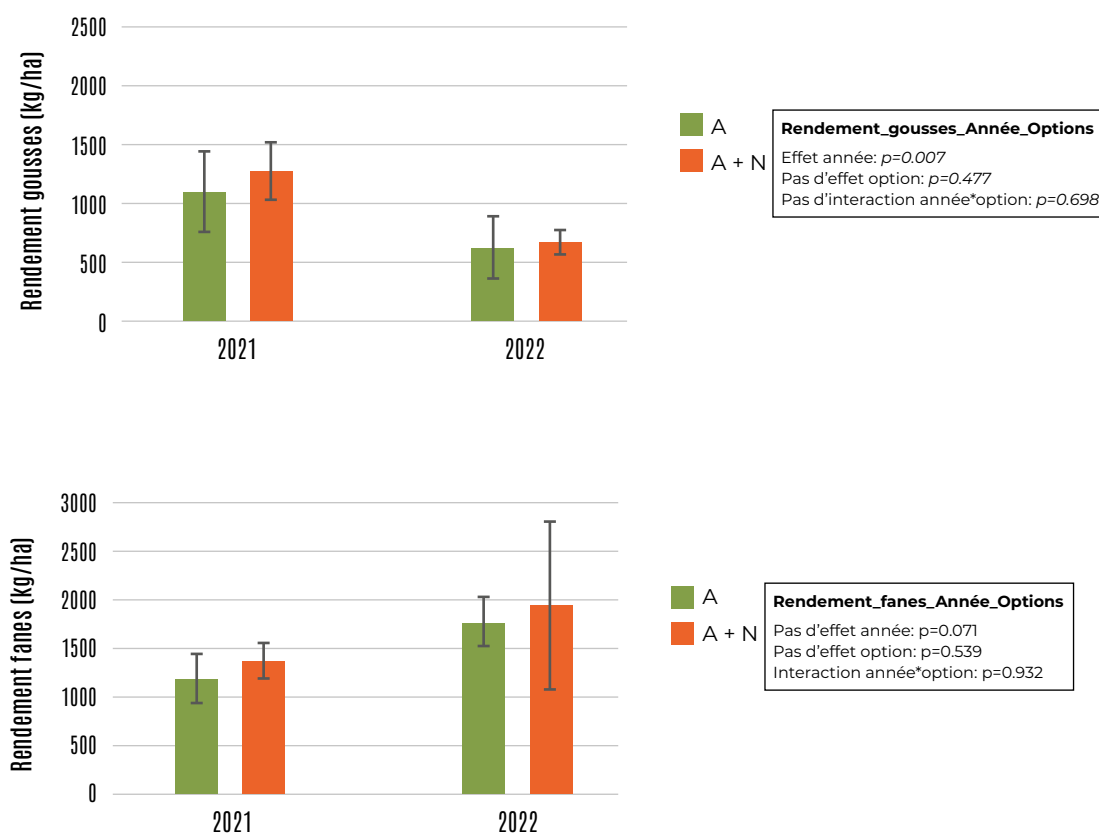
À NOTER

Piliostigma est une espèce locale très répandue et disponible dans les parcelles de la commune de Koussanar et de Ndogo Babacar. A l'approche de l'hivernage, les producteurs ont l'habitude d'élaguer les arbres en vue d'entretenir les jeunes repousses et promouvoir son intégration dans les champs, ceci en vue de faciliter les opérations techniques pour la traction animale. Les branches élaguées sont rassemblées et déposées sous l'arbre en vue de collecter la biomasse feuille après séchage. Les producteurs peuvent appliquer cette biomasse feuille comme couverture après le premier sarclage. Elles fertilisent le sol par le processus de décomposition de la matière organique (humification) et libèrent des minéraux disponibles pour la plante.

Résultats technico-économiques

Résultats techniques

Dans la **commune de Ndiob, dans le bassin arachidier**, les rendements en gousses et en fanes de l'arachide sur les deux années d'expérimentation dans les champs centraux (2021 et 2022) sont comparées pour l'association arachide/niébé en mélange et pour la culture pure d'arachide. Les résultats ne concernent ici que l'arachide (figures 1 & 2 ci-dessous).



Figures 1 & 2 : Rendements gousses et fanes pour l'arachide, en 2021 et 2022, dans la commune de Ndiob dans le bassin arachidier

Les résultats montrent que les rendements moyens des gousses de l'arachide entre les traitements ne sont pas significativement différents, en raison de la grande variabilité entre les répétitions, mais il est observé une tendance à une meilleure performance des arachides lorsqu'elles sont mélangées avec du niébé. Pour le grain, il est observé un gain de 16 % et 8 %, respectivement pour 2021 et 2022, et pour les fanes un gain de 15 % et 10 %, respectivement en 2021 et 2022.

À NOTER

Les précipitations exceptionnelles enregistrées en 2022 (cumul 719 mm contre 548 mm en 2021), accompagnées de grêles au stade 50% de la floraison d'arachide, ont entraîné la perte de fleurs et, par conséquent la baisse de production de gousses ; inversement à la production de fanes, meilleure qu'en 2021.

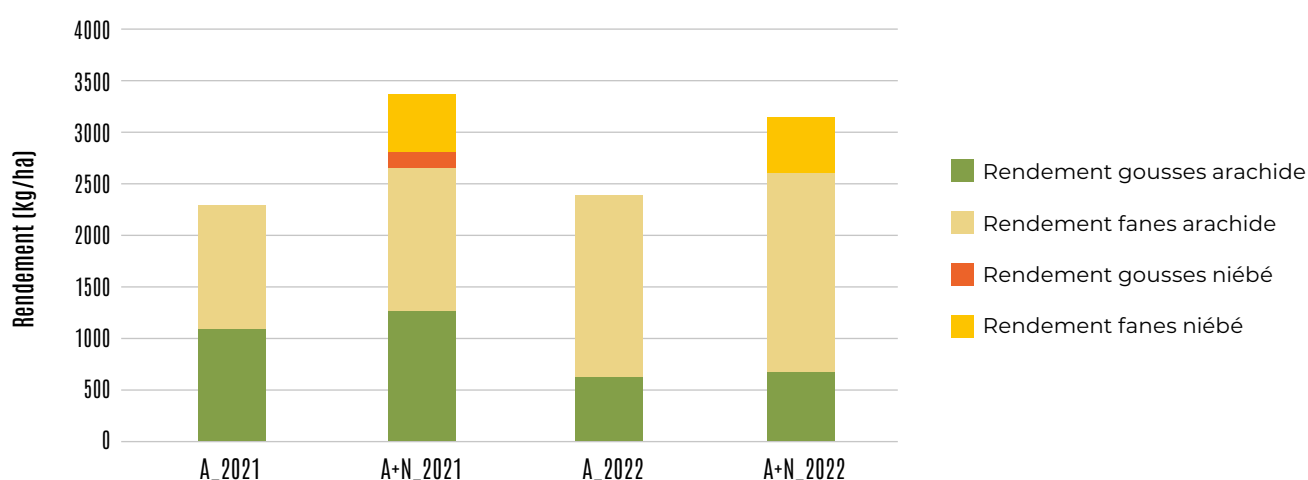


Figure 3 : Rendements en gousses et fanes d'arachide (pure et en association) et niébé (en association), en 2021 et 2022, dans la commune de Ndiob dans le bassin arachidier

Dans l'innovation arachide/niébé (A+N), en plus de la production de l'arachide (gousses et fanes), s'y ajoute celle du niébé (gousses et fanes) (figure 3). En 2022, le niébé n'a pas produit de gousses à cause des fortes pluies enregistrées jusqu'à mi-octobre, qui ont également entraîné un retard dans la récolte des deux cultures.

Bien que la production de niébé en grains reste négligeable, il apporte un complément en biomasse et une légère stimulation de l'arachide.

Dans cette étude, l'association a été efficace avec un Land Equivalent Ratio* (LER) de 1,39 en 2021 et 1,08 en 2022 ; indiquant ainsi une meilleure utilisation des ressources (lumière, eau, nutriments).

Les résultats techniques des deux années d'expérimentation de l'association arachide/niébé, à **Koussanar**, sont présentés dans la figure 4. La production totale moyenne de l'année 2022 est obtenue sur la base de 5 producteur.rices tandis que celle de 2023 est la moyenne de 13 producteur.rices.

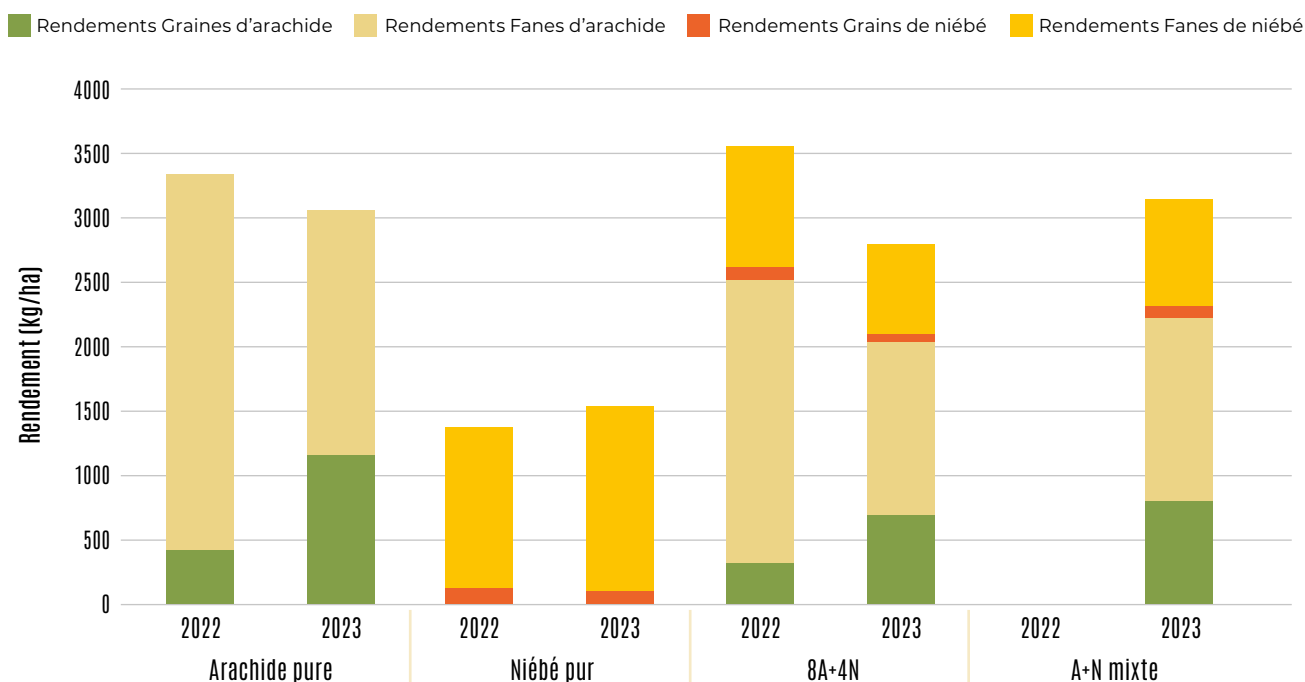


Figure 4 : Production globale moyenne de l'association arachide/niébé à Koussanar, en 2022 et 2023

En 2022, seule l'association arachide/niébé en bandes alternées est testée par les producteur.rices. Sa production combinée moyenne (fanés et grains d'arachide et de niébé), est légèrement supérieure aux cultures pures de niébé et d'arachide. Les fortes précipitations enregistrées en 2022 ont favorisé une production importante en fanés d'arachide et de niébé au détriment du rendement grain.

En 2023, la production totale moyenne des associations (en bandes alternées et en mélange) sont proches. La production totale de niébé demeure la plus faible en raison des fortes attaques d'insectes enregistrées sur les fleurs et sur les gousses. La production en grains d'arachide a été plus favorable comparativement à l'année précédente. Le rendement en grains de l'arachide pure a augmenté de 616 kg. De même que le rendement de l'arachide associée en bandes alternées a augmenté de 336 kg.

Tableau 2 : Land Equivalent Ratio (LER) de l'association arachide/niébé, en 2022 et 2023, à Koussanar

LER (Land Equivalent Ratio)	Année 2022		Année 2023	
	8A + 4N	A+N mixte	8A + 4N	A+N mixte
LER Fane	1,51	-	1,20	1,32
LER Grain	1,42	-	1,21	1,48

En 2022 comme en 2023, le Land Equivalent Ratio (LER) montre que l'association est bénéfique (LER > 1).



Egrenage des arachides, champ satellite à Ndiaback
(commune Ndogo Babacar), Oct. 2023



Pesage de la paille, champ central arrière effet, Ndiaback,
Nov. 2022

Résilience

Des analyses de variance, au seuil de 5%, ont été appliquées aux données. Elles portent sur l'effet des options testées, l'année et l'interaction année*options. Les différences significatives entre les moyennes des options ou années ont été testées à l'aide du test LSD.

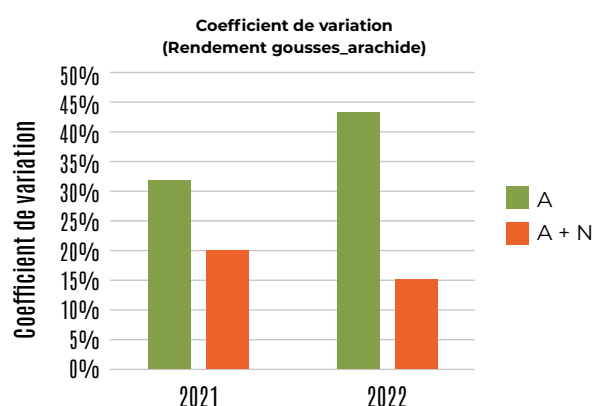


Figure 6 : Coefficient de variation des deux options en 2021 et 2022 à Ndiob

En 2021, le coefficient de variation du rendement gousses de l'arachide en culture pure (A) s'élève à 32 % contre 20 % pour l'arachide associée au niébé (A+N).

En 2022, il est de 43 % pour l'arachide en culture pure (A) contre 15 % pour l'arachide associée au niébé (A+N).

Autrement dit, l'arachide associée au niébé (A+N) est moins sensible à la variation, selon les années, comparée à l'arachide en culture pure (A). Ainsi, si l'objectif est d'augmenter le rendement gousses d'arachide et de réduire en même temps la variabilité interannuelle pour plus de stabilité de la production, il est alors plus risqué de pratiquer la culture pure d'arachide plutôt que la culture associée arachide/niébé.

Résultats économiques

Si les résultats techniques montrent des rendements à l'hectare plus performants pour l'association, ainsi qu'une plus grande stabilité interannuelle, qu'en est-il de la performance économique ? L'association arachide/niébé permet-elle de créer plus de richesses à l'hectare que la culture pure d'arachide ?

Le tableau 2 présente la marge brute estimée entre les deux options : arachide en culture pure et association arachide/niébé en mélange. Les coûts de production, pour les deux options, ne prennent en compte que les coûts des semences des deux spéculations. Les produits (grains et fanes) sont estimés à l'hectare pour les 2 options. Les prix de vente ont été estimés à 100 FCFA/kg pour les fanes d'arachide comme de niébé. L'arachide non décortiquée en 2021 s'est vendue à 250 FCFA/kg et à 325 FCFA/kg en 2022. Pour le niébé, en 2021 son prix était à 550 FCFA/kg (pas de production en 2022).

Tableau 3 : Comparaison de la marge brute dégagée à l'hectare par année selon les options choisies, commune de Ndiob

Options	Coûts de production (FCFA)	Total des produits (FCFA)		Marge brute (FCFA)	
		2021	2022	2021	2022
A (Arachide)	70 000	394 600	380 525	324 600	310 525
A+N (Arachide+Niébé)	80 833	603 450	452 650	522 617	371 817

L'association arachide/niébé en mélange permet un gain moyen d'environ 130 000 FCFA/ha comparée à la culture pure de l'arachide (A). A noter qu'avec l'absence de production de niébé grains suite aux conditions météorologiques très spéciales de l'année 2022, le bénéfice de l'association a été moindre en deuxième année.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

La diffusion de l'innovation s'est déroulée à plusieurs niveaux (village et territoire). A la fin de chaque campagne, des ateliers bilans participatifs ont été organisés en vue de partager et d'amender les résultats. Les producteur.rices participant.es deviennent des agents de la diffusion (dissémination) par la mise en place de champs satellites ou d'adaptation dans leur village.

Ces producteur.rices sont accompagnés par l'équipe du projet (partenaires du développement et de la recherche) pour s'assurer de la mise en place de l'innovation, du bon déroulement de l'itinéraire technique et du conseil sur la gestion de l'exploitation par une approche système.

Des ateliers de co-évaluation sont organisés dans les champs satellites pour permettre de comparer les points de vue sur l'innovation aux plans technique, organisationnel et socio-culturel. Ces ateliers de co-évaluation et de restitution ont permis aux chefs de ménage de réorganiser leur assolement des cultures dans le but de répondre aux besoins des femmes qui pratiquent en grande majorité cette innovation.

Dans le cadre de la transition agroécologique, des ateliers communaux regroupant les élus locaux, la DyTAE, le conseil agricole (ANCAR) ont également été organisés pour partager les résultats, ce qui permet un portage politique de l'innovation dans sa globalité auprès des décideurs.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices



Co-évaluation, Katop, Commune Ndoga Babacar, Oct. 2023

La co-évaluation de l'innovation est réalisée aux stades de la formation des gousses de niébé et de la gynophorisation* de l'arachide. La méthodologie adoptée est une démarche participative et se déroule en deux phases : une co-évaluation qualitative et une co-évaluation quantitative.

L'approche qualitative se fait sur la base d'observations (hauteur des plantes, coloration des feuilles, infestation des maladies, insectes ravageurs) et de discussions sur l'évolution des paramètres morphologiques des options proposées en lien avec les pratiques agronomiques.

Avec l'approche quantitative, les producteur.rices attribuent un score aux différentes options selon une échelle à 3 appréciations : « bon », « moyen » et « faible ». Pour faciliter la compréhension, des codes couleurs ont été choisis : la couleur verte correspond au score « bon », le jaune au score « moyen » et la couleur orange au score « faible ».

Les producteur.rices sont divisés en 4 catégories en fonction de leur sexe et de l'âge (homme, femme, jeune homme et jeune femme) pour réaliser la co-évaluation.

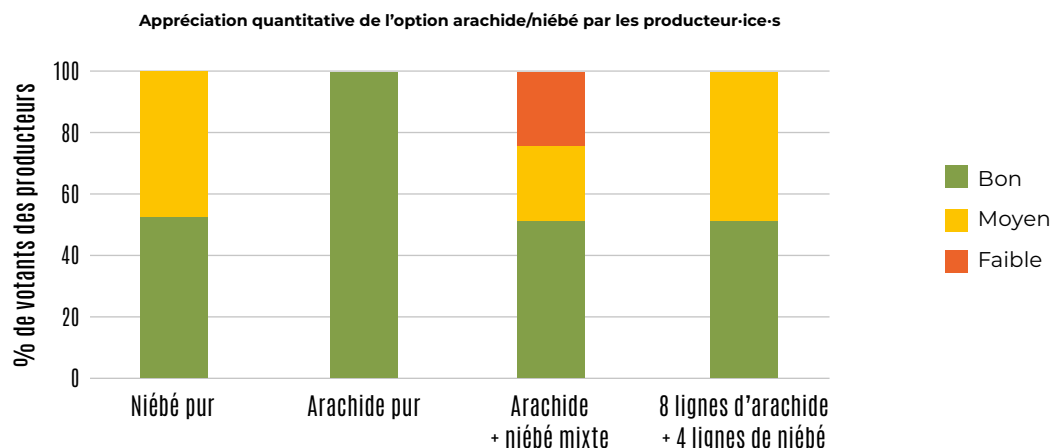


Figure 7 : Appréciation quantitative de l'innovation par les producteur.rice-s au stade de reproduction des cultures, sur la base de deux producteurs satellites. Koussanar, 2023

L'arachide pure est fortement appréciée par les producteur.rices selon les critères de bonne croissance et d'une prédiction de bon rendement. L'arachide associée au niébé au semoir (mélange) a obtenu 51,35% des votes. La raison évoquée pour ce score mitigé est que si l'arachide a une bonne croissance, le niébé est fortement attaqué. L'association en bandes alternées arachide/niébé (8 lignes d'arachide + 4 lignes de niébé) est aussi appréciée par un peu plus de la moitié des producteur.rices (51,35% des votants), avec comme critères d'appréciation évoqués une bonne croissance végétative et une prédiction de bon rendement en gousses d'arachide.

Ce graphique présente le vote des producteur.rices de la commune de Ndiob sur les deux options sur la base du développement global du peuplement (hauteur plus grande, plus de biomasse, meilleure couverture du sol).

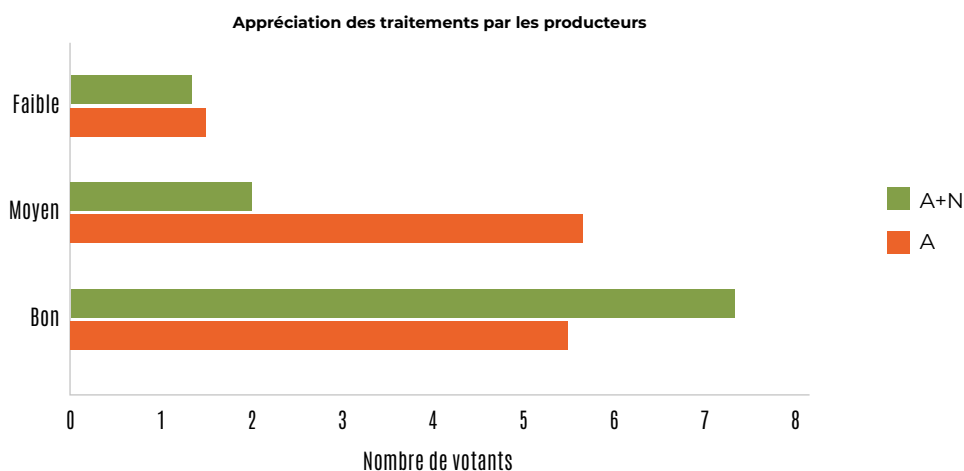


Figure 8 : Appréciation quantitative de l'innovation par les producteur.rices sur le développement global de l'arachide. Ndiob, 2023

La majorité des votants ayant choisi l'appréciation « Bon » a voté pour le peuplement de l'arachide associée au niébé.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions ont été menées sous forme de focus groupes non mixtes, en novembre 2024, auprès de 24 producteur·rices (12 hommes et 12 femmes), à Koussanar, dans la région de Tambacounda, afin d'obtenir des éléments de réponse sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation. Parmi les participants à la discussion, 14 ont reproduit l'innovation au sein de leur exploitation (10 hommes et 4 femmes).

A Koussanar, les cultures d'arachide et de niébé sont destinées aussi bien à la vente qu'à la consommation du ménage. Les fanes sont utilisées pour l'alimentation du bétail et la vente.

Ces cultures sont pratiquées par les hommes et les femmes, avec une division précise des tâches : semis, sarclage, binage et récolte pour les hommes ; mise en tas de l'arachide après récolte, vannage et récolte du niébé pour les femmes. Cependant, la main-d'œuvre étant souvent insuffisante au sein des exploitations, les tâches sont maintenant effectuées en commun.

En cultures pures, ces productions demandent un surplus de travail et une disponibilité foncière qui font souvent défaut. Selon les producteur·rices, pour la production de l'arachide, l'infertilité des sols est la principale difficulté, alors que pour le niébé en culture pure, il s'agit des attaques de ravageurs au stade de la floraison.

Connaissances préalables des producteur·rices

L'association arachide/niébé est une pratique courante dans la zone avec un semis mixte dans le semoir. La différence perçue concernant l'innovation testée avec le projet FAIR Sahel porte principalement sur le dosage et l'apport de matière organique (fumier de cheval) après semis au niveau des tracés des lignes dans les champs d'arachide. Le semis en bandes alternées, testé la première année, est aussi une nouveauté.

Perceptions des producteur·rices par rapport à l'innovation

L'objectif de ces travaux était de démontrer l'intérêt agronomique du mélange des graines de niébé avec celles de l'arachide pour un semis "mixte", pratique que faisait déjà les femmes. La perception des hommes vis-à-vis de cette innovation est donc importante. Suite aux tests, ils observent une amélioration de la fertilité du sol et une augmentation de la production en arachide et en niébé. L'association permettant de cumuler deux cultures sur un même champ, elle est jugée intéressante pour les producteur·rices qui possèdent peu de terres et pour ceux qui ne pratiquent plus la jachère.

Les producteur·rices considèrent que l'association arachide/niébé permet de répondre aux difficultés rencontrées pour la production de ces produits en cultures pures. L'association protège le niébé des attaques des ravageurs pendant la floraison et permet d'améliorer la fertilité des sols, contribuant à l'augmentation de la production en fanes et en gousses des deux cultures.

Les hommes ajoutent que lorsque ces cultures sont associées, cela permet de limiter les dégâts sur les cultures causés par les singes. Ces derniers vont s'attaquer uniquement au niébé, laissant de côté les arachides. Ces attaques n'empêcheront pourtant pas le niébé de produire à nouveau.

La variété d'arachide proposée par le projet est différente de celles qui sont d'ordinaire utilisées par les producteur·rices. Leurs semences, achetées au marché, sont un mélange de plusieurs variétés dans un seul sac. Ces variétés, bien connues et appréciées des producteur·rice·s, produisent beaucoup de fanes. Le mélange combine des variétés à cycle long et à cycle court, ce qui, selon eux, aide à minimiser les pertes en cas d'aléas climatiques.

La pratique du semis en bandes alternées est considérée comme plus difficile à comprendre et à mettre en œuvre, de même que plus pénible dans la mesure où il faut changer le disque du semoir après chaque bande. Les hommes suggèrent également de revoir le nombre de lignes d'arachide et de niébé associées

en bandes pour l'adapter à l'espace disponible au champ, afin que la production d'arachide soit suffisante pour les besoins du ménage.

Au final, seule l'association arachide/niébé en mélange dans le semoir a retenu l'attention des producteurs-rices. L'association en bandes alternées est jugée plus compliquée, plus pénible et demanderait de posséder deux semoirs afin d'éviter de changer le disque en permanence.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Le semis en mélange n'est pas considéré comme plus chronophage que le semis en cultures pures. En revanche, le semis en bandes alternées demande plus de temps, car il nécessite de changer régulièrement le disque du semoir.

Pour la récolte, l'association en mélange demande plus de main-d'œuvre pour l'arrachage des fanes de niébé, ce qui n'est pas le cas de l'association en bandes. Certains producteurs (hommes) ont payé de la main-d'œuvre pour cette opération, mais affirment que ce facteur ne constitue pas un frein à l'adoption de l'innovation.

La localisation de la matière organique proposée par l'innovation requiert moins de matière organique que l'épandage qui était en vigueur. Les producteurs (hommes) ont noté ce changement comme intéressant économiquement, même si ce mode de fertilisation requiert plus de temps et de main-d'œuvre. Pour eux, cela ne constitue pas un frein à l'adoption de l'innovation car la localisation est plus avantageuse pour la disponibilité en matière organique pour les cultures. En revanche, pour les femmes, qui ont en général peu accès à la matière organique pour cultiver dans les champs qui leur sont prêtés, les quantités de matière organique utilisées lors de la mise en œuvre de l'innovation sont jugées trop importantes et constituent un frein à la reproduction de l'innovation à l'identique.

Dispositif d'appui

Dans l'ensemble, la manière dont l'innovation a été présentée a été bien perçue. L'approche de co-construction, d'échanges et de partage d'idées lors des ateliers a été jugée déterminante. Les producteurs (hommes) témoignent qu'ils ont été convaincus car ils ont pu observer par eux-mêmes les résultats.

Ils proposent comme améliorations pour l'innovation : (i) d'augmenter le nombre de lignes d'arachide et de réduire celles de niébé pour l'association en bandes alternées (6 lignes d'arachide et 2 lignes de niébé) ; (ii) de continuer à promouvoir la variété de niébé *Mélakh* pour l'association car elle ne s'étend pas trop en surface ; (iii) de proposer pour l'arachide des variétés paysannes pour la pérennité de ces semences ; (iv) et d'impliquer plus de personnes dans le projet pour une plus large diffusion de l'innovation et sa pérennisation.

Leviers pour la diffusion :

- Pratique déjà connue et intégrée dans les systèmes de culture
- Facile à pratiquer en mélange « mixte » dans le semoir
- Amélioration de la production globale
- Diminution des attaques de ravageurs perçue
- Adaptée aux petites surfaces et aux parcelles où la jachère n'est plus pratiquée
- Meilleure mobilisation de la matière organique

Freins à la diffusion :

- Semis en bandes alternées plus compliqué et chronophage avec le changement de disques
- Plus de main-d'œuvre nécessaire pour la récolte
- Faible disponibilité de la matière organique pour les femmes

Conclusion

La démarche participative, incluant divers acteurs (producteur.rices, chercheurs, services de développement, services techniques et les collectivités territoriales), a été au cœur de cette étude dans toutes les étapes du processus (du diagnostic à l'évaluation et à l'adaptation des innovations).

A Ndiob, dans la zone du bassin arachidier, les résultats montrent une tendance à une meilleure performance de l'arachide aussi bien en gousses qu'en fanes lorsqu'elle est associée au niébé. Selon le LER, la pratique a été plus efficace en termes d'utilisation des ressources (lumière, eau et nutriments) lorsque les deux cultures sont associées. Par ailleurs, les résultats tendent à montrer que lorsque l'arachide est associée au niébé, elle devient moins sensible à la variation interannuelle comparée à la culture pure d'arachide. De même, sur le plan économique, l'association arachide/niébé en mélange a permis un gain moyen supplémentaire d'environ 130 000 FCFA comparée à la culture pure de l'arachide.

A Koussanar (Sénégal Oriental), quelles que soient les modalités d'association, les résultats n'ont pas montré une « stimulation » de performance de l'arachide lorsqu'elle est associée au niébé, comme ceux de Ndiob. Cependant, il faut tout de même noter que si la production globale reste variable d'une année à l'autre en faveur ou non de l'association, celle-ci reste efficace.

Au regard des résultats techniques obtenus dans les deux zones agroécologiques, l'association de l'arachide au niébé semble prometteuse pour les petites exploitations agricoles. Cette association en mélange semble stimuler davantage la production de l'arachide (en gousses et fanes) dans les conditions pédoclimatiques du bassin arachidier que dans celles du Sénégal Oriental (Tambacounda). Les recherches doivent être poursuivies pour optimiser les performances de cette association dans les deux conditions environnementales.

Pour aller plus loin

- Alpha Bocar Baldé, 2011. **Analyse intégrée du partage des ressources (eau, azote et rayonnement) et des performances dans les systèmes de culture en relais sous semis direct en zone tropicale subhumide**. Thèse de doctorat, centre international d'études supérieures en sciences agronomiques Montpellier. 145 p. + annexes, Montpellier.
- Davis AS, Hill JD, Chase CA, Johanns AM, Liebman M (2012). **Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health**. PLoSONE7 (10):e47149.doi:10.1371/journal.pone.0047149
- Malezieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier-Lafontaine H., Rapidel B., S. de Tourdonnet S., Valantin-Morison M, (2009). **Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review**. Agron. Sustain. Dev. 29 (2009) 43–62
- Rob W.Brooker, Alison E. Bennett, Wen-Feng Cong, Tim J. Daniell, Timothy S. George, Paul D. Hallett, Cathy Hawes, Pietro P. M. Iannetta, Hamlyn G. Jones, Alison J. Karley, Long Li, Blair M. McKenzie, Robin J. Pakeman, Eric Paterson, Christian Schob, Jianbo Shen, Geoff Squire, Christine A. Watson, Chaochun Zhang, Fusuo Zhang, Junling Zhang and Philip J. White (2014). **Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology**, New Phytologist (2015) 206: 107–117 doi: 10.1111/nph.13132

DIVERSIFICATION DES ESPÈCES CULTIVÉES



Les crotalaires en association et en rotation avec les céréales

AUTEURS : Patrice Kouakou et Louis-Marie Raboin (Cirad), Souleymane Ouédraogo, Baba Ouattara et O. Y. Abidine Traoré (INERA), A. Rasmané Bagagnan (WUR)

Crédits photos de la fiche : Louis-Marie Raboin / Cirad

Au Burkina Faso, la fertilité des terres reste un enjeu majeur pour les producteur.rices. Le contexte actuel de forte pression foncière, conjugué avec des facteurs climatiques et anthropiques défavorables, participe à l'accélération de la dégradation des terres originellement pauvres. Les sols ont de manière générale un bas niveau de fertilité avec des bilans minéraux déficitaires limitant la disponibilité des principaux éléments pour les cultures. De ce fait, la performance de l'agriculture ne peut qu'être faible et instable.

Caractéristiques des zones d'étude

L'innovation a été testée sur 4 sites : 2 en stations de recherche, à Gampéla à la périphérie de Ouagadougou (Centre) et à Farako-Bâ à la périphérie de Bobo Dioulasso (Ouest) ; et 2 en milieu paysan, dans les champs centraux des villages de Nagréokoudougou et de Tanvoussé, dans la commune de Nagréongo, dans la Région Centre.

Les sites d'étude au Centre se situent dans la zone climatique soudano-sahélienne qui reçoit entre 500 et 800 mm de pluie par an. À l'Ouest, le climat est de type nord soudanien avec une pluviométrie plus importante, comprise entre 900 et 1200 mm de pluie par an.



Localisation des zones d'étude, Burkina Faso

D'une manière générale, les sols dominants sont de type ferrugineux (Centre et Ouest) et ferralitique (Ouest), peu fertiles et sensibles à l'érosion. Le relief est constitué d'une succession de pénéplaines et de plateaux comme dans la plupart du pays.

L'agriculture constitue l'activité principale de ces zones. Elle est de type extensif et est basée essentiellement sur la production céréalière (sorgho, maïs, mil). Les cultures de rente sont le niébé et le sésame au Centre et le coton à l'Ouest. La culture maraîchère est pratiquée également dans les 2 zones. L'élevage est de type extensif et traditionnel. Dans le terroir, on note la présence d'un certain nombre d'espèces d'arbres dont les produits contribuent fortement à l'alimentation et aux revenus des ménages.

Problématiques des zones

Un diagnostic rapide du projet FAIR Sahel dans les zones d'intervention a confirmé la faible fertilité des sols, conséquence des difficultés d'accès aux engrais minéraux et de la quasi-disparition de la pratique de la jachère, autrefois principal moyen pour reconstituer la fertilité, du fait de la pression sur les terres cultivables. La pratique courante dans les communes du projet est donc la culture continue des terres sans une gestion adéquate de leur fertilité. Pour une exploitation continue, productive et durable des terres, une modification du mode de gestion de la fertilité des terres et la mise en place de nouveaux systèmes culturels adéquats s'imposent.

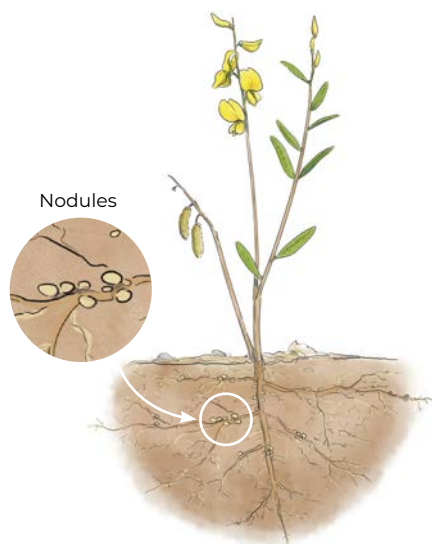


Schéma de crotalaire

Comment l'innovation répond à ces problématiques

L'insertion de crotalaires dans les systèmes céréaliers (en association ou en rotation) est une innovation dans la mesure où ces espèces ne sont pas utilisées par les producteurs. En général, les crotalaires sont plutôt perçues comme une mauvaise herbe non utilitaire.

Les crotalaires sont pourtant des légumineuses qui ont la capacité à restructurer le sol grâce à leur système racinaire pivotant très puissant et des racines latérales bien développées. Elles fixent l'azote atmosphérique grâce aux nombreux nodules présents sur leurs racines et produisent une bonne quantité de biomasse. Elles constituent donc un excellent engrais vert par la restitution de cet azote après minéralisation par les micro-organismes du sol. Elles permettent aussi d'améliorer le taux de matière organique du sol.

C'est ainsi que des crotalaires ont été testées en association ou en rotation avec les céréales (sorgho et maïs) pour répondre aux problèmes de fertilité des zones.

À NOTER

Les crotalaires sont aussi connues pour avoir un effet négatif sur le développement des nématodes phyto-parasites. Elles ont une forte capacité à contrôler les adventices par effet d'ombrage et par l'effet de substances allélochimiques* émises par les racines. Les crotalaires constituent également une plante piège pour le Striga* en induisant sa germination sans permettre son développement car elles ne constituent pas un hôte pour ce parasite végétal. L'utilisation de plantes pièges telles que les crotalaires permet d'obtenir l'assainissement progressif de parcelles infestées de Striga.

Il existe de nombreuses espèces de crotalaires dont certaines poussent de manière spontanée au Burkina Faso. Ce sont des légumineuses qui appartiennent à la famille des Fabacées.

Parmi les espèces testées au Burkina Faso, nous pouvons citer *Crotalaria grahamiana*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria retusa*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria zanzibarica*, *Crotalaria goreensis*, *Crotalaria naragutensis*. Dans l'encadré suivant, sont présentées les observations sur 3 espèces de crotalaires testées.

OBSERVATIONS

- Les espèces *C. juncea*, *C. retusa* et *C. spectabilis* peuvent être cultivées facilement dans les conditions de Ouagadougou en raison de la durée de la saison des pluies.
- Elles peuvent accomplir leur cycle jusqu'à la production de graines, à l'exception de *C. retusa* pour laquelle la floraison est plus aléatoire dans les conditions de Ouagadougou.
- *C. retusa* (espèce native) et *C. juncea* (originaire d'Inde) arrivent à accomplir leur cycle dans la région des Hauts-Bassins.
- *C. retusa* et *C. spectabilis* peuvent présenter des problèmes d'attaque fongique sur les inflorescences.
- *Crotalaria juncea* est l'espèce de crotalaire qui présente le développement le plus rapide et la plus grande production de biomasse.



Crotalaria juncea (Campela, oct. 2023).

Crotalaria juncea est un arbuste érigé mesurant entre 180 et 250 cm de hauteur. Dans les conditions de Ouagadougou, cette espèce peut produire 6 tonnes de biomasse sèche sans apport d'intrants minéraux avec une teneur en azote de 3,37% ce qui représente un potentiel de restitution de 200 kg d'azote à l'hectare dont 70 kg/ha est de l'azote atmosphérique qui a été fixé. *Crotalaria juncea* est une plante résistante à la sécheresse adaptée aux régions chaudes, arides et semi-arides. Cette plante peut aussi être utilisée pour ses fibres. Elle présente une forte capacité à contrôler les adventices. C'est la crotalaire qui a la croissance la plus rapide et la plus importante parmi les crotalaires présentées d'où l'importance de bien caler son cycle par rapport à la culture principale.



Crotalaria spectabilis (Gampela, sept. 2022)

Crotalaria spectabilis

Arbuste mesurant entre 60 et 120 cm de hauteur. 4 tonnes de biomasse sèche sans apport d'intrant avec une teneur en azote de 2,91% ce qui représente un potentiel de restitution de 125 kg d'azote à l'hectare dont plus de 40 kg/ha est de l'azote atmosphérique qui a été fixé.



Crotalaria retusa (Gampela, oct. 2020)

Crotalaria retusa

Arbuste mesurant entre 100 et 150 cm de hauteur. 3,5 tonnes de biomasse sèche sans apport d'intrant avec une teneur en azote de 3,11% ce qui représente un potentiel de restitution de 104 kg d'azote à l'hectare dont plus de 50 kg/ha est de l'azote atmosphérique qui a été fixé.

NB : Ces données sont issues des mesures réalisées dans les conditions de Ouagadougou.

Mise en place de l'innovation et résultats techniques

Mise en place de la crotalaire en association avec les cultures

L'association de la crotalaire aux céréales (maïs et sorgho) a été expérimentée à Farako-Bâ dans la région des Hauts-Bassins sur 2 années (2021 et 2022) en saison humide.

Pour cette innovation, 3 modalités possibles d'utilisation des crotalaires en association avec les céréales. La mise en place de l'innovation débute par un labour au tracteur avec au maximum 20 cm de profondeur. Toutes les options ont reçu 150 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée.

La crotalaire est semée entre les lignes de la céréale suivant ces 3 modalités :

- option 1 : semis de la crotalaire le même jour que la céréale ;
- option 2 : semis de la crotalaire 15 jours après le semis de la céréale ;
- option 3 : semis de la crotalaire 30 jours après le semis de la céréale.

La céréale est semée aux écartements de 80 cm entre les lignes et de 40 cm entre les poquets tandis que la crotalaire est semée aux écartements de 20 cm entre les lignes et de 40 cm entre les poquets. Des entretiens réguliers doivent être réalisés selon les méthodes habituelles des producteur.rices (sarclage manuel).

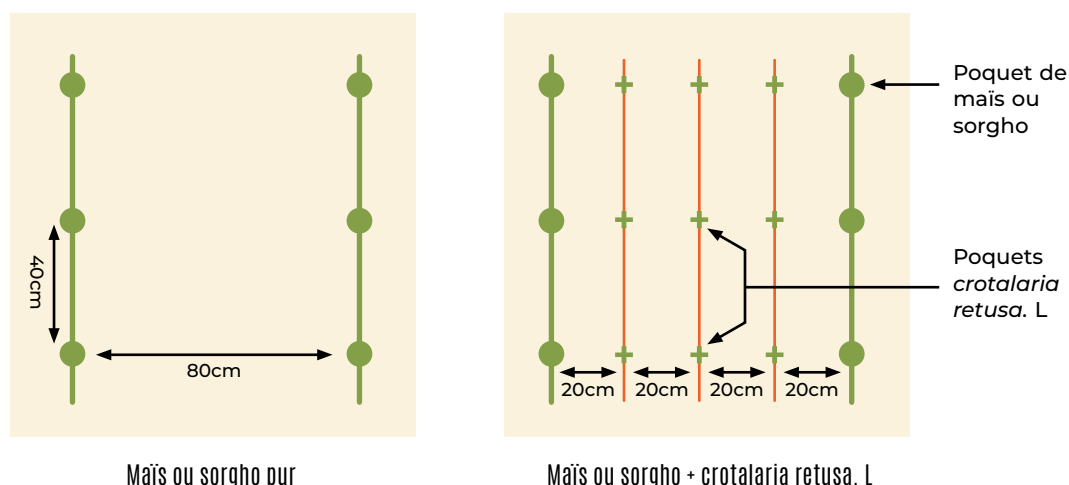


Figure 1 : Schéma du mode d'association de *Crotalaria retusa* à la céréale

À la fin de la campagne, la paille de la céréale peut être laissée sur place ou exportée selon l'objectif des producteur.rices. La crotalaire est laissée sur place. La récolte de la semence de la crotalaire (*C. retusa*) intervient quand les gousses deviennent noires (courant décembre). Il est recommandé de récolter avant que les gousses ne sèchent car celles-ci s'éclatent une fois bien sèches et les semences sont alors perdues.

Tableau 1 : Coûts de la mise en place de l'innovation pour 1 ha en association avec du maïs (Hauts-Bassins)

Types de dépenses	Unité	Culture pure de maïs			Culture associée maïs/ crotalaire		
		Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Labour	Forfait	1	25 000	25 000	1	25 000	25 000
Semis	h/j	10	1 500	15 000	15	1 500	22 500
Semences maïs	kg	20	500	10 000	20	500	10 000
Semences de crotalaires	kg	0	0	0	1	1 000	1 000
Sarclage	h/j	20	1 000	20 000	20	1 000	20 000
Buttage	h/j	2	7 500	15 000	0	0	0
Récolte	h/j	10	1 000	10 000	11	1 000	11 000
COÛT TOTAL				95 000			89 500



Association maïs/crotalaire



Association sorgho/crotalaire

Le coût de mise en place d'un hectare de culture associée céréale/crotalaire dans les conditions de Bobo Dioulasso s'avère moins élevé que le coût de mise en place d'un hectare de céréale en culture pure. Cela s'explique par l'absence de coûts de main-d'œuvre pour effectuer l'opération de buttage. Le buttage est souvent effectué dans la culture pure du maïs au 45ème jour après semis dans le but d'éviter la verse à la maturité et garantir ainsi la qualité des grains (sans aflatoxine). Mais il ne peut pas être réalisé dans le cadre d'une association car il risquerait d'endommager les pieds de la légumineuse placée entre les lignes. Par ailleurs, le buttage n'est pas nécessaire de par la pression que jouent les crotalaires sur les adventices. La suppression du buttage n'a pas de conséquences sur l'efficacité du contrôle.

Les résultats ont montré que le rendement en grains du maïs était significativement plus élevé quand la crotalaire lui est associée le même jour (2,2 t/ha), comparativement aux dates d'association avec semis de la crotalaire à 15 et à 30 jours après semis (1,4 t/ha et 1,7 t/ha) qui sont statistiquement similaires. Le témoin, culture pure du maïs, a eu le plus faible rendement (795 kg/ha).

Aussi, l'association de la crotalaire au maïs le même jour, a une productivité de l'eau* de pluie significativement plus élevée (2,5 kg/ha/mm) que les autres dates d'association de 15 et de 30 jours (1,6 et 1,9 kg/ha/mm) et le témoin maïs en pur (0,9 kg/ha/mm).

En revanche, dans le même dispositif, l'association de la crotalaire au sorgho n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements et la productivité de l'eau de pluie. La crotalaire n'a pas posé de problème de concurrence pour la croissance du sorgho et elle pourra avoir des effets sur la culture qui vient après l'association.

Dans une autre expérimentation réalisée à Campela (près de Ouagadougou), la crotalaire (*C. juncea*) a été semée simultanément avec le sorgho entre les rangs de sorgho espacés de 80 cm. L'association avec la crotalaire a été comparée à d'autres types d'association selon le même agencement : avec le niébé, le pois de terre, le « horsegam », le pois d'angole, le haricot mungo et enfin le sésame qui est la seule non-légumineuse. Le traitement témoin est le sorgho cultivé en pure sans plante additionnelle entre ses rangs.

Toutes les associations testées ont entraîné une baisse du rendement du sorgho mais c'est dans l'association avec la crotalaire que le sorgho a produit le moins de grains (Figure 2). De plus dans le cas de cette plante de service, la production de grains n'est pas valorisée à la différence des autres légumineuses et ne compense donc pas la diminution de la production du sorgho.

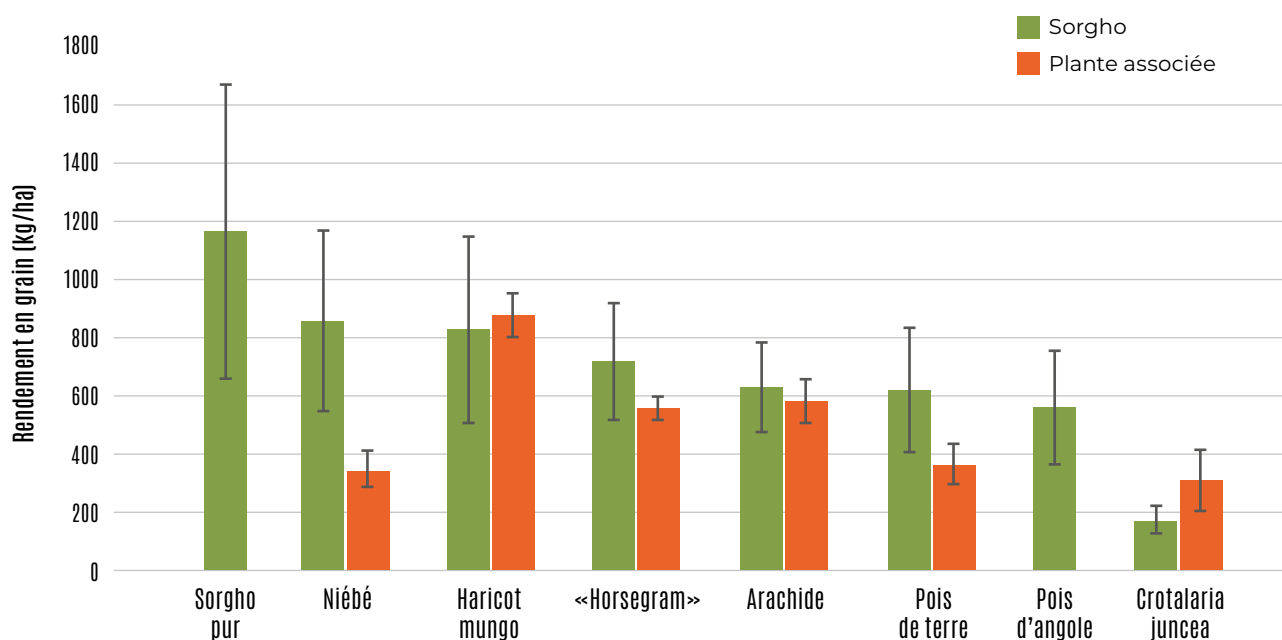


Figure 2 : Rendement en grains (du sorgho et de la légumineuse) dans les différentes associations testées par rapport au rendement du sorgho cultivé pur (Gampela, 2021)

L'association additive avec la crotalaire apparaît clairement comme trop compétitive vis-à-vis du sorgho. En revanche c'est bien l'association avec la crotalaire qui produit le plus de biomasse (7,5 tonnes/ha suivie par l'association sorgho / pois d'angle avec 5,5 tonnes/ha).

À NOTER

D'autres essais d'associations entre le sorgho et les crotalaires ont été réalisés avec un semis décalé de 20 jours de la crotalaire par rapport au sorgho (*C. retusa* dans ce cas de figure) qui permettent de limiter l'effet de la compétition de la crotalaire mais dans ce cas, ce sont les biomasses réalisées par la crotalaire qui sont trop faibles pour en attendre un effet de levier sur la fertilité du sol l'année suivante.

En conclusion, il ressort que l'association de la crotalaire au sorgho montre des performances différentes selon la zone. Le rendement du sorgho en association est plus faible qu'en culture pure de sorgho en zone sèche alors qu'ils sont similaires en zone humide. Par contre, dans l'association avec le maïs (testée uniquement en zone humide), le rendement de la céréale en association est plus élevé qu'en culture pure.

Mise en place de la crotalaire en rotation avec le sorgho (jachère améliorée)

L'effet de *Crotalaria juncea*, *C. retusa* et *C. spectabilis* sur le sorgho cultivé ensuite dans la rotation a été comparé à l'effet de 17 autres plantes légumineuses (fourragères ou à grain), en termes de production de biomasse et d'accumulation d'azote.

En année n , les 20 plantes testées ont été cultivées sans apport de fertilisation (ni matière organique ni engrais chimique) puis en année $n+1$ le sorgho (variété Sarioso 16) a lui aussi été cultivé sans apport de fertilisants. La totalité des biomasses végétales produites par les plantes en année n par le précédent a été restituée au sol pour la culture du sorgho. Seuls les grains de ces différentes plantes ont été récoltés et exportés.

Dans cette expérimentation, où les parcelles étaient clôturées et protégées de la vaine pâture, les plantes étaient laissées sur pied après la récolte et les résidus non dégradés incorporés au sol au moment du labour suivant.

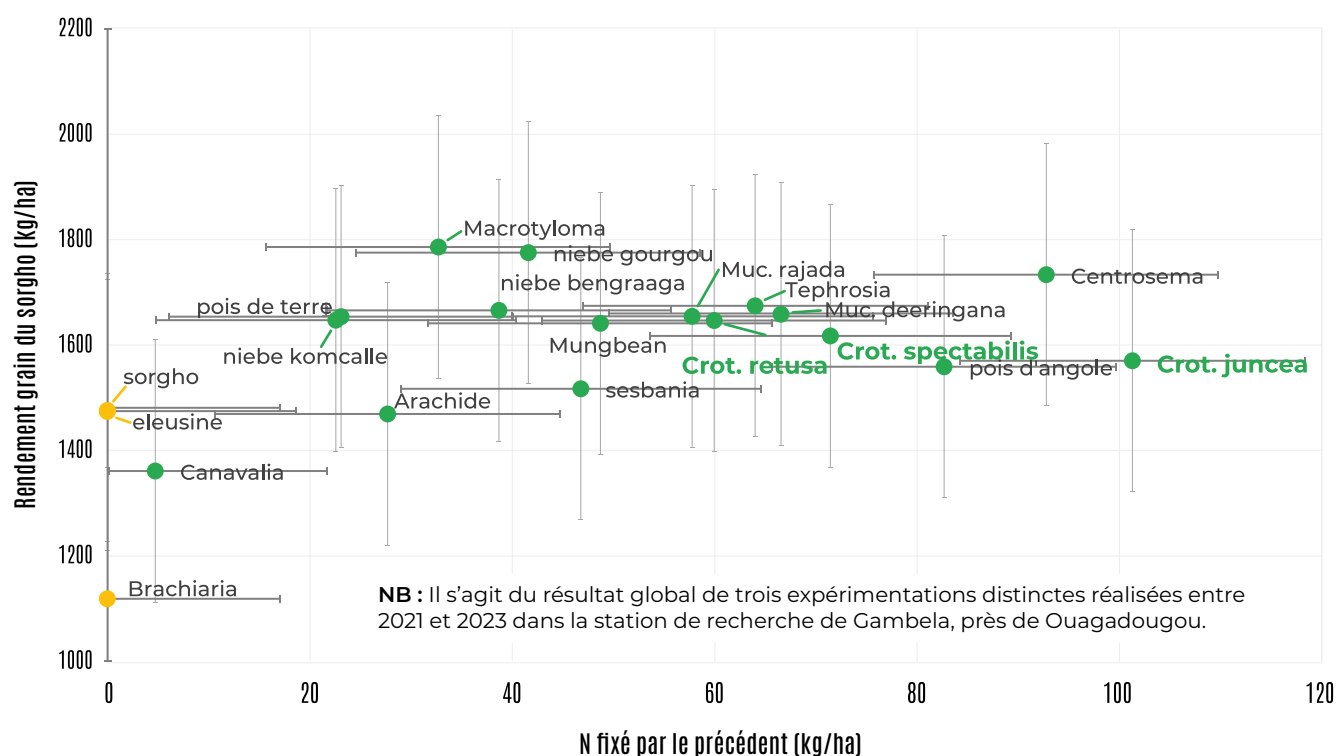


Figure 3 : Relations entre le rendement du sorgho cultivé en année $n+1$ et la quantité d'azote atmosphérique fixée (en haut) par la plante cultivée comme précédent en année n (Gampela, 2021-2023).

Dans la rotation, il n'apparaît pas de relation entre le rendement du sorgho en année $n+1$ et la quantité totale d'azote accumulée ou fixée par les légumineuses du précédent en année n . Les trois crotalaires n'ont pas permis d'obtenir des rendements en sorgho significativement supérieurs aux autres légumineuses (figure ci-dessus).

En revanche, les précédents non légumineuse (sorgho, brachiaria et éleusine) apparaissent comme plus défavorables au sorgho en année $n+1$ que la moyenne des légumineuses. C'est particulièrement le cas pour la restitution du brachiaria.

Il semble qu'il y a un enjeu dans la synchronisation entre l'offre et la demande en azote dans ces conditions soudano-sahéliennes avec une très longue intersaison sèche. Les biomasses de légumineuses restituées d'une année sur l'autre se dégradent et se minéralisent au cours des 8 mois de saison sèche et lors des pluies qui ont lieu avant la mise en culture suivante (année $n+1$) et l'azote ne semble donc plus disponible pour la culture de sorgho qui suit.

En conclusion, les rotations crotalaires / céréales n'ont pas produit les résultats escomptés sur les 3 années d'expérimentation près de Ouagadougou. Toutefois, les crotalaires restent des cultures intéressantes pour leur capacité de production de biomasse riche en azote, avec des effets potentiels à plus long terme à travers la matière organique du sol. D'autres méthodes de valorisation de ces biomasses comme le compostage pourraient permettre une utilisation plus efficace de leur potentiel que la restitution directe au sol d'une année sur l'autre. Cela pourrait en faire un outil agronomique intéressant pour le maraîchage avec en plus l'intérêt de leur effet répulsif contre les nématodes.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

L'innovation était présente dans les champs centraux de 2 villages dans le cadre des tests de FAIR Sahel. Tout au long du dispositif, des visites des champs centraux ont été proposées aux producteur.rices afin de leur présenter les résultats et promouvoir la diffusion de cette innovation dans leurs champs. Cependant, bien que constatant certains intérêts agronomiques, les producteur.rices ont soulevé certains autres problèmes dont la non valorisation alimentaire ou commerciale des crotalaires et la forte contrainte foncière, limitant ainsi leur intérêt pour cette innovation.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

Lors du dispositif de co-évaluation de l'innovation, les traitements avec crotalaires ont été classés par des producteur.rices des villages de Nagréokoudougou et de Tanvougou dans la commune de Nagréongo par rapport à l'ensemble des traitements évalués - 6 traitements au total en 2021 et 7 traitements au total en 2022.

Tableau 2 : Classification des traitements avec crotalaires par les producteurs de Nagréokoudougou et Tanvougou pendant les visites de terrain

Village	Année	Traitements	Rang	Justifications
Tanvougou	2021	Crotalaire en pure	2	Permet de lutter contre le Striga selon la recherche
Tanvougou	2022	Sorgho précédent crotalaire	4	La crotalaire a réduit la pression du Striga mais n'a pas amélioré la fertilité des sols comme le mucuna. La crotalaire ne peut pas être consommée par les hommes
Nagéonkoudougou	2021	Crotalaire en pure	4	La crotalaire n'est pas consommée ni par l'homme ni par les animaux
Nagéonkoudougou	2022	Sorgho précédent crotalaire	6	Le sorgho avec un précédent crotalaire est hautement attaqué par les chenilles légionnaires. Ce traitement n'a pas une bonne apparence

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Pour cette innovation, des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation ont été menées en mai 2024 auprès de 24 producteur.rices du village de Tanvougou, dans la commune de Nagréongo (12 hommes et 12 femmes). Dans cette commune, seules les pratiques de rotation avec les crotalaires ont été testées en champ central*. Parmi les participant.es à la discussion, aucun n'avait reproduit l'innovation au sein de son exploitation. Les contenus de ces discussions portent donc exclusivement sur les rotations avec les crotalaires, en zone sèche, et les raisons pour lesquelles l'adoption n'a pas eu lieu.

Connaissances préalables des producteur.rices

Les producteur.rices ont répondu qu'avant l'introduction de l'innovation, les crotalaires étaient perçues comme des plantes sans grande utilité, voire comme des mauvaises herbes. Ces plantes n'étaient pas

valorisées et souvent éliminées des champs. Même pour l'alimentation du bétail, ils ont exprimé des réserves. Ils ont souligné que les animaux ne consomment les crotalaires que lorsque d'autres sources de nourriture sont limitées. L'odeur dégagée par les crotalaires peut perturber les animaux, ce qui limite leur utilisation comme aliment pour le bétail.

Quant aux pratiques de jachère, si celles-ci étaient auparavant courantes avec des durées de 2 à 3 ans, les producteur.rices expliquent qu'ils ne les pratiquent plus en raison de la rareté des terres cultivables due à divers facteurs tels que l'augmentation des ventes de terres agricoles, la croissance démographique et les déplacements de populations.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Pendant les discussions, les producteur.rices ont présenté une évolution positive de la perception qu'ils avaient des crotalaires suite à la mise en place de l'innovation dans le champ central. Ils reconnaissent désormais les effets bénéfiques de ces plantes de service sur la fertilité du sol et leur capacité à contrer l'invasion du Striga.

Cependant, le groupe des femmes souligne des difficultés pratiques liées à l'espace disponible pour la rotation avec ces cultures, en particulier dans leurs conditions. Même si l'association des crotalaires avec les cultures vivrières n'a pas été testée à Tanvougou, les productrices émettent des réserves sur cette innovation, par crainte que la crotalaire ne fasse concurrence à la céréale. Cette perception peut se justifier par les modes d'association généralement pratiqués dans cette zone, en poquets, et non en bandes alternées.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Le manque de terres cultivables en nombre suffisant pour effectuer des jachères améliorées avec des crotalaires a constitué un frein majeur à la diffusion de cette innovation. Les producteur.rices ont souligné que la vente croissante des terres agricoles limite leurs possibilités d'expansion. La pression démographique et l'afflux de déplacés internes accentuent cette problématique en augmentant la demande foncière. Ils ont également mentionné l'exploitation intensive des terres existantes en raison du manque de superficie disponible. Même les terres encroutées sont exploitées en permanence ce qui entrave la mise en place de solutions telles que l'utilisation de jachères de crotalaires pour leur réhabilitation.

Bien que les hommes pratiquent le compostage et se heurtent à des difficultés liées à la disponibilité de la biomasse, ils ne voient pas l'intérêt de consacrer leurs terres cultivables à la production de crotalaires pour produire un compost de qualité. Ils craignent que cela impacte négativement les ressources alimentaires de la famille. En l'absence de terres disponibles et de moyens pour clôturer le champ, la diffusion des crotalaires en rotation semble compromise en l'état.

Dispositif d'appui

Les producteur.rices ont globalement bien perçu la manière dont l'innovation leur a été présentée. La méthode de test sur le champ central avec des visites a été un élément convaincant pour eux, leur permettant de constater directement les résultats et l'impact de l'innovation sur le sol et les cultures.

Leviers pour la diffusion :

- Fort intérêt pour la lutte contre le Striga et pour l'amélioration de la fertilité des sols
- Diffusion de l'innovation via les tests en champ central convaincant pour évaluer les résultats et faire évoluer les perceptions sur les crotalaires

Freins à la diffusion :

- Perception négative des crotalaires vues comme des mauvaises herbes
- Manque de terres cultivables pour effectuer des rotations avec jachère améliorée
- Peu d'appétence des animaux d'élevage pour les crotalaires
- Peu de moyens pour clôturer les champs en jachères de crotalaires et les protéger des animaux en divagation

Conclusion

Dans les différentes expérimentations au Burkina Faso, les crotalaires ont montré leurs performances dans leur capacité à produire beaucoup de biomasse et à fixer l'azote de l'air. Toutefois, la mise en place de ces plantes en rotation ou en association en première année n'a pas montré les effets attendus sur l'augmentation des rendements du sorgho. C'est donc en toute logique que son insertion dans les systèmes de culture rencontre beaucoup de réticences de la part des producteur.rices bien que ces couverts présentent d'autres avantages reconnus comme le contrôle du Striga et des adventices.

Dans un contexte de pression foncière élevée, les producteur.rices préfèrent prioriser les surfaces dont ils disposent pour la production de grains pour leur propre alimentation. Cependant, les crotalaires pourraient être promues dans des zones où la jachère est encore pratiquée. Les performances notées dans l'association avec le maïs par rapport à la culture pure de maïs en station en zone humide incitent à poursuivre les discussions en milieu réel avec les producteur.rices quant à son acceptation dans ces zones.

Pour aller plus loin

- Abou Abba A., Balarabe O., Alifa M., Dourwe G., Daoudou, Toumba, Mana J., Adoum Y. Oct. 2013. **Fiches techniques et supports de formation SCV, Volume III**, Inspiré du Manuel pratique du semis direct à Madagascar, adapté par l'équipe du Projet de Conservation des Sols (PCS/ESA II) au Nord Cameroun.
- Atakoun, A.M., Tovihoudji, P.G., Diogo, R.V.C., Yemadje, P.L., Balarabe, O., Akponikpè, P.B.I., Sekloka, E., Hougni, A., Tiftonell, P., 2023. **Evaluation of cover crop contributions to conservation agriculture in northern Benin**. Field Crops Research 303, 109118.
- Chaudhury J., Singh D.P. et Hazra S.K. **Sunn hemp (Crotalaria juncea, L)**. Central Research Institute for Jute & allied fibres (ICAR), West Bengal, India
- Jorge A. M. and Ming Li Wang. 2011. **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Industrial Crops, Chapter 3**.
- Mwakha F.A. , Budambula N.L.M. , Neondo J.O. , Gichimu B.M., Odari E.O., Kamau P.K., Odero C., Kibet W. and Runo S., June 2020. **Witchweed's Suicidal Germination: Can Slenderleaf Help?** Agronomy 2020, 10, 873
- Wang, K.H., Sipes B.S. et Schmitt D.P., 2002. **Crotalaria as a cover crop for nematode management: A review**. Nematropica 32:35-57.

DIVERSIFICATION DES ESPÈCES CULTIVÉES



Introduction d'une légumineuse, le niébé, dans les rotations céréalières

AUTEURS : Adama Traoré, Alimata Bandaogo, Fatimata Saba, Baba Ouattara, Hamado Sawadogo, Abdoul Rasmané Bagagnan, Souleymane Ouédraogo (INERA).

Crédit photo de couverture : FAIR Sahel - **Autres photos de la fiche :** Adama Traoré / INERA

Les sols du Burkina Faso sont caractérisés par leur pauvreté en éléments nutritifs majeurs (N, P, K) et en matière organique (MO). Celle-ci s'explique, par la pauvreté originelle des sols, et par les mauvaises pratiques agricoles qui ont contribué à accélérer la dégradation de ces sols. Aussi, l'agriculture burkinabè est à très faibles utilisations d'engrais minéraux et de restitution organique. En effet, les résidus des récoltes sont systématiquement exportés des champs et la majorité des producteur.rices ont des revenus trop faibles pour assumer les coûts des engrais minéraux qui deviennent de plus en plus chers.

Caractéristiques de la zone d'étude

L'innovation a été testée dans 2 communes rurales de la Région des Hauts-Bassins, Léna et Béréba, dans la partie ouest de la province du Houet, mais cette fiche présente les résultats dans la commune de Léna.

Dans cette commune, l'agriculture pluviale est la principale source d'alimentation et de revenus pour les populations. Les superficies céréalières sont caractérisées par une prédominance du maïs, du sorgho et du mil. Au niveau des cultures de rente, le coton prédomine en superficie (entre les $\frac{2}{3}$ et les $\frac{3}{4}$ des superficies d'une année à l'autre).

Les cultures de maïs et de niébé sont destinées à la consommation des ménages, et en cas de bonne production, le surplus est vendu. Le niébé occupe une place importante, après les céréales et le coton, car il procure un revenu supplémentaire. L'arachide occupe encore le 3ème rang des cultures de rente et représente environ le quart des surfaces. Quant au sésame et au pois de terre, leurs superficies sont faibles et en baisse d'une année à l'autre, à l'instar de celle de l'arachide.

L'élevage est la deuxième activité économique de la commune, après le coton. Les ressources naturelles et les résidus de récoltes constituent la base de l'alimentation du troupeau qui pâturent dans les limites du territoire communal sous la conduite (surtout en saison de culture) ou non (divagation en saison sèche dans certains cas) d'un ou de plusieurs berger(s) ou bouvier(s). Les pâturages sont constitués des espaces interstitiels inter-parcellaires, des jachères et des friches.



Localisation de la zone d'étude, Burkina Faso

Problématiques de la zone

Une enquête diagnostique a été réalisée dans six villages des deux communes rurales auprès des producteur.rices pour identifier les contraintes de production agricole. Parmi les contraintes, il convient de noter la faible productivité des cultures liée à la pauvreté des sols et à la cherté des engrais minéraux. Dans la commune de Léna, les rotations les plus couramment rencontrées sont celles recommandées par la Société Burkinabè des Fibres Textiles (SOFITEX) qui est la rotation biennale coton-maïs ou de plus en plus sorgho-maïs.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Pour résoudre les problématiques identifiées - pauvreté des sols et cherté des engrais minéraux - les chercheurs ont mis en place un processus de co-conception des innovations avec les producteur.rices. La rotation culturale avec l'intégration de la légumineuse niébé a été choisie lors de ce processus.

Les légumineuses sont reconnues pour leurs aptitudes à synthétiser par voie symbiotique l'azote atmosphérique pour satisfaire leurs besoins, puis à en restituer au sol par leur biomasse aérienne et souterraine. Les restitutions du niébé, dans une rotation, équivalent à 25 kg de N/ha ou une augmentation de l'azote du sol de 13 à 40%. Ces quantités profitent ainsi à la culture subséquente en rotation en améliorant sa nutrition azotée. Cette stratégie d'amélioration de la fertilité des sols est peu onéreuse et peut ainsi être mise en pratique dans les agrosystèmes burkinabè.

Avantages de l'innovation :

- Peu onéreux à mettre en place avec le matériel végétal et les équipements usuels des exploitations agricoles
- Permet de fertiliser les sols tout en réduisant les besoins en engrais minéraux
- Contribue à la sécurité alimentaire du ménage via la diversification alimentaire

La céréale (le maïs) et la légumineuse (le niébé) ont été choisies pendant les processus de co-conception avec les producteur.rices, pour leurs intérêts pour la sécurité alimentaire familiale et parce que ce sont des cultures facilement valorisables sur les marchés.

À NOTER

D'autres légumineuses peuvent être intégrées dans la rotation avec le maïs (arachide, mucuna, soja, etc.). Le *Cajanus cajan* ou pois d'angole est également une légumineuse riche en protéine, intéressante pour les rotations à cause de sa résistance au stress hydrique et sa forte production de biomasse, mais ses graines n'étant pas consommées par les populations, son acceptation est plus difficile.

Description technique de l'innovation

En ce qui concerne la pratique de l'innovation, il faut d'abord que le ou la producteur.rice comprenne les avantages et les complémentarités des rotations pour l'ensemble des cultures.

Le choix des variétés de maïs et de niébé est laissé à l'appréciation du producteur et de la productrice qui en jugent la pertinence pour sa consommation et son revenu.

ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIELS

- matériel de travail du sol pour la mise en place et l'entretien des cultures (charrue, houe manga, daba, etc.)
- pulvérisateur pour les produits phytosanitaires

MATIÈRE PREMIÈRE ET INTRANTS

- des semences certifiées de maïs et de niébé
- des fertilisants organiques (compost) et minéraux (engrais NPK et Urée)
- des produits phytosanitaires contre la chenille légionnaire chez le maïs et les ravageurs du niébé

Étapes pour la mise en place de l'innovation

Dans un champ généralement dédié à la rotation classique céréale/coton, la première année (année *n*) est consacrée à la culture du niébé. Pour cela, l'itinéraire technique proposée suit les étapes suivantes :

- Labour par traction bovine, puis semis avec des écartements de 80 cm x 40 cm à raison de 2 graines/poquet (mois de juillet en zone sud-soudanienne du Burkina Faso)



Précédent niébé, août 2021

- Application de 50 kg/ha de NPK au 15ème jour après semis (JAS)
- Désherbage du champ si besoin
- Traitement contre les ravageurs à la formation des organes floraux entre 35 – 42 JAS (K-Optimal)
- Production des gousses entre 45-50 JAS et récolte des gousses dès qu'elles jaunissent. 2 à 3 passages peuvent être nécessaires pour la récolte.

À NOTER

Les résidus après la récolte du niébé dans le cadre des tests du projet FAIR Sahel sont conservés sur les parcelles. Cependant pour des besoins de fourrage animal, ils sont généralement exportés par les producteurs soit pour l'intraconsommation soit pour la commercialisation. Cette exportation impacte sur la quantité d'azote mobilisable pour les cultures suivantes.

La deuxième année (année $n+1$), le maïs est cultivé sur la parcelle de niébé :

- Labour par traction bovine, puis semis avec des écartements de 80 cm x 40 cm à raison de 2 graines/poquet (mois de juin en zone sud-soudanienne du Burkina Faso)
- Application du compost à la dose de 2 t/ha
- Application de 50% des doses d'engrais recommandées par la SOFITEX pour la culture de maïs, soit 100 kg/ha de NPK au 15ème JAS et 50 kg/ha d'urée en 2 fractions au 30 et 45ème JAS.
- Désherbage du champ si besoin
- Traitement contre la chenille légionnaire, uniquement en cas d'attaques Récolte des épis dès coloration jaunâtre des spaths (feuilles qui protègent l'épi)



Culture du maïs sur précédent niébé

Tableau 1 : Nombre d'homme/jour (h/j) pour la mise en place de l'innovation pour 1 ha

Opérations	Niébé (h/j)	Maïs (h/j)
Labour par traction bovine	4	4
Semis manuel	10	10
Application des engrais	2	4
Application des produits phytosanitaires	2	1
Sarclage	10	10
Buttage	-	20
Récolte	35	20
TOTAL DES HOMMES/JOUR	61	66

Entre les cultures de maïs et de niébé, la différence en main-d'œuvre se situe au niveau du buttage et de la récolte. La production de niébé ne demande pas d'opération de buttage mais elle est plus consommatrice en main-d'œuvre pour la récolte qui doit être effectuée en plusieurs passages (2-3). Pour le sarclage, le nombre de personnes nécessaire va dépendre du taux d'enherbement. Pour une production de maïs, il peut s'agir de 1 à 3 sarclages. Pour les traitements phytosanitaires, ils ne sont appliqués qu'en cas d'attaques. Pour les ravageurs du niébé, deux passages sont nécessaires.

Résultats technico-économiques

Les résultats techniques de l'innovation sont mesurés en utilisant le rendement à l'hectare comme indicateur. Le rendement de la rotation est comparé au rendement d'une parcelle en maïs pur.

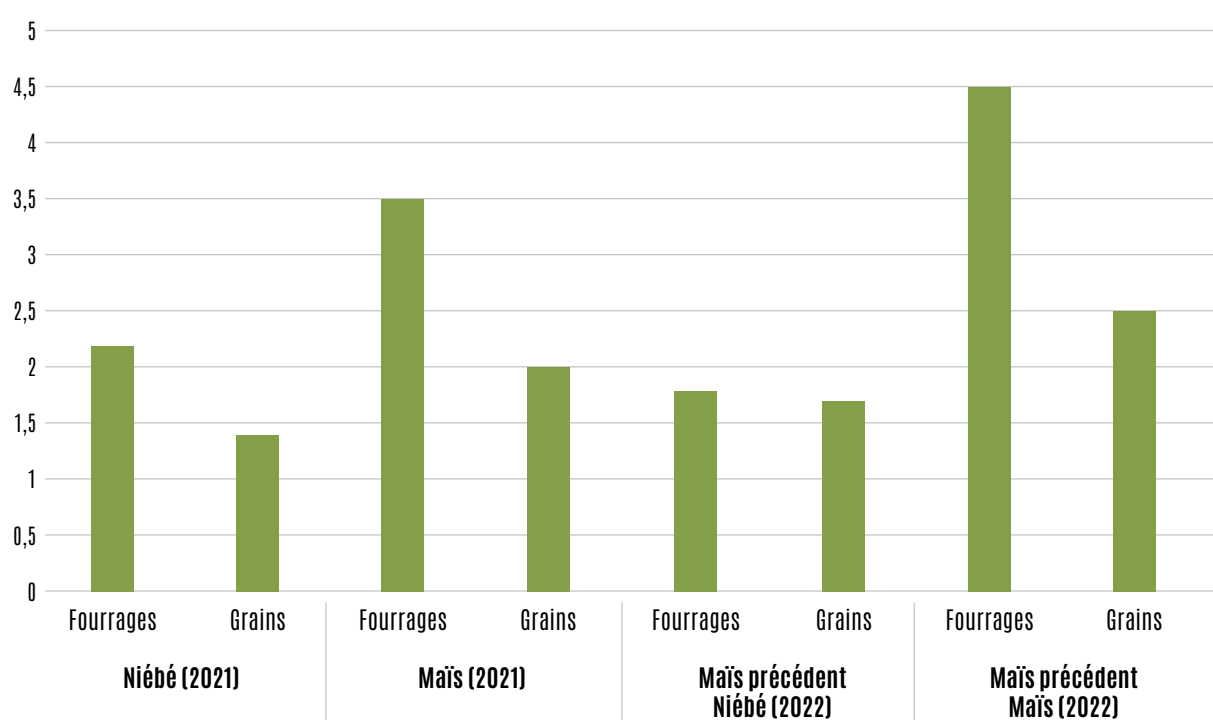


Figure 1 : Comparaison des rendements en t/ha obtenus en année 1 (2021) pour le niébé et en année 2 (2022) pour le maïs en culture subséquente par rapport à une culture de maïs pure pour 1 ha (campagne agricole 2021 et 2022 FAIR-Sahel/ Yabasso)

En termes de fertilisants, la culture de niébé a bénéficié de 50 kg/ha de NPK et la culture du maïs après niébé de 100 kg/ha de NPK. En comparaison, la culture de maïs pur a reçu la dose complète d'engrais de 200 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée recommandée par la SOFITEK.

Si le maïs pur a un rendement supérieur au maïs en année 2 après le niébé, il reçoit tout de même des doses très supérieures d'engrais minéraux, ce qui augmente les coûts de production.

Concernant les résultats économiques de l'innovation, il faut noter qu'en dehors des coûts des engrais, les autres charges sont identiques pour les 2 champs de maïs (maïs continu et maïs sur précédent niébé). Dans la zone concernée, la main-d'œuvre étant principalement familiale, donc non rémunérée, elle n'a pas été prise en compte dans le calcul des charges.

Tableau 2 : Analyse comparative des dépenses entre la culture pure de maïs et la culture de maïs sur précédent niébé, pour 1 ha (pour les 2 années)

Types de dépenses	Coût (FCFA) pour précédent niébé (année n)	Coût (FCFA) pour précédent maïs (année n)	Coûts (FCFA) pour maïs précédent niébé (n+1)	Coûts (FCFA) pour maïs pur (n+1)
Semences	12 000	10 000	10 000	10 000
Produits phytosanitaires	5 000	8 000	8 000	8 000
Engrais NPK	30 000	60 000	60 000	120 000
Urée	-	30 000	30 000	60 000
COÛTS TOTAUX	47 000	108 000	108 000	198 000

La division par deux des quantités d'engrais minéraux utilisés pour l'innovation par rapport aux quantités recommandées par la SOFITEX, permet de faire d'importantes économies sur les coûts de production.

Pour calculer la marge brute de chaque option, la somme des dépenses est retranchée aux produits des récoltes de maïs et de niébé. Les produits ont été calculés à partir des rendements obtenus lors des 2 années d'implémentation de l'innovation, avec un prix de vente du maïs estimé à 250 FCFA/kg et du niébé estimé à 400 FCFA/kg.

Tableau 3 : Estimation de la marge brute (produits - charges) pour chacune des deux options testées (estimation pour 1 ha) pour les années 2021 et 2022

Options	Total des charges (FCFA)	Total des produits pour grains (FCFA)	Marge brute (FCFA)
Niébé (2021)	47 000	560 000	513 000
Maïs (2021)	108 000	500 000	392 000
Maïs précédent Niébé (2022)	108 000	425 000	317 000
Maïs précédent Maïs (2022)	198 000	625 000	427 000

Sur les 2 années, la marge brute de la rotation maïs/niébé est de 830 000 FCFA et celle de la monoculture de maïs est 819 000 FCFA. La rotation est donc légèrement plus rentable que la monoculture de maïs, malgré des rendements plus faibles, et cela grâce à la réduction des coûts des engrais.

Si la différence peut sembler faible (seulement 11 000 FCFA), il faut ajouter aux bénéfices les autres effets positifs apportés par le précédent niébé : la moindre nécessité de trésorerie pour l'achat d'engrais ; la diminution de la pollution potentielle des sols par l'azote minéral ; et une gestion plus durable de la productivité des sols.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

Des tests de démonstration sur les arrières effets d'un précédent niébé sur la culture du maïs ont été mis en place dans des champs centraux* en milieu paysan et suivis par les producteur.rices et les techniciens. Dans ces champs centraux, des visites commentées ont été organisées afin de co-évaluer l'innovation testée pendant la croissance et à la fin de la production. Par la suite, des producteur.rices ont reconduit l'option testée dans leurs champs personnels, également appelés champs satellites*. Pour cela, les producteur.rices volontaires ont choisi quelle innovation adopter en fonction des différentes options proposées dans les champs centraux. Le projet les a accompagnés en leur octroyant des semences, dans le but d'impliquer un maximum de producteur.rices dans un premier temps, et un suivi technique a été assuré par les techniciens du projet FAIR Sahel.



Visite commentée de parcelle de niébé par les producteur.rices et techniciens du projet (Juillet, 2021)



Phase de questions-réponses lors d'une visite commentée et de co-évaluation (Septembre 2022)

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Pour définir - en partie - les conditions d'accès et d'appropriation de cette innovation, des discussions ont été menées - sous forme de focus groupes non mixtes - en avril 2024 auprès de 21 producteur.rices du village de Yabasso, dans la commune de Léna (12 hommes et 9 femmes). Parmi les participants à la discussion, onze (11) ont reproduit l'innovation au sein de leur exploitation (dont 1 seule femme).

Contexte du village de Yabasso

Le maïs est une culture principalement cultivée sur les parcelles familiales dans lesquelles tous les membres du ménage travaillent, sous la responsabilité des hommes qui sont les chefs d'exploitation. Sur les parcelles qui leur sont prêtées chaque année, les femmes cultivent principalement des légumineuses comme le niébé, le soja et le pois de terre (voandzou).

En culture de maïs, les attaques de ravageurs (chenilles légionnaires, termites), la pauvreté des sols, les attaques de Striga* et le coût élevé des engrais minéraux sont les principales difficultés rencontrées. La culture du niébé est aussi particulièrement sujette aux attaques de ravageurs (pucerons : *Aphis sp.* et chenilles destructrices des gousses dont *Maruca vitrata*).

À NOTER

Au Burkina Faso, les femmes ont peu d'accès au foncier agricole en dehors des parcelles prêtées chaque année par leurs maris. Les champs prêtés sont en général de petites tailles et parmi les moins fertiles. Ces parcelles sont principalement cultivées en légumineuses en raison de la pauvreté des sols, mais aussi de la faible disponibilité de la matière organique qui est mobilisée uniquement dans les champs familiaux. Les champs "prêtés" ne sont pas toujours les mêmes d'une année à l'autre. En effet, les producteurs qui connaissent les avantages des précédents légumineux sur la fertilité des sols peuvent décider de récupérer ces parcelles l'année suivante pour la culture de céréales.

Connaissances préalables des producteur.rices

La rotation niébé/maïs est une pratique connue dans le village. Certains producteur.rices la pratiquent mais la gestion de la fertilisation est différente. Dans leurs pratiques habituelles, les producteur.rices n'apportent pas d'engrais minéraux en culture de niébé, mais les quantités d'engrais minéraux et de matière organique (MO) apportées en culture de maïs sont généralement plus élevées que dans l'innovation. La manière de fertiliser est également différente avec un épandage après labour où les engrais (NPK et Urée) ne sont pas enfouis. Il est à noter cependant que la pratique la plus répandue est la monoculture de maïs dans les grands champs familiaux. En raison de sa forte vulnérabilité aux attaques parasitaires, le niébé est rarement cultivé sur de grandes surfaces. Il est en général cultivé par les femmes dans de petits champs.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Selon les observations faites par les producteur.rices, la rotation avec le niébé réduit l'incidence du Striga en culture du maïs ; elle améliore également le niveau de fertilité du sol.

La variété de maïs proposée par l'innovation (SR21) est une variété bien connue par les producteur.rices qui, selon leur perception, est une variété à cycle court et productive. Ils ont également une bonne perception de la variété de niébé (*Tiligré*) utilisée, pour laquelle ils notent une productivité supérieure à celle des autres variétés disponibles dans le village.

Ils se disent convaincus par la capacité de l'innovation à améliorer la production du maïs. En effet, selon eux, sur leurs sols, les rendements de maïs en monoculture baissent au fil des années, alors que grâce à la rotation avec le niébé, la production de maïs peut atteindre les rendements des premières années de culture, malgré les petites quantités d'engrais minéraux et de MO utilisées (2 fois moins que dans les pratiques en monoculture).

En revanche, ils ont trouvé l'apport des engrais minéraux et de la MO par enfouissement difficile à réaliser dans leurs champs, qui sont de grandes superficies (plus de 1 ha) comparées aux champs centraux.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

La culture du niébé demande plus de main-d'œuvre pour les opérations de sarclage et de récolte, en raison de : 1) le sarclage mécanique n'est plus possible dès que la culture commence à s'étaler ; 2) la récolte nécessite 2 à 3 passages, ce qui n'est pas le cas pour d'autres cultures comme le soja. De plus, la période de récolte du niébé coïncide avec la période de forts travaux pour les opérations culturales des céréales (sarclage, buttage). Certains ont préféré, en première année, dans leur assolement, cultiver du niébé sur une petite superficie et le soja comme légumineuse principale, afin de réduire la charge de travail nécessaire pour l'entretien du niébé.

De plus, la culture du maïs étant très importante dans l'alimentation du ménage, il est difficile pour les producteur.rices de consacrer leurs champs familiaux à la seule culture du niébé sur une année. Selon eux, il faut donc disposer de grandes superficies culturales pour pouvoir pratiquer l'innovation afin de cultiver du maïs sur d'autres champs, l'année de la rotation avec le niébé. Quant aux femmes, l'absence d'accès à un foncier de manière pérenne (utilisable plus d'une année de suite) et la faible disponibilité des intrants de production tels que les fertilisants organiques et minéraux ne facilitent pas l'adoption de l'innovation.

Les variétés de maïs et de niébé utilisées pour la conduite de l'innovation ne sont pas disponibles dans le village. Les producteur.rices n'y ont accès que moyennant un déplacement plus ou moins long (7 à 40 km) et coûteux.

En ce qui concerne les principaux problèmes phytosanitaires rencontrés dans le village - attaques de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) et de termites sur le maïs, de pucerons et de chenilles sur le niébé - l'innovation ne permet pas de briser les chaînes de reproduction de ces ravageurs. Les niveaux d'attaque sont tels que les producteur.rices sont obligés de recourir à des traitements chimiques aussi bien en cultures de maïs que de niébé.

Il est donc recommandé d'associer l'innovation avec d'autres pratiques agroécologiques relevant de la lutte intégrée, comme la production et l'utilisation de biopesticides ou encore les associations culturales avec des plantes répulsives.

Dispositif d'appui

Pour les producteur.rices, la manière dont l'innovation leur a été présentée est intéressante et leur a permis d'acquérir des connaissances nouvelles. Ils ont apprécié les visites commentées qui ont été un cadre d'échange et de partage d'expériences leur permettant de rectifier les échecs dans la reproduction des différentes pratiques dans leurs champs individuels (champs satellites). La rotation céréales/légumineuses étant une pratique connue et pratiquée dans le village, les producteur.rices ont été en mesure de reproduire l'innovation par eux-mêmes suite à l'apprentissage dans les champs centraux ou par mimétisme grâce aux observations.

Leviers pour la diffusion :

- Intérêt pour améliorer les rendements du maïs
- Infestations de Striga réduites sur les parcelles de maïs avec précédent niébé
- Permet de réduire les coûts en fertilisants pour la culture du maïs

Freins à la diffusion :

- Peu adaptée aux agricultrices qui ne cultivent pas de céréales dans leurs champs
- Besoin en main-d'œuvre plus importants pour la culture du niébé
- Nécessite d'avoir des ressources foncières suffisantes
- Non disponibilité des semences certifiées au niveau local

Conclusion

Le niébé et le maïs sont deux cultures importantes dans les agrosystèmes de l'Ouest du Burkina Faso. Elles sont généralement produites par les producteurs.rices sans que le maïs ne profite des arrières effets du niébé en tant que légumineuse (fixatrice d'azote) dans une rotation.

La présente étude sur l'introduction du niébé dans les rotations céréalières de maïs est perçue comme une innovation d'intensification agroécologique répondant au double impératif d'améliorer la productivité des sols mais aussi d'accroître le rendement du maïs. Dans un contexte de cherté des engrais minéraux devenant inaccessible à la majorité des petits producteurs - sans ignorer leur impact sur l'acidification des sols - il s'avère raisonnable de prôner des options plus durables de production telles que l'intégration des légumineuses dans les rotations céréalières. La pratique est plus écologique et économique car elle réduit les charges de production et protège les sols contre une utilisation systématique et massive d'engrais minéraux.

Des cultures comme l'arachide ou le soja, également des légumineuses, peuvent être substituées au niébé, en fonction de la demande du marché ou pour des raisons de diversification des cultures. Pour mieux profiter des arrières effets des légumineuses, il est important de mettre la céréale dès les premières pluies de la campagne de production pour éviter des pertes d'azote par minéralisation.

Pour aller plus loin

- Traoré A., Traore K., Koulibaly B., Bazongo P., Traore O., Nacro H.B. 2017. **Amélioration des rendements du riz pluvial strict par effets combinés des rotations et des fumures en zone sud-soudanienne du Burkina Faso**. Afrique SCIENCE 13(6) (2017) 114-124, ISSN 1813-548X.
- Traore A., 2016. **Effets des rotations et de la fertilisation sur le rendement du riz pluvial strict en zone Ouest du Burkina Faso**. Thèse de Doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo, 155 p.
- Traoré A., Traore K., Bado B.V., Traore O., Nacro H.B., Sedogo P.M. 2015. **Effet des précédents cultureux et de différents niveaux d'azote sur la productivité du riz pluvial strict sur sols ferrugineux tropicaux de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso**. Int. J. Biol. Chem. Sci., (9), 6. pp 2847-2858
- Bado B V., 2002. **Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso**, Thèse de doctorat, Université de Laval Québec, Canada, 148 p.

DIVERSIFICATION DES ESPÈCES CULTIVÉES



Effets des associations de plantes sur la gestion des bioagresseurs

AUTEURS : Diarry Diallo Dembélé, Djibril Badiane, Mame Farma Ndiaye, Moussa Ndiénor (ISRA) ; Saer Lô, Amadou Diop, Fatoumata Sidibé (Enda Pronat).

Crédit photo de la fiche : Fatoumata Sidibé / Enda Pronat

Au Sénégal, de nombreuses contraintes d'ordres biotiques et abiotiques pèsent sur la production agricole. Parmi elles, la pression parasitaire constitue un défi majeur à relever, avec des pertes de récoltes allant de 40 à 50 % pour certaines cultures.

Ces dernières décennies, la lutte contre les bioagresseurs a massivement reposé sur l'utilisation de pesticides chimiques, lesquels peuvent avoir de graves effets secondaires sur la santé humaine et sur l'environnement, en particulier sur les populations rurales qui n'utilisent pas toujours les équipements appropriés d'application et de protection. Ce constat pousse les chercheurs à rechercher des alternatives plus durables, comme l'utilisation des plantes de services, de produits naturels comme les biopesticides, ou encore les pratiques d'associations culturales qui peuvent casser les cycles des bioagresseurs, ou encore avoir un effet répulsif.

Caractéristiques de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans la zone sèche du bassin cotonnier du Sénégal, au sein de la sphère d'influence du cours d'eau du Sandougou et plus précisément dans la commune de Koussanar dans la région de Tambacounda.

La région de Tambacounda étant la plus vaste du Sénégal, avec une population peu dense, elle offre d'énormes potentialités en termes de surfaces cultivables pour plusieurs spéculations. L'agriculture, l'élevage, le commerce et l'exploitation forestière demeurent les principales activités de la région.

L'agriculture est essentiellement pluviale et constitue la première activité économique de la zone. Les principales spéculations produites sont l'arachide, le niébé, le coton, le mil, le maïs, le sorgho, le sésame et le bissap. L'arachide et le coton sont les principales cultures commerciales de la zone alors que le mil constitue la principale culture d'autoconsommation. Le niébé est une culture de soudure (période qui dure plus de 4 mois). Les cultures horticoles dominées par le piment, le bissap et le gombo sont également très présentes, en culture pluviale, au niveau des champs de brousse.



Localisation de la zone d'étude, Sénégal

Problématiques de la zone

Dans la zone du Sénégal oriental, le développement de l'agriculture s'accompagne d'une prolifération des ravageurs et maladies qui affectent directement les productions agricoles, en provoquant des pertes parfois substantielles de rendement. Les cultures ciblées dans l'étude (arachide, niébé, gombo et bissap), malgré leurs importances économique et sociale, sont sujettes à plusieurs ravageurs et maladies, du semis à la récolte, diminuant leurs rendements et altérant la qualité phytosanitaire des récoltes. En effet, les insectes piqueurs suceurs (*Amrasca biguttula* - jassides, *Pseudococcus viburni* - cochenille farineuse, *Bemisia sp.*, *Dysdercus sp.*), les chenilles défoliatrices (*Spodoptera littoralis*, *Anomis flava*), les chenilles carpophages (*Helicoverpa armigera*, *Earias sp.*) et les maladies telles que la cercosporiose, le chancre bactérien, l'oïdium, la pourriture charbonneuse, la rouille et la mosaïque, peuvent conduire à des pertes de rendement agricole de 25 à 50% en l'absence de contrôles adéquats.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Cette innovation propose de nouvelles stratégies de protection phytosanitaire, en favorisant les services de régulation naturelle portés par les associations culturales, pour réduire de façon durable les risques sanitaires. Ainsi, lutter contre les populations de ravageurs, maladies et mauvaises herbes implique nécessairement la prise en compte du système de culture dans sa globalité, en tenant compte de certaines interactions au cours du cycle cultural.

Plusieurs associations ont été testées pour mesurer les effets produits sur les populations de ravageurs et la prévalence des maladies. Le choix des différentes spéculations utilisées pour ces associations a fait l'objet de concertation avec les producteurs lors du diagnostic. Elles ont été choisies pour leur sensibilité à un large spectre de bioagresseurs, dans l'objectif de réduire fortement la pression par la pratique de l'association, mais aussi dans un objectif d'autoconsommation et de vente.

Trois associations ont été testées pour répondre aux problèmes de bioagresseurs de l'arachide et du niébé : Arachide/Gombo ; Arachide/Basilic ; Niébé/Bissap (oseille de Guinée).

Le matériel végétal utilisé pour les tests est constitué de la variété 73-33 d'arachide (*Arachis hypogea*), du niébé Mèlakh blanc (*Vigna unguiculata*), du gombo de variété clemson (*Abelmoschus esculentus*), du vimto rouge de l'oseille (*Hibiscus sabdariffa*) et du basilic (*Ocimum basilicum*).

Le basilic est une espèce aromatique et médicinale qui repousse plusieurs espèces d'insectes. Les feuilles de basilic sont largement utilisées dans la gestion de certaines maladies du fait de leur aspect antibactérien et antifongique.

Dispositif expérimental

La conduite expérimentale a été réalisée en milieu paysan en culture pluviale pendant l'hivernage 2023, dans six champs satellites* du bassin cotonnier du Sénégal, dans cinq villages de la commune de Koussanar : Dané, Sarésambourou, Sinthiou Paniath, Saré Demba et Paniath Demba Djibel. Selon les superficies proposées par les producteur.rices, la dimension des champs satellites variait entre 1 200 et 5 000 m².

Le dispositif expérimental est réalisé en blocs de Fisher aléatoires avec trois répétitions. Chaque producteur.rice par site constitue une répétition.

- **Sur les associations arachide/gombo/basilic**, les dispositifs sont constitués de quatre parcelles élémentaires dont deux en cultures pures (T1 = gombo et T2 = arachide) et deux associations en bandes alternées (T3 = arachide/gombo et T4 = arachide/basilic).
- **L'association niébé/bissap** comporte trois parcelles élémentaires sur chaque site dont deux témoins en culture pures (T5 = bissap et T6 = niébé) et une modalité d'association en bandes alternées (T7 = niébé/bissap).

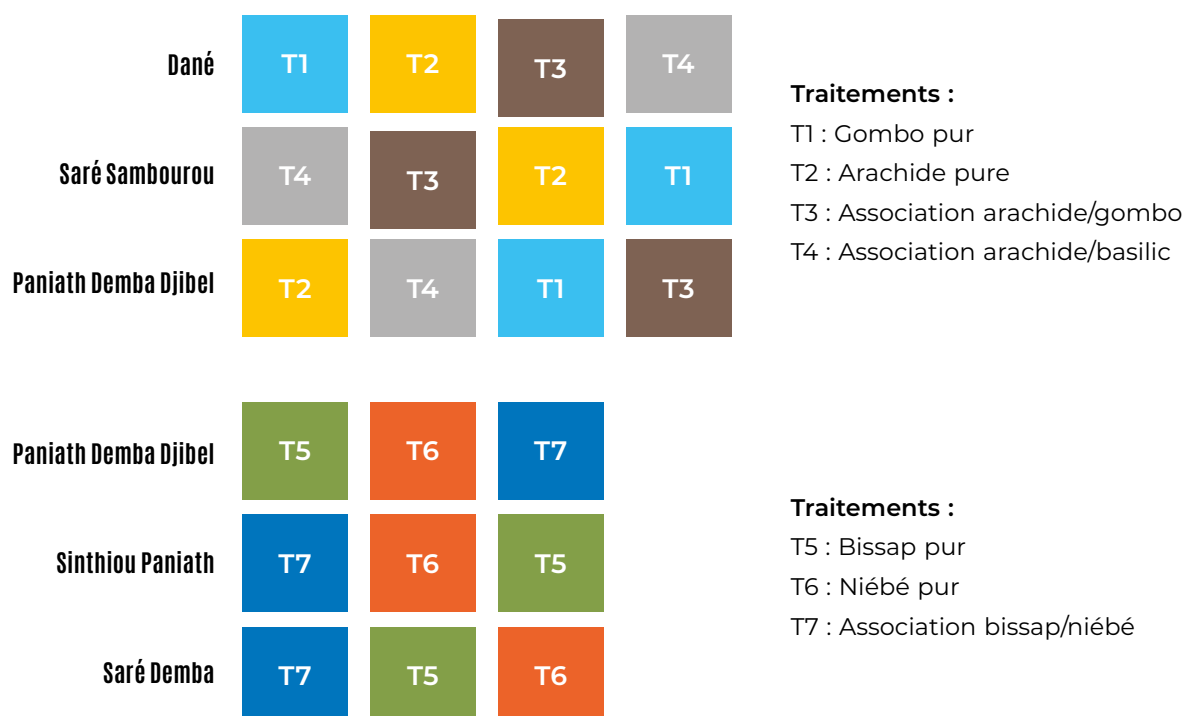


Figure 1 : Dispositif expérimental des champs satellites avec les différents traitements

Avantages de l'innovation :

- Réduction de l'utilisation des pesticides chimiques et donc des coûts économiques, sanitaires et environnementaux des traitements phytosanitaires
- Utilisation des ressources naturelles et diversification des produits agricoles

Description technique de l'innovation

Mise en place des parcelles

Les parcelles ont été conduites selon les itinéraires techniques vulgarisés par la recherche. Un labour peu profond suivi d'un nivèlement ont été effectués dans le but d'ameublir le sol.

Le semis a été réalisé grâce à un semoir équipé d'un disque de 30 trous pour le niébé et l'arachide. Le bissap et le gombo ont été semés à l'aide d'un semoir avec un disque de 8 trous. Les cultures ont été semées en lignes à raison de 10 lignes d'arachide pour 2 lignes de gombo, 10 lignes d'arachide pour 2 lignes de basilic. Aucun pesticide chimique n'a été appliqué et des suivis réguliers des ravageurs et des maladies ont été effectués après la levée des plantes jusqu'à la récolte.

Suivi et collecte des données

Les observations ont été réalisées de façon hebdomadaire par un relevé des ravageurs et maladies sur plant sur les 10 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Cinq (05) plants sont choisis sur chacune des 10 lignes centrales soit 50 plants par parcelle.

Les observations ont porté sur l'entomofaune avec l'identification et le décompte des ravageurs rencontrés et le comptage du nombre de plants attaqués dans chaque parcelle élémentaire. Concernant le diagnostic des maladies au champ, elles concernent la nature des symptômes observés, le nombre de plants attaqués et le degré d'attaque dans chaque parcelle élémentaire. Le degré d'attaque du pathogène a été déterminé en affectant à chaque plant un score dont l'échelle varie de 1 à 5 délimitant les intervalles de pourcentage d'attaque : **1** pour aucun symptôme ; **2** pour 25% de la surface de la plante attaquée ; **3** indiquant que 25% à 50% de la plante est attaquée ; **4** pour les plantes présentant des symptômes très poussés (50-75%) ; et **5** pour les plantes mortes ou atteintes à plus de 75%.

Au niveau de chaque parcelle élémentaire, des échantillons d'organes végétatifs présentant des symptômes de maladie ont été prélevés et faits l'objet d'analyse en laboratoire pour confirmer la présence de l'agent pathogène responsable.



Pourriture liée à *Aspergillus*



Mosaïque



Cercosporiose

Les données issues de ces observations ont fait l'objet des calculs du niveau moyen des infestations et la fréquence des ravageurs, de l'incidence et la sévérité des maladies suivant les formules. Ces données ont été ensuite analysées sous l'environnement de R. Le test de variance ANOVA a été appliqué sur toutes les variables quantitatives pour voir s'il y a des différences statistiques entre les traitements au seuil de 5 %. Une analyse descriptive a été également effectuée pour déterminer les moyennes et les écart-types de ces variables entre les traitements.

Résultats techniques

Les résultats techniques ont porté sur les impacts des différents traitements sur les infestations parasites et les maladies des cultures et sur les rendements des cultures.

Impacts des options de culture d'arachide sur les infestations parasites et maladies

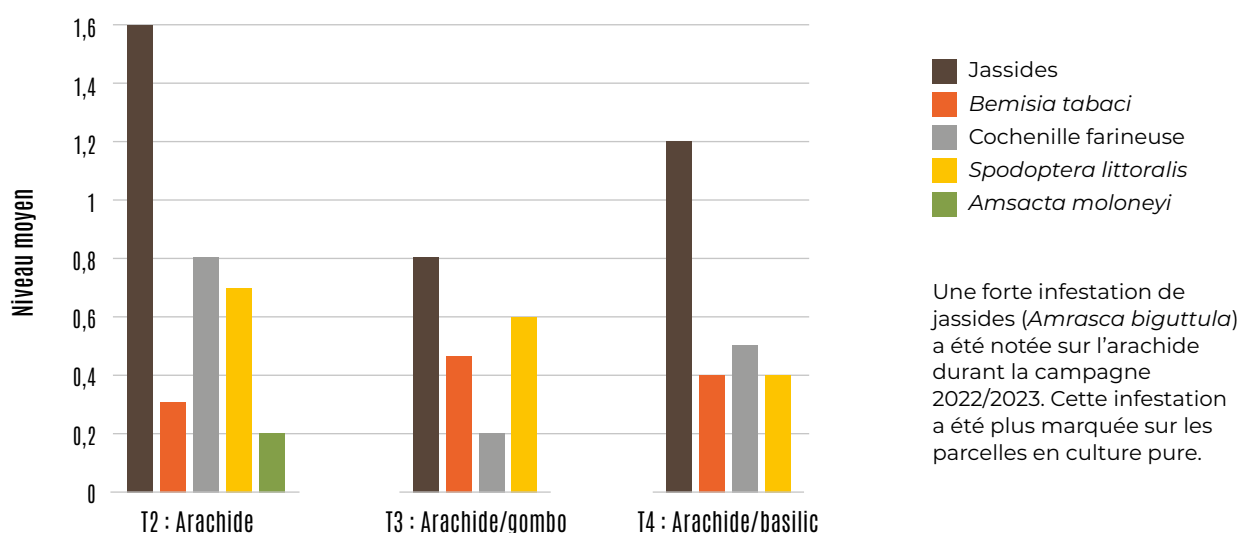
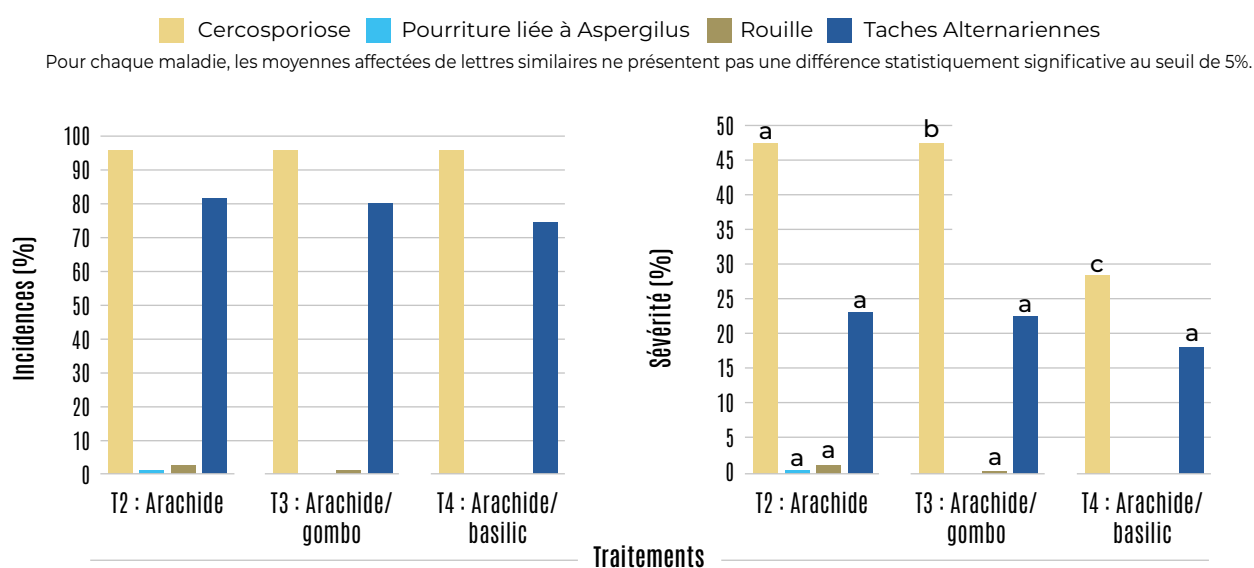


Figure 1 : Niveaux moyens des infestations parasites sur l'arachide en association avec le gombo ou le basilic.



Figures 2 & 3 : Incidence et Sévérité des maladies sur l'arachide en fonction des traitements.

Une différence significative a été notée sur la sévérité de la cercosporiose entre les traitements. Cette maladie de l'arachide apparaît moins sévère sur l'association arachide/basilic avec un taux de sévérité égale à 29%, contre 48% sur les parcelles pures. De plus, la pourriture de l'arachide liée à *Aspergillus sp.* a été observée uniquement sur les parcelles pures.

Il apparaît aussi un effet régulateur de l'association culturale arachide/gombo/basilic sur la pression des ravageurs et des maladies de l'arachide. La plante aromatique *Ocimum basilicum* (basilic) a montré un niveau de contrôle significatif, de par son effet insectifuge, liée à sa forte odeur qui repousse plusieurs insectes ravageurs (effet *push*). La composition de ses feuilles (antibactérienne et antifongique) offre une gestion naturelle de certaines maladies liées à l'arachide.

Quant au gombo, plante très sujette aux attaques parasitaires et maladies, notamment les jassides, les chenilles, la cercosporiose et la mosaïque, il permet par attraction préférentielle d'atténuer fortement la pression de ces bioagresseurs sur la culture principale qu'est l'arachide (effet *pull*).

À NOTER

La méthode communément appelée « *push-pull* » joue sur la répulsion et/ou l'attraction provoquée par des plantes secondaires pour protéger la culture principale des attaques de bioagresseurs.

Impacts des options de culture de gombo sur les infestations parasitaires et maladies

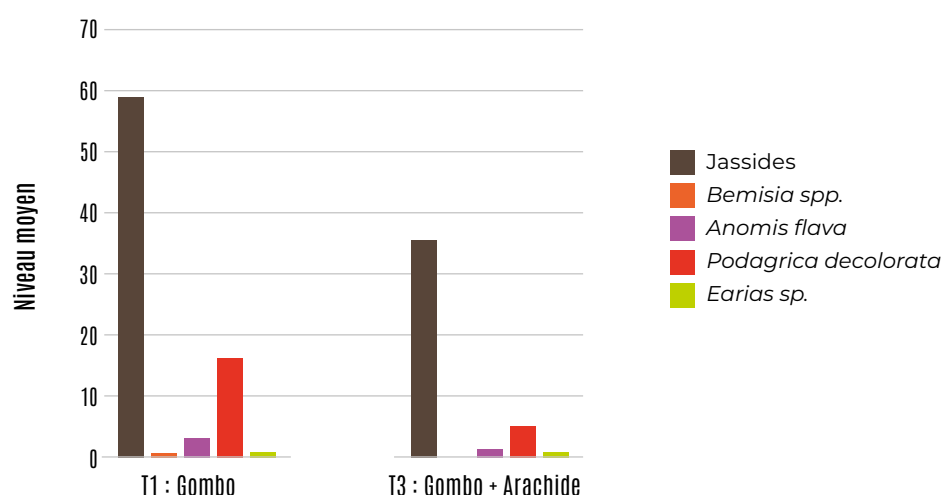


Figure 4 : Niveaux moyens des infestations parasitaires sur le gombo en association avec l'arachide.

Le gombo pur (T1) est le traitement le plus infesté par les jassides, bien au-dessus du seuil de nuisibilité. Les niveaux d'infestations dus aux ravageurs *Podagrica decolorata* et jassides présentent des différences très significatives selon que le gombo soit en association ou non avec l'arachide.

Concernant les maladies des cultures, la mosaïque, maladie dominante sur le gombo durant les expérimentations, est plus enregistrée en T3 (association arachide/gombo), avec des indices d'incidence de 98% et de sévérité de 64%, qu'en culture pure de gombo (T1). Cela peut-être dû au caractère particulier de la mosaïque du gombo (qui est une maladie virale) dont la gestion est un peu plus complexe par rapport aux autres maladies fongiques et bactériennes car régit par un vecteur qui est favorisé non seulement par les niveaux d'attaques des insectes mais aussi par la nature et la diversité des plantes hôtes.

Cependant, l'infestation de la cercosporiose et de la rouille du gombo est significativement moins forte en culture associée (Incidence = 35%) qu'en culture pure (Incidence = 69%).



Association arachide-gombo

Impacts des options de la culture du niébé sur les infestations parasitaires et maladies

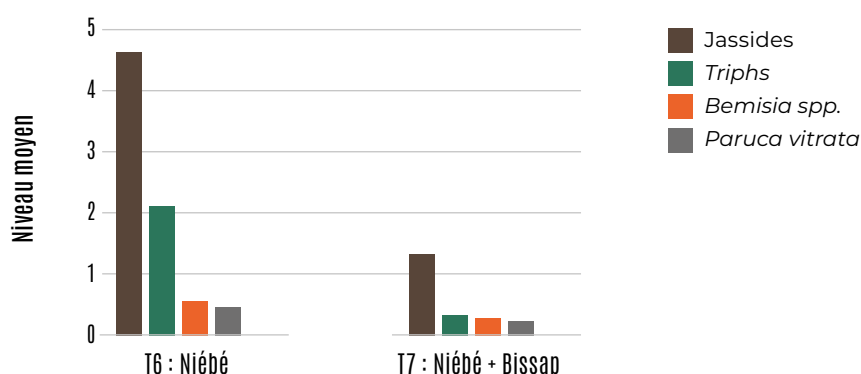


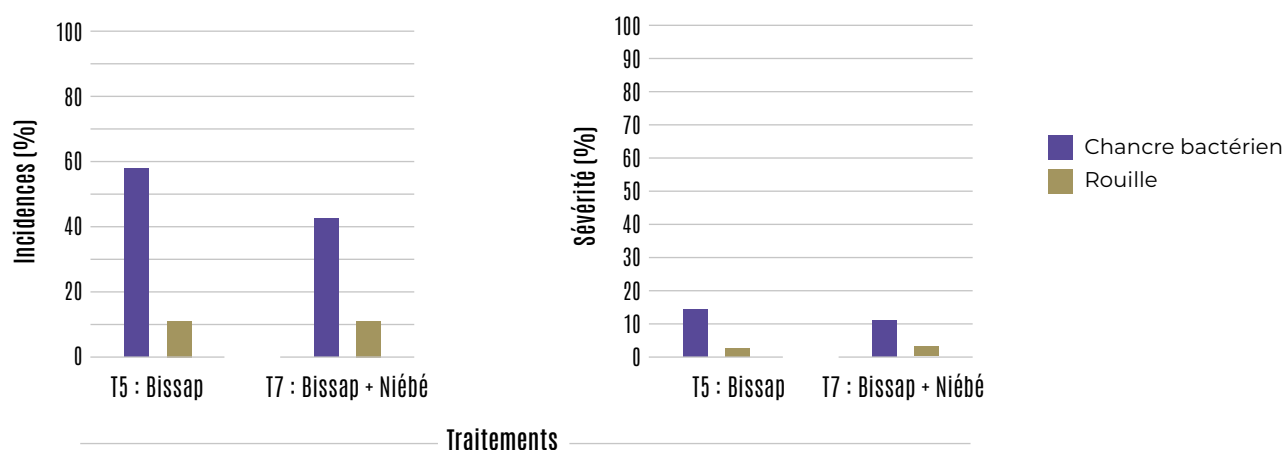
Figure 5 : Niveaux moyens des infestations parasitaires sur le niébé en association ou non avec le bissap.

Une forte infestation des adultes de jassides a été notée sur le niébé durant la campagne 2023. Cependant l'analyse des données montre une différence statistique très significative de ces infestations entre les traitements T6 "niébé en culture pure" et T7 "niébé associé au bissap" (p -value = 003).

Concernant les maladies du niébé, la rouille, le chancre bactérien et la mosaïque sont les principales maladies observées avec une prédominance des deux dernières maladies. Une baisse significative de la sévérité des maladies est observée sur la culture en association (Incidence I= 54% en culture pure contre 34% en culture associée).

Il est aussi noté un effet régulateur de l'association bissap/niébé sur la rouille du niébé ; mais cette association n'a montré aucun effet sur la mosaïque, maladie très fréquente sur le niébé.

Impacts des options de la culture du bissap sur les infestations parasitaires et maladies



Figures 6 & 7 : Incidence et Sévérité des maladies sur le bissap en fonction des traitements

Une forte incidence du chancre bactérien est notée sur le bissap pur ou en association. L'infection est moindre sur l'association avec le niébé malgré l'équivalence statistique entre les traitements.

L'association bissap/niébé a montré un effet significatif quant à la réduction de la pression parasitaire sur les cultures associées. En effet, le niébé possède la faculté de nuire au développement de plusieurs types de ravageurs : nématodes, foreurs de tiges, ainsi qu'une bactérie appelée *Ralstonia solanacearum*. Également cité par Skovgad et Päts (1997), le niébé agirait comme une plante piège en augmentant l'influence des ennemis naturels qui réduisent considérablement les niveaux d'attaques liés aux bioagresseurs.

Impacts des options sur les rendements des cultures

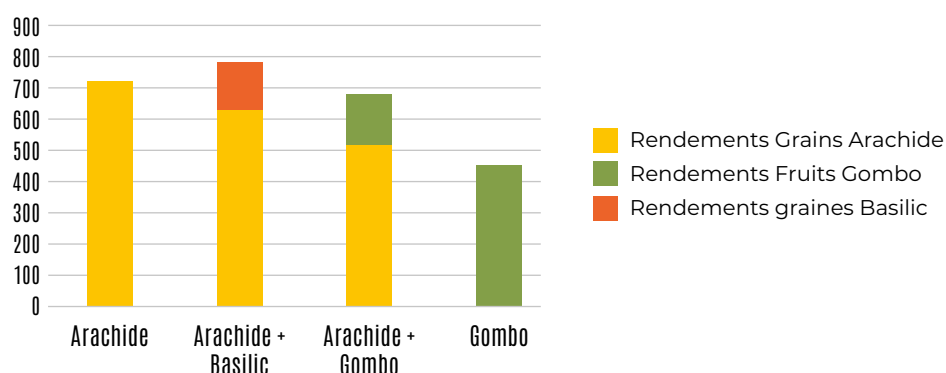


Figure 8 : Rendements obtenus sur l'association culturale arachide/basilic/gombo

Une équivalence statistique a été notée sur le rendement en grains d'arachide entre les cultures pures et celle associées avec le basilic avec cependant une biomasse beaucoup plus importante dans les parcelles d'arachide pure.

Le LER* (Land Equivalent Ratio) obtenu et égal à 1,08 montre que l'association est légèrement plus productive que les deux cultures conduites en pure.

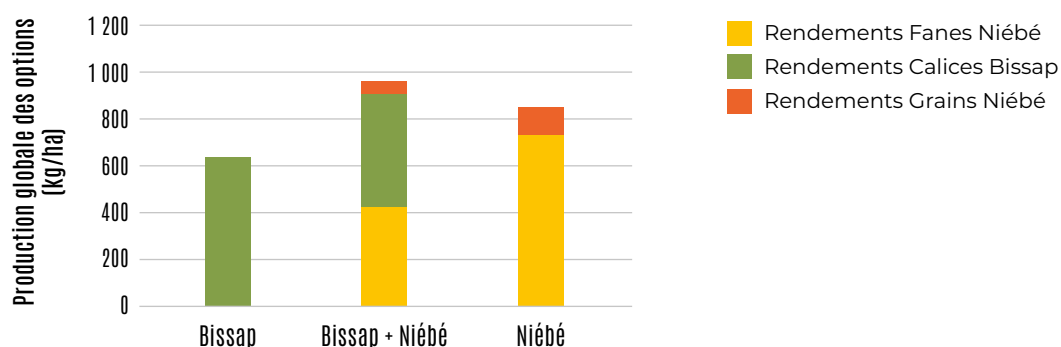


Figure 9 : Rendements obtenus sur l'association culturale niébé/bissap

La production globale de l'association bissap/niébé est supérieure à celles des deux cultures pures. Une bonne production a été aussi notée pour le niébé malgré les faibles rendements observés cette année dans la zone sur cette culture.



Association bissap-niébé

Diffusion et appropriation de l'innovation

Cette innovation a été diffusée à travers les essais satellites du projet FAIR Sahel auprès d'un réseau de producteur.rices de la commune de Koussanar. Le choix des spéculations a été réalisé de manière participative pendant des ateliers et selon les objectifs visés, i.e la gestion des bioagresseurs pour une meilleure amélioration des rendements et la diversification des cultures. Les producteur.rices volontaires pour l'implémentation de ces champs satellites ont bénéficié d'un suivi de l'équipe du projet de l'installation des dispositifs jusqu'à la récolte.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

Cette innovation, portée à 83% par des femmes, a fait objet d'un processus de co-évaluation avec les producteur.rices répartis en trois groupes : jeunes, femmes et hommes. Celle-ci a porté sur des indicateurs de type quantitatif (biomasse, niveau de développement, rendement) et qualitatif (niveau des attaques parasitaires et maladies, qualité des récoltes).

Au-delà de l'enherbement noté sur quelques parcelles, l'appréciation des producteur.rices sur les résultats de l'innovation est globalement positive. L'association niébé/bissap a été particulièrement bien notée par les productrices car elle a présenté de bons rendements en grains du niébé, malgré de mauvais résultats de campagne sur cette spéculations dans le reste de la commune. En plus de la diversification des cultures, très appréciée par les femmes qui y trouvent plus de diversité dans le bol alimentaire, l'aspect économique est aussi souligné, en particulier les revenus issus de la vente du bissap, du gombo et des fanes d'arachide.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions ont été menées sous forme de focus groupes non mixtes, en novembre 2024, auprès de 24 producteur.rices (12 hommes et 12 femmes), dans le village de Dané, dans la commune de Koussanar, afin d'obtenir des éléments de réponse sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation. Parmi les participants à la discussion, 17 ont reproduit l'innovation au sein de leur exploitation (5 hommes et 12 femmes).

Dans ce village, les cultures d'arachide, de niébé, de gombo et de bissap sont destinées à la fois à la consommation du ménage et à la vente. Les principales difficultés rencontrées pour ces cultures sont l'infertilité des sols, le manque de main-d'œuvre et les attaques de ravageurs (chenilles et insectes).

Connaissances préalables des producteur.rices

L'association culturale de ces différentes spéculations n'est pas nouvelle dans ce village. En revanche, elle n'était pas pratiquée en bandes alternées, mais en association mixte dans les poquets. L'introduction du basilic dans ces associations est également une nouveauté.

Hormis les semences d'arachide, les autres variétés de semences (gombo, bissap, basilic, niébé) proposées lors de la mise en place de l'innovation sont différentes de celles normalement utilisées par les producteur.rices. Parmi elles, seules les semences de niébé étaient déjà connues.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Aux dires des producteur.rices, les tests effectués sur ces associations ont démontré une amélioration de la production et une réduction des attaques de ravageurs. Ils citent comme exemple l'association arachide/gombo pour laquelle les attaques des ravageurs se limitent au gombo. Seuls les hommes ont témoigné que cette association rendait difficile la récolte d'arachide car il faut au préalable enlever le gombo.

Concernant les nouvelles variétés proposées, elles sont appréciées des producteur.rices. Les femmes considèrent qu'elles produisent mieux que leurs semences habituelles.

L'association niébé/bissap est la plus appréciée par les hommes comme par les femmes, parce que le travail est jugé plus facile du fait que le niébé s'enroule sur le bissap, facilitant ainsi la récolte. La production est également considérée comme importante et utile pour la consommation et la vente.

L'intégration du basilic dans les associations est également bien perçue. Une femme témoigne qu'elle l'a associé au gombo sans grande difficulté et que cela a produit des résultats positifs.

Alors que des changements climatiques sont observés depuis quelques années (baisse de la pluviométrie et apparition de plus en plus de vents chauds), les options de l'innovation proposée sont considérées comme répondant en partie à ces problèmes. Les feuilles de niébé permettent, selon les producteur.rices, de garder l'humidité du sol plus longtemps grâce à la couverture qu'elles fournissent. Les associations permettent également de diversifier les cultures et de multiplier les chances d'avoir de la production en cas de chocs climatiques (démarrage tardif et arrêt précoce des pluies).

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Les hommes témoignent que les nouvelles manières d'associer les cultures sont plus pénibles mais sont adaptées à leur main-d'œuvre. Il est possible de reproduire ces associations sans mobiliser de main-d'œuvre supplémentaire. Un des freins évoqués par les femmes pour la mise en place d'associations en bandes alternées, plutôt qu'en mixte, est la pénibilité liée aux changements fréquents de disques pour le semoir.

Les options de l'innovation proposées sont également adaptées aux surfaces agricoles disponibles. Elles permettent de produire mieux sur de plus petites surfaces. Mais, pour les femmes, l'application de l'innovation va dépendre de la décision des hommes puisque ce sont eux qui sont propriétaires du foncier.

Les participant.es aux discussions ont évoqué le fait que la mise en place de ces associations requiert plus de matière organique. Si les hommes ne perçoivent pas cela comme un frein car ils déclarent avoir des animaux disponibles qu'ils parquent au niveau des champs, les femmes expliquent que la matière organique est d'ordinaire allouée principalement aux cultures de mil.

Quant aux nouvelles variétés de semences utilisées, les hommes affirment qu'elles sont disponibles localement et qu'ils sont en mesure de les reproduire par eux-mêmes. Quant aux femmes, elles confirment que ces semences sont disponibles sur le marché mais elles sont financièrement inaccessibles pour elles. De même, les femmes n'ayant pas accès au semoir, qui est un outil manipulé uniquement par les hommes, elles affirment ne pas pouvoir reproduire l'innovation seules sur les champs qui leur sont prêtés.

Malgré les contraintes évoquées, l'innovation est plutôt perçue positivement car elle est jugée plus rentable du fait qu'elle permet de produire plus que les rendements habituels.

Dispositif d'appui

La manière dont l'innovation a été présentée est jugée bonne par les producteur.rices. Ils témoignent avoir acquis de nouvelles connaissances en observant les résultats des tests et considèrent qu'ils sont aujourd'hui en capacité de reproduire les techniques proposées. Néanmoins, les hommes auraient souhaité avoir un champ central* qui soit dans le village pour plus de proximité avec les tests.

Leviers pour la diffusion :

- Permet l'augmentation des productions et la réduction des attaques de ravageurs
- Réduction des coûts liés aux semences
- Permet de limiter les risques liés aux changements climatiques
- Adaptée à la main-d'oeuvre disponible dans l'exploitation
- Adaptée aux surfaces agricoles disponibles, même les petites surfaces

Freins à la diffusion :

- Plus pénible à la récolte du niébé à cause de la présence des plants de gombo
- Changements fréquents du disque du semoir
- Requiert plus de matière organique
- Non adaptée pour les femmes qui n'ont pas accès au semoir

Conclusion

L'introduction des plantes de services dans les systèmes de cultures a permis, au-delà du maintien des rendements agricoles et la diversification des cultures, de gérer de façon naturelle les principaux bioagresseurs des cultures associées.

L'approche de co-conception associant la recherche, les organisations de développement et les producteur.rices, a été fortement appréciée. Une mise à l'échelle des innovations performantes en termes d'associations culturales pour une pérennisation des acquis est recommandée, encourageant ainsi les innovations basées sur l'utilisation des plantes de services pour une gestion durable des ravageurs des cultures.

Pour aller plus loin

- Appert J., Deuse J. (1982), **Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques**. Paris : Maisonneuve et Larose, 420 p. (Techniques agricoles et productions tropicales, 31) ISBN 2-7068-0814-4
- Badiane, Djibril, *et al.* (2015), **Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale**. International Journal of Biological and Chemical Sciences 9.5 : 2654-2667
- Goudiaby M.F. (2019), **Diversité des insectes ravageurs du mil et leur régulation biologique au niveau du Bassin arachidier du Sénégal**. Thèse en Entomologie Université Cheikh Anta Diop (UCAD)
- Guèye M. (2016), **Amélioration des techniques de semis, de fertilisation et de récolte du fonio blanc** (*Digitaria exilis* Stapf ; Poaceae) au Sénégal. Thèse de Doctorat en Biologie, Physiologie et Productions Végétales. Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 102 pages + Annexes

3 | GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS

Aménagements de conservation des eaux et des sols	110
Zaï, demi-lunes et fumure organique pour la gestion des la fertilité des sols	110
Le zaï appliqué sur de nouvelles cultures, comme le coton.....	122
Apport organo-minéral	134
Optimisation de l'utilisation des ressources fertilisantes	134
La production et l'utilisation du compost enrichi en phosphate naturel du Burkina.....	144
Les apports localisés : l'application de compost au sillon.....	156
Effet du paillage et de la réduction d'engrais minéral sur la productivité maraîchère.....	165



AMÉNAGEMENTS DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS



Zaï, demi-lunes et fumure organique pour la gestion de la fertilité des sols

AUTEURS : Hamado Sawadogo (INERA) ; Djeni Lekoun (Diobass)

Crédits photos de la fiche : Sawadogo Hamado / INERA

Dans les zones semi-arides du Sahel, une absence totale de couvert végétal et un encroustement permanent témoignent d'une dégradation avancée de l'état physique des sols (localement appelé zippélé). Capter et concentrer l'eau de pluie devient alors la première condition pour réhabiliter ces terres dégradées. Le zaï et la demi-lune sont des techniques de concentration de l'eau et des apports organiques permettant de déclencher et stimuler les processus de réhabilitation des terres dégradées.



Caractéristiques de la zone d'étude

Les expérimentations sur les pratiques de Conservation des Eaux et des Sols (CES) ont été menées dans le village de Banounou, dans la commune d'Arbollé, au sud-est de la province du Passoré.

L'activité agricole de la commune rurale d'Arbollé concerne à la fois les cultures vivrières (sorgho, maïs, mil, riz, niébé, pois de terre), les cultures de rente (patate, arachide et sésame) et les cultures maraîchères (oignon, tomate et aubergine).

Les cultures vivrières, en particulier les céréales, sont principalement destinées à l'autoconsommation. Toutefois, une partie, en l'occurrence le niébé et le pois de terre, est vendue sur les marchés et participe avec les cultures de rente et les produits maraîchers de manière substantielle aux revenus des ménages agricoles.

La commune d'Arbollé fait partie du domaine soudano-sahélien, selon le découpage thermo-climatique du Burkina Faso. La pluviométrie est irrégulièrement répartie dans le temps et dans l'espace et ne dépasse généralement pas 700 mm par an.



Localisation de la zone d'étude, Burkina Faso

Problématiques de la zone

La commune d'Arbollé connaît une baisse des rendements agricoles due aux aléas climatiques et à une diminution de la fertilité des sols. Pour relever le niveau de fertilité des sols et assurer une bonne production, les producteur.rices mettent en œuvre différentes mesures de conservation des eaux et des sols et/ou de défense et de restauration des sols (CES/DRS). Parmi les actions entreprises, nous pouvons citer : la confection de cordons pierreux, le traitement des ravines, la pratique du zaï et des demi-lunes, la production et l'utilisation de fumure organique. En l'absence d'application de telles pratiques sur les terres très dégradées, les rendements en grains et en biomasse sont nuls.

Mais bien que ces pratiques soient connues de longue date, elles sont en général appliquées sans tenir compte du sens de la pente et donc du ruissellement des eaux, et le fumier utilisé est directement collecté dans les étables, sans passer par un processus de maturation ou de compostage.

Pour le zaï, les trous sont creusés de manière aléatoire, sans mesure précise concernant les dimensions et les espacements, avec l'idée que plus il y a de trous, plus il y a de rendements. Pour les demi-lunes, traditionnellement, les producteur.rices se contentent de creuser jusqu'à fermer les allées de passage d'eau, sans prendre en compte des mesures précises ni les pentes. Par ailleurs, dans leurs pratiques, les producteur.rices ont pour habitude de semer une quantité conséquente de graines de sorgho dans chaque trou au détriment de la croissance des plants.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Le projet FAIR Sahel propose d'améliorer les pratiques de zaï et de demi-lunes des producteur.rices d'Arbollé en respectant le sens de la pente et les distances de plantation, en proposant une fertilisation plus adaptée, incluant une microdose d'engrais minéraux, et en réduisant la concurrence des plants grâce à une utilisation efficiente des semences.

Pour cela, une approche comparative a été mise en place pour permettre aux producteur.rices accompagnés.es d'observer directement les résultats issus de différents itinéraires techniques.

Au démarrage des activités en 2021, cinq traitements* ont été mis en place dans un dispositif expérimental installé dans la communauté, dit champ central* :

T1) semis direct sans travail du sol et sans apport de fertilisation : parcelle témoin

T2) zaï avec apport de fumure organique (FO) (2.5 t/ha)

T3) demi-lunes avec apport de fumure organique (2.5 t/ha)

T4) zaï avec apport de fumure organique (2.5 t/ha) + microdose d'engrais NPKSB (62,5 kg/ha)

T5) demi-lunes avec fumure organique (2.5 t/ha) + microdose d'engrais NPKSB (62,5 kg/ha)

La culture utilisée dans l'essai CES est le sorgho, variété *Kapelga*, résistante à certaines maladies, notamment liées aux infestations par des champignons.

À la suite des ateliers de co-conception, les observations des producteur.rices ont permis de faire évoluer le dispositif CES avec l'ajout de 3 traitements, et la modification de 4.

Avantages de l'innovation :

- Efficience de l'utilisation de l'eau de pluie en captant l'eau de ruissellement et en favorisant son infiltration dans les sols
- Stabilisation des sols et la réduction de l'érosion hydrique
- Réhabilitation des terres dégradées

Les 3 traitements ajoutés à partir de l'année 2022 sont :

T6) labour avec apport de fumure organique (5 t/ha)

T7) labour avec apport de fumure organique (5 t/ha) + microdose d'engrais NPKSB (62,5 kg/ha)

T8) scarifiage à la houe tiré par un âne avec apport de fumure organique (2,5 t/ha) (pratique paysanne) et microdose d'engrais NPKSB (62,5 kg/ha)

Les traitements T2, T3, T4 et T5 ont été modifiés en 2022 avec un apport en fumure organique (FO) de 5 tonnes à l'hectare (au lieu de 2,5 t/ha).

Description technique de l'innovation

Préparation du sol

Pour la réalisation des trous du zaï ou des demi-lunes, il est indispensable de disposer d'une pioche ou de pic à as (sorte de pioche avec manche en fer) pour creuser le sol. Pour les traitements utilisant de la fumure organique, celle-ci doit être bien décomposée et de bonne qualité issue des fosses fumières ou des compostières.

Sur le terrain sélectionné, il faut déterminer le sens de la plus grande pente pour avoir une idée du sens de ruissellement des eaux. Le niveau à eau ou le triangle à pente peut être utilisé pour matérialiser les courbes de niveau.

À NOTER

La courbe de niveau¹ est une ligne imaginaire ou matérialisée suivant une altitude constante : elle est horizontale.

Le tracé d'une courbe de niveau nécessite un outil appelé « niveau ». Lorsqu'il n'est pas possible de faire intervenir un topographe, le triangle à pente (ou triangle en A), facile à confectionner en bois ou en fer, avec un simple fil à plomb, peut être utilisé.

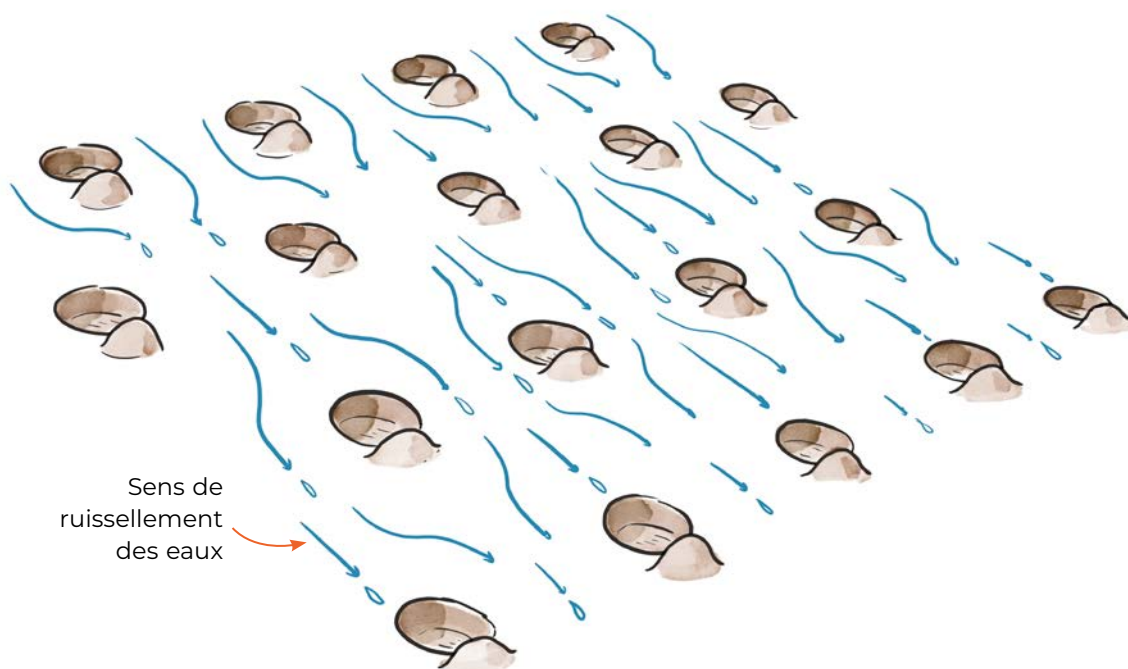
En le déplaçant horizontalement, il permet de matérialiser les courbes de même niveau.



Triangle à pente

Le zaï en quinconce

Pour réaliser le zaï en quinconce, il faut creuser des cuvettes de 20 cm de diamètre et de 15 cm de profondeur, perpendiculairement à la pente en suivant les courbes de niveau. Les écartements recommandés sont de 80 cm entre lignes et 40 cm entre les cuvettes sur la même ligne pour le sorgho ou 80 cm x 80 cm pour le mil : 31 250 poquets/ha pour le sorgho et 15 625 poquets/ha pour le mil.

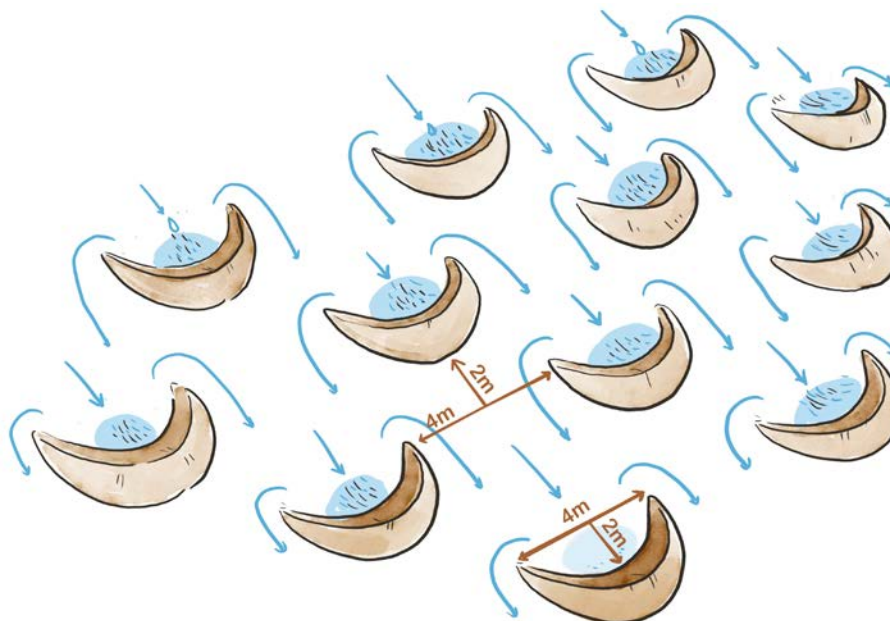


1. https://www.burkinadoc.milecole.org/Pieces_Jointes/PDFs/Agriculture_durable/CNABio/Cultures_en_courbes_de_niveau.pdf

Les demi-lunes

Les demi-lunes se réalisent à l'aide du triangle à pente en faisant des demi-cercles de 4 m de diamètre avec une profondeur de creusement de 15 à 20 cm, espacés chacun de 1 m sur la même ligne perpendiculairement à la plus grande pente du terrain. Entre deux lignes, l'espacement est de 2 mètres pour les demi-lunes de 4m de diamètre et de 1 m pour celles de 2 m de diamètre.

La terre excavée est déposée en aval sur le demi-cercle en forme de bourrelet. Cette dernière est quelque fois revêtue de blocs de pierres. Pour un hectare, il est possible de réaliser entre 400 à 450 demi-lunes selon les dimensions adoptées.



Fertilisation

L'ensemble des traitements reçoit 5 tonnes de fumure organique pour 1 hectare de mise en culture, à l'exception de la pratique témoin (sans fertilisation) et la pratique paysanne (2,5 t/ha). Pour les traitements avec zaï, l'application est de 100 g à 150 g de fumure organique déposée dans chaque cuvette, puis recouverte d'une mince couche de terre. Pour les traitements avec demi-lunes, cela représente environ le contenu d'une brouette de fumure organique par demi-lune (22-25 kg pour une brouette). La fumure organique est répandue sur toute la surface de la demi-lune.

Concernant les traitements conduits en zaï avec des microdoses NPKSB (formule 14-23-14-6S-1B), l'engrais est appliqué à la main par une pincée de 3 doigts, correspondant environ à 2g/cuvette. Cette quantité correspond à 62,5 kilos pour une densité de cuvettes de 31 250 par hectare. Pour les demi-lunes, la même quantité est appliquée à l'hectare mais localement au pied des plants.

Semis

Les moments favorables pour les semis du sorgho se situent à la 3ème décennie de mai à mi-juin, pour le zaï comme pour la demi-lune.

À l'intérieur des demi-lunes, le semis se fait en poquet avec des distanciations de 40 cm entre poquets, à raison de 4 graines par poquet. Il en est de même dans les poquets de zaï.

Après la levée du sorgho, il faut procéder à un démariage* pour ne laisser que 3 plants par poquet. L'entretien du sorgho se fait par deux sarclages, à 15 et 35 jours après semis.



Parcelle de zaï à Banounou, août 2022



Demi-lunes à Banounou, août 2022

Résultats technico-économiques

Les différents traitements ont été testés en 2021 et de manière complémentaire sur une 2e année (2022) sur des cultures de sorgho, dans le village de Banounou, dans la commune d'Arbollé.

Pour rappel, les apports en fumure organique (FO) sont différents dans les traitements T2 à T7 entre 2021 (2,5 t/ha) et 2022 (5t/ha).

Résultats techniques sur la productivité

Les résultats techniques portent ici sur la productivité en grains et en paille, à travers un indicateur, le rendement à l'hectare (kg/ha).

Tableau 1 : Rendements en kg/ha pour les productions de grains et de paille de sorgho à Banounou en 2021 et 2022, pour chaque traitement.

Traitements	2021		2022	
	Grains	Paille	Grains	Paille
T1- Témoin (sans apport)	0	0	422	671
T2- Zaï avec FO	292	1 486	967	1 502
T3- Demi-lunes avec FO	306	1 657	921	1 436
T4- Zaï avec FO + microdose NPKSB	426	1 824	1 386	2 032
T5- Demi-lunes avec FO + microdose	544	1 988	1 289	1 914
T6- Labour avec FO	-	-	599	862
T7- Labour avec FO + microdose	-	-	1 211	1 786
T8- Pratique paysanne avec 2,5 t/ha FO + microdose	-	-	838	1 324
Valeur-p	0,026	0,041	0,0061	0,040

NB : La valeur-p (ou probabilité critique) exprime la probabilité pour un modèle statistique donné sous l'hypothèse nulle d'obtenir une valeur au moins aussi extrême que celle observée. En d'autres termes, elle permet de matérialiser la probable différence entre les traitements pour la variable considérée, lorsque $p < 0,05$.

Les performances des traitements de type CES (zaï et demi-lunes) ont été bons au cours des deux saisons agricoles à Banounou. Les rendements obtenus avec ces pratiques sont plus de deux fois supérieurs à ceux des parcelles témoins. De plus, elles permettent de stabiliser les productions agricoles malgré les aléas pluviométriques fréquents, observés une année sur deux.

La saison agricole 2022 a été particulièrement bonne sur le plan de la répartition pluviométrique et du cumul annuel, soit 801 mm en 39 jours de pluies. Habituellement la demi-lune est plus productive que le zaï mais l'abondante pluviométrie a occasionné des excès d'eau, en juillet et en août 2022, dans les demi-lunes, ce qui a impacté négativement le rendement. L'application de la microdose d'engrais NPKSB sur les différents traitements de zaï, de demi-lunes et de labour, a également produit de meilleurs résultats avec des gains de rendement allant de 300 à 450 kg/ha.

Résultats économiques

Le calcul des résultats économiques permet d'estimer si une pratique est économiquement viable. En effet, il est possible que certains traitements présentent de meilleurs résultats techniques mais ne soient pas performants économiquement car leur mise en place est trop coûteuse. Les résultats économiques portent ici sur la rentabilité de chaque traitement, à travers un indicateur, la marge brute (les produits moins les charges).

Tableau 2 : Estimation de la marge brute (produits - charges) pour chaque traitement testé à Banounou (estimation pour 1 ha) pour l'année 2022

Traitements	Total des charges (FCFA)	Total des produits pour grains (FCFA)	Total des produits pour paille (FCFA)	Marge brute (FCFA)
T1- Témoin	127 800	126 600	33 550	32 350
T2- Zaï avec FO	180 500	290 100	75 100	184 700
T3- Demi-lunes avec FO	201 400	276 300	71 800	146 700
T4- Zaï avec FO + microdose NPKSB	235 500	415 800	101 600	291 900
T5- Demi-lunes avec FO + microdose	256 400	386 700	95 700	226 000
T6- Labour avec FO	162 800	179 700	43 100	60 000
T7- Labour avec FO + microdose	242 800	363 300	89 300	209 800
T8- Pratique paysanne avec 2,5 t/ha FO + microdose	202 800	251 400	66 200	114 800

Au niveau des charges, les traitements de type CES s'avèrent plus coûteux à mettre en place que les traitements avec labour ou la pratique paysanne. En effet, les coûts en main-d'œuvre sont en général plus importants pour le zaï avec une durée de travail pour le creusage manuel des cuvettes de 72 heures par ha en moyenne lorsque le sol est humide et 96 heures par ha si le travail se fait à sec entre avril et mai. Pour les demi-lunes, le temps de travail pour la mise en place est de 120 heures par ha. Le semis requiert de 8 à 12 heures par hectare.

Mais en dépit de dépenses plus importantes, les pratiques CES sont plus rentables car les gains de rendement importants permettent de compenser ces coûts de production plus élevés. Ainsi les marges brutes ont été meilleures pour le zaï et les demi-lunes, avec ou sans microdose, en comparaison des traitements témoins avec labour ou la pratique paysanne.

Lorsque le producteur a recours à 5 t FO/ha, il est dans son intérêt de pratiquer le zaï ou la demi-lune plutôt que le labour (marges de 184 700 et 146 700 FCFA pour T2 et T3 contre seulement 60 000 FCFA en T6). Lorsqu'il peut se permettre l'achat d'engrais, la microdose est plus rentable si elle accompagne le zaï plutôt que la pratique avec labour (+ 72 100 FCFA de marge).

Les résultats montrent des performances technico-économiques plus importantes pour les pratiques de zaï ou de demi lunes, notamment avec apport organo-minéral combiné. Au-delà de ces résultats technico-économiques, il est important de considérer les performances environnementales de ces pratiques qui permettent également de limiter les phénomènes d'érosion et de mieux gérer la fertilité des sols sur le long terme, contrairement aux pratiques avec labour ou la pratique paysanne.

Avec ces pratiques CES, et une fertilisation minérale limitée, appliquées au sorgho, le gain pour les ménages touche à la fois le rendement en grains, qui seront plutôt autoconsommés, en pailles utilisées dans l'alimentation animale, et également sur le plus long terme une restauration des terres dégradées.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

La diffusion s'est faite par l'approche du champ central où les producteur.rices d'une communauté participent à la co-conception des traitements à expérimenter, à la mise en place des traitements et à leur co-évaluation. Des essais satellites ont également été réalisés chez les producteur.rices pour tester librement, dans leurs propres conditions, les différents traitements vus dans le champ central.

Des visites commentées ont été organisées pour des producteur.rices non participant.es aux tests afin de diffuser plus largement les innovations. De même, des séances de présentation et de restitution des résultats ont eu lieu en présence des représentants des services techniques, des ONG et des commerçants (vendeurs d'intrants et vendeurs de céréales et légumineuses) et transformateurs afin de faciliter les échanges et les interactions avec les producteur.rices testeur.ses.

Co-évaluation des innovations avec les producteur.rices

La co-évaluation des innovations avec les producteur.rices a été réalisée par deux fois. Une première fois le 29 septembre 2021 à Banounou, sur les 5 traitements proposés lors de la première année d'expérimentation, puis à nouveau en 2023 sur les résultats des 8 traitements expérimentés en 2022.

Le processus de co-évaluation repose sur une classification en 3 niveaux de préférence : 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} choix. Les femmes et les hommes votent séparément, puis chacun explique les raisons de ses choix.

Le tableau 3 présente les résultats de la seconde co-évaluation réalisée avec 11 femmes et 7 hommes.

A la lecture de ce tableau des résultats (en page suivante), les choix des femmes apparaissent plus tranchés et homogènes que ceux des hommes, avec comme 1^{er} choix le zaï avec FO et microdose (T4), en second choix le labour avec FO et microdose (T7) et en 3^{ème} choix les demi-lunes avec FO et microdose (T5). Les choix des hommes sont identiques en termes de classement, mais avec plus de divergences d'opinions sur les choix 2 et 3.

Tableau 3 : Résultats de la 2^e co-évaluation sur les traitements, à Banounou, par 11 femmes et 7 hommes, novembre 2023

Traitements	Femmes			Hommes		
	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix
T1- Témoin	0	0	0	0	0	0
T2- Zaï avec 5 t/ha de FO	0	0	0	0	2	0
T3- Demi-lunes avec 5 t/ha de FO	0	0	0	0	0	1
T4- Zaï avec 5 t/ha de FO + microdose NPKSB	10	1	0	7	0	0
T5- Demi-lunes avec 5 t/ha de FO + microdose	1	0	10	0	0	4
T6- Labour avec 5 t/ha de FO	0	0	0	0	1	0
T7- Labour avec 5 t/ha de FO + microdose	0	10	1	0	4	2
T8- Pratique paysanne avec 2,5 t/ha de FO + microdose	0	0	0	0	0	0

Les femmes, comme les hommes, ont justifié chacun leurs choix en présentant leurs ressentis et impressions sur chacun des traitements testés.

Tableau 4 : Justification des choix lors de la 2^{ème} co-évaluation sur les traitements testés, à Banounou, novembre 2023

Traitements par ordre de préférence	Femmes	Hommes
T4- Zaï avec 5t/ha de FO + microdose NPKSB	• Tiges bien développées avec quelques feuilles vertes • Panicules plus ou moins développées • Hauteur des plantes plus importante • Meilleur remplissage des grains • Possibilité de réaliser le zaï à son rythme	• Meilleur remplissage des grains avec quelques feuilles vertes malgré l'insuffisance des pluies • Tiges plus hautes et grosses • Peu d'infestation du Striga par rapport aux traitements avec labour • Possibilité du démarrage du creusage du zaï bien avant le début des pluies
T7- Labour avec 5t/ha de FO + microdose	• Grosses panicules aussi • Tiges bien hautes avec quelques feuilles vertes • Grosses tiges	• Résultat proche du zaï (T4), mais avec plus de Striga • L'humidité du sol est toujours importante • Meilleure préparation du lit de semences par le labour (terre plus fine et bonne levée).
T5- Demi-lunes avec 5t/ ha de FO + microdose	• Tiges moyennes avec quelques feuilles vertes • Possibilité de réaliser les demi-lunes avant le début des pluies	• Résultat intéressant mais moins que T4 et T7

Il a également été remarqué par le groupe des hommes que la verse du sorgho est plus importante dans les parcelles où il y a eu plus d'infestations de *Striga** (T3- Demi-lunes avec 5t/ha de FO ; T6- Labour avec 5t/ha de FO ; T8- Pratique paysanne).

La verse du sorgho se produit lorsque les tiges se cassent avant la récolte, à cause du vent ou de termites ou foreurs de tige, entraînant une perte de rendement.



2^{ème} co-évaluation, septembre 2023

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation ont été menées en mai 2024 auprès de 25 producteur.rices du village de Banounou, dans la commune d'Arbollé (12 hommes et 13 femmes). L'ensemble des participant.es avaient reproduit l'un ou l'autre des adaptations recommandées sur les pratiques CES au sein de leur exploitation.

Connaissances préalables des producteur.rices

Les producteur.rices ont confirmé que les pratiques du zaï et des demi-lunes étaient déjà connues et utilisées dans leur village pour la culture du sorgho. Cependant, des différences significatives ont été relevées entre les pratiques traditionnelles et les traitements testés dans les dispositifs. Pour le zaï, les améliorations proposées ont privilégié un creusement plus méthodique, avec des mesures précises et un espacement régulier entre les trous. Pour les demi-lunes, une approche plus rigoureuse a été testée, en accordant une attention particulière aux mesures et à l'inclinaison du terrain pour les dessiner de manière optimale.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Les producteur.rices ont unanimement reconnu, lors des discussions, que les ajustements apportés ont amélioré l'efficacité des pratiques du zaï et des demi-lunes telles qu'ils ou elles les menaient, conduisant à des rendements satisfaisants en termes de production de paille et de grains. Les améliorations techniques proposées n'ont pas été jugées compliquées à comprendre et à mettre en œuvre.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Bien que les producteur.rices ont noté une augmentation de la charge de travail avec l'innovation, ils considèrent que l'augmentation de rendements justifie largement cet investissement supplémentaire. Ils se sont montrés en capacité de mettre en œuvre l'innovation dans leurs exploitations grâce à l'existence de groupes d'entraide dédiés aux techniques du zaï et des demi-lunes dans le village. Ils se sont également montrés satisfaits de l'économie réalisée sur les semences grâce à l'innovation. Selon eux, en semant seulement quelques graines par trou (maximum 4), au lieu d'une grande quantité, les plantes peuvent se développer de manière optimale en évitant qu'elles ne poussent trop serrées les unes contre les autres.

En revanche, l'innovation proposée entraîne des coûts plus élevés en termes d'apport de fumure organique (5 t/ha) et de microdose d'engrais NPKSB par rapport aux pratiques habituelles. De plus, si le projet préconise l'utilisation de fumier bien décomposé, issu de fosses compostières, les producteur.rices disent utiliser principalement les effluents d'élevage appliqués directement. La faible disponibilité de la matière organique pour la fertilisation peut s'avérer un frein à l'adoption de l'innovation. Dans les applications réalisées dans leurs parcelles, les producteur.rices ont réduit les doses apportées dans les demi-lunes (un seau de fumure organique à la place d'une brouettée). Mais ici encore, ils restent optimistes sur leurs

capacités à mettre en œuvre l'innovation grâce aux pratiques de compostage proposées également par les équipes du projet FAIR Sahel. Concernant les investissements supplémentaires pour l'achat des engrais minéraux, ils sont prêts à les réaliser au regard de l'amélioration observée sur les rendements.

Dispositif d'appui

Dans l'ensemble, les producteur.rices ont exprimé une appréciation positive quant à la manière dont les différentes options de l'innovation leur ont été présentées. La co-évaluation comparative en champ central a été jugée convaincante, permettant de déterminer les traitements les plus adaptés à leurs besoins respectifs. La simplicité de compréhension de cette méthode a également été mise en avant comme un point fort.

En ce qui concerne l'acquisition de connaissances auprès de l'équipe du projet, les producteur.rices ont indiqué que cela avait été suffisant pour reproduire l'innovation.

Pour les personnes n'ayant pas participé au projet FAIR Sahel et ayant reproduit l'innovation par mimétisme, elles indiquent avoir réussi à reproduire l'innovation grâce à des observations des travaux réalisés dans les champs satellites*. Elles affirment également avoir bénéficié de l'assistance de certain.es producteur.rices ayant participé aux travaux participatifs avec le projet.

Leviers pour la diffusion :

- Pratiques du zaï et des demi-lunes déjà connues et conduites
- Main-d'œuvre disponible grâce aux systèmes d'entraide
- Réduction des besoins en semences
- Meilleurs rendements permettant d'absorber les coûts de production supplémentaires
- Un dispositif de diffusion efficace, basée sur la participation active des producteur.rices tout au long du processus expérimental

Freins à la diffusion :

- Augmentation des besoins en main-d'œuvre, et en engrais organiques et minéraux
- Faible disponibilité de la matière organique de qualité et d'engrais minéraux

Conclusion

D'une manière générale, les adaptations aux pratiques CES testées ont été bien perçues par les producteur.rices qui les ont reprises avec toutefois quelques adaptations. Alors que dans certains contextes, ce type de pratiques CES rencontre des difficultés à s'implanter en raison du fort besoin en main-d'œuvre et de la pénibilité accrue, les pratiques du zaï et des demi-lunes sont jugées indispensables par les producteur.rices de cette commune en raison de la nature caillouteuse de leurs sols. Elles jouent également un rôle essentiel dans la rétention d'eau pour les cultures, garantissant des rendements plus stables malgré l'irrégularité des précipitations dans cette zone. Les ajustements discutés avec les producteur.rices pour améliorer ces pratiques se sont avérés pertinents et convaincants pour les producteur.rices avec des rendements supérieurs à ceux obtenus via les techniques traditionnelles.



Demi-lunes au diamètre adapté

Lors de l'application de ces innovations dans les champs satellites des producteur.rices, seules quelques modifications ont été réalisées concernant la quantité de matière organique utilisée ou encore le diamètre des demi-lunes (2 au lieu de 4 m).

La diffusion, en parallèle, des pratiques de compostage a également contribué à rassurer les producteur.rices sur leurs capacités à apporter les doses de matière organique adéquates pour reproduire l'innovation.

Pour aller plus loin

- Sawadogo, H. (2001) **Gestion de la matière organique et récupération des potentialités de sols dégradés en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso**. Mémoire de DEA. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 87p
- Sawadogo, H. (2006) **Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso**. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 232p.
- Saba F., Sawadogo H., Cornelis J-T, Ouedraogo A-K, Cisse D., Coulibaly K., Nacro H.B, 2022. **Gestion efficiente des nutriments par le biochar et le compost dans un système zaï au centre Nord du Burkina**, Agronomie Africaine 34 (1) : 1 - 14 (2022)
- Sawadogo H., Bock L., Lacroix D. and Zombre NP, 2008. **Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso)**, 2008, Biotechn. Agron.Soc.Environ 2008 12 (3) 279-280.
- Sawadogo H. 2011. **Using soil and water conservation techniques to rehabilitate degraded lands in north-western Burkina Faso**. Int. J. Agric. Sustain. 9: 120-128.

AMÉNAGEMENTS DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS



Le zaï appliqué sur de nouvelles cultures, comme le coton

AUTEUR : Ibrahim Ouedraogo, Fatimata Saba et O. Maurice Savadogo (INERA)

Crédits photos de la fiche : Ouedraogo Ibrahim / INERA

La pratique du «Zaï» ou « Tassa » est une méthode traditionnelle utilisée dans certaines régions d'Afrique pour améliorer la rétention d'eau et la fertilité des sols dans les zones arides ou semi-arides. C'est une technique de récupération des terrains encroûtés qui consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer. La terre extirpée est disposée en croissant en aval du trou dans le sens de la pente pour retenir l'eau de ruissellement.

Au Burkina Faso, la pratique du zaï a fait son apparition dans la région de Yatenga, après les grandes sécheresses des années 1970. Cette partie au Nord du pays souffrait alors de sécheresses et de désertification qui ont contribué à accélérer la dégradation des terres et à les rendre impropres aux activités de production agricole.

Caractéristiques des zones d'étude

Deux zones d'études ont été concernées par l'expérimentation de cette innovation : (i) le village de Tanvougou dans la commune rurale de Nagréongo, région du Plateau Central, pour l'expérimentation sur le coton biologique ; (ii) le village de Konzo, dans la commune rurale de Léna, région des Hauts-Bassins, pour l'expérimentation sur le coton conventionnel.

La zone (i) est caractérisée par un climat de type Nord-soudanien avec une pluviométrie annuelle comprise entre 600 et 800 mm.

La zone (ii) a un climat de type Sud-soudanien avec une pluviométrie variant entre 950 et 1 100 mm par an.



Localisation des zones d'étude, Burkina Faso

L'agriculture constitue la principale activité socio-économique dans ces deux communes et occupe une grande partie de la population active, pour la production de céréales, de légumineuses et de cultures oléagineuses. Le coton reste la culture de rente prédominante, en particulier dans la zone (ii).

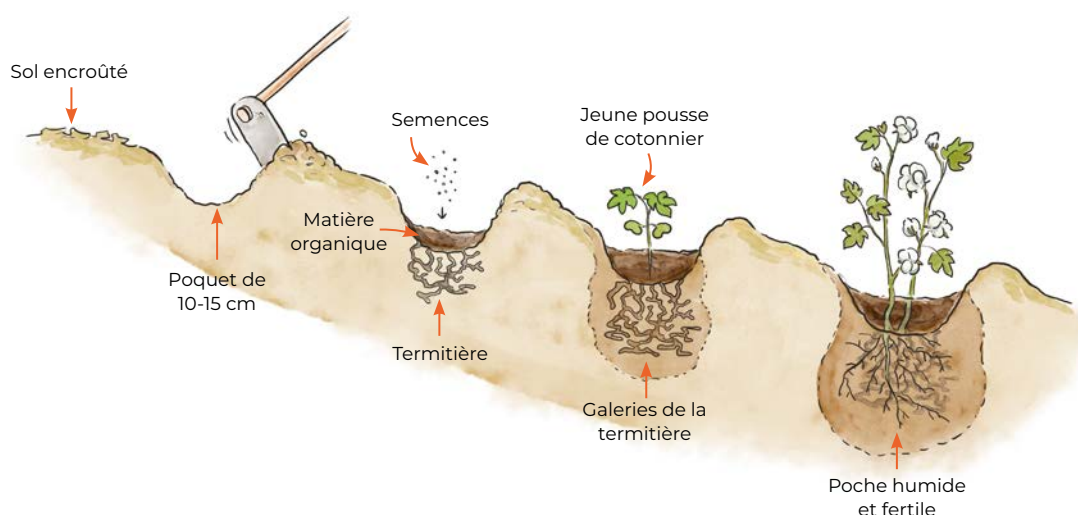
Problématiques de la production cotonnière

La filière cotonnière à l'instar des autres cultures pratiquées au Burkina Faso se caractérise par une faible productivité, principalement due à la dégradation des ressources en sol, mais aussi à une plus grande variabilité pluviométrique liée aux dérèglements climatiques.

Dans cette filière, le mode de labour intensif et l'utilisation abusive des engrais minéraux ont conduit à une dégradation physique, biologique et chimique des sols. La capacité de production et la rentabilité de ces terres sont fortement limitées. Face à cette situation préoccupante, il s'est avéré nécessaire d'explorer des technologies de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS) permettant de produire le coton tout en privilégiant une approche de production plus durable.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Le zaï est un système complexe de restauration de la productivité des terres faisant appel à un apport localisé de matières organiques, aux termites pour perforer la croûte de battance, à la capture des limons éoliens, à l'infiltration localisée du ruissellement, au travail profond du sol et à la culture en poquet.



Avantages de l'innovation :

- la capture des eaux de ruissellement et des nutriments
- la préservation des semences et de la matière organique
- la concentration de la fertilité et des eaux disponibles au début de la saison des pluies
- une réduction de la quantité d'engrais apportée et une augmentation de la production agricole

Le zaï consiste à creuser des trous pour y concentrer les eaux de ruissellement et les matières organiques. Cette matière organique est déposée dans chaque trou, puis recouverte d'une fine couche de terre. Les termites, attirés par la matière organique, creusent des galeries au fond des cuvettes, facilitant l'infiltration de l'eau dans les sols et la croissance des racines de la plante cultivée. Les eaux de ruissellement s'y engouffrent et créent des poches d'humidité en profondeur à l'abri de l'évaporation. Les termites accélèrent la vitesse de décomposition et de minéralisation de la matière organique et par conséquent la libération des bio-éléments pour

la nutrition des plantes. La technique du zaï permet donc de concentrer localement l'eau enrichie par le ruissellement, et les nutriments transformés par les termites.

L'innovation répond à la problématique de dégradation des sols, de dérèglement de la pluviométrie et de faible productivité du coton car elle permet de mieux gérer les apports en eau et en fertilisants.

La pratique du zaï est particulièrement adaptée pour les zones où la pression foncière est forte sur les terres agricoles du fait de leur dégradation progressive les rendant imperméables et stériles.

S'il s'agit d'une pratique assez répandue dans la zone sahélo-soudanienne, sur les cultures céréalières comme le mil et le sorgho, elle a été peu testée et développée sur la culture du coton. L'innovation a été testée sur une conduite de culture biologique à Tanvousse, et conventionnelle à Léna.

Description technique de l'innovation

Préparation du sol

Les trous de zaï sont confectionnés selon la technique traditionnelle, bien avant l'installation des pluies pendant le mois de mai. Les trous de zaï ont pour dimensions 20 cm de diamètre et une profondeur de 15 cm. Ils sont réalisés en quinconce à la main à l'aide d'une pioche. La terre de déblai est déposée en aval des trous suivant le sens de la pente du terrain.

Les écartements entre les trous de zaï sont de 80 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes. La densité du zaï est de 31 250 poquets/ha. La matière organique est apportée en quantité variable selon les moyens des producteurs. (idéalement une poignée, soit environ 600 g/trou) sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis.



Application du compost dans les trous

Semis du coton

La méthode de semis du coton est la même dans la culture du coton biologique et du coton conventionnel. La meilleure période de semis du coton est dans le premier décade du mois de juin (précoce). Le semis est réalisé sur le bourrelet de terre à l'aide d'une pioche à raison de trois à quatre graines par poquet. Un démariage* à deux plantes/poquet est réalisé au 14^{ème} jour après semis (JAS) suivi d'un resemis* au besoin.



Semis sur le bourrelet

Apport d'engrais minéraux en microdose sur le coton conventionnel

Pour la culture de coton en conventionnel, des fumures minérales sont recommandées par les sociétés cotonnières et sont disponibles sur le marché au Burkina Faso. Il s'agit du NPKSB, engrais composé de plusieurs éléments (14-18-18-6S-1B) et l'urée (46% N). Les engrais sont apportés en microdose (MD) dans les poquets à côté des jeunes plants. Le premier apport de microdose appliquée est de 4 g de NPKSB par poquet à 20 jours après levée (JAL) et un second apport de 1 g d'urée (46% N) par poquet à 40 JAL, soit respectivement 125 kg et 31.25 kg d'engrais/ha. La microdose a été comparée à l'épandage des engrais couramment appliqué par les producteurs, généralement plus élevé.



Microdose d'urée

Entretien des cultures du coton biologique

Dans le but de lutter contre les adventices, deux à quatre sarclages manuels sont effectués au 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème} et 60^{ème} JAS. S'agissant de la protection contre les ravageurs du cotonnier, le pesticide naturel à base de savon potassique (e-codaoleo K) vulgarisé par l'UNPCB est utilisé à un intervalle de trois jours. Le premier traitement est réalisé au 30^{ème} JAS et le dernier à l'ouverture des capsules au 110^{ème} JAS. L'e-codaoleo K est appliqué à la dose de 2 L / 200 L d'eau / ha.

Entretien des cultures du coton conventionnel

Pour lutter contre les adventices, deux à quatre sarclages manuels sont effectués aux mêmes moments que pour le coton biologique. Mais pour lutter contre les ravageurs du cotonnier, les pesticides de synthèse vulgarisés par l'UNPCB sont utilisés. Il s'agit de AVAUNT 150EC (Indoxacarb 150 g/l) pour la première fenêtre (30^{ème} JAL) ; LAMBACAL 636 EC (Lambdacyhalothrine 36 g/l + Profenofos 600 g/l) pour la deuxième fenêtre (58^{ème} JAL) et enfin CONQUEST 176 EC (Acetamipride 32 g/l + cyperméthrine 144 g/l) pour la troisième fenêtre (86^{ème} JAL). Les intervalles entre les traitements sont d'environ 14 jours.

Résultats technico-économiques

L'innovation a été testée sur deux années (2021 et 2022) sur des cultures de coton biologique et de coton conventionnel.

Résultats techniques sur la productivité

Les résultats techniques portent ici sur la productivité du coton à travers un indicateur, le rendement en coton graine à l'hectare.

Tableau 1 : Rendements en coton graine, pour le coton biologique, site de Tanvougé

Traitements	2021 Rendement coton graine (kg/ha)	2022 Rendement coton graine (kg/ha)	Rendement coton graine pluriannuel (kg/ha)
Labour + 1 t de compost/ Ha	691	873	782
Labour + 5 t de compost/Ha	1088	1141	1114
Zaï + 2,5 t de compost/ Ha	857	871	864

En année 1 et 2, le traitement « labour + 5 t de compost/ha » (pratique recommandée par l'UNPCB) a enregistré les rendements les plus élevés. Ce traitement a été suivi par celui du « zaï + 2,5 t de compost/ha » en année 1, puis par celui de la pratique paysanne (labour + 1 t de compost/ha) en année 2.

Tableau 2 : Rendements en coton graine, pour le coton conventionnel, site de Konzo

Traitements	2021 Rendement coton graine (kg/ ha)	2022 Rendement coton graine (kg/ ha)
Labour + 2 t de compost/ha + 150 kg/ ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée	367	708
Zaï + 1 t de compost/ha + MD	451	1850
Zaï + 2 t de compost/ha + MD	463	1899

Concernant les rendements en coton graine pour le conventionnel, en 2021, le traitement « zaï + 2 t de compost/ha + microdose (MD) (463 kg/ha) » a enregistré le rendement le plus élevé suivi des rendements obtenus sous le traitement « zaï + 1 t de compost/ha + MD (451 kg/ha) », loin devant la pratique vulgarisée par les sociétés cotonnières qui est « labour + 2 t de compost/ha + 150 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée (367 kg/ha) ». Ces différences se sont encore accentuées en 2022.

Les différences de rendements entre 2021 et 2022 s'expliquent par les dates de semis. En 2021, la saison ayant démarré tardivement, le semis a dû être repoussé au 30 juillet ce qui a impacté négativement les rendements, alors qu'en 2022, un semis précoce (pratique recommandée) a pu être effectué au 1^{er} juin.

À NOTER

Les semis tardifs sont souvent confrontés à des problèmes environnementaux (préjudiciables excès de température, pluies abondantes ou déficitaires) au développement et au maintien des organes fructifères, ce qui affecte négativement le rendement.

Résultats économiques sur la rentabilité

Les résultats économiques portent ici sur la rentabilité de la production du coton à la lecture de deux indicateurs : la marge brute et le ratio bénéfice - coût.

Tableau 3 : Rentabilité économique des options technologiques de cultures du coton biologique

Indicateur économique	Labour + 1 t/ha de compost	Labour + 5 t/ha de compost	Zaï + 2,5 t/ha de compost
Coûts des intrants (FCFA)	53 312	173 312	98 312
Coûts de main-d'œuvre (FCFA)	131 000	131 000	171 000
Charge totale (FCFA)	184 312	304 312	269 312
Recettes (FCFA)	283 455	403 839	313 308
Marge brute (FCFA)	99 143	99 527	82 936
Ratio bénéfice – coût	0,5	0,3	0,2

En production biologique, la pratique du zaï ne permet pas réellement de faire des économies en fumure organique, sauf en cas d'utilisation de faibles quantités de compost par rapport à la pratique recommandée qui est la plus consommatrice en compost (5 t/ha). Les coûts de main-d'œuvre sont également plus élevés pour la trouaison et l'application du compost (+ 40 000 FCFA par rapport aux 2 autres traitements). Or, au regard de la faible différence de productivité par rapport à la pratique paysanne, le zaï, malgré une marge positive, présente un ratio bénéfice-coût doublement inférieur (0,2) à celui de la pratique paysanne (0,5).



Parcelle de coton conventionnel sous zaï au stade floraison et à maturité

Tableau 4 : Rentabilité économique des options technologiques de cultures du coton conventionnel

Indicateurs économiques	Labour + 2 t de compost/ha + 150 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée	Zaï + 1 t de compost/ha + MD	Zaï + 2 t de compost/ha + MD
Coûts des intrants (FCFA)	136 670	95 225	125 225
Coûts de main-d'œuvre (FCFA)	121 000	171 000	170 000
Charge totale (FCFA)	257 670	266 225	296 225
Recette (FCFA)	194 844	417 056	428 113
Marge brute (FCFA)	-62 826	150 831	131 888
Ratio bénéfice – coût	-0,2	0,6	0,4

En revanche, en production conventionnel, la pratique du zaï présente des résultats économiques bien supérieurs à la pratique vulgarisée par les sociétés cotonnières qui présente des résultats négatifs. Ces résultats s'expliquent par la différence de rendements (du simple au double) et non par une baisse des coûts de production qui sont ici également plus importants. De même, si la pratique du zaï avec 2 t de compost présente un rendement élevé et donc des recettes supérieures par rapport au zaï avec 1 t/ha, sa marge est inférieure du fait du surcoût généré par l'achat du compost.

La pratique du zaï testée par le projet FAIR Sahel ne peut être comprise au seul regard de ses performances techniques. Il est important de prendre en compte les dimensions économiques et la diversité des résultats en fonction des itinéraires techniques pratiqués et des conditions pluviométriques de l'année.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

Cette innovation s'est fait connaître auprès des producteur.rices via des visites commentées dans les champs centraux et les champs satellites*. La vulgarisation de la technologie s'est aussi faite à travers des exercices de co-évaluation.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

Pour la co-évaluation avec les producteur.rices, une classification en 3 rangs a été proposée : 1^{er} choix, 2^e choix et 3^e choix. Les critères de classification ont été laissés à l'appréciation des producteur.rices. Ces derniers se sont basés sur le nombre de capsules (fruit du coton) et sur la physionomie des plants (leur vigueur, la hauteur des plants et la couleur des feuilles).

Les hommes et les femmes ont voté séparément afin de ne pas s'influencer mutuellement.

Tableau 5 : Résultats de la co-évaluation sur le coton biologique (Septembre 2022)

Traitements	Femmes			Hommes		
	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix
Labour + 1 t de compost/ha	18	0	41	0	5	15
Labour + 5 t de compost/ha	45	18	5	46	27	4
Zaï + 2,5 t de compost/ ha	0	5	27	15	12	19

Pour le coton biologique, les résultats des co-évaluations ont montré que les femmes comme les hommes avaient une préférence pour la pratique recommandée par l'UNPCB du labour + 5 t de compost/ha, qui a obtenu des rendements légèrement supérieurs à ceux de la pratique du zaï sur les deux années de test. La raison évoquée est que le labour est plus facile à réaliser, qu'il permet une production importante de capsules et un bon drainage des eaux. Selon eux, le labour permet de renvoyer les nutriments du sol en surface suite au retournement du sol et donc une meilleure production de capsules.

La pratique du zaï recueille peu de votes, même en 3^e choix. Les faibles scores réalisés par la pratique du zaï sont expliqués par les producteur.rices par la pénibilité de la confection des trous du zaï et par l'asphyxie des cotonniers suite à l'engorgement des poquets pendant les fortes précipitations. Ils soulèvent enfin que leur type de sol n'est pas approprié pour le zaï.

Tableau 6 : Résultats de la co-évaluation sur le coton conventionnel (Septembre 2022)

Traitements	Femmes			Hommes		
	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix
Labour + 2 t de compost/ha + 150 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ ha d'urée	17	8	0	0	0	0
Zaï + 1 t de compost/ha + MD	42	8	17	19	77	0
Zaï + 2 t de compost/ha + MD	17	27	0	0	4	0

A la différence du coton biologique, les producteurs et productrices de coton conventionnel ont clairement fait le choix du zaï parmi leurs préférences. Ces scores ne sont pas étonnants au regard des résultats technico-économiques des deux pratiques du zaï qui se sont avérées plus performantes dans cette zone que la méthode promue par les sociétés cotonnières.

La pratique du zaï + 1 t de compost/ha + MD est celle qui a reçu le plus de votes. Selon les producteur.rices, avec cette pratique, les tiges des cotonniers sont vigoureuses, il y a une production importante de branches fructifères et de capsules et les feuilles sont bien vertes.

Concernant la pratique du zaï + 2 t de compost/ha + MD qui arrive en second choix, les producteur.rices ont justifié ce rang par le fait que les tiges sont peu vigoureuses, qu'il y a eu une mauvaise levée et que les feuilles jaunissent, ce qui paraît paradoxal pour une pratique utilisant de plus grande quantité de matière organique.

Enfin, pour la pratique avec labour + 2 t de compost/ha + 150 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée, les producteurs.rices justifient les faibles scores par le fait qu'il y a eu une mauvaise manifestation de la nutrition des plantes, une mauvaise croissance des cotonniers et un manque de ramification des tiges de cotonniers.

À NOTER

L'efficacité de la technique du zaï reste tributaire de la bonne répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace au cours de la saison des pluies. En cas d'excès d'eau, les cultures semées dans les poquets de zaï souffrent d'engorgement et de lixiviation des bases échangeables ce qui peut expliquer des rendements observés plus faibles.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Bien que cette innovation puisse être pratiquée dans les différentes zones agroécologiques, il a été observé que sa mise en place sur les terrains présentant des sols lourds (argileux) était plus difficile du fait de la plus grande pénibilité du travail pour la trouaison.

De même, quand l'innovation est réalisée sur ce type de sol, il y a un phénomène d'engorgement en eau dans les trous du zaï lors de fortes précipitations qui impacte négativement la productivité.

Une période prolongée d'humidité peut en effet favoriser la chute de boutons floraux sains et de capsules saines.

Pour cette innovation, des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation ont été menées en mai 2024 auprès de 24 producteur.rices du village de Tanvoussé, dans la commune de Nagréongo (12 hommes et 12 femmes) pour le cas du coton biologique ; et auprès de 23 producteur.rices du village de Konzo, dans la commune de Léna (13 hommes et 10 femmes) pour le cas du coton conventionnel. Parmi les participant.es à ces groupes de discussions, aucun.e n'avait reproduit l'innovation au sein de leurs exploitations.



Phénomène d'engorgement

Connaissances préalables des producteur.rices

Dans le village de Tanvoussé où est pratiquée la culture du coton biologique, le zaï est connu des producteur.rices mais il est peu pratiqué en raison de la nature argileuse du sol. Lorsqu'il est pratiqué, le zaï est appliqué principalement sur les cultures de sorgho et non sur le coton. En effet, le coton bénéficie en général des sols les plus fertiles, ce qui n'incite pas les producteur.rices à expérimenter la pratique du zaï si cela n'est pas une nécessité. Par rapport à la pratique connue du zaï, dans le cadre du projet FAIR Sahel, il a été proposé des variations en standardisant la taille des trous et la quantité de fumier organique utilisée.

Dans la zone de production de coton conventionnel, le contexte de forte pression foncière fait que la culture du coton est souvent privilégiée dans le village, au détriment des cultures alimentaires. Certains producteur.rices cultivent le coton afin de bénéficier de l'engrais subventionné par la SOFITEX, qui est ensuite réparti entre les champs de coton et de maïs. Parfois, le coton est cultivé en rotation dans le souci d'améliorer la fertilité des sols pour les cultures de maïs. Le coton est beaucoup fertilisé (NPK et Urée), ce qui permet à la culture suivante de bénéficier de l'arrière effet des fertilisants apportés. La pratique habituelle de culture du coton en conventionnel consiste en l'apport de la matière organique (fumier de parc et des déchets verts ménagers) juste avant le labour, par épandage. Le labour est effectué en billon pour faciliter les semis en ligne. Les engrais chimiques sont apportés aux doses de 100kg/ha de NPK et 50kg/ha d'urée. La pratique du zaï est très peu connue.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Dans la zone de production de coton biologique, les producteur.rices ont indiqué que les modifications proposées par le projet ont complexifié la technique du zaï en exigeant des mesures précises pour les trous et les espacements. Cela a rendu la pratique plus difficile. Si ils ont acquis les connaissances nécessaires pour reproduire l'innovation par eux-mêmes, ils ont rencontré des difficultés d'application en raison de l'incompatibilité du zaï avec leur type de sol.

Dans la zone de coton conventionnel, les producteur.rices ont eu une bonne perception de la pratique du zaï pour la culture du coton grâce aux bons résultats apportés par l'innovation. Ces résultats sont : la meilleure vigueur et physionomie des plants de coton (couleur foncée des feuilles), un nombre de capsules de coton élevé et une bonne production. La réduction des quantités d'engrais apportées, l'amélioration de la fertilité des sols et la conservation de l'humidité des sols ont également été bien perçues.

Toutefois, la charge de travail pour le creusage des trous et l'inadaptation de la pratique sur les terrains situés sur un passage d'eau sont les difficultés perçues par les producteur.rices. Dans la mise en œuvre, l'innovation a été reproduite par certains producteurs sur les cultures de maïs car l'année de la diffusion de l'innovation, ils étaient en année de rotation « maïs » et non « coton ».

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

En raison des trous du zaï à creuser avant l'installation de la saison, sa mise en place implique un changement du calendrier cultural. Pour éviter une concurrence des besoins en main-d'œuvre en début de saison culturale, il est important de réaliser les trous de manière précoce, bien avant le démarrage de la saison. Si la disponibilité en main-d'œuvre constitue une contrainte pour implémenter l'innovation, certain.es producteur.rices l'ont tout de même mis en œuvre, dans la zone de coton conventionnel, avec leur main-d'œuvre familiale, mais sur de petites superficies (0,25 ha et 0,5 ha).

Les perceptions en termes de besoins en surface cultivée pour pratiquer le zaï diffèrent entre les hommes et les femmes. Pour les hommes, le zaï occupe plus de superficie du fait des écartements importants entre les poquets, contrairement à la pratique traditionnelle où les semis sont réalisés directement sur les buttes. Pour les femmes, le zaï est économe en superficie car sur un demi-hectare de maïs en zaï, elles ont pu produire 15 sacs de 100 kg contre généralement 5 sacs en pratique paysanne.

Si la pratique du zaï demande aux producteur.rices un investissement supplémentaire en main-d'œuvre, surtout pour de grandes superficies nécessitant l'embauche de main-d'œuvre extérieure, elle permet des économies sur les coûts d'achat des engrais par rapport aux pratiques recommandées par les sociétés cotonnières. Dans le cas du coton conventionnel, les femmes considèrent que l'investissement supplémentaire n'étant que de l'effort physique à fournir, le zaï est rentable compte tenu de l'amélioration de la productivité. De plus, si la première année, le zaï demande plus de main-d'œuvre que la pratique paysanne en raison de la trouaison à pratiquer, ce n'est plus le cas dès la seconde année car les trous ayant déjà été formés, les besoins en main-d'œuvre pour les refaire sont déjà amoindris.

Dispositif d'appui

La présentation de l'innovation à travers la méthode du champ central a été bien appréciée par les producteur.rices, dans les deux zones. Ils ont apprécié être directement impliqués dans le processus, ce qui leur a permis d'acquérir de nouvelles connaissances. Les visites commentées, le suivi des champs satellites et les conseils leur ont été bénéfiques et ont permis le changement de pratiques dans la zone de coton conventionnel, tout particulièrement sur l'utilisation efficiente de la matière organique.

En revanche, des points d'attention ont été soulevés par les producteur.rices concernant l'importance d'une programmation des activités suffisamment en amont de la saison, une arrivée des dotations en semences dans les temps et la clôture du champ central.

Leviers pour la diffusion :

- Utilisation plus efficiente de la matière organique et réduction du lessivage
- Réduction des charges en engrais, mais aussi en sarclage
- Amélioration des apports en eau pour les plants grâce à la captation de l'eau de ruissellement
- Meilleure résilience des cultures aux poches de sécheresse
- Une productivité améliorée, même sur de petites surfaces
- Dispositif de diffusion adapté via le champ central expérimental et l'évaluation participative

Freins à la diffusion :

- Complexification de la pratique concernant les espacements et les dimensions des trous
- Implique un changement dans le calendrier agricole
- Besoin en main-d'œuvre plus important et pénibilité du travail
- Non adapté aux sols argileux (vertisols) à cause du risque accru d'inondation des plants

Conclusion

Cette étude a permis de mesurer les performances du zaï sur les cultures de coton, en comparaison avec les pratiques actuelles des producteur.rices.

La pratique recommandée (labour + 5t de compost) en culture biologique a été plus performante au cours des deux campagnes, comparativement à la pratique du zaï avec 2.5 t de compost à l'hectare. Les rendements moyens sur les deux années ont varié de 782 kg/ha pour la pratique paysanne (labour + 1 t de compost/ha) à 864 kg/ha pour le traitement « zaï + 2,5 t de compost/ha » et 1 114 kg/ha pour la pratique recommandée (labour + 5 t de compost/ha).

Sur le plan économique, la pratique paysanne, qui demande le moins d'investissement en intrants, présente plus d'avantages pour les producteur.rices, car bien que l'augmentation de la quantité de fumure organique dans la production du coton biologique permet d'obtenir de meilleurs rendements, elle entraîne également une augmentation des charges de production.

En revanche, pour les producteur.rices produisant en culture conventionnelle, il est préférable d'adopter la pratique du zaï avec l'apport de faibles doses de compost (1 t/ha) associés à la microdose afin de maximiser le rendement et la rentabilité économique.

Enfin, il est important de noter que le zaï n'est pas une pratique adaptée aux sols lourds à cause d'un risque d'engorgement élevé, même en année de pluviométrie normale. Il est donc recommandé de pratiquer le coton sur zaï sur les sols Lixisols* qui sont légers. De même, il est souhaitable de réaliser des semis précoces dès les premières pluies pour limiter l'incidence de ravageurs.

Pour aller plus loin

- Bilal M.F., Saleem M.F., Wahid M.A., Saeed A., et Anjum S.A., 2015. **Varietal comparison of Bt and non-Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under different sowing dates and nitrogen rates.** Soil & Environment, 34(1). 34-43.
- Barro Albert, Zougmore Robert, Taonda Jean-Baptiste Sibiri, 2005. **Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride**, Cahiers Agricultures vol. 14, n° 6, 549-559
- Fatondji, D. (2002). **Organic amendment decomposition, nutrient release and nutrient uptake by millet (*Pennisetum glaucom* L. R. Br) in a traditional land rehabilitation technique (zaï) in the Sahel.** PhD thesis, University of Bonn, Germany.
- Kaboré Daniel and Reij Chris, 2004. **The emergence and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in BURKINA FASO**, EPTD Discussion Paper No. 114, 43p
- Reij Chris, Steeds David, 2003. **Success stories in africa's drylands: supporting advocates and answering skeptics** A paper commissioned by the Global Mechanism of the Convention to Combat Desertification March 18, 2003
- Roose Éric, Kabore Vincent et Guenat Claire, 1993. **Le zaï : Fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso)**, Cah. Orstom, sér. Pédol., vol. XXVIII, no 2 : 159-173

APPORT ORGANO-MINÉRAL



Optimisation de l'utilisation des ressources fertilisantes

AUTEURS : Modou Gueye Fall, Ndeye Hélène Diallo-Diagne, Moussa Sall (ISRA) ; Katim Toure, Saliou Ndiaye (ENSA)

Crédit photo de couverture : Raphaël Belmin / Cirad - **Autres photos de la fiche :** ISRA & Enda Pronat

Le développement agricole au Sahel doit trouver l'équilibre nécessaire pour atténuer les contraintes évolutives du changement climatique, à travers des stratégies durables, notamment la réduction de l'utilisation des engrais chimiques, l'amélioration des services écosystémiques de l'agriculture comme la séquestration du carbone, tout en tenant compte des capacités d'action des petit.es producteur.rices (foncier, main-d'œuvre et capacité d'investissement limités). Une des principales difficultés rencontrées pour mettre en œuvre les pratiques d'intensification agroécologique dans les territoires est la disponibilité en matière organique. Cette étude, menée dans le cadre du projet FAIR Sahel, ambitionne de répondre à la question : l'optimisation des ressources fertilisantes versus l'utilisation massive des engrais chimiques, quelle stratégie d'intensification pour une agriculture efficiente et durable au Sénégal ?

Caractéristiques de la zone d'étude

L'étude est menée dans la zone sèche du bassin cotonnier du Sénégal, à Tambacounda, dans les communes de Koussanar et de Ndogo Babacar.

Le bassin cotonnier couvre le Sénégal Oriental, la Casamance Continentale et le Sud du Sine Saloum, soit 46% du territoire du Sénégal et 27% de la population. Les revenus des ménages de ce bassin proviennent à hauteur de 50 à 80% des systèmes de culture et de 10 à 50% des systèmes d'élevage.

Dans la région de Tambacounda, les sols sont principalement constitués de sols ferrugineux tropicaux lessivés. Ces sols ont un potentiel agricole très large (céréale, arachide, coton...), mais leur aptitude culturale dépend de la gestion durable de leur fertilité, de l'utilisation de techniques appropriées et de la diversification des cultures pour maximiser leur potentiel et éviter leur dégradation.

Avec le soutien d'Enda Pronat et sous l'impulsion du développement de la culture du coton biologique par la SODEFITEX (Société de développement et des fibres textiles), les producteurs des communes de Koussanar et de Ndogo Babacar capitalisent plus de 25 ans d'expérience en gestion des ressources naturelles, y compris des pratiques durables pour préserver la santé des sols. Au vu de cette expérience avérée en agriculture biologique, ces communes représentent une source potentielle de développement de stratégies endogènes de gestion durable de la fertilité des sols.



Localisation de la zone d'étude, Sénégal

Problématiques de la zone

Face au changement climatique, l'agriculture sahélienne doit augmenter les rendements tout en préservant la fertilité des sols. Au Sénégal, les recommandations préconisées par la recherche pour la culture du mil incluent 150-200 kg/ha d'engrais composés (15N-10P-10K), 100 kg/ha d'urée et 5 t/ha de matière organique, soit un budget de 170 350 FCFA par hectare, rien que pour les engrais minéraux. Or, 74 % des exploitations familiales du bassin cotonnier disposent d'un revenu agricole d'environ 164 300 FCFA par campagne agricole, soit 96 % du coût des engrais requis. Même avec une subvention de 50 %, les coûts restent inaccessibles pour de nombreux petits producteurs, soulevant la question de solutions adaptées et durables.

Cette inaccessibilité des intrants (engrais minéraux et fumier) favorise la faible utilisation des doses d'engrais minéraux qui sont généralement inférieures à 20 kg par hectare de terres cultivées. De la même manière, pour la fertilisation organique, l'insuffisance de la matière organique et de la main-d'œuvre limite l'adoption des technologies de valorisation telles que le compostage.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Dans ce contexte, les stratégies rationnelles, telles que l'apport localisé d'engrais organiques et minéraux, apparaissent comme particulièrement adaptées pour pallier aux problèmes de fertilité, malgré la rareté des ressources. Cette innovation permet de proposer des solutions compatibles avec les ressources fertilisantes disponibles chez les petites exploitations agricoles familiales. L'application localisée permet non seulement de réduire les dépenses, mais elle constitue également une mesure incitative pour encourager l'utilisation des fertilisants et le recours à des techniques comme le compostage.

Avantages de l'innovation :

- Amélioration de l'efficacité des ressources fertilisantes
- Autonomie des exploitations familiales en ressources fertilisantes disponibles

Pour une exploitation d'un hectare, il est plus aisé de collecter 2 tonnes de matière organique pour un épandage localisé en microdoses, plutôt que 5 tonnes pour un épandage à la volée. C'est sous cet angle de facilitation et d'incitation que l'innovation a été co-développée avec les exploitations familiales, permettant une réduction de 60 % des volumes organiques et facilitant leur accès pour améliorer les rendements dans un contexte de changement climatique.

Description technique du dispositif d'expérimentation

Pour faciliter l'implication de tous les acteurs, les producteur.rices ont été sensibilisés sur les enjeux. Une mise à niveau a également été réalisée pour leur permettre de se familiariser avec le déroulement des différentes étapes de suivi des essais, du choix des sites jusqu'à la collecte des données. À l'issue de ces séances de cadrage et de formation, les essais ont été installés de manière participative avec les producteur.rices.

Quatre traitements* ont été choisis lors du processus de co-conception avec les producteur.rices et réalisés sur des cultures de mil en association avec du niébé lors des campagnes agricoles de 2021 et 2022.

Les quatre traitements ont été testés dans les mêmes conditions pédoclimatiques, sur un sol ferrugineux tropical, avec une pluviométrie moyenne de 600 mm marquée par des pauses pluviométriques de plus 10 jours.

Un traitement témoin (T0) correspondant à une option sans aucun apport de matière organique ni d'engrais minéraux sert de référence absolue pour le processus de comparaison.

Tableau 1 : Doses de matière organique (MO) et d'engrais minéraux et modes d'application pour chaque traitement testé (pour 1 ha de mil en association avec du niébé)

Traitements	Doses de matière organique (MO*) et engrais minéraux	Modes d'application
T0 : Le témoin absolu (T)	Sans apport	-
T1 : La pratique paysanne (PP)	2 t de MO	À la volée
T2 : La pratique intensive vulgarisée (PV)	5 t MO + 200 kg NPK +100 kg Urée	À la volée
T3 : La pratique avec microdosage de fumier simple (MF)	2 t de MO	Localisée
T4 : La pratique avec microdosage de fumier combiné avec des engrais minéraux (MEF)	2 t de MO + 80 kg NPK + 40 kg Urée	Localisée

*MO : dans ce cas d'étude, la matière organique est constituée de fumier de cheval.

À NOTER

La pratique paysanne commune est inspirée du mode d'application du fumier dans les champs de case et dans une moindre mesure en brousse. La dose de MO (2 t/ha) a été définie par les producteur.rices, lors des ateliers villageois, comme la quantité maximale qu'ils pensent pouvoir mobiliser pour fertiliser les champs au regard de la disponibilité au niveau des enclos et leurs moyens de transport. L'association avec le niébé fait partie de la pratique paysanne, selon des initiatives locales documentées.

Les doses de MO et d'engrais pour la pratique intensive vulgarisée (T2) sont celles recommandées par la recherche. Alors que celles du traitement 4 s'inspirent des travaux de Sime et Aune (2014) et Ibrahim *et al.* (2015) et représentent environ 40% de ce qui est recommandé par la recherche.

Pour l'installation de l'essai, à l'exception des modes de fertilisation, les itinéraires techniques paysans ont été appliqués pour tous les traitements.



Choix et installation participatifs des essais, Paniath, juillet 2022

Avant le semis, un grattage de la parcelle a été réalisé à l'aide d'une houe sine* après la première pluie utile (au moins 20 mm). Puis, un semis mécanique a été effectué avec un semoir équipé d'un disque de 18 trous, respectant un écartement de 60 cm entre les lignes.

Un démariage* des plants visant à maintenir un écartement de 60 cm sur les lignes a été réalisé 15 jours après la levée (JAL). Les entretiens culturaux tels que le sarclage et la protection phytosanitaire ont été réalisés sur demande. Le buttage a été effectué à 45 JAL. Le traitement phytosanitaire, rarement appliqué par les producteur.rices sur le mil, n'a pas été réalisé.

Le fumier a été apporté juste après le semis. Pour la microdose, l'application a été faite directement sur les lignes de semis, tandis que pour le traitement vulgarisé et la pratique paysanne, l'application a été effectuée à la volée. Pour les engrais minéraux NPK et l'urée, le microdosage a été réalisé autour des pieds des plantes, sur un diamètre d'environ 20 cm.

Comme pour le fumier, le traitement vulgarisé pour ces engrais a été appliqué à la volée. Les apports d'engrais (NPK et urée) ont été réalisés respectivement aux 15 et 45 JAL. Chaque application de fumier ou d'engrais a été immédiatement suivie d'un léger recouvrement par un grattage à la houe sine.



Application des fertilisants, Ndiaback, juillet 2021

Résultats technico-économiques

Les résultats des 4 traitements, testés lors des campagnes agricoles de 2021 et 2022, ont été comparés afin de mesurer les performances techniques et économiques de l'innovation proposée.

Résultats techniques

Plusieurs indicateurs de performances agro-environnementales ont été mesurés et comparés : les rendements en grain et en biomasse pour le mil ; la stabilité interannuelle du rendement ; et le potentiel de séquestration de carbone dans le sol.

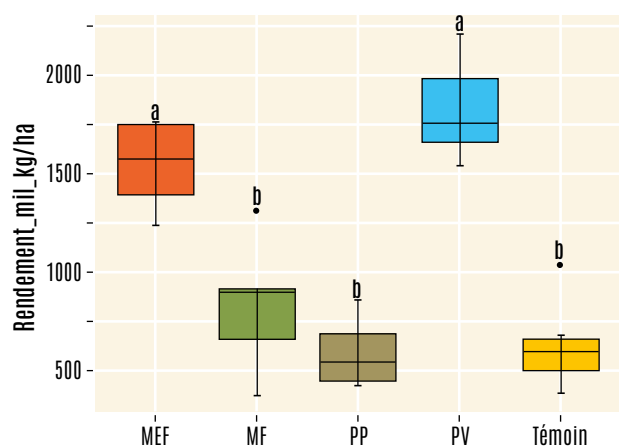


Figure 1 : Effet des innovations sur l'accroissement du rendement du mil (2021 et 2022)

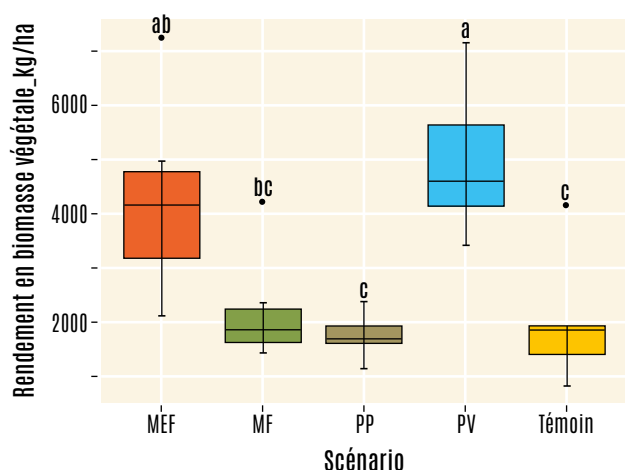


Figure 2 : Effet des innovations sur la biomasse produite (2021 et 2022)

L'utilisation combinée de la matière organique et des engrais minéraux (engrais composés et urée) permet d'augmenter significativement les rendements en grains de mil. La technologie de la microdose (MEF) permet d'avoir des rendements similaires aux performances de la pratique vulgarisée (PV). Ces performances se manifestent par un rendement moyen de plus de 1,5 t/ha soit un accroissement des rendements de plus de 200% par rapport à la non-utilisation de fertilisants (Témoin).

Cependant, l'utilisation de matière organique seule appliquée soit avec la méthode paysanne (PP) ou par microdose (MF) ne suffit pas pour améliorer les rendements de façon significative par rapport au Témoin, même si l'accroissement est supérieur à 50% pour la microdose de fumier.

À l'image du rendement en grains de mil, la technologie de la microdose (MEF) produit significativement autant de biomasse aérienne que la pratique vulgarisée (PV). Ces performances se traduisent par des productions de plus de 4 t/ha de biomasse, significativement supérieures à celles de la pratique paysanne et du témoin sans apport.

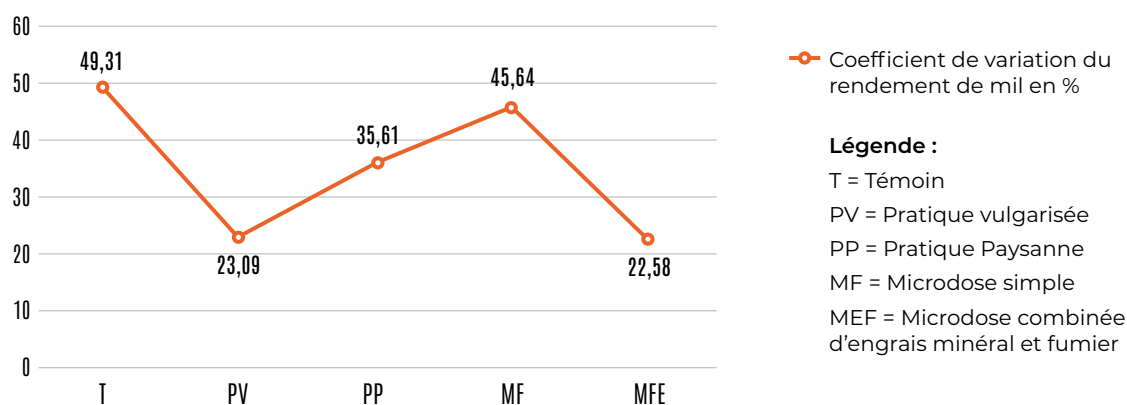


Figure 3 : Effet des innovations sur la résilience : stabilité interannuelle du rendement

Les saisons des pluies se caractérisent par une installation irrégulière des précipitations, accompagnée d'une variabilité importante de la pluviosité et de pauses prolongées dépassant souvent 10 jours, en début et en fin de cycle. Face à ces chocs climatiques, la stabilité des rendements agricoles est plus élevée pour les traitements associant engrais minéraux et matière organique (MEF) et la pratique vulgarisée (PV) qui offrent la meilleure résilience.

En revanche, comme pour l'absence de fertilisants (T), la pratique paysanne (PP) et l'application de microdoses de fumier seules (MF) présentent une forte instabilité de leurs performances agronomiques, ce qui réduit leur résilience face aux chocs climatiques.

Résultats économiques

L'application en microdose combinée d'engrais minéral et de fumier (MEF) et la pratique vulgarisée (PV) produisent des valeurs ajoutées à l'hectare supérieures aux 2/3 de la valeur ajoutée agricole annuelle par hectare pour les cultures. Ces traitements ont donc des niveaux de productivité souhaitables. Par contre, pour la non-utilisation de fertilisants (T), la pratique paysanne (PP) et la microdose simple (MF), leurs niveaux de productivité sont juste acceptables. Les valeurs ajoutées à l'hectare sont comprises entre 1/3 et 2/3 de la valeur ajoutée agricole annuelle par hectare.

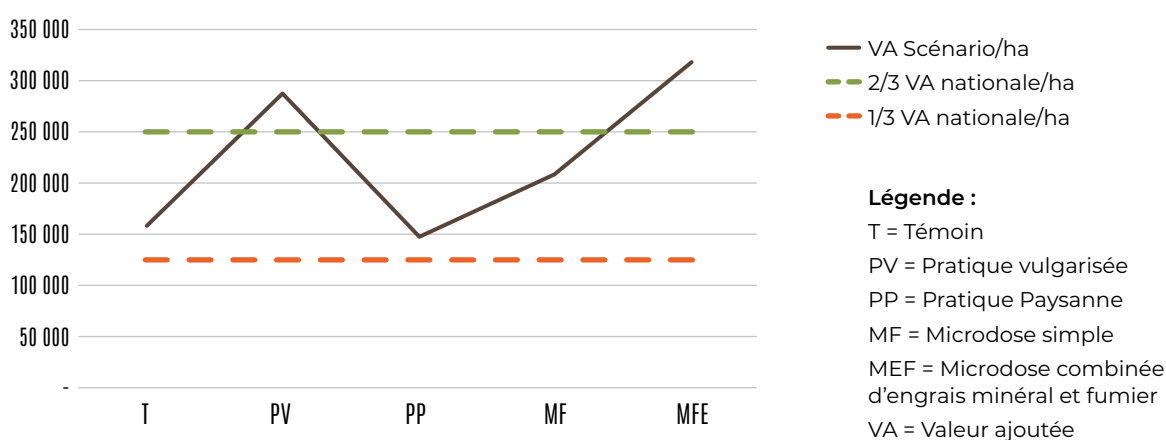


Figure 4 : Richesse créée par l'innovation - Valeur ajoutée (VA) rapportée à la valeur ajoutée agricole annuelle par hectare

L'application combinée de microdoses de fumier et d'engrais minéraux (MEF) offre une performance économique très élevée, grâce à une rentabilité importante et à une autonomie économique de moyenne à élevée. À l'inverse, la pratique vulgarisée (PV) présente une performance économique élevée, mais limitée par une autonomie économique faible à moyenne. Quant à la pratique paysanne courante (PP) et à l'application de microdoses de fumier seules (MF), elles montrent des performances économiques très faibles.

Les résultats technico-économiques ont mis en évidence que la microdose est une stratégie d'intensification efficiente et durable. Elle peut permettre de réduire à 60% le coût des fertilisants minéraux et organiques sans compromettre les performances multifonctionnelles de l'agriculture notamment la productivité, la création de richesses, les services écosystémiques et la résilience face aux variations de la pluviométrie. L'étude a également montré que la pratique paysanne de valorisation du fumier d'enclos n'est pas efficace et ne permet pas d'améliorer les performances multifonctionnelles de l'agriculture. Dans un contexte de rareté des ressources, au regard des performances économiques et agro-environnementales de cette stratégie d'optimisation, il serait intéressant d'éclairer les voies de valorisation.

Diffusion et appropriation de l'innovation

La démarche méthodologique employée repose sur une évaluation participative en milieu paysan pour tester des innovations agricoles. Parmi les trois stratégies habituelles (essais multi-locaux* dirigés par les chercheurs, champs centraux villageois en partenariat avec les producteur.rices, et champs satellites* pour les essais d'adaptation autonomes), cette étude a choisi l'approche du champ central* villageois.

Ce dispositif, installé de manière participative dans un des 15 villages identifiés, a permis aux producteur.rices de co-évaluer les performances agro-environnementales et économiques de technologies fertilisantes au sein de blocs randomisés. Sur une période de deux ans (2021-2023), l'évaluation s'est déroulée en quatre étapes : (i) définition des scénarios ; (ii) tests ; (iii) évaluation intermédiaire et (iv) restitution. Des séances de mise à niveau ont également été organisées pour sensibiliser les producteur.rices aux techniques d'évaluation et aux critères socioéconomiques.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

L'évaluation s'est appuyée sur une approche participative sur le terrain, impliquant les producteur.rices lors des hivernages de 2021, reconduite en 2022 pour confirmation.



Visite d'échanges sur les parcelles en phase de croissance végétative avant l'évaluation

Pour faciliter l'évaluation des différentes innovations, des essais satellites ont été installés en 10 blocs répartis dans des villages, en complément du dispositif central. Des co-évaluations qualitatives et quantitatives ont été menées pour recueillir les perceptions des producteur.rices.

L'évaluation a été faite sous forme d'ateliers au niveau du champ central en période de récolte.

Avant ces ateliers, des séances d'animation scientifique et d'échanges ont été réalisées à différentes phases de développement végétatif des cultures afin d'assurer un suivi régulier du comportement des cultures face aux innovations.

L'évaluation qualitative s'est fondée sur des observations et des discussions concernant le comportement des traitements en fonction de critères tels que l'accès (coût financier), la pénibilité et le temps de travail, par rapport aux avantages agronomiques dans le contexte climatique. Quatre groupes de cinq producteur.rices ont effectué des visites des parcelles pour évaluer les différents traitements. Ces visites ont été suivies de séances de restitution et de discussions en plénière pour recueillir les différentes perceptions, chaque groupe étant représenté par un rapporteur choisi par ses membres.

La majorité des producteur.rices considèrent que la pratique vulgarisée (PV) et la technologie de microdosage combiné d'engrais minéraux et de fumier (MEF) présentent des avantages significatifs. En revanche, la pratique paysanne traditionnelle (PP) et le microdosage de fumier seul (MF) sont évalués de manière plus mitigée, avec des avantages jugés moyens.

Par rapport aux contraintes liées au temps de travail, les avantages procurés par la technologie de la microdose de fertilisants (MF et MEF) sont jugés moyens par la majorité des producteur.rices. Alors que majoritairement, ils considèrent que ces avantages sont bons pour la pratique paysanne (PP) et la pratique vulgarisée (PV), avec une pénibilité et une exigence en temps de travail qui sont faibles. Le microdosage simple ou combiné (MF et MEF) est perçu par les producteur.rices comme moyennement exigeant en temps de travail mais avec une pénibilité jugée plus élevée.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Pour cette innovation, des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation ont été menées en novembre 2024 auprès de 20 producteur.rices (10 hommes et 10 femmes) du village de Ndiaback, dans la commune de Koussanar. Parmi eux, 5 (3 hommes et 2 femmes) avaient déjà appliqué l'innovation sur leurs propres parcelles agricoles.

L'innovation a été testée sur la culture du mil, spéculant très importante pour l'alimentation des ménages. Pour cette culture, le travail est principalement réalisé par les hommes, à l'exception du démariage où les femmes sont impliquées.

Connaissances préalables des producteur.rices

L'apport localisé d'engrais organique n'est une pratique courante dans ce village où l'épandage à la volée est pratiqué. Ce dernier est réalisé juste après la première pluie pour éviter l'érosion, avec une quantité d'engrais organique d'environ quatre charges de charrette (à peu près 400 kg). Cette quantité donnée correspond à la quantité maximum apportée pour fertiliser les champs, aux dires des hommes, sans précision de la surface à fertiliser. Le dosage et la localisation de la matière organique sont donc différents. En revanche, la localisation de l'engrais minéral dans les cultures de mil est une pratique courante. Elle se fait à la main à raison d'une poignée au pied de chaque plant.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Selon les observations des producteur.rices, l'innovation testée permet d'augmenter les rendements par rapport à leurs pratiques habituelles, en utilisant moins de matière organique. Ils perçoivent également une diminution de l'apparition du Striga*. Néanmoins, ils considèrent que l'innovation est difficile à appliquer en raison du manque de main-d'œuvre au niveau des exploitations. En effet, l'application localisée demande plus de main-d'œuvre malgré la diminution des quantités apportées.

Quant à la variété de mil utilisée dans le dispositif d'expérimentation (variété *Thialaw*), elle est différente de celle que les producteur.rices utilisent d'ordinaire (variété *Colonding*). Si la variété locale est considérée de bonne qualité, elle est également très prisée des oiseaux qui l'attaquent au stade de la maturation des grains car la tige est longue et les grains de mil un peu plus éparpillés, ce qui n'est pas le cas de la variété *Thialaw*.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Le manque de main-d'œuvre évoqué par les producteurs.rices constitue un frein important à la diffusion de cette innovation. Pour eux, la localisation de la matière organique à la main requiert de la main-d'œuvre supplémentaire dont ils ne disposent pas. Le manque de capital financier ne leur permet pas non plus d'embaucher de la main-d'œuvre supplémentaire, en particulier sur une culture d'autoconsommation, pour laquelle seuls les surplus sont vendus.

Pour les femmes, la localisation de la matière organique est pénible et prend du temps. Elle demande aussi beaucoup de main-d'œuvre. Elles considèrent que l'innovation est difficilement applicable sur de grandes surfaces.

Le témoignage des hommes est assez similaire. Pourtant, ils précisent tout de même que l'innovation a impacté leur manière d'utiliser le fumier car de plus en plus d'agriculteurs localisent maintenant l'apport. Cependant, ils n'associent pas la matière organique à l'engrais minéral. Ils préfèrent appliquer l'engrais minéral au niveau des champs qui n'ont pas été enrichis en matière organique afin de fertiliser le plus de surfaces.

Dispositif d'appui

Concernant le dispositif d'appui, ils se disent en général satisfaits de la manière dont l'innovation leur a été présentée et leur implication tout au long des tests. Ils regrettent cependant qu'il n'y a pas eu plus de personnes bénéficiant de l'appui pour la mise en place des champs satellites.

Leviers pour la diffusion :

- Moins consommatrice en matière organique
- Permet l'obtention de meilleurs rendements
- Réduit l'incidence du Striga

Freins à la diffusion :

- Plus de main-d'œuvre nécessaire ou augmentation du temps de travail
- Non applicable sur de grandes surfaces ou nécessite une mécanisation adaptée

Conclusion

L'étude sur l'optimisation des ressources fertilisantes a démontré que la technologie de la microdose combinée de fumier et d'engrais minéraux (MEF) représente une solution agroécologique efficace pour améliorer la productivité agricole et renforcer la résilience face aux défis climatiques au Sahel.

Cette solution permet d'augmenter les rendements de mil jusqu'à 200 % par rapport à l'absence d'intrants. En comparaison aux pratiques généralement vulgarisées, cette solution permet de réduire l'utilisation des fertilisants de 60 % et donc d'améliorer la rentabilité économique. Outre la stabilité des rendements face aux variations climatiques, la MEF renforce l'autonomie économique des petit.es producteur.rices en diminuant leur dépendance aux engrais subventionnés et en augmentant leurs revenus. Par ailleurs, cette technologie contribue à la séquestration durable du carbone dans les sols, améliorant leur santé et leur résilience. La technologie MEF se présente donc comme une solution durable, adaptée et accessible pour une intensification agroécologique au Sahel.

Cependant, l'adoption de cette technologie reste limitée par la difficulté de son application, qui est principalement manuelle. Pour faciliter sa mise à l'échelle et son adoption, il serait judicieux de surmonter cette contrainte en remplaçant l'application manuelle par une petite mécanisation appropriée.

Pour aller plus loin

- Dugué, P., 1998. **Gestion de la fertilité et stratégies paysannes. Le cas des zones de savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre.** Article paru dans Agriculture et développement n° 18 - Juin 1998
- Ibrahim, A.M., Abaidoo, R.C., Fatondji, D., Opoku, A., 2015. **Hill placement of manure and fertilizer micro-dosing improves yield and water use efficiency in the Sahelian low input millet-based cropping system.** Field Crops Res. 180, 29–36.
- Ndour, Y. B., Sall, S. N., Loum, M., Diouf, A., Wélé, A., Ndiaye, O., Masse, D., & Chapuis-Lardy, L. (2020). **Chapitre 8. Dynamique de stockage du carbone dans les sols du Sénégal.** In T. Chevallier, T. M. Razafimbelo, L. Chapuis-Lardy, & M. Brossard (éds.), Carbone des sols en Afrique (1-). IRD Éditions.
- Saba, F., Taonda, S.J.B., Serme, I., Bandaogo, A.A., Sourwema, A.P., Kabre, A., 2017. **Effets de la microdose sur la production du niébé, du mil et du sorgho en fonction la toposéquence.** Int. J. Biol. Chem. Sci. 11, 2082–2092.
- Saj, S., Torquebiau, E., others, 2018. **Agriculture climato-intelligente, agroécologie et carbone du sol : vers des conjugaisons gagnantes.** Perspective 1–4.

APPORT ORGANO-MINÉRAL



Production et utilisation du compost enrichi en phosphate naturel du Burkina

AUTEURS : André Beye (UNB-INERA), Mamoudou Traoré, Sogo Bassirou Sanon, Ibrahim Ouedraogo (INERA), Youssouf Ouedraogo (MARAH)

Crédits photo de la fiche : André Beye / UNB et INERA

Les sols du Burkina Faso sont caractérisés par une pauvreté en matière organique et en éléments nutritifs majeurs, tels que le phosphore. La concentration des ions phosphates en solution dans l'eau qui circule dans le sol est faible et ne permet pas une nutrition phosphatée adéquate des cultures. Pourtant, le Burkina Faso dispose d'importants gisements de phosphate naturel brut, aussi appelé « Burkina Phosphate » (BP), dans la région de l'Est, notamment à Kodjari. Ces gisements ont fait l'objet de plusieurs études. Le phosphate naturel de ces gisements n'est pas assez soluble pour une application directe et efficace comme engrais phosphaté. Toutefois, son adjonction lors du processus de compostage de résidus organiques permet d'améliorer la dissolution du minerai, et par conséquent d'enrichir le compost en phosphore assimilable par les plantes.

Caractéristiques de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans la commune rurale d'Arbollé, située au sud-est de la province du Passoré, dans la région du Nord et plus précisément dans le village de Saaba situé au côté Est de la commune. La zone d'étude est sous l'influence d'un climat soudano-sahélien marqué par une longue saison sèche de 7 à 8 mois (octobre à mai) et une courte saison des pluies de 4 à 5 mois (juin à septembre). La pluviométrie dans la zone est irrégulière et globalement insuffisante, de 600 et 800 mm en moyenne par an.

Dans ce climat sub-aride, la végétation naturelle est de type savane. Sa physionomie résulte de la forte pression démographique couplée à la grande diversité des activités anthropiques, en premier lieu la mise en culture des terres (et son extension) mais également d'autres usages (par ex. pâturage, coupe pour bois de chauffe, feux de brousse, habitation, etc.).

L'agriculture est la principale activité socio-économique de la population. Le mode de production est traditionnel, de type extensif ou semi intensif. Les principales spéculations sont les céréales (maïs, mil, sorgho), les légumineuses (niébé et arachide) et les cultures de rente (arachide et sésame). L'élevage est la deuxième activité économique après l'agriculture. Les principaux animaux d'élevage sont les bovins, les caprins, les ovins et la volaille.



Localisation de la zone d'étude, Burkina Faso

Problématiques de la zone

Les sols de la commune présentent une dominance des sols ferrugineux tropicaux lessivés (taux de couverture de 77,8%). Il s'agit de sols à texture grossière avec une faible capacité de rétention en eau, et contenant des oxydes de fer et d'aluminium qui ont la capacité de retenir (par adsorption) le phosphore sur la phase solide du sol. Le taux de matière organique est faible et la fertilité chimique est basse.

Ces sols sont caractéristiques du Burkina Faso car ils présentent une pauvreté en matière organique et en éléments nutritifs majeurs, tels que l'azote et le phosphore. Les plantes ont besoin de ces éléments au même moment en quantités différentes mais suffisantes, et sous formes assimilables. Ainsi, un manque d'eau et/ou de phosphates dans la solution du sol limite l'efficacité d'un apport d'engrais azotés. Or, les quantités d'engrais phosphatés (superphosphate triple, superphosphate simple et phosphates naturels) utilisées par les producteurs restent trop faibles à cause du coût élevé des engrais commerciaux et du niveau élevé de pauvreté.

Bien qu'il existe au Burkina Faso des gisements de phosphate naturel brut, les produits qui en sont extraits sont concurrencés par les importations d'engrais phosphatés. De plus, l'utilisation directe du phosphate naturel du Burkina Faso ne permet pas une bonne disponibilité des éléments minéraux dû à sa faible solubilisation. Leur dissolution dans le sol en phosphate assimilable pour les plantes est un processus chimique complexe, dépendant des conditions du milieu (humidité, pH, capacité de rétention de la phase minérale du sol). Par conséquent, l'effet d'un apport direct de phosphate naturel brut sur la fertilité du sol et la productivité de la culture peut n'être observable qu'après plusieurs années.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

La combinaison des phosphates naturels avec des matériaux organiques en cours de dégradation (compostage) est une technique prometteuse pour augmenter la solubilisation des phosphates naturels et la disponibilité du phosphore assimilable par les plantes. Ce gain de solubilisation des phosphates naturels

est l'œuvre des micro-organismes hétérotrophes qui en se « nourrissant » des matières organiques du compost libèrent des acides organiques qui modifient les liaisons chimiques au sein du minéral.

Avantages de l'innovation :

- Amélioration de la disponibilité du phosphore dans le sol
- Réduction de l'acidité du sol
- Amélioration de la qualité de l'amendement organique
- Amélioration du rendement des cultures

Cette innovation permet donc d'améliorer la fertilité des sols via l'apport de matières organiques transformées (compost) et de phosphore (Burkina phosphate). L'utilisation d'une herbacée pérenne (*Loudetia togoensis*), présente en quantité dans la zone, permet également d'assurer l'accessibilité de la biomasse nécessaire à la fabrication de ce compost.

Description technique de l'innovation

Le compostage repose sur le processus naturel de décomposition des déchets organiques sous l'action de micro-organismes, accéléré en procurant des conditions d'humidité et de chaleur favorables au développement de ces micro-organismes. La matière organique décomposée, le « compost », qui en résulte est utilisé comme amendement et engrais.

ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIELS

- Pelles, fourches, râteliers, arrosoirs, ruban métrique, machette, faucille
- Bâche ou film plastique
- Gants, bottes
- Seaux

MATIÈRE PREMIÈRE ET INTRANTS

- Biomasse d'herbacée, résidus de récolte, etc
- Burkina phosphate
- Cendre, fumier
- Eau

Identification et préparation du site de compostage

Un bon site de compostage répond aux critères suivants :

- **Accessibilité** : facilite la réalisation des activités de retournement, de transport de biomasse et autres éléments entrants dans la production de compost ;
- **Près d'un point d'eau** : réduction des dépenses d'énergie pour le transport de l'eau nécessaire dans le processus de compostage ;
- **Ombragé** : pour éviter le dessèchement du tas de compost par évaporation qui pourrait ralentir voire arrêter le processus de décomposition, et ainsi préserver la vie microbienne.

Pour la délimitation de l'aire de compostage, les dimensions du tas doivent être choisies en fonction de la disponibilité de la matière végétale à composter. Pendant le dimensionnement, il faut mettre un piquet d'environ 1,2 m de longueur au niveau de chaque angle délimitant le tas. Dans le cas de cette étude, les dimensions du tas ont été de 2 m de long x 1,5 m de largeur avec une hauteur d'environ 1 m.

À NOTER

La hauteur du tas contribue à une bonne activité des micro-organismes, mais il faut tout de même faire attention à ne pas dépasser une hauteur de plus de 1,5 m au risque d'instabilité du tas et de difficulté pour les producteurs à réaliser les travaux de tassement.

De même, il faut éviter les terrains avec une pente pour permettre une meilleure stabilité du tas. Il est recommandé de faire une fosse d'ancrage d'environ 7-10 cm de profondeur pour empêcher la percolation de l'eau au cours de l'arrosage.

Préparation des matières premières et intrants

Pour la production du compost, les résidus de cultures, les herbacées et toutes autres matières biodégradables peuvent être utilisées. Dans le cadre de cette étude, l'herbacée *Loudetia togoensis* a été utilisée car elle est très présente parmi le tapis herbacé des savanes de la zone d'étude.

Lors de la préparation de la biomasse, il faut veiller à ce que cette biomasse soit coupée en morceaux de 10 à 15 cm de long. Pour ce qui est du Burkina phosphate, il ne demande aucune préparation particulière et est appliqué directement sur les couches sous sa forme poudreuse.

Constitution des couches

Dans un premier temps, il convient de déposer des branchages et d'arroser l'aire délimitée pour le tas. Il est conseillé d'utiliser les feuilles de neem (*Azadirachta indica*) pour tapisser le fond du tas pour ses propriétés insecticides. Les feuilles fraîches permettent d'éviter le contact direct du tas avec le sol et de réduire les attaques de termites.

Puis, il faut humidifier les tas de biomasse déjà réduits en morceaux pour s'assurer que chaque couche sera bien humide. Il est possible de faire cette opération la veille, mais en temps de forte chaleur, il est préférable de la faire le jour du montage du tas.

Une quantité de biomasse bien humidifiée est déposée sur la première couche de neem pour créer une couche d'environ 20 à 30 cm d'épaisseur. Pour s'assurer que le tas sera bien stable une fois terminé, il faut que les couches soient bien tassées et donc maintenir une certaine pression par piétinement lors de leur montage.

Sur cette première couche sont ajoutés successivement en couches du fumier (bouse de vache), du Burkina phosphate et de la cendre de bois. Pour la surface de 2 m x 1,5 m choisie, les quantités nécessaires sont 30 kg de fumier, 25 kg de Burkina phosphate et 20 kg de cendre.

Le fumier va permettre d'initier le processus de décomposition de la biomasse par l'apport des micro-organismes qu'il contient. Le Burkina phosphate contribue à l'amélioration de la teneur du compost en phosphore et en calcium. La cendre permet une alcalinisation et un



Dépôt de feuilles de neem au fond



Montage d'une première couche



Ajout de fumier, BF et cendre

enrichissement du compost également en phosphore mais aussi en potassium et en oligo-éléments. Mais un excès de cendre peut avoir des effets sur l'humidité et la porosité, et perturber l'activité des micro-organismes durant la décomposition en « asphyxiant » le compost.

Les premières couches sont alors arrosées jusqu'à ce que l'eau coule sur le côté. Des couches successives de biomasse (30 cm), puis de mélange de fumier, Burkina phosphate et cendre sont ajoutées jusqu'à constituer un tas d'une hauteur d'un mètre.



Tas d'un mètre de haut

Couverture du tas

La couverture du tas à l'aide de bâche ou film plastique permet de réduire l'évaporation et donc de conserver l'humidité. Il va également favoriser le réchauffement du tas en conservant la chaleur pour une meilleure décomposition, et empêcher les animaux de fouiller dedans.



Couverture du tas avec un film plastique

Retournement du tas

Le retournement est une étape obligatoire pour le bon déroulement du processus de maturation du compost. Il doit être réalisé tous les 10 à 15 jours pour favoriser l'aération du tas et la gestion de l'humidité qui assureront le bon développement des micro-organismes. En 4 mois, il faut compter 8 retournements.

Technique de retournement :

- Délimiter l'aire de compostage tout en réduisant de 10 cm de chaque côté les dimensions et mettre des piquets dans chaque angle ;
- Prélever le milieu du tas pour constituer les extérieurs du nouveau tas ;
- Après avoir réalisé un « mur » d'environ 20 à 30 cm, il faut prélever la biomasse en bordure de l'ancien tas et la déposer à l'intérieur du mur du nouveau tas construit, arroser et piétiner jusqu'à obtenir une hauteur de 30 cm ;
- Arroser par la suite jusqu'à ce que l'eau coule sur les côtés ;
- Continuer le processus pour former de nouvelles couches.

Par ailleurs, il est possible de contrôler le niveau d'humidité avant retournement en prélevant une quantité de biomasse au fond du tas. En pressant la matière prélevée, il est possible d'évaluer si le taux d'humidité est suffisant ou s'il faut procéder à un retournement, en fonction de la quantité d'eau qui coule entre les doigts : i) beaucoup : il ne faut donc pas procéder de suite à de nouveaux arrosages ; ii) faible : il faut bien humidifier le tas ; iii) aucune : il faudra augmenter les quantités d'eau apportées lors des arrosages comparativement aux quantités précédentes.

Pour réaliser le contrôle de la température du tas, il faut introduire un bâton fraîchement coupé au fond du tas pendant environ 5 min. Une fois retiré, il est possible d'apprécier la température en le touchant, à travers la chaleur et l'humidité sur le bois. Un bâton fraîchement coupé captera plus facilement la chaleur dans le tas qu'un bâton déjà bien sec.

À NOTER

La raison pour laquelle il faut réduire de 10 cm chaque côté du nouveau tas par rapport au précédent est pour obtenir un tas d'une hauteur acceptable car le volume du tas diminue dans le temps avec les différents processus de décomposition. De plus, plus l'état de la décomposition avance, plus l'intensité du piétinement et le tassement doivent être réduits.

Maturation et conservation du tas

Le compost est prêt à être utilisé lorsqu'il prend un aspect grisâtre à noirâtre et qu'il est sans odeur. Le temps de maturation dépend de la nature de la matière utilisée. Dans le cadre de l'étude avec la biomasse d'herbacé *Loudetia togoensis*, 3 à 4 mois sont nécessaires.

Pour un tas de compost de 2 m de long, 1,5 m de largeur et 1 m d'hauteur, il est possible d'obtenir une quantité d'environ 2 tonnes de compost mature.

Afin de conserver le compost mature, il convient d'abord de le sécher à l'ombre pendant 3 à 4 jours puis de le stocker dans des sacs dans un endroit sec et aéré pour éviter les pertes en éléments nutritifs.



Tas de compost mature

Résultats techniques

Une culture de sorgho menée deux années (2022 et 2023) a permis de tester 7 différents traitements, choisis avec les producteurs.rices, dont 3 avec du compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi au Burkina phosphate :

- **T0** : semis direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant ;
- **T1** : fumure organique des producteurs + zaï manuel + microdose ;
- **T2** : fumure organique des producteurs + zaï manuel ;
- **T3** : fumure organique des producteurs + zaï mécanisé + microdose ;
- **T4** : compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi au Burkina Phosphate + zaï manuel ;
- **T5** : compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi au Burkina Phosphate + zaï manuel + microdose ;
- **T6** : compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi au Burkina Phosphate + zaï mécanisé + microdose.

La fumure organique produite par les producteurs, pour les traitements T1, T2 et T3, est celle issue i) des fosses compostières et produites à partir de la litière des animaux (bovins et petits ruminants) ; ii) des restes de fourrages dans les étables ; iii) des déjections de bovins ; iv) des déjections de petits ruminants. Les quantités de fumure organique et de compost apportées sont identiques et sont de 5 t/ha par an.

La microdose d'engrais commerciaux utilisée dans les traitements T1, T3, T5 et T6, a été testée dans l'optique de réduire les coûts liés à l'acquisition des engrais, et de contribuer à une gestion efficace de la fertilité des sols et à une préservation de l'environnement dans un contexte agroécologique. Les microdoses utilisées consistent en 62,5 kg/ha de NPK (composition 14/23/14) et 31,25 kg/ha d'urée .



Zaï avec apport du compost enrichi

Résultats techniques sur les caractéristiques chimiques des sols

Le tableau 1 donne l'effet des différents traitements sur les caractéristiques chimiques des sols sous culture du sorgho après deux années d'expérimentation.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques des sols avant mise en culture et après 2 ans de culture avec différents traitements d'apports dont le compost enrichi en Burkina phosphate (novembre 2023). Les valeurs surlignées de la même couleur dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Newman.

Traitements	pH_eau	Potassium total mg/kg	Potassium disponible mg/kg	Phosphore total mg/kg	Phosphore assimilable mg/kg
Avant la mise en culture	5,12	698,52	54,51	76,55	3,52
T0 : semis direct sans apport	5,3 ^a	876,0 ^c	25,8 ^a	71,8 ^b	1,7 ^b
T1 : FO locale + zaï manuel + microdose	6,3 ^b	1095,2 ^{bc}	61,8 ^b	101,3 ^b	5,5 ^b
T2 : FO locale + zaï manuel	6,3 ^b	1260,9 ^b	65,4 ^b	87,0 ^b	2,3 ^b
T3 : FO locale + zaï mécanisé + microdose	6,3 ^b	1196,3 ^b	64,6 ^b	108,9 ^b	4,1 ^b
T4 : Compost enrichi + zaï	6,6 ^b	943,7 ^a	109,0 ^a	194,5 ^{ab}	6,3 ^a
T5 : Compost enrichi + zaï + microdose	6,5 ^b	1846,9 ^a	115,6 ^a	186,0 ^{ab}	7,8 ^a
T6 : Compost enrichi + zaï mécanisé + microdose	6,7 ^b	1822,6 ^a	114,6 ^a	297,0 ^a	7,2 ^a

De manière générale, il est constaté une amélioration des paramètres chimiques des sols après 2 ans des différentes pratiques agroécologiques comparativement à la situation du sol avant mise en place de l'essai et comparativement au témoin absolu (T0).

Le pH, le phosphore (P) total et assimilable, le potassium (K) total et disponible présentent des teneurs plus élevées dans les parcelles ayant reçu du compost de *Loudetia togoensis* (T4, T5 et T6) indépendamment du type de zaï pratiqué (manuel ou mécanisé) comparativement aux parcelles ayant reçu la fumure organique des producteurs (T1, T2 et T3).

Ce relèvement du pH s'accroît avec l'apport de la matière organique principalement le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate. Ainsi, cette baisse d'acidité serait liée au calcium contenu dans ce phosphate naturel qui permettrait de baisser la concentration des ions H⁺ dans la solution du sol.

Cette innovation a permis aussi de relever significativement les teneurs en phosphore assimilable et en potassium disponible pour les plantes. Cette augmentation des teneurs en P et K s'accroît avec l'apport du compost à base de *Loudetia togoensis* avec adjonction de Burkina phosphate (T4, T5 et T6) indépendamment du type de zaï. Ces résultats pourraient s'expliquer par les teneurs en phosphore et potassium apportés par le compost (Pt = 8150 mg/kg et Kt = 8221 mg/kg). En effet, l'adjonction du Burkina phosphate et de la cendre au cours du processus de compostage a permis d'enrichir le compost en P et K. Lompo *et al.* (2009) avaient montré que l'application conjointe du fumier, du compost et du Burkina phosphate entraîne l'accroissement de la disponibilité du phosphore d'année en année.

Résultats techniques sur les rendements du sorgho

Le tableau 2 présente les résultats de l'effet des traitements sur le rendement grain et biomasse du sorgho en 2022 et 2023.

Tableau 2 : Variation du rendement grain et biomasse du sorgho en fonction des traitements en 2022 et 2023. Les valeurs surlignées de la même couleur dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Newman.

Traitements	Grain 2022	Biomasse 2022	Grain 2023	Biomasse 2023
	Kg/ha		Kg/ha	
T0 : semis direct sans apport	143,0 ^a	432,9 ^a	151,4 ^a	279,1 ^a
T1 : FO locale + zaï manuel + microdose	1016,0 ^c	3723,1 ^{cd}	864,9 ^{cd}	1989,7 ^{bc}
T2 : FO locale + zaï manuel	732,6 ^b	2437,8 ^{bc}	472,4 ^{ab}	946,1 ^a
T3 : FO locale + zaï mécanisé + microdose	1533,7 ^d	5444,1 ^e	1279,00 ^e	3194,4 ^d
T4 : Compost enrichi + zaï	633,9 ^b	1909,8 ^{ab}	641,8 ^{bc}	1257,0 ^{ab}
T5 : Compost enrichi + zaï + microdose	1034,1 ^c	4265,7 ^{de}	975,2 ^{de}	2144,00 ^{bc}
T6 : Compost enrichi + zaï mécanisé + microdose	1417,9 ^d	3965,4 ^{cde}	1213,1 ^e	2392,8 ^{cd}

La mise en œuvre de ces traitements ont permis d'enregistrer une différence significative sur le rendement grain du sorgho au cours des deux années selon l'analyse de variance. Les parcelles sous « zaï mécanisé avec apport de fumure organique des producteur.rices et fumure minérale en microdose » (T3) et « zaï mécanisé avec compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate avec fumure minérale en microdose » (T6) ont présenté les meilleurs rendements grain (respectivement de 1 534 kg/ha (T3) et 1 418 kg/ha (T6) en 2022 ; et 1 279 kg/ha (T3) et 1 213 kg/ha (T6) en 2023). Les résultats sur le taux d'humidité du sol ont montré que le zaï mécanisé avait permis d'obtenir les meilleurs teneurs en eau du sol. Cela pourrait expliquer pourquoi cette pratique a obtenu de meilleurs résultats.

Ensuite, le traitement « zaï manuel avec compost à base de *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate avec fumure minérale en microdose » (T5) présente des rendements de 1 034 kg/ha et 975 kg/ha respectivement en 2022 et 2023.

Il est également ressorti des résultats, après deux années de culture, que le « zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate » (T4) a permis d'obtenir une amélioration de 36% des rendements, comparativement au « zaï manuel avec apport de fumure organique des producteurs sans ajout de Burkina phosphate » (T2).

Plusieurs auteurs avaient démontré l'effet positif de l'utilisation de la combinaison compost + phosphate naturel ("phosphocompost") sur l'augmentation des rendements (Akande *et al.*, 2005; Sharif *et al.*, 2013 ; Ali *et al.*, 2014). Ainsi, selon Sharif *et al.* (2013) et Ali *et al.* (2014), l'utilisation de composts, préparés à partir de différents matériaux organiques avec les phosphates naturels, est économique, respectueux de

l'environnement et a un potentiel pour améliorer les rendements des cultures et l'absorption de l'azote et du phosphore par la plante. Dans cette présente étude, l'effet du phosphocompost a été confirmé par l'amélioration des rendements avec le « zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia* enrichi en phosphate naturel » (T4= 642 kg/ha), comparativement au « zaï manuel avec apport de fumure organique sans adjonction de phosphate naturel » (T2 = 473 kg/ha).

Diffusion et appropriation de l'innovation

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

Un processus de co-évaluation a été réalisé avec 8 producteur.rices associé.es, dont 3 femmes, afin de comparer et noter les résultats sur les cultures de sorgho entre les différents traitements.

Les femmes comme les hommes ont placé le traitement 5 « Compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate + zaï manuel + microdose » en premier choix, puis le traitement 6 « Compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate + zaï mécanisé + microdose » en second choix, et enfin le traitement 3 « Fumure organique des producteurs + zaï mécanisé + microdose » en 3^e position.

Tableau 3 : Résultats des choix effectués par les producteur.rices associé.es pendant le processus de co-évaluation (Octobre 2023)

Traitements	Femmes			Hommes		
	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix	1 ^{er} choix	2 ^e choix	3 ^e choix
T0 : Semis direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant	0	0	0	0	0	0
T1 : Fumure organique des producteurs + zaï manuel + microdose	0	1	0	0	1	0
T2 : Fumure organique des producteurs + zaï manuel	0	0	0	0	0	0
T3 : Fumure organique des producteurs + zaï mécanisé + microdose	0	0	3	1	0	5
T4 : Compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> enrichi en Burkina phosphate + zaï manuel	0	0	0	0	0	0
T5 : Compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> enrichi en Burkina phosphate + zaï manuel + microdose	3	0	0	4	0	0
T6 : Compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> enrichi en Burkina phosphate + zaï mécanisé + microdose	0	2	0	0	4	0

Selon les producteur.rices, ce sont les parcelles de ces traitements qui présentaient les meilleurs physionomies sur le sorgho avec un bon développement végétatif et une meilleure croissance. Sur le traitement 5, une bonne vigueur des plants, de grosses tiges avec une bonne biomasse végétale avec des panicules très grosses ont été observées, ainsi qu'une biomasse restant plus verte comparativement aux autres traitements. Pour le T6, ils ont constaté une bonne vigueur des plants, des tiges un peu plus grosses avec une bonne biomasse végétale et des panicules très grosses.

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation ont été menées en mai 2024 auprès de 24 producteur.rices (13 hommes et 11 femmes) du village de Saaba, dans la commune d'Arbollé. Parmi eux, 15 avaient reproduit l'innovation au sein de leur exploitation.

Connaissances préalables des producteur.rices

La pratique du compostage était déjà connue et pratiquée dans la commune, mais elle se heurtait à de nombreuses contraintes : manque de matières premières habituellement utilisées telles que les tiges de sorgho ; et manque de connaissances pour produire un compost de qualité supérieure. Les producteur.rices avaient pour habitude de creuser une fosse pour y jeter les tiges de sorgho, les autres résidus de récolte et des effluents d'élevage. L'utilisation du Burkina phosphate était inexistante dans leurs pratiques agricoles. De même, concernant l'herbacée *Loudetia togoensis*, les producteur.rices l'utilisaient uniquement pour couvrir les sols dégradés et nus, appelés localement « zipellé ». Cette plante était connue pour apporter de l'humidité au sol.

Le zaï était déjà pratiqué, principalement de manière manuelle, pour la culture du sorgho, grâce à un système d'entraide villageois (travail collectif) qui permet de mobiliser la main-d'œuvre nécessaire.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Pendant les discussions, les producteur.rices ont exprimé leur satisfaction concernant l'amélioration proposée pour la production de compost, à base de *Loudetia togoensis* et enrichi au Burkina phosphate. Ils se disent convaincus par le mélange des différents éléments et ont noté des résultats probants sur les rendements du sorgho avec une bonne croissance des plantes. Bien que la méthode de production du compost soit plus complexe que celle qu'ils pratiquaient auparavant, ils sont confiants dans leurs nouvelles connaissances pour une appropriation de l'innovation et une reproduction en autonomie. Cependant, ils sont inquiets quant à leurs capacités à s'approvisionner en Burkina phosphate, un intrant non vendu dans leur commune.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

Bien que l'innovation proposée par les chercheurs soit un peu plus consommatrice en main-d'œuvre, cela ne constitue pas un frein à la diffusion. Les producteur.rices affirment disposer de suffisamment de main d'œuvre, soulignant l'importance d'une bonne organisation pour éviter toute interférence avec d'autres tâches agricoles. Ils mettent en avant la planification comme clé pour garantir une exécution efficace de cette nouvelle technique de compostage.

Les producteur.rices mentionnent qu'ils disposent de l'espace nécessaire pour faire du compost, mais que l'emplacement n'est pas idéal car le compost se retrouve exposé au soleil lorsque les arbres perdent leurs feuilles. Ils ont cependant accès à l'eau pour les arrosages fréquents.

En ce qui concerne les intrants nécessaires à la production du compost enrichi, les producteur.rices ont confirmé leur disponibilité, à l'exception du Burkina phosphate. La cendre se fait également de plus en plus rare. En revanche, la biomasse de *Loudetia togoensis* est abondante, notamment au mois de janvier et de février.

Si l'innovation (réalisation du compost et application) présente un coût plus élevé que leurs pratiques habituelles (achats supplémentaires pour le Burkina phosphate et les engrais minéraux), ils considèrent que cela ne constitue pas un frein à la diffusion de l'innovation car les rendements supérieurs obtenus permettent d'absorber ces coûts. De plus, les producteur.rices sont unanimes sur le fait que la méthode de production de compost enrichi testée avec le projet FAIR Sahel nécessite une quantité moindre de fumier par rapport à la méthode traditionnelle. Dans la pratique traditionnelle, le fumier organique est l'élément principal activant la décomposition des tiges de cultures, nécessitant ainsi de plus grandes quantités.

Dispositif d'appui

Les producteur.rices ont apprécié la clarté et la présentation des différentes options de l'innovation, en soulignant l'importance des tests comparatifs pour l'évaluation des résultats. Ils ont conclu que le semis direct sans préparation du sol ni ajout de fertilisant ne devrait pas être reproduit en raison de sa faible productivité. De plus, l'apprentissage auprès de l'équipe du projet a été jugé suffisant pour la mise en pratique des innovations proposées.

La présence d'un dispositif d'accompagnement clair, avec des tests comparatifs pour évaluer l'efficacité des méthodes, facilite l'apprentissage et la mise en pratique de l'innovation proposée.

Leviers pour la diffusion :

- Main d'œuvre-disponible grâce aux systèmes d'entraide
- Planification jugée réalisable pour la production du compost
- Eau disponible pour réaliser le compostage
- Meilleurs rendements permettant d'absorber les coûts de production
- Réduction des besoins en fumier organique
- Dispositif de diffusion efficace, clair et participatif
- Processus de co-évaluation par l'observation et la comparaison entre les différents traitements

Freins à la diffusion :

- Indisponibilité actuelle du Burkina phosphate dans la commune
- Cendre qui se fait de plus en plus rare
- Pas d'espace adéquat pour réaliser le tas de compost (sans exposition au soleil)

Conclusion

Cette étude, conduite dans l'optique d'améliorer la fertilité du sol à travers la production de fumure organique de meilleure qualité enrichie au phosphate naturel du Burkina Faso et valorisant l'herbacée *Loudetia togoensis*, a permis d'obtenir des résultats favorables pour la gestion de la fertilité du sol. L'utilisation du compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en phosphate naturel du Burkina Faso a contribué à l'amélioration des teneurs du sol en phosphore total et assimilable ainsi qu'à la réduction de l'acidification des sols. Elle a également permis d'améliorer les rendements grain et biomasse du sorgho. Il est donc recommandé de diffuser cette innovation à plus large échelle, au-delà de la zone de recherche, afin d'en démultiplier ses effets. Cependant, cette diffusion doit tenir compte de plusieurs recommandations.

Pour faciliter l'adoption de l'innovation, il est pertinent de partir des connaissances préalables des producteur.rices et de co-construire avec eux les différentes modifications à tester sur la base de leurs pratiques traditionnelles. Dans le cadre de cette expérimentation, les connaissances préalables des producteur.rices sur la production de compost, les propriétés de la plante *Loudetia togoensis* et la pratique existante et largement diffusé du zaï avec un système de travail collectif, ont permis une diffusion rapide de l'innovation auprès des producteur.rices. Cependant, à ce stade de l'expérimentation, il reste une inconnue pour une adoption dans la durée par les producteur.rices de cette zone, il s'agit de l'approvisionnement en Burkina phosphate. Pour assurer la durabilité de l'adoption, il est nécessaire que des points de vente de ce produit se développent à proximité des zones de production et que ce dernier soit accessible financièrement pour les producteur.rices.

Pour aller plus loin

- Beye A., Traoré M., Ouedraogo I., Ouedraogo Y., Nacro H. B., 2024. **Effet de l'apport de compost à base de *Loudetia togoensis* (Pilg. C.E. Hubbard) sous zaï mécanisé, sur l'humidité pondérale du sol et les composantes de rendement du sorgho *Sorghum bicolor* (L. Moench) dans la commune de Arbollé, au Nord du Burkina Faso.** International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 1 Jul. 2024, pp. 129-139
- Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z. et Ouandaogo N., 2009. **Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs.** Tropicultura 2009 : 105-109.
- Lompo F. 2009. **Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina.** Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université de Cocody. Abidjan, Cote d'Ivoire. 219p. plus annexes.
- Compaoré E., Fardeau J.C, Morel J. I., Sedogo M. P. 2001. **Le phosphore biodisponible des sols : Une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest.** Cahiers Agricultures, 10. Numéro (2). P 81-5.

APPORT ORGANO-MINÉRAL



Les apports localisés : l'application de compost au sillon

AUTEURS : Baba Ouattara, Adama Traoré, Fatimata Saba, Hamado Sawadogo, Alima Bandaogo (INERA) ; Patrice Kouakou (Cirad)

Crédits photo de la fiche : FAIR Sahel - **Autres photos de la fiche :** Adama Traoré / INERA

La carence généralisée des sols en matière organique constitue un frein à la productivité des sols du Burkina Faso. Cette déficience se justifie d'une part par la dégradation des stocks organiques des sols (érosion et minéralisation rapide par une gestion inadéquate des sols) et une faiblesse des apports organiques (fumures et résidus de récolte).

Pour une dose de fumure organique recommandée de 2,5 t/ha/an ou 5 t/ha tous les deux ans, les statistiques du ministère en charge de l'agriculture montraient en 2020 une utilisation moyenne de 385 kg/ha au niveau national.

Caractéristiques de la zone d'étude

Le village de Bodialedaga, dans la commune rurale de Léna, est situé dans la partie ouest de la province du Houet dans la Région des Hauts-Bassins. Le chef-lieu de la région, la ville de Bobo-Dioulasso, se situe à environ 55 km. La commune de Léna a un climat de type soudanien caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse allant de mai à octobre et d'une saison sèche qui s'étale de novembre à avril. Les pluies débutent en avril-mai et s'installent véritablement en juin pour prendre fin en octobre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 990 mm.

Le territoire communal de Léna repose sur un socle de grès fins. Il est dans l'ensemble constitué de sols ferrugineux tropicaux. De ce fait, ils ont une couleur rougeâtre ou ocre. Si ces sols sont dans l'ensemble fertiles, il est constaté une certaine diminution de leur fertilité agricole, comme en atteste la présence de plus en plus croissante du *Striga* hermonthica* (Delile), Benth., 1836) surtout sur les sols sablo-argileux.



Localisation de la zone d'étude, Burkina Faso

L'agriculture pluviale est la principale source d'alimentation et de revenus pour les populations. Elle concerne les cultures vivrières, les cultures de rente et les cultures maraîchères. Les principales cultures céréalières sont : le sorgho, le mil, le maïs et le riz. Au niveau des cultures de rente, le coton prédomine en superficie, puis le niébé, souvent cultivé en association avec les céréales. L'arachide occupe le 3^e rang, puis ce sont le sésame et le pois de terre dont les superficies sont faibles et tendent à la baisse d'une année à l'autre.

L'élevage est la deuxième activité économique de la commune. Il est de type sédentaire avec une prédominance du type extensif. Les animaux vont au pâturage le matin et sont parqués la nuit, surtout en saison des pluies, dans des enclos confectionnés avec divers matériaux (haies mortes et grillage).

Problématiques de la zone

La faible utilisation de la fumure organique, malgré son rôle important sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol ainsi que sur l'efficacité des engrais minéraux, s'explique surtout par une insuffisance de ressources disponibles. Les effluents d'élevage, qui demeurent la source principale de fumure organique, ne sont pas systématiquement utilisés pour l'agriculture. Les contrats de parages entre agriculteurs et éleveurs, qui ont permis de résoudre ce problème un temps, n'existent plus de nos jours. La principale source de production de la fumure organique demeure le compostage qui rencontre plusieurs difficultés de production, comme l'insuffisance de résidus de récoltes, le manque d'eau, le manque de main-d'œuvre, etc. Ces contraintes de production font que très peu de producteurs pratiquent le compostage. Au regard des faibles productions, comment être plus efficace avec les faibles quantités de compost produites ? C'est à la recherche de cette question que l'innovation a été développée et testée.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

L'innovation testée et diffusée dans le village a porté sur l'application de compost dans des sillons dans le sol pour localiser le compost, plutôt qu'en un épandage à la volée avant le labour et le semis qui constitue la pratique habituelle des producteurs. L'apport de la matière organique (MO) localisée permet son utilisation efficace, et limite son lessivage par les eaux de ruissellement.

Avantages de l'innovation :

- Plus économique en fumure organique
- Limite le lessivage de la matière organique par les eaux de ruissellement
- Permet un apport localisé de nutriments au sol directement disponibles pour les cultures
- Conserve l'humidité du sol et donc la résilience des cultures aux sécheresses
- Réduit l'impact des attaques de Striga

L'innovation améliore la rétention de l'eau dans les sols, par une amélioration de la structure du sol, ce qui permet aux cultures de résister aux poches de sécheresse récurrentes. Enfin, l'innovation permet également, aux dires des producteurs, de réduire considérablement les attaques du Striga*. Selon eux, le Striga a une forte prévalence sur les sols pauvres. Avec l'apport localisé de la MO, le sol amendé devient plus favorable à la culture laissant moins de possibilités pour les attaques du Striga. De nombreux travaux ont montré que la fumure azotée inhibe l'émergence et le développement du Striga. Une augmentation du niveau d'azote dans les sols a un effet bénéfique dans la lutte contre ce parasite des cultures.

Description technique de l'innovation

L'innovation a été testée sur des cultures de maïs dans le but d'augmenter la productivité des sols.

ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIELS

- Charrue, houe manga, daba, etc. pour le travail du sol et l'entretien des cultures
- Pulvérisateur pour le traitement des produits phytosanitaires

MATIÈRE PREMIÈRE ET INTRANTS

- Semences de qualité
- Fertilisants organiques (compost bien décomposé) et minéraux (NPK et urée)
- Produits phytosanitaires, de préférence biologiques, en cas de nécessité, contre la chenille légionnaire sur le maïs.

Préparation du sol et semis

La première étape est la préparation du sol avec un labour peu profond de 20 à 25 cm de profondeur. Puis le semis du maïs est réalisé avec des écartements de 80 cm entre les lignes et de 40 cm entre les poquets, à raison de 2 graines par poquet pour des semences de qualité. En cas de doute sur la qualité des semences, il est possible de mettre plus de graines par poquet, puis de procéder à un démariage* 10 à 15 jours après semis (JAS) pour ne laisser que 2 plants par poquet.

Fertilisation

Au 15^e JAS, des sillons sont tracés à environ 10 cm le long des lignes de semis de maïs à l'aide d'une houe. Puis du compost bien décomposé est appliqué en continu dans les sillons. Il faut environ 2 tonnes de compost par hectare pour fertiliser un champ de maïs avec cette technique. Cette méthode permet de localiser le compost au pied des plants le rendant plus efficient après couverture. Enfin, du NPK est appliqué dans le sillon de manière localisée près de chaque poquet, à raison de 200 kg/ha. Le tout (compost + NPK) est couvert par la terre.



Application du compost dans les sillons

Entretien des cultures et récolte

Pour l'entretien, un désherbage est effectué lorsque cela est nécessaire, de même que des traitements de contrôle contre la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*, J. E. Smith, 1797), en cas d'attaques.

Au 30^e JAS, de l'urée est appliquée à raison de 100 kg/ha. Des trous sont ouverts au pied de chaque poquet à la daba et l'urée y est déposée puis les trous sont refermés.

La récolte des épis est réalisée lorsque les spathes prennent une coloration jaunâtre.



Application de l'urée à 30 JAS

Résultats technico-économiques

L'innovation a été testée sur 3 années (de 2021 à 2024), dans le village de Bodialedaga, dans la commune rurale de Léna.

Trois différents traitements* ont été mis en place afin de voir l'effet de la dose d'engrais minéraux et du mode et de la période d'apport du compost sur le rendement grains du maïs.

- **Traitement 1** : Fortes doses de compost (5 t/ha) au semis + 100 kg/ha de NPK et 50 kg d'urée (1/2 de la dose recommandée) ;
- **Traitement 2** : Fortes doses de compost (5 t/ha) au sillon + 100 kg/ha de NPK et 50 kg d'urée (1/2 de la dose recommandée) ;
- **Traitement 3** : Faibles doses de compost (2 t/ha) au sillon + 200 kg/ha de NPK et 100 kg d'urée (dose recommandée).

Résultats techniques

Les trois traitements ont été mis en place dans les mêmes conditions pédoclimatiques. L'indicateur de résultat technique est le rendement en grains du maïs.

Les traitements 1 et 2 reçoivent les mêmes doses de compost et de demi-dose d'engrais minéraux. La seule différence est le mode d'apport du compost qui est apporté au sillon au 15^e jour après semis pour le traitement 2. Cette différence du mode d'apport de compost se traduit par surplus de plus de 1,2 tonnes de grains de maïs dans le traitement 2.

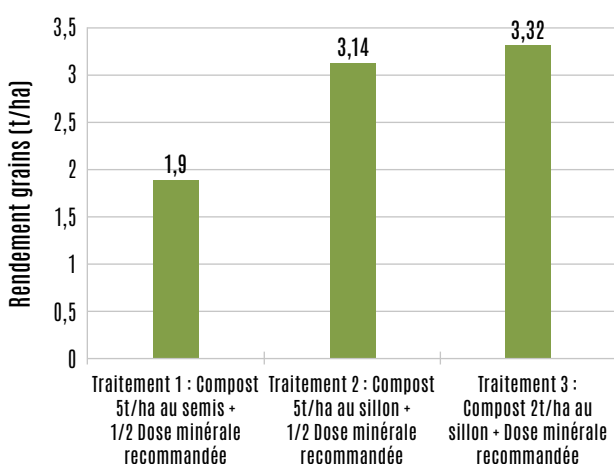


Figure 1 : Rendements du maïs par ha selon les différents traitements (campagne agricole 2023)

Si le même mode d'apport du compost au sillon au traitement 3 avec une dose plus faible de compost (2 t/ha) mais avec la dose recommandée d'engrais minéraux (200 kg/ha NPK + 100 kg/ha urée) apporte plus de grains à l'hectare, l'écart reste faible.

Cette similarité de résultats est explicable par une compensation de la forte réduction des apports organiques par une bonne synchronisation des apports par rapport aux besoins, mais également par une augmentation de la quantité d'éléments nutritifs rapidement disponibles dans le traitement 3.

Résultats économiques

Si les résultats techniques montrent une certaine similarité entre deux traitements (2 & 3) concernant la production de grains, il faut également considérer les résultats économiques avant d'en apprécier les performances globales. En effet, une innovation ayant de meilleurs rendements mais des coûts de production plus importants peut ne pas être performante si l'augmentation des charges impacte négativement la marge brute.

Le coût de la main-d'œuvre est estimé bien qu'elle soit essentiellement familiale. Bien que le compost soit également autoproduit par les producteurs, il a été valorisé dans ce tableau.

De plus, le traitement de contrôle des ravageurs n'est pas obligatoire sur le maïs. Il dépend de la présence de chenilles légionnaires dans le champ. Le nombre de traitements dépend du degré d'infestation. Il est retenu, dans le cas présent, 4 traitements à l'hectare, à intervalles d'une semaine entre chaque traitement.

À NOTER

Même si la main-d'œuvre agricole est majoritairement familiale et donc non rémunérée, le choix a été fait d'inclure le coût du travail dans le calcul des résultats technico-économiques car il peut être un facteur déterminant pour l'adoption ou non de l'innovation.

Le calcul des résultats économiques permet de valider et de comparer la viabilité économique des différents traitements les uns par rapport aux autres. La valeur de référence utilisée est la marge brute.

Tableau 1 : Estimation de la marge brute (produits - charges), en FCFA, pour chaque traitement testé (estimation pour 1 ha) pour la campagne 2023/2024

Charges	Traitement 1 (compost 5 t/ha au semis + demi dose engrais minéral)	Traitement 2 (compost 5 t/ha au sillon + demi dose engrais minéral)	Traitement 3 (compost 2 t/ha au sillon + dose total engrais minéral)
Semences de maïs	10 000	10 000	10 000
Contrôle des ravageurs	10 000	10 000	10 000
Compost	150 000	150 000	60 000
NPK	60 000	60 000	120 000
Urée	27 500	27 500	55 000
Main-d'œuvre	5 000	15 000	15 000
TOTAL DES COÛTS	262 500	272 500	270 000
Produits	Traitement 1	Traitement 2	Traitement 3
Production maïs grain	1 900 kg	3 140 kg	3 320 kg
TOTAL DES PRODUITS	475 000	785 000	830 000
Marges brutes (produits - charges)	212 500	512 500	560 000

Concernant la différence des besoins en main-d'œuvre entre le traitement 1 (5 000 FCFA) et les traitements 2 et 3 (15 000 FCFA), elle concerne principalement l'application du compost au sillon. Toutes les autres charges en main-d'œuvre (labour, sarclage, buttage, etc.) sont identiques entre les traitements et n'ont donc pas été prises en compte.

Les prix du compost est difficile à évaluer en milieu rural. Certains documents des services techniques l'estime à 30 FCFA le kg lorsqu'il est produit par le producteur lui-même. Commercialisé dans les centres urbains, le prix est en moyenne de 100 FCFA/kg. Pour ce calcul, le coût de 30 FCFA/kg a été choisi.

Concernant les marges brutes, il est observé que le traitement à plus faible dose d'apport organique (2 t/ha) et à plus forte fertilisation minérale (dose recommandée) permet d'obtenir la meilleure marge, légèrement supérieure au traitement 2. Le traitement utilisant de fortes doses de compost (5 t/ha) au semis a une marge brute relativement plus faible. Ces résultats dépendent fortement du différentiel de prix entre ces deux sources fertilisantes et des capacités des producteur.rices à améliorer le processus de fabrication ou de mobilisation des ressources organiques.

Diffusion et appropriation de l'innovation

Concernant les méthodes utilisées pour la diffusion et l'appropriation de l'innovation par les producteur.rices de la zone, il faut en premier lieu noter la réalisation d'une étude diagnostique qui avait permis d'identifier avec eux les contraintes de production agricole. C'est ce premier constat qui a permis de faire émerger des solutions, proposées par les producteur.rices, sur la base desquelles les techniciens du projet ont pu co-concevoir avec eux les différents traitements à tester. Les tests ont ensuite été réalisés dans des champs centraux* en milieu paysan et portés par les producteur.rices avec l'appui des techniciens. Plusieurs visites commentées ont été organisées pour co-évaluer les traitements testés. Enfin, les producteur.rices, sur la base de leurs préférences, ont reconduit les traitements dans leurs champs personnels, également appelés champs satellites*. Un appui a été assuré par les techniciens du projet FAIR Sahel à ces champs satellites.

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

La co-évaluation concerne les producteur.rices ayant pris part à la mise en place des champs centraux mais aussi ceux ayant été invités pour l'activité. 29 producteur.rices, dont 5 femmes, y ont pris part dans le village de Bodialedaga dans la commune rurale de Léna. Trois (3) bulletins de couleurs différentes sont remis à chaque participant. Ces trois bulletins symbolisent le meilleur champ, le moyen et le plus faible. Les bulletins des femmes sont différents de ceux des hommes pour les reconnaître. Des urnes sont déposées devant chaque parcelle.



Les participants sont invités à faire d'abord le tour des parcelles puis à exprimer les trois choix. Un dépouillement est ensuite fait et les résultats sont publiés.

Tableau 2 : Résultats des votes (nombre de voix) donnés par les producteur.rices associé.es pendant le processus de co-évaluation (octobre 2023)

Traitements	Femmes	Hommes	Explications
T1 : 5 t de compost /ha au semis + 100 kg/ha de NPK et 50 kg d'urée (1/2 de la dose recommandée)	0	2	3^e choix : - Épis de petite taille ; Rendement faible
T2 : 5 t de compost /ha au sillon + 100 kg/ha de NPK et 50 kg d'urée (1/2 de la dose recommandée)	0	2	2^e choix : • Épis moins gros ; Rendement moyen
T3 : 2 t de compost /ha au sillon + 200 kg/ha de NPK et 100 kg d'urée (dose recommandée)	5	20	1^{er} Choix : • Gros épis ; Bon rendement ; Beaux grains • Bon éclat des grains

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Pour cette innovation, des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation ont été menées en avril 2024 auprès de 26 producteur.rices du village de Bodialédaga, dans la commune de Léna (14 hommes et 12 femmes). Parmi eux, 10 avaient reproduit l'innovation au sein de leur exploitation.

Connaissances préalables des producteur.rices

L'apport localisé de la matière organique (MO) est une pratique peu courante dans le village. Seules quelques rares personnes font de l'apport localisé de MO en surface, au pied des plants de maïs en développement, mais sans la recouvrir. La pratique habituelle d'apport de la MO par les producteur.rices consiste en un épandage de la MO sur la parcelle juste avant le labour. Les quantités apportées varient selon ce dont chacun dispose. Elles peuvent atteindre 4 à 5 t/ha lorsque les quantités disponibles sont importantes, mais cela est rarement le cas, les quantités disponibles étant généralement faibles. Beaucoup de facteurs vont influencer les quantités apportées par les producteur.rices : les quantités disponibles, le niveau de fertilité des sols au départ, les cultures à mettre en place...

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Les résultats observés par les producteur.rices, sur les différents tests de l'innovation, ont été la bonne physiologie des plants de maïs, notamment la couleur foncée des feuilles, une bonne épaisseur avec un nombre d'épis élevé (2 à 3 par pied) et des épis bien développés. Ils ont été convaincus de la bonne production du maïs grâce à cette innovation.

Cependant, ils considèrent que le travail pour l'ouverture des sillons est assez long et laborieux, ce qui peut constituer un frein pour certains à l'adoption de cette innovation. Ils craignent que les jours de travail supplémentaires consacrés pour creuser les sillons n'aient un impact négatif sur la réalisation des autres travaux agricoles.

Mais, si certains considèrent que la quantité de travail supplémentaire à fournir pour creuser les sillons est une contrainte majeure à la diffusion de l'innovation, d'autres envisagent déjà d'adapter les pièces de travail du sarclé pour effectuer les sillons en traction animale, afin d'adapter l'innovation à leurs capacités. D'ailleurs, dans la mise en œuvre de l'innovation, des adaptations ont été observées chez les producteur.rices. Une de ces adaptations a consisté à l'application de la MO (fumier de parc) au pied des plants (sans sillon), couverte par buttage à l'aide du butteur par traction animale. Une autre variante a consisté en un premier apport de compost au sillon avant les semis ; puis une deuxième application de compost a été effectuée en apport localisé au pied des plants de maïs et refermé par buttage. Les producteur.rices ayant appliqué des adaptations à l'innovation ont signifié que la production avait été bonne, meilleure que la pratique habituelle.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

La nécessité d'effectuer les sillons à la daba ou au pic demande plus de main-d'œuvre qu'un buttage en traction animal. Une fois les sillons ouverts, il faut à nouveau passer avec la matière organique. Parmi les producteur.rices membres du projet, certains ont reproduit l'innovation avec leur main-d'œuvre familiale sur un demi-hectare en 3 jours de travail. D'autres l'ont réalisé sur 1 ha en une journée avec, en plus de la main-d'œuvre familiale, une aide extérieure.

L'innovation est donc considérée par les producteur.rices comme surtout adaptée à une application sur de petites surfaces. Cependant, dans ce contexte de pression foncière où il faut produire davantage sur de plus petites surfaces, l'innovation répond à un besoin d'optimisation de la productivité des sols.

Concernant la variété de maïs (SR21) utilisée pour tester l'innovation, il s'agit de la variété déjà vulgarisée dans ce village et subventionnée par le ministère de l'agriculture. Elle est donc déjà utilisée par les producteur.rices. C'est une variété appréciée pour sa bonne productivité.

Contrairement à la MO utilisée dans les champs centraux qui consiste en un compost bien décomposé, la matière organique utilisée par les producteur.rices est généralement un mélange mal décomposé de fumier de parcs, résidus de culture et déchets verts ménagers. La pratique du compostage telle que préconisée par les chercheurs reste encore limitée dans le village à cause du manque d'eau en saison sèche (période indiquée pour le compostage), ce qui limite la production du compost (bien décomposé).

Dispositif d'appui

Les producteur.rices ont apprécié la démarche par laquelle l'innovation leur a été présentée. L'approche du champ central et les visites commentées leur ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances, et les champs satellites leur ont permis de s'approprier les connaissances reçues dans le champ central. L'implantation tardive des essais dans le champ central est la principale difficulté rapportée par les producteur.rices. Pour eux, une implantation assez précoce des essais dans le champ central leur permettrait de mieux s'en approprier et de les implémenter au sein de leur exploitation plus rapidement.

L'apprentissage par les visites du champ central a été suffisant pour que les producteur.rices puissent reproduire l'innovation par eux-mêmes. Les producteur.rices ayant reproduit l'innovation sans l'appui du projet y sont parvenus suite à des observations faites lors d'autres formations dans le champ central (compostage, fabrication du Bokashi, production semencière) proposées par l'INERA.

Leviers pour la diffusion :

- Utilisation efficace de la matière organique (MO), plus économe en MO
- Réduction des pertes en MO pour cause de lessivage des sols par les eaux de ruissellement
- Meilleure rétention de l'eau dans les sols qui permet de résister aux poches de sécheresse
- Meilleure vigueur des plants et amélioration nette de la production de maïs
- Adaptée à des contextes de forte pression foncière grâce à l'amélioration de la productivité à l'hectare
- Réduction de l'incidence du Striga
- Meilleure rentabilité économique

Freins à la diffusion :

- Augmentation des besoins en main-d'œuvre et pénibilité du travail d'ouverture des sillons
- Faible disponibilité du compost
- Représentativité des conditions dans le champ central

Conclusion

Dans une approche agroécologique où la fumure organique demeure un enjeu important pour l'amélioration des sols pauvres du Burkina Faso, il est plus que nécessaire de trouver des options d'utilisation efficiente de cette fumure. L'apport localisé du compost a été une innovation majeure qui a recueilli beaucoup d'intérêt de la part des producteur.rices parmi les innovations co-conçues entre chercheurs et producteur.rices dans le cadre du projet FAIR Sahel.

Bien que certaines contraintes, telles que l'indisponibilité ou la difficulté de fabrication du compost de qualité ou encore la réalisation des sillons, aient été évoquées par les producteur.rices dans la mise en œuvre de cette innovation dans les champs individuels, les producteur.rices ont développé des stratégies d'adaptation pour réduire la pénibilité de l'application au sillon du compost. Des formations additionnelles sur le compostage en tas ont également été dispensées.

Il convient également de noter que même si la fertilisation minérale semble attrayante dans cette étude, il s'agit d'un effet conjoncturel lié au différentiel de prix entre fumures organiques et fertilisants chimiques. Cette fertilisation purement chimique n'est pas recommandée pour une utilisation à long terme sur les sols du Burkina Faso. Plusieurs études ont démontré ses effets positifs sur les rendements à court terme, mais à moyen terme elle contribue à appauvrir et à acidifier les sols. De plus, les pertes de nitrates dans les sols, du fait d'un excès ou d'une non efficience des engrais minéraux apportés par manque de matière organique, peuvent causer de sérieux problèmes de pollutions environnementales et de pertes de biodiversité des micro-organismes du sol. Il ne s'agit donc pas d'une option durable de fertilisation des cultures et il est recommandé à moyen et long termes de réduire les doses apportées au profit d'une fertilisation purement organique.

Pour aller plus loin

- Ouédraogo S., Ouattara B., Bandaogo A.A. et Sissoko F., 2020. **Effet de la période d'application du compost sur les rendements du sorgho et la productivité de l'eau de pluie.** In Ed. IRD, Risques climatiques et agriculture en Afrique de l'Ouest. Chapitre 24, 315-314 pp.
- CILSS, 2012. **Bonnes pratiques agro-sylvo-pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso.** 172p.
- APEUFO, 2023. **Apport localisé du compost pour une utilisation efficiente au sein des exploitations agricoles de la région des Hauts-Bassins.** Fiche de capitalisation, Projet «Amélioration de la production et de l'efficience d'utilisation de la fumure organique dans les systèmes de production à l'Ouest du Burkina Faso (APEUFO)», ARAA/CEDEAO-INERA
- APEUFO, 2023. **Une expérience de compostage en tas à l'aide d'un broyeur et d'un moule à composter.** Fiche de capitalisation, Projet «Amélioration de la production et de l'efficience d'utilisation de la fumure organique dans les systèmes de production à l'Ouest du Burkina Faso (APEUFO)», ARAA/CEDEAO-INERA

APPORT ORGANO-MINÉRAL



Effet du paillage et la réduction d'engrais minéral sur la productivité maraîchère

AUTEURS : Djibril Djigal, Ndèye Hélène Diallo Diagne, Moussa Ndiènor, Samba Binta Keita (ISRA), Mamadou Abdoulaye Sow et Amadou Diop (Enda-Pronat)

Crédits photos de la fiche : Djibril Djigal / ISRA

Le paillage est une pratique ancestrale utilisée pour gérer les mauvaises herbes, réduire le ruissellement de l'eau et atténuer l'érosion du sol. C'est aussi une technique destinée à réduire l'évapotranspiration depuis les horizons superficiels du sol, favoriser la biodiversité microbienne, et enrichir le sol en éléments minéraux issus de la décomposition des matières organiques.

La pratique du paillage constitue un intérêt pour les zones sahéliennes où la pluviométrie est très faible et les sols dégradés. Pourtant, son utilisation au Sénégal n'est pas très courante, à l'exception de quelques zones.

Caractéristiques de la zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans les communes de Mboro et Darou Khoudoss en pleine zone des Niayes dans la région de Thiès, au Sénégal.

Cette zone constituée de dunes et de dépressions occupe une place très importante dans le secteur agricole car elle bénéficie de conditions climatiques privilégiées, notamment pour la culture irriguée de contre-saison (saison sèche). Elle est soumise à un climat sub-canarien, dont les effets s'estompent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte.

L'horticulture et particulièrement le maraîchage constitue la principale activité des Niayes. Cette zone fournit 60% de la production nationale en légumes.

Le maraîchage pratiqué est caractérisé par une diversité de cultures, avec des spéculations de type tempéré (chou, laitue, tomate, aubergine, haricot, melon, carottes, navet, pomme de terre, oignon, etc.) ou tropical (oseille de Guinée, gombo, aubergine amère, patate douce, manioc, etc.).

Les cultures se font en systèmes irrigués pendant la contre-saison (novembre à juin) et les ressources en eau proviennent essentiellement d'une nappe souterraine des sables quaternaires (Aguar *et al.*, 2010). Cette nappe phréatique peu profonde, oscillant entre 0,5 et 5 m de profondeur, représente une réserve hydrologique importante pour les activités agricoles. Cependant, avec la proximité de l'océan, alors que son niveau baisse de plus en plus, elle est soumise à des phénomènes d'infiltration des eaux marines et de salinisation.

Malgré le climat favorable, des contraintes d'ordre économique, social, organisationnel et surtout technique freinent l'augmentation de la productivité.



Localisation de la zone d'étude, Sénégal

Problématiques de la zone

Les systèmes de culture de la zone des Niayes sont caractérisés par une forte vulnérabilité face aux chocs extérieurs : exposition des exploitations à des risques climatiques, économiques, sanitaires, voire sécuritaires et des chaînes de valeurs agricoles peu favorables aux producteurs. Dans un contexte de forte croissance de la population, il est observé une forte compétition pour les différents usages des terres agricoles et une dégradation rapide des ressources naturelles (sols, eau, biodiversité). C'est pourquoi le défi principal est de promouvoir de nouvelles formes de production compatibles avec une préservation sur le long terme des ressources naturelles, ainsi que des voies d'intensification plus agroécologiques et plus saines pour l'Homme et l'environnement.

Suite au diagnostic participatif qui a permis de caractériser les systèmes de cultures horticoles actuels dans la zone et les contraintes agronomiques qui pèsent sur ces systèmes (dégradation de la fertilité des sols, apport insuffisant de matière organique, faible disponibilité de l'eau, forte pression des adventices et problèmes phytosanitaires), plusieurs options agroécologiques ont été proposées, dont le paillage et la réduction des quantités d'engrais minéraux.

Comment l'innovation répond à ces problématiques

Avantages de l'innovation :

- Préservation de la nappe phréatique grâce aux économies sur l'eau d'arrosage et la réduction de l'utilisation des engrais minéraux azotés
- Gestion agroécologique des adventices et réduction des besoins en main-d'œuvre pour leur contrôle
- Optimisation de l'absorption minérale et réduction des pertes par lessivage
- Réduction des coûts de production par la réduction des engrais minéraux et de l'herbicide

Dans la zone des Niayes, les cultures maraichères sont fortement consommatrices en eau. Pourtant, le paillage est surtout utilisé pour les pépinières. Sa pratique est beaucoup plus importante dans l'arboriculture fruitière où les pailles sont disposées sous les arbres pour le maintien de l'humidité du sol.

Pour répondre aux problématiques identifiées sur les systèmes maraichers des Niayes, les hypothèses formulées sont : i) les systèmes avec paillage sont plus productifs en raison d'un meilleur maintien de l'humidité du sol, de l'amélioration de la structure du sol et de la réduction des adventices ; ii) la réduction de la fertilisation minérale permet à ces systèmes d'être beaucoup plus rentables économiquement.

L'innovation a été testée pendant 2 ans dans 2 dispositifs collectifs mis en place au niveau des sites de Diambalo et de Diogo (communes de Mboro et Darou Khoudoss).

Dans les deux dispositifs, la pratique du système paysan est comparée avec deux systèmes innovants incluant de manière combinée ou non 2 options agroécologiques (paillage, réduction des engrais minéraux).

Trois traitements* sont donc étudiés et comparés pour 3 spéculations (pomme de terre, chou pomme et aubergine amère) :

1. Système paysan : Fertilisation minérale (FM) à 100% sans paillage

2. Système innovant 1 : Fertilisation minérale (FM) à 100% + paillage

3. Système innovant 2 : Fertilisation minérale (FM) à 50% + paillage

Sur le site de Diambalo, les trois traitements sont testés sur les spéculations de pomme de terre et de chou pomme, cultivées en rotation l'une avec l'autre (alternances des parcelles). A Diogo, les traitements sont testés sur le chou pomme et l'aubergine amère également avec une alternance des parcelles d'une année sur l'autre, pour éviter de cultiver la même spéculation sur la même parcelle deux années de suite.

Description technique de l'innovation

L'itinéraire technique utilisé pour la mise en œuvre des systèmes innovants étant basé sur celui du système paysan le plus dominant dans la zone pour les trois spéculations, ce sont principalement les opérations relatives à la fertilisation et la protection des sols qui ont différé et sont présentées dans cette partie.

Préparation des parcelles

Pour les trois traitements, les parcelles sont d'abord nettoyées, le sol nivelé, une fumure de fond est appliquée et incorporée par un labour superficiel (15-20 cm de profondeur) à l'aide d'une charrue attelée. Cette fumure, identique pour les trois traitements, est constituée d'un apport en fumier ou compost de 10,6 tonnes à l'hectare (équivalent 320 sacs) avant le semis ou le repiquage.

Les trois spéculations - pomme de terre, chou pomme et aubergine amère - sont cultivées en contre-saison froide. La préparation du sol a lieu dès le mois de décembre, à la fin de la saison des pluies. Pour les systèmes innovants, la paille, essentiellement des graminées, est collectée également à la même période.

Paillage et fertilisation

La paille a été fauchée et stockée directement dans la parcelle avant utilisation pour séchage. Aucune autre préparation n'est requise.

Pour les systèmes innovants 1 et 2, elle est étalée après le semis (pomme de terre) ou le repiquage (chou pomme et aubergine amère), sur toute la surface des parcelles, de manière homogène sur une épaisseur d'environ 3 cm (soit 2,23 tonnes par hectare). Un arrosage est ensuite réalisé.



Mise en place du paillage, Diogo, février 2022

À NOTER

Le paillage ne gêne pas l'émergence des jeunes pousses de pomme de terre après le semis. En effet, ces dernières émergent naturellement par phototropisme* après la germination, c'est-à-dire qu'elles sont attirées par la lumière du soleil et passent au travers du paillage.

Les fertilisants sont appliqués aux mêmes dates (jours après semis (JAS) ou repiquage (JAR) avec des quantités différentes selon les traitements cf. tableaux 1, 2 et 3).

Tableau 1 : Quantités d'engrais organiques et minéraux apportées sur la culture de pomme de terre pour 1 hectare selon les 3 traitements

Jours après semis (JAS)	Traitements		
	Système paysan	Innovation 1	Innovation 2
7	NPK 10.10.20 : 300 kg/ha	NPK 10.10.20 : 300 kg/ha	NPK 10.10.20 : 150 kg/ha
15	Urée : 100 kg/ha	Urée : 100 kg/ha	Urée : 50 kg/ha
30	3.6 t./ha de fumier de volailles		
40	NPK 15.15.15 : 300 kg/ha	NPK 15.15.15 : 300 kg/ha	NPK 15.15.15 : 150 kg/ha

Tableau 2 : Quantités d'engrais organiques et minéraux apportées sur les cultures de chou pomme pour 1 hectare selon les 3 traitements

Jours après semis (JAS)	Traitements		
	Système paysan	Innovation 1	Innovation 2
7	Urée : 50 kg/ha	Urée : 50 kg/ha	Urée : 25 kg/ha
17	Urée : 100 kg/ha	Urée : 100 kg/ha	Urée : 50 kg/ha
27	Urée : 150 kg/ha	Urée : 150 kg/ha	Urée : 75 kg/ha
30	2.5 t./ha de fumier de volailles		
37	Urée : 200 kg/ha	Urée : 200 kg/ha	Urée : 100 kg/ha
40	NPK 10.10.20 : 300 kg/ha	NPK 10.10.20 : 300 kg/ha	NPK 10.10.20 : 150 kg/ha

Tableau 3 : Quantités d'engrais organiques et minéraux apportées sur les cultures d'aubergine amère pour 1 hectare selon les 3 traitements

Jours après semis (JAS)	Traitements		
	Système paysan	Innovation 1	Innovation 2
7	Urée : 150 kg/ha	Urée : 150 kg/ha	Urée : 75 kg/ha
17	Urée : 100 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 100 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 50 kg/ha NPK : 25 kg/ha
27	Urée : 150 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 150 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 75 kg/ha NPK : 25 kg/ha
30	3.2 t./ha de fumier de volailles		
37	Urée : 200 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 200 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 100 kg/ha NPK : 25 kg/ha
A la fructification et après chaque récolte	Urée : 150 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 150 kg/ha NPK : 50 kg/ha	Urée : 75 kg/ha NPK : 25 kg/ha

Le NPK 10.10.20 est utilisé pour cet itinéraire technique.

La fructification se produit environ 2 mois après le repiquage. Les récoltes sont effectuées une fois par semaine.

Irrigation

Les parcelles sont irriguées une fois par jour, tôt le matin ou tard le soir avec la lance, qui constitue la méthode la plus utilisée dans la zone pour les cultures maraîchères.

Résultats technico-économiques

Résultats techniques

Les résultats techniques portent ici sur la productivité des différentes spéculations en fonction des différents traitements, à travers un indicateur, le rendement à l'hectare.

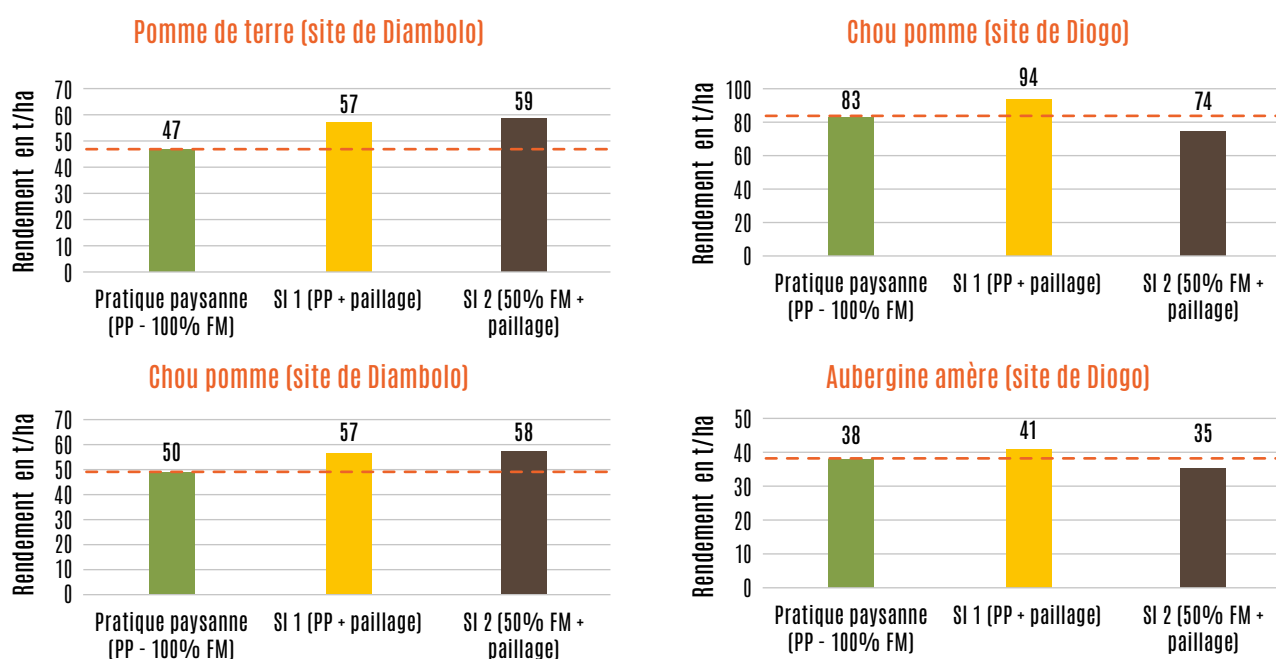


Figure 1 : Rendements moyens des différentes spéculations selon les traitements mis en place, sur les sites de Diambalo et de Diogo, entre 2022 et 2024

Les systèmes de culture avec paillage (systèmes innovants 1 et 2) présentent de meilleurs rendements que le système conduit selon la pratique paysanne, pour la pomme de terre et le chou pomme à Diambalo, sur un sol dior très sableux.

En effet, ces systèmes innovants avec des rendements moyens de 57 t/ha pour la pomme de terre et le chou pomme enregistrent des gains de 11 t/ha (+23%) et 8 t/ha (+16%) respectivement sur ces spéculations.

À Diogo (sol deck dior), les rendements de chou pomme et d'aubergine amère avec respectivement 94 t/ha (1 récolte unique) et 41 t/ha (8 récoltes échelonnées) sont plus importants sur le système innovant 1 avec paillage et fertilisation complète que dans la pratique paysanne. Des gains de rendement supérieurs de 20 t/ha sont obtenus sur le chou pomme par rapport aux 2 autres systèmes.

Ces gains sont de 3 t/ha pour l'aubergine amère par rapport à la pratique paysanne et 6 t/ha par rapport au système à 50% d'engrais minéraux. Pour ces 2 spéculations à Diogo, les rendements les plus faibles sont mesurés dans le système innovant 2 où les apports d'engrais sont réduits à 50%.

Ces résultats montrent que les innovations apportées (paillage et fertilisation réduite) améliorent la productivité de la pomme de terre et du chou pomme dans les sols dior de Diambalo. Sur le site de Diogo, seule l'innovation paillage semble améliorer la production du chou pomme et de l'aubergine amère, contrairement à la réduction de la fertilisation à 50%.

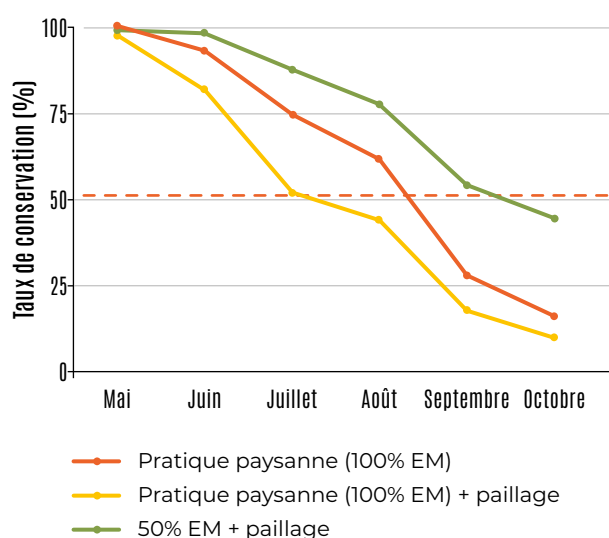


Figure 2 : Taux de conservation de la pomme de terre selon les systèmes durant 6 mois, champ de Diambalo, mai à octobre 2023

La conservation post-récolte est un critère important en maraîchage, surtout pour la pomme de terre (PDT). Elle permet au producteur ou à la productrice de conserver sa récolte en cas de forte production pour pouvoir la vendre plus tard durant une période moins concurrentielle et plus rémunératrice (septembre-octobre). Ainsi, les résultats de conservation de la production de PDT, à Diambalo, montrent que celles récoltées dans le système innovant 2 (paillage et fertilisation 50%) se conservent mieux : environ 55 et 45% pendant 5 et 6 mois contre 25 et 15% pour les 2 systèmes à doses complètes de fertilisants.

L'azote joue un rôle très important dans la croissance de la plante et permet d'avoir des rendements optimaux. Cependant, un excès en azote induit un enrichissement des tubercules en nitrate qui dénature leur qualité et par conséquent génère plus de pertes à la conservation. C'est la raison pour laquelle les traitements utilisant trop d'engrais azotés en fin de cycle de production génèrent des tubercules dont la durée de conservation peut être moins longue.

Résultats économiques

Les résultats économiques portent ici sur la rentabilité de la production des différentes spéculations en tenant compte de deux indicateurs : la marge brute et les bénéfices par rapport à la pratique paysanne.

Tableau 4 : Calcul des marges et bénéfices pour chaque culture et traitement (PP : pratique paysanne ; FM : fertilisation minérale.)

Culture/ Traitement	Pomme de terre			Chou pomme (Diogo)			Aubergine amère		
	Pratique paysanne (PP)	PP + Paillage	50% FM + Paillage	Pratique paysanne (PP)	PP + Paillage	50% FM + Paillage	Pratique paysanne (PP)	PP + Paillage	50% FM + Paillage
Rendement (t/ha)	47	57	59	83	94	76	38	41	35
Production (nb sac/ha)	1 874	2 274	2 346	1 190	1 336	1 086	548	585	503
Coût de production (MFCFA/ha)	5,54	5,53	5,35	3,39	3,33	2,83	3,76	3,61	2,84
Prix moyen / sac (FCFA)	8 000	8 000	8 000	11 000	11 000	11 000	13 500	13 500	13 500
Revenu production (MFCFA/ha)	14,99	18,19	18,77	13,09	14,69	11,94	7,40	7,89	6,79
Marge brute (MFCFA/ha)	9,45	12,66	13,42	9,70	11,36	9,12	3,64	4,28	3,95
Comparaison Marge brute Traitement vs PP		+34%	+42%		+17%	-6%		+18%	+8%

MFCFA = Milliers de Francs CFA

Le tableau 4 montre que les 3 traitements présentent des marges brutes positives. Cependant, les systèmes innovants 1 (paillage) et 2 (paillage + fertilisation réduite) apparaissent plus rentables pour la pomme de terre avec des marges brutes supérieures de 34% et 42% respectivement par rapport à la pratique paysanne. Cette marge augmente encore en faveur du système innovant 2 si les pertes de conservation sont prises en compte (quand il y a conservation).

Pour l'aubergine amère, bien que le rendement soit plus faible avec la fertilisation à 50%, les marges brutes obtenues sont supérieures de 8% à 18% dans les systèmes innovants. Sur le chou pomme, la marge brute obtenue par rapport à la pratique paysanne est supérieure de 17% pour le système innovant 1. En revanche, le système innovant 2, c'est-à-dire quand le paillage est associé à une réduction de 50% des engrais minéraux, s'avère moins rentable à Diogo.

Ces résultats montrent que les systèmes innovants sont globalement plus rentables quelle que soit la spéculation. Pour le cas du chou pomme, les résultats sont plus contrastés, selon le site, le type de sols et l'itinéraire technique pratiqué (rotations).

Diffusion et appropriation de l'innovation

Méthode de diffusion de l'innovation

Pour diffuser les résultats obtenus, des ateliers villageois ont été organisés après chaque campagne. Ces ateliers permettaient d'intégrer d'autres producteur.rices de la zone et des techniciens du conseil agricole, et de mettre en débat les résultats obtenus. La radio locale (Niayes FM) a été invitée lors des récoltes des différentes spéculations dans les champs centraux* et a réalisé des interviews de l'équipe technique et des producteur.rices, diffusées dans la région.



Atelier de restitution à Darou Khoudoss

Co-évaluation de l'innovation avec les producteur.rices

La co-évaluation des traitements avec les producteur.rices (30-40 personnes) a été réalisée suivant une approche participative et qualitative à mi-cycle et à la récolte. Elle a été faite en 3 étapes et en groupes (jeune, adulte homme et femme) avec des critères sur le développement de la plante, la présence de maladies ou de bioagresseurs, l'enherbement, etc.

1. Observations des 4 parcelles de chaque bloc et vote (ou abstention) en précisant les critères motivant l'appréciation de la qualité de la parcelle ;
2. Détermination, de manière consensuelle, de l'état global de chaque parcelle suivant 3 appréciations (très bon, bon et moyen) ;
3. Classement global des parcelles.

Les résultats obtenus sont exposés et discutés par tous les groupes, en plénière.

Tableau 5 : Synthèse des résultats de la co-évaluation des traitements en milieu de cycle et à la récolte pour les différentes spéculations, dans les 2 sites des campagnes 2022 à 2024.

Spéculations	Traitements	Total vote (%)	Rang	Appréciation
Pomme de terre	Pratique paysanne (PP)	25	3	Moyenne
	PP + paillage	75	2	Bonne
	50% FM + paillage	96	1	Très bonne
Chou pomme (Diogo)	Pratique paysanne (PP)	52	3	Moyenne
	PP + paillage	73	1	Bonne
	50% FM + paillage	68	2	Bonne
Aubergine amère	Pratique paysanne (PP)	60	3	Moyenne
	PP + paillage	70	2	Bonne
	50% FM + paillage	90	1	Très bonne

Pour la pomme de terre et l'aubergine amère, il y a eu une appréciation très positive des 2 systèmes innovants par les producteurs et productrices qui les ont classés 1er et 2ème avec un nombre de votants dépassant 70%.

Malgré des coûts de production supérieurs, le système innovant 1 a été préféré au système innovant 2 lors de la co-évaluation de la culture du chou pomme au niveau du site de Diogo. En effet, pour justifier ce choix, les producteur.rices ont mis en avant pour ce système un développement homogène des plants de chou, un plus fort taux de pommaison* (75% contre 50% en mi-cycle et 97% contre 80% à la récolte), un faible niveau d'attaques des ravageurs, même si des brûlures sur les feuilles et un éclatement du chou pomme (lié à un excès d'engrais) peuvent survenir.

Les systèmes innovants testés dans les 2 dispositifs ont été diffusés auprès des producteurs et productrices de la zone. Ainsi, à partir de la 2ème campagne, 24 producteur.rices ont manifesté leur intérêt à tester les innovations dans leur propre champ, mais seule une douzaine a été accompagnée.

Les critères de sélection étaient : engagement des producteur.rices (achat de ses propres semences et intrants), pertinence de l'innovation proposée (par rapport à l'agroécologie), possibilité de réalisation de l'essai (accès parcelle, présence d'eau et système d'irrigation fonctionnelle).

Conditions d'accès et d'appropriation de l'innovation

Pour cette innovation, des discussions sur les conditions d'accès et d'appropriation ont été menées en décembre 2024 auprès de 24 producteur.rices (12 hommes et 12 femmes) du village de Diambalo, dans la commune de Mboro. Parmi eux, 6 avaient reproduit l'innovation au sein de leurs exploitations.

Le maraîchage est la principale activité agricole de ces ménages. Or, cette activité est fortement impactée par le changement climatique ces dernières années. Les producteur.rices ont observé une baisse de la pluviométrie et une augmentation des températures qui impactent négativement les productions. La réduction des périodes de fraîcheur impacte tout particulièrement la culture de la pomme de terre. La baisse de la pluviométrie fait que la nappe d'eau est de plus en plus profonde, ce qui impacte négativement la disponibilité de l'eau à usage agricole.

Connaissances préalables des producteur.rices

La mise en place de paillage sur l'ensemble de la parcelle n'était pas une pratique courante dans ce village. Pour les cultures du piment, d'aubergine et de tomate, de la paille peut être localisée au niveau des poquets. Cette pratique n'est mentionnée que dans le groupe des femmes.

Concernant les pratiques de fertilisation, les producteur.rices utilisent des engrais organiques et minéraux, mais les quantités utilisées dépendent des ménages. Le manque de disponibilité de la matière organique et la cherté des engrais minéraux constituent un frein à leur utilisation respective.

Perceptions des producteur.rices par rapport à l'innovation

Les producteur.rices ont observé que l'innovation proposée permet de répondre au problème d'insuffisance de l'eau d'arrosage car la paille maintient l'humidité du sol. L'innovation permet d'augmenter les rendements tout en réduisant les besoins d'investissements en engrais minéraux. Elle contribue à réduire l'apparition des adventices et à une meilleure conservation des produits.

Accès aux facteurs de production (main-d'œuvre, foncier, intrants et équipements)

La cherté des engrais minéraux étant une contrainte à leur utilisation en quantité pour les producteur.rices, l'option innovante 2, qui permet de réduire de 50% les engrais minéraux, est bien perçue et a été reproduite par des personnes participant aux groupes de discussions. En revanche, les quantités de paille nécessaires pour respecter les quantités proposées par les options innovantes sont jugées trop importantes par rapport à leurs capacités de mobilisation. Bien que la biomasse naturelle soit importante en fin de saison des pluies - période de collecte de la paille pour les cultures de contre-saison - son exportation pour le paillage entre en concurrence avec son utilisation pour l'alimentation du bétail.

Pour les femmes, la production de paille issue des co-produits* des cultures est également limitée car elles possèdent souvent peu de terres ou sont dépendantes des terres prêtées par leur mari.

Quant aux achats de paille, le produit est jugé trop onéreux par rapport aux capacités financières. Les coûts d'achat et de transport sont élevés, entretenus par la concurrence d'exploitations de taille plus importante qui possèdent de grands cheptels et achètent la paille au prix fort.

La faible disponibilité de la paille et le manque de main-d'œuvre pour sa collecte et son application n'ont pas permis pour certains de répliquer l'innovation. Parmi ceux et celles qui ont répliqué les options innovantes sur leur exploitation, certain.es ont adapté la surface empaillée en fonction de la paille et de la main-d'œuvre disponibles, d'autres ont engagé des journaliers pour la collecte des pailles et la mise en place du paillage. Les femmes considèrent que leurs ressources leur permettent de pailler environ 1/4 d'hectare, alors que les hommes sont plus optimistes avec une capacité d'un demi-hectare. Pour certain.es producteur.rices, cela n'est pas assez pour couvrir l'ensemble de leurs surfaces emblavées.

Dispositif d'appui

La manière dont les différentes options innovantes ont été présentées aux producteur.rices est jugée bonne, par les hommes et les femmes ayant participé aux groupes de discussion. Ils/elles ont notamment particulièrement apprécié les échanges d'expériences et le partage d'idées qui en ont résulté. Les femmes témoignent qu'elles ont apprécié apprendre aux côtés des chercheurs et partager leurs connaissances. Hommes comme femmes proposent de créer un champ central par localité pour favoriser l'apprentissage et la démultiplication des innovations et élargir le choix des producteur.rices bénéficiaires de la démarche initiée par le projet.

Leviers pour la diffusion :

- Permet de réduire l'évapotranspiration et donc d'économiser l'eau d'arrosage
- Adaptée au changement climatique (baisse de la pluviométrie et de la nappe, augmentation des températures)
- Permet d'alléger les coûts d'investissement en engrais minéraux
- Réduction de l'incidence des adventices
- Permet une augmentation des rendements et une amélioration de la durée de conservation des produits
- Itinéraire technique simple et facile à reproduire et dispositif d'appui adapté

Freins à la diffusion :

- Faible disponibilité de la paille naturelle et cherté à l'achat, du fait de la concurrence des fermes d'élevage
- Faible disponibilité de la main-d'œuvre familiale pour la collecte des pailles et l'application du paillage

Conclusion

Cette étude montre que le paillage et la réduction des engrais minéraux constituent des innovations prometteuses pour l'amélioration de la productivité maraîchère et des revenus des producteur.rices de la zone des Niayes. Les résultats indiquent des bénéfices notables du paillage sur les rendements des 3 spéculations testées et sur le taux de conservation de la pomme de terre. La réduction des apports d'engrais minéraux permet une amélioration des marges brutes par rapport à la pratique paysanne, à l'exception du chou pomme au niveau du site de Diogo.

Malgré ces bénéfices et la bonne perception générale des producteur.rices pour ces innovations, des freins liés à l'indisponibilité de la paille en grande quantité, son utilisation comme fourrage et le surcoût de main-d'œuvre nécessaire pour son installation sont à noter. De même, la peur de pertes en production suite à la réduction d'engrais minéraux pourraient également limiter leur adoption et leur diffusion dans la zone.

Toutefois, les champs centraux déjà présents dans la zone devraient permettre de continuer les processus de co-construction et de tests avec les producteur.rices, afin d'aboutir à plus d'acceptation, puis de diffusion par les pairs. De même, la Dytael - en construction dans la zone - offre une perspective prometteuse, pouvant favoriser la diffusion et la mise à l'échelle de ces innovations.

Pour aller plus loin

- Aguiar, L. A., Garneau M., Lézine A.-M. et Maugis P. (2010) **Evolution de la nappe des sables quaternaires dans la région des Niayes du Sénégal (1958-1994) : relation avec le climat et les impacts anthropiques.** Sécheresse 2010; 21(2):97-104.
- FAO, Mai 2017. TECA - Technologies and Practices for Small Agricultural Producers. **Le paillage (ou mulching).** <http://teca.apps.fao.org/en/technologies/8967/>
- Kettela V. (2016). **Dynamiques de transition agroécologique du maraîchage dans la zone Sud des Niayes, Sénégal. Évolutions des pratiques agricoles et innovations.** Mémoire d'Ingénieur, IRC SupAgro, option RESAD, Montpellier : SupAgro,
- Patrick D., Kettela V., Michel I. et Simon S. (2016). **Diversité des processus d'innovation dans les systèmes maraîchers des Niayes (Sénégal) : entre intensification conventionnelle et transition agroécologique.**
- CDH (1987) **Guide pratique du maraîchage au Sénégal**, ISRA Centre pour le Développement de l'Horticulture.

CONCLUSION



Le projet « Promouvoir une intensification agroécologique pour favoriser la résilience des exploitations agricoles dans le Sahel – FAIR Sahel » a été exécuté sur la période 2020-2024 au Burkina Faso, au Mali et au Sénégal. L'objectif général du projet FAIR Sahel était de créer les conditions pour que les petits producteurs du Sahel mettent en place des systèmes techniques innovants d'intensification agroécologique, leur permettant une gestion plus efficiente et durable des ressources et une amélioration de leurs revenus, tout en rendant leurs exploitations plus résilientes au changement climatique. Sur le terrain, le projet a été mis en œuvre à travers un dispositif innovant intégrant à la fois des champs centraux*, des champs satellites*, et des expérimentations en stations de recherche ou en essais multi-locaux*. Les expérimentations conduites dans ces différents lieux ont été définies en co-construction en s'appuyant sur les expériences des producteurs.rices eux-mêmes ainsi que sur les contributions d'acteurs de la recherche et du développement.

Suivant cette démarche, le projet a, au cours de sa mise en œuvre, testé avec plus ou moins de succès des technologies innovantes d'intensification agroécologique dans les domaines de l'intégration agriculture-élevage, de la biodiversité cultivée et de la gestion de la fertilité des sols. Les expérimentations en milieu paysan et les co-évaluations ont ensuite permis d'adapter petit à petit ces systèmes, mais également de soulever les difficultés majeures encore rencontrées par les producteurs.rices qu'elles soient techniques, organisationnelles ou dans l'accès aux moyens nécessaires pour leur mise en place.

Dans le domaine de l'intégration agriculture-élevage, les innovations ont démontré des capacités à produire de bons rendements en ressources fourragères avec un faible recours aux engrais et une adaptation aux contextes pédoclimatiques et au changement climatique. Les innovations dans ce domaine permettent aussi une utilisation raisonnée (microdose) des ressources fertilisantes d'origine animale comme une solution agroécologique efficace pour améliorer la productivité agricole et renforcer la résilience face aux défis climatiques au Sahel. Des difficultés subsistent dans l'accès aux semences des espèces fourragères ou variétés à double usage innovantes. De même, une réflexion est encore nécessaire sur la meilleure insertion de ces fourrages dans les systèmes de culture, voire dans les territoires.

Dans le domaine de la gestion de la biodiversité cultivée, des associations culturales innovantes peu onéreuses ont permis des rendements agricoles intéressants profitant mieux de la complémentarité entre les espèces cultivées, une amélioration de la fertilité du sol lorsqu'elle concerne des légumineuses, la disponibilisation de plus de co-produits* pour les animaux, une amélioration de la sécurité alimentaire en période de soudure et une gestion naturelle des bioagresseurs. Toutefois, dans ce domaine également, certaines difficultés ont été pointées par les producteurs.rices. Lorsqu'elles viennent en rotation, l'introduction des légumineuses se heurtent parfois aux limites foncières que subissent les producteurs.rices pour assurer leurs cultures vivrières et/ou commerciales. Lorsque les cultures sont associées, le système devient plus complexe, ce qui influence certaines pratiques comme le contrôle des adventices ou la récolte, souvent en augmentant les besoins en main-d'œuvre. En cas d'intensification, la diversification des espèces nécessite également un apport supplémentaire en matières fertilisantes, notamment organiques, qui ne sont pas toujours facilement disponibles.

Les innovations dans le domaine de la gestion de la fertilité des sols ont apporté des augmentations des rendements agricoles par (i) un contrôle des processus de dégradation (dont l'érosion des sols), (ii) une utilisation efficiente des eaux des pluies, des nutriments et de la matière organique par concentration de leur application, (iii) la préservation de la nappe phréatique en optimisant l'absorption minérale et la réduction des pertes par lessivage.

Bien que les producteur·rices aient acquis des compétences pour mettre en œuvre ces pratiques de manière plus rapide et efficace, de nombreux témoignages soulignent leur forte demande en main-d'œuvre. Cela met en évidence la nécessité de développer une certaine mécanisation des opérations, tant pour la gestion des sols que pour celle des matières organiques. Par ailleurs, les sources organiques facilement disponibles sont souvent limitées, demandant des processus de collecte et de traitement importants, et surtout une réflexion sur la diversité des sources fertilisantes à mobiliser, dont les engrais minéraux, pour assurer une véritable intensification agroécologique de la production.

L'ensemble des expériences, décrites et reportées ici, ne doit donc surtout pas être considéré comme des fiches techniques normatives de systèmes à répliquer, mais plus comme des références à partager sur chacun des systèmes étudiés qui pourront inspirer d'autres agents, institutions ou projets, intéressés par ces systèmes innovants. Gageons qu'ils pourront trouver dans ces exemples des informations pour accélérer leur propre processus de co-conception / adaptation de systèmes innovants en agroécologie pour les zones sahéliennes. Des solutions à ces contraintes permettront à ces innovations éprouvées de véritablement promouvoir une intensification agroécologique en permettant d'intensifier de manière durable une production agricole sahélienne en proie à de profondes vulnérabilités et contribuer ainsi à lutter contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en milieu rural.

Dr. Mamoudou TRAORE

Maitre de recherche en science du sol,
Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles



contact-fair-sahel@cirad.fr

www.fair-sahel.org

