

Performances de la fertilisation par microdose sur les céréales sèches dans le Bassin Arachidier au Sénégal

A. TOUNKARA¹, M. D. FAYE², C. A. B. NGOM², S. SARR², N. NDIAYE², A. M. SECK²

(Reçu le 25/01/2023 Accepté le 27/02/2023)

Résumé

Dans un contexte de changement climatique et de dégradation des sols, plusieurs initiatives sont entreprises à travers l'utilisation de technologies de fertilisation, telle que la microdose (MD), pour améliorer la fertilité des sols et booster les rendements des cultures dans les agrosystèmes du Bassin Arachidier (BA) au Sénégal. L'objectif de cette étude est d'analyser les performances agronomiques et économiques de la MD sur les céréales sèches (mil, sorgho) dans le BA. L'étude a été menée en 2020 et 2021 pendant la saison des pluies sur un total de 1 324 parcelles de démonstration de la technologie MD. Dans chaque parcelle de démonstration, deux traitements ont été comparés à savoir la MD et la pratique paysanne (PP). Le rendement, le coût et la valeur de la production ont été évalués sur chacun des deux traitements. Pour les deux années de l'étude, les résultats ont montré des hausses de rendements de la MD par rapport à la PP, jusqu'à 37% sur le mil et 41% sur le sorgho. La marge brute de la MD a connu une hausse d'au moins 134% par rapport à la PP sur le mil et au moins 18% sur le sorgho. Ainsi, pour une adoption à large échelle de la MD, des contraintes doivent être levées, notamment l'accès difficile à la fumure organique et minérale de qualité et en quantité et l'absence de mécanisation de l'application localisée de l'engrais.

Mots-clés: Bassin Arachidier, microdose, céréales, performance

Performance of fertilizer microdosing on dry cereals in the Groundnut Basin of Senegal

Abstract

In a context of climate change and soil degradation, several initiatives are being undertaken through the use of fertilization technologies, such as microdose (MD), to improve soil fertility and boost crop yields in the agrosystems of the Groundnut Basin (GB) in Senegal. The objective of this study is to analyze the agronomic and economic performance of MD on dry grains (millet, sorghum) in the GB. The study was conducted in 2020 and 2021 during the rainy season on a total of 1,324 demonstration plots of the MD technology. In each demonstration plot, two treatments were compared, MD and farmer's practice (FP). Yield, cost, and value of production were evaluated on each of the two treatments. For both years of the study, results showed yield increases of up to 37% for millet and 41% for sorghum with MD compared to FP. The gross margin of the MD increased by at least 134% over FP on millet and at least 18% on sorghum. Thus, for large-scale adoption of MD, constraints must be overcome, notably the difficult access to quality and quantity of organic and mineral fertilizer and the lack of mechanization of localized fertilizer application.

Keywords: Groundnut Basin, microdose, cereals, performance

INTRODUCTION

À l'image de la plupart des zones agro-écologiques du Sénégal, l'agriculture dans le Bassin Arachidier (BA) est essentiellement pluviale et saisonnière. Elle est de type familial où la plupart des petites exploitations associent cultures de rente (arachide, coton) et cultures vivrières de subsistance (mil, sorgho, maïs), tout en pratiquant un élevage extensif (Sall, 2015; Faye *et al.*, 2019). Dans un contexte de fortes mutations et de crises des sociétés rurales, marquées en particulier par les politiques de libéralisation de l'économie et de privatisation axées sur le désengagement de l'État de la filière agricole dans les années 80, l'arachide, principale culture de rente, connaît des fluctuations continues. Cela a entraîné des conséquences sur les conditions de production des exploitations familiales et le fonctionnement de la filière arachide (Ndiaye, 2013; Gning, 2010). La logique de production connaît ainsi une mutation importante avec la baisse des superficies cultivées en arachide au profit des céréales (mil, sorgho, maïs) et en particulier dans le nord du BA (Gning, 2010). Cette mutation s'est traduite par une plus grande diversification vers des produits vivriers comme les céréales (mil, sorgho, maïs), le sésame, le manioc et dans une moindre mesure le niébé et le bissap (Oseille de Guinée) afin de mieux répondre à la demande des marchés (Gning, 2010). Ces céréales (mil, sorgho,

maïs) constituent l'aliment de base des populations du monde rural. Cependant, les rendements restent faibles par rapport au potentiel des variétés actuellement recommandées par la recherche (CEDEAO *et al.*, 2016).

La baisse constante du niveau de fertilité des sols, décriée par les producteurs et particulièrement la disponibilité des nutriments, est suggérée comme étant le facteur limitant majeur de la production agricole dans le BA, malgré les contraintes hydriques (Affholder *et al.*, 2013; Toukara *et al.*, 2020). Face à cette situation, la capacitation des producteurs sur les bonnes pratiques agricoles, et particulièrement les techniques de fertilisation des sols, pourrait être une voie importante pour l'amélioration de la fertilité des sols et par ricochet l'augmentation de la productivité agricole. En effet, plusieurs initiatives sont entreprises dans ce sens à travers les projets et programmes de recherche-développement.

Entre autres initiatives, nous avons la technologie de la microdose qui est utilisée sur les céréales sèches et le maraîchage pour optimiser l'utilisation des engrais et booster les rendements des cultures (IFDC, 2020; 2021). Cette étude vise à analyser les performances agronomiques et financières de la technologie microdose (MD) sur les céréales sèches (mil, sorgho) par comparaison à la pratique habituelle des agriculteurs communément appelée pratique paysanne (PP) dans le Bassin Arachidier du Sénégal.

¹ SOCODEVI-Projet Résilience, Kolda, Sénégal

² IFDC Sénégal, Ngor-Dakar, Sénégal

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cadre de l'étude

Cette étude rentre dans le cadre du projet Feed The Future Dundël Suuf (DS). Un projet initié par le Centre international de développement des engrais (IFDC) et ses partenaires sénégalais du ministère de l'agriculture, les services techniques en charge de la Recherche et du Développement, de la vulgarisation, le secteur privé des engrais, les organisations paysannes et les partenaires au développement. Ce projet est proposé comme un moyen pour améliorer la fertilisation des sols et augmenter durablement la productivité et la production agricole au Sénégal. C'est ainsi, que le programme de promotion de technologies de fertilisation est mis en œuvre dans différentes zones agro-écologiques du pays. Il s'agit des technologies de la microdose (MD) et du placement profond de l'urée (PPU). La technologie MD est appliquée sur les céréales sèches (mil, sorgho, maïs) et les cultures légumières, quant au PPU, il est pratiqué sur le riz.

Zone d'étude et caractéristiques pédoclimatiques

L'étude a été menée en 2020 et 2021 pendant la saison des pluies dans 14 départements (Louga, Kébémér, Thiès, Tivaouane, Mbour, Diourbel, Bambey, Mbacké, Fatick, Foundiougne, Kaolack, Nioro du Rip, Kaffrine, Kougheul) (figure 1) dans 06 régions administratives (Thiès, Louga, Diourbel, Fatick, Kaolack et Kaffrine) situées la zone agroécologique du Bassin Arachidier (BA).

La zone d'étude se caractérise par une pluviométrie de juin à octobre qui varie entre 400 et 600 mm dans le nord et 600 à 800 mm dans le sud (Sall, 2015). Selon le micro-relief, deux types de sols peuvent être distingués: 1) les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, appelés par les agriculteurs sols dior, plus répandus, contiennent plus de 95% de sable et une faible teneur en argile et en matière organique; 2) les sols ferrugineux tropicaux lessivés appelés sols dek, avec 85-90% de sable et une teneur en matière organique supérieure à celle des sols dior mais inférieure à 1%. Ces derniers,

situés dans les dépressions, contiennent plus d'argile (3 à 8%) (Badiane-Ndour *et al.*, 2020; Badiane *et al.*, 2000).

Choix des producteurs porteurs des sites de démonstration

Tout d'abord, une campagne de sensibilisation a été organisée dans les zones d'intervention avec comme objectif imprégner les agriculteurs et acteurs locaux sur les activités du projet afin qu'ils puissent adhérer à sa mise en œuvre. Il s'en est suivi l'identification de producteurs leaders porteurs du programme dans leurs zones. A leur tour, ces derniers ont choisi des producteurs bénéficiaires sur la base de critères que sont: le volontariat, la mise à disposition de parcelles pour les démonstrations des technologies MD, l'engagement à respecter les itinéraires techniques, etc. Les bénéficiaires ont par la suite été formés sur l'application de la technologie MD sur les céréales sèches et aussi sur les bonnes pratiques agricoles. Des visites guidées ont été organisées dans les parcelles de démonstration pendant le cycle de développement des cultures, pour partage d'expérience entre agriculteurs.

Dispositif expérimental et conduite des démonstrations de la technologie MD

En 2020, 772 parcelles de démonstration de la technologie microdose (MD) sur les céréales (mil, sorgho) ont été mises en place dans 36 sites ou villages dans 11 départements (Louga, Kébémér, Tivaouane, Thiès, Mbour, Foundiougne, Diourbel, Bambey, Mbacké, Nioro du Rip, Kaffrine). Au total, 551 ha ont été emblavés dont 710 parcelles de mil de 524 ha et 62 parcelles de sorgho de 27 ha.

En 2021, 552 parcelles de démonstration de la technologie MD sur les céréales (mil, sorgho) ont été installées dans 22 sites ou villages dans 10 départements (Kébémér, Thiès, Tivaouane, Mbour, Diourbel, Bambey, Fatick, Foundiougne, Kaolack, Kougheul). Ces démonstrations ont été effectuées sur un total de 514 ha dont 90 parcelles de mil de 513 ha et 05 parcelles de sorgho de 1,2 ha.

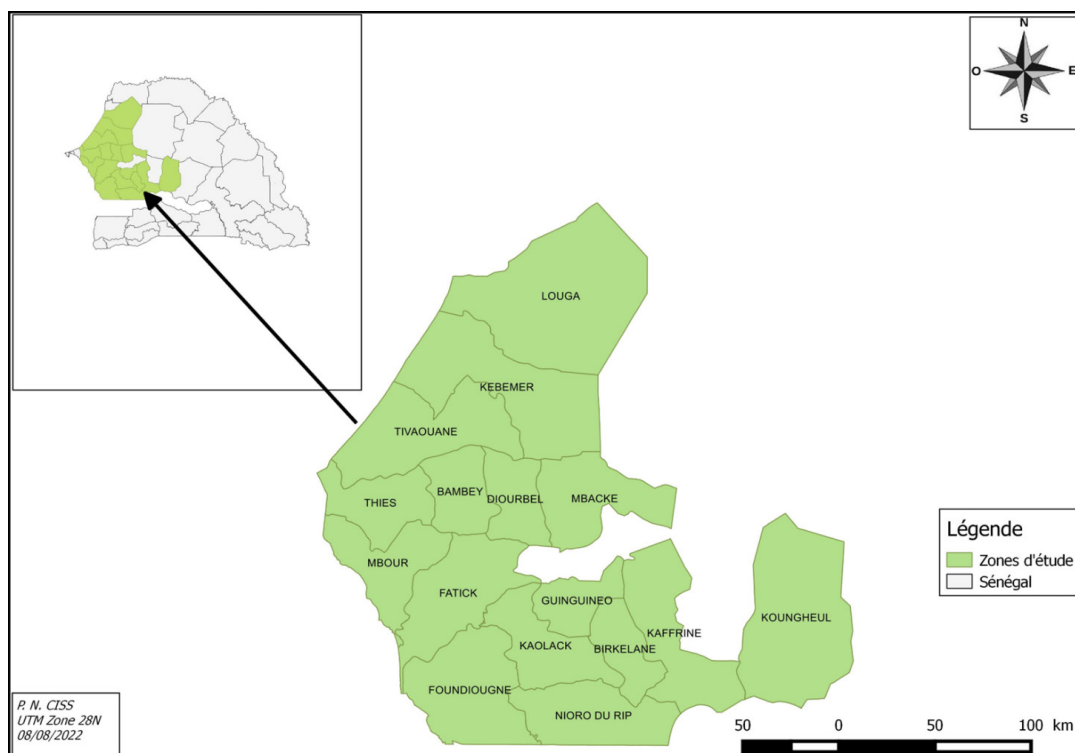


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Matériel végétal

Les variétés utilisées sur toutes les parcelles pour le mil (*Pennisetum glaucum*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*) sont:

- Mil: Thialack 2 (durée du cycle: 95 jours)
- Sorgho: Faourou (durée du cycle: 70 jours)

Les semences de ces variétés, mises à la disposition des agriculteurs par le projet Dundël Suuf, et ont été utilisées sur toutes les parcelles.

Traitements comparés et entretien de la culture

Chaque parcelle est divisée en deux parties d'égales superficies, une sur laquelle le producteur applique sa pratique habituelle (PP) et une sur laquelle on applique la microdose (MD). Chaque parcelle constitue ainsi une répétition.

- **Pratique paysanne (PP):** l'agriculteur gère la parcelle en appliquant ses pratiques habituelles en termes de fertilisation.
- **Microdose (MD):**

Sur le mil: application de 3 g NPK (formule 15-10-10) par poquet à 10 jours après la levée et 2 g d'urée (46-0-0) à 30 jours après la levée. Avec un écartement de 90 cm x 90 cm, cela correspond à une densité de 12 346 poquets/ha, soit une quantité d'engrais NPK de 38 kg/ha et de 24 kg/ha d'urée.

Sur le sorgho: application de 2 g NPK (formule 15-10-10) par poquet à 10 jours après la levée et 2 g d'urée (46-0-0) à 30 jours après la levée. Avec un écartement de 80 cm x 40 cm, cela correspond à une densité de 31 250 poquets/ha, soit une quantité d'engrais NPK de 62,5 kg/ha et de 62,5 kg/ha d'urée.

En plus de l'engrais minéral, de la fumure organique a été recommandée sur microdose à la dose de 5 t/ha au moins. Cependant, avec la production limitée, chaque agriculteur a apporté ce qui était à sa disposition.

Un démariage à 3 plants/poquet est effectué entre 7-10 jours après la levée sur le mil et le sorgho. 2 à 3 sarclages ont été effectués durant le cycle de développement des cultures.

Observation et mesures

Sur chaque parcelle, pour chacun des traitements comparés, les dates des différentes opérations culturales ont été répertoriées ainsi que les quantités et coûts des intrants utilisés (semence, engrais, fumure organique). Les coûts de la main d'œuvre pour les opérations culturales (préparation sol, semis, sarclage, épandage engrais, récolte) ont été évalués à partir des enquêtes auprès des agriculteurs concernés. Lors de la première année en 2020, les rendements grains des cultures ont été évalués sur chaque traitement à la récolte et sur l'ensemble des parcelles. En 2021 (deuxième année), l'évaluation du rendement grains a été effectuée sur la base d'un échantillonnage. Le rendement grains a été évalué sur un échantillon de 138 parcelles (choisies au hasard dans les différents sites), soit 25% de l'ensemble des parcelles de démonstration. Le prix de vente du kilogramme du produit à la récolte a aussi été répertorié.

Tableau 1: Participants aux démonstrations de la MD sur céréales sèches dans le Bassin Arachidier en 2020 et 2021 Démo = Démonstration

Participants	2020				2021			
	Sensibilisation	Formation	Visites d'échange	Démo	Sensibilisation	Formation	Visites d'échange	Démo
Hommes	694	635	429	602	1314	1308	425	1208
Femmes	357	326	131	310	1153	1041	340	832
Jeunes	63	55	46	54	161	131	77	61
Total	1051	961	560	912	2467	2349	765	2040

La marge brute (MB) a été calculée afin d'apprécier la rentabilité financière de la technologie MD, selon la formule suivante:

$$MB = VP - D$$

MB: marge brute en FCFA. **VP:** valeur de la production, c'est la valeur monétaire des produits récoltés (en FCFA). **D:** dépenses totales liées à l'achat d'intrants, les coûts de la main d'œuvre liés à la préparation du sol et aux différentes opérations culturales.

Analyses statistiques

Les analyses de variance (ANOVA) ont été effectuées avec le logiciel STATISTICA (Stat Soft. Inc. (2007)) pour évaluer l'effet des traitements sur le rendement. Quand un effet significatif d'un facteur a été déterminé, la comparaison des moyennes est effectuée en utilisant le test de Student Newman Keuls avec un seuil de significativité de 5 %.

RÉSULTATS

Participants au programme de promotion de la technologie MD

Le tableau 1 présente le nombre de personnes ayant participé aux différentes activités de promotion de la technologie microdose (MD) pendant la campagne hivernage de 2020 et de 2021. Au total, 8153 personnes, dont 59% d'hommes, 41% de femmes et seulement 6% de jeunes, ont participé aux différentes activités du programme (sensibilisation, formation et visites guidées sur les parcelles) dans la zone d'étude. Sur les 2 952 personnes ayant participé à la démonstration de la technologie sur les parcelles de mil et sorgho, nous avons 61% d'hommes, 39% de femmes et seulement 4% de jeunes.

Performances agronomiques de la technologie microdose

Les rendements grains moyens des différentes spéculations (mil, sorgho) en fonction des traitements (PP et MD) pour les années 2020 et 2021 sont présentés dans les figures 2 et 3.

En 2020, les analyses statistiques montrent une différence significative des rendements du mil et du sorgho entre les traitements microdose (MD) et pratique paysanne (PP). Le rendement du mil est de 820 kg/ha avec la MD contre 598 kg/ha avec la PP, soit un gain de rendement de 37% avec la MD. Le rendement du sorgho de 1 593 kg/ha sous MD contre 1 126 kg/ha sous PP, soit un surplus de rendement de 41% pour la MD (Figure 2).

En 2021, avec la démonstration, nous avons une variation des rendements grains du mil et du sorgho en fonction des traitements MD et PP. Cependant, les différences de rendements sont significatives seulement dans le cas du mil. Le rendement grains du mil est de 1 308 kg/ha sous MD contre 950 kg/ha sous PP, soit un surplus de rendement de 38% pour la MD. Pour le sorgho, le rendement grains sous MD est de 1 432 kg/ha contre 1 252 kg/ha sous PP, soit un gain de rendement de 14% seulement avec la MD (Figure 3).

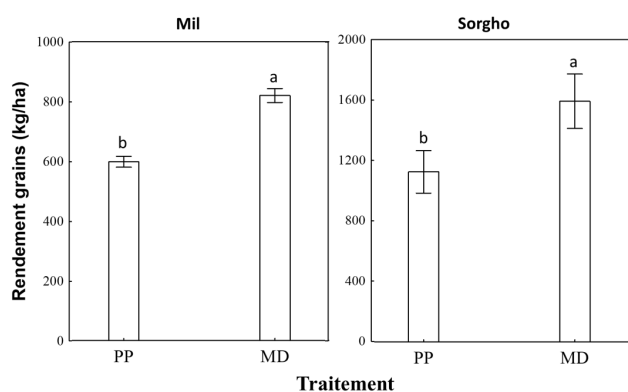


Figure 2: Rendements mil et sorgho des parcelles de démonstration de la microdose en 2020.

MD: microdose; PP: pratique paysanne

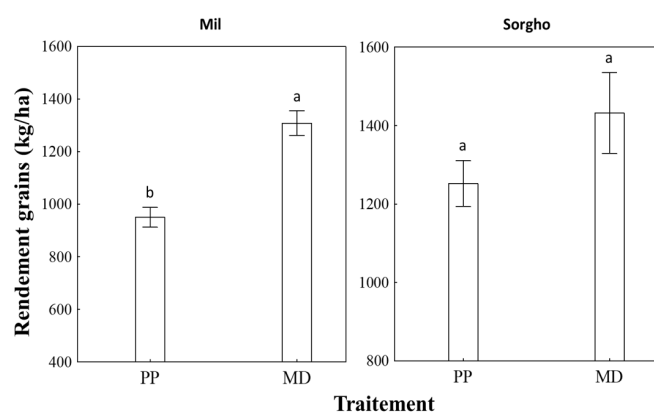


Figure 3: Rendements mil et sorgho des parcelles de démonstration de la microdose en 2021.

MD: microdose; PP: pratique paysanne

Performances financières de la technologie microdose

Les performances financières de la technologie microdose sur le mil et le sorgho sont présentées dans les tableaux 2 et 3 respectivement pour l'année 2020 et les tableaux 4 et 5 pour l'année 2021.

En 2020, la quantité d'engrais apportés sur le mil avec la MD est de 38 kg/ha de NPK + 24 kg/ha d'urée contre 105 kg/ha NPK + 66 kg/ha d'urée avec la pratique paysanne, soit une économie d'engrais de 64% de NPK et d'urée avec la MD. Le coût de la production du mil à l'hectare sous MD avoisine celui de la PP, avec une différence de 2 662 FCFA de plus pour la PP. Toutefois, la MD a permis de réaliser un gain économique de 134% par rapport à la PP sur le mil (Tableau 2).

Pour le sorgho, en 2020, la quantité d'engrais utilisée avec la MD est de 62,5 kg/ha de NPK + 62,5 kg/ha d'urée contre 115 kg/ha NPK + 130 kg/ha d'urée avec la pratique paysanne, soit une économie d'engrais de 46% de NPK et 52% d'urée avec la MD. Le coût de la production du sorgho ne varie pas beaucoup entre les deux pratiques (MD et le PP), avec une différence seulement de 2 500 FCFA. La MD a réalisé un gain financier de 93% par rapport à la PP avec la production de sorgho (Tableau 3).

En 2021, les quantités d'engrais NPK et d'urée apportées sur le mil avec la technique de la MD sont de l'ordre de 38 et 24 kg/ha respectivement contre 123 et 80 kg/ha avec la PP, soit une économie d'engrais de 69% de NPK et de 70% d'urée avec la MD. Malgré le coût de la main d'œuvre plus élevé lié à l'application manuelle, la technologie MD a permis de réaliser sur le mil un gain financier de 157% par rapport à la PP (Tableau 4). Sur le sorgho, la MD réalise un gain financier de 18% (Tableau 5).

Tableau 2: Performance financière de la microdose sur le mil (sur 1 hectare) en 2020

Rubriques	PP	MD	(MD – PP)
Coût préparation du sol avant semis (FCFA)	18 825	18 825	0
Quantité semence (kg)	4	4	0
Coût semence (FCFA)	2 000	2 000	0
Quantité Urée (kg)	66	24	-42
Quantité NPK (kg)	105	38	-67
Coût total engrais (FCFA)	51 300	18 600	-31 416
Coût matière organique (FCFA)	20 000	20 000	0
Coût total main d'œuvre (semis, désherbage, épandage engrais, etc.) (FCFA)	100 533	130 895	50 362
Coût de la production (a)	192 658	190 320	-2 338
Production (kg)	598	820	222
Valeur de la production (FCFA) (b)	149 497	204 922	55 425
Marge brute (FCFA) (= b – a)	-43 160	14 602	57 763

Tableau 3: Performance financière de la microdose sur le sorgho (sur 1 hectare) en 2020

Rubriques	PP	MD	(MD – PP)
Coût préparation du sol avant semis (FCFA)	16 600	16 600	0
Quantité semence (kg)	8	8	0
Coût semence (FCFA)	4 800	4 800	0
Quantité Urée (kg)	130	62	-67
Quantité NPK (kg)	115	62	-52
Coût total engrais (FCFA)	73 500	36 000	-37 500
Coût matière organique (FCFA)	15 000	15 000	0
Coût total main d'œuvre (semis, désherbage, épandage engrais, etc.)	80 500	120 500	40 000
Coût de la production (a)	190 400	192 900	2 500
Production (kg)	1 126	1 593	467
Valeur de la production (FCFA) (b)	337 737	477 822	140 085
Marge brute (FCFA) (= b – a)	147 337	284 922	137 585

DISCUSSION

Au total 2 952 agriculteurs dont 39% de femmes ont participé au programme de démonstration de la technologie MD sur le mil et le sorgho dans le Bassin Arachidier.

Les résultats montrent qu'avec la MD les producteurs de la zone d'étude peuvent faire des économies d'engrais jusqu'à 64% des quantités jadis utilisées à l'hectare. Autrement dit, ils utilisent seulement 36% des doses qu'ils ont l'habitude d'appliquer. En plus d'une utilisation moindre d'engrais, la MD a enregistré des gains de rendements de 14 à 41% et des marges brutes de 18 à 157% par rapport à la PP, en fonction de la spéculation (mil, sorgho) et de l'année (2020, 2021). Cela pourrait être lié à l'apport localisé de l'engrais avec la technologie MD en plus de la combinaison avec la fumure organique, ce qui réduit les risques de pertes de nutriments permettant une meilleure efficacité de l'engrais et une amélioration des rendements comme rapporté par la FAO (2012). Cependant, les rendements obtenus dans le cadre de cette étude sont supérieurs à ceux obtenus au niveau national avec la MD de l'ordre de 900 kg/ha sur le mil et 1 750 kg/ha sur le sorgho (IFDC, 2021). Par ailleurs, nos rendements en mil et sorgho sous MD sont supérieurs aux rendements moyens des producteurs au niveau national pour les mêmes années, sauf pour le mil en 2020. Ces rendements des producteurs sont de l'ordre de 1 119 et 1 074 kg/ha pour le mil en 2020

et 2021; 1 357 et 1 327 kg/ha pour le sorgho respectivement (FAOSTAT, 2023).

Le coût de la production plus élevé pour la MD s'explique par les charges liées à la main d'œuvre et particulièrement l'application manuelle de l'engrais avec cette technologie. Il convient ainsi d'améliorer le mode d'apport de l'engrais à travers des applicateurs mécanique, ce qui va réduire la pénibilité de cette opération culturale.

CONCLUSION

Cette étude qui rentre dans le cadre du programme de promotion de la technologie de la microdose au Sénégal et particulièrement dans le Bassin Arachidier a permis de renforcer la capacité des producteurs sur les bonnes pratiques agricoles et sur l'application de la technologie microdose sur les céréales sèches (mil, sorgho). La technologie MD s'est bien comportée sur ces céréales avec des rendements avantageux par rapport à la pratique paysanne. Elle a aussi permis de faire une économie d'engrais et de dégager une marge brute largement positive.

Toutefois, des contraintes doivent être levées pour une meilleure performance de la technologie et son adoption par les agriculteurs de la zone d'étude. Il s'agit entre autres de l'accès à la fumure organique et minérale de qualité et en quantité et de la mécanisation de l'application localisée de l'engrais.

Tableau 4: Performance financière de la microdose sur le mil (sur 1 hectare) en 2021

Rubriques	PP	MD	(MD-PP)
Coût préparation du sol avant semis (FCFA)	10 594	10 594	0
Quantité semence (kg)	4	4	0
Coût semence (FCFA)	2 000	2 000	0
Quantité NPK (kg)	123	38	-85
Quantité Urée (kg)	80	24	-56
Coût total engrais (FCFA)	59 880	14 885	-44 995
Coût matière organique (FCFA)	50 000	50 000	0
Coût total main d'œuvre (semis, désherbage, épandage engrais, etc.) (FCFA)	65 635	120 812	55 177
Coût de la production (FCFA) (a)	188 109	198 291	10 182
Production (kg)	950	1 308	358
Valeur production (FCFA) (b)	237 487	325 117	89 630
Marge brute (FCFA) (= b - a)	49 378	126 826	77 448

Tableau 5: Performance financière de la microdose sur le sorgho (sur 1 hectare) en 2021

Rubriques	PP	MD	(MD-PP)
Coût préparation du sol avant semis (FCFA)	10 100	10100	0
Quantité semence (kg)	8	8	0
Coût semence (FCFA)	5 600	5 600	0
Quantité NPK (kg)	50	62,5	12,5
Quantité Urée (kg)	50	62,5	12,5
Coût total engrais (FCFA)	22 500	27 000	4500
Coût matière organique (FCFA)	35 000	35 000	0
Coût total main d'œuvre (semis, désherbage, épandage engrais, etc.) (FCFA)	80 000	90 000	10 000
Coût de la production (FCFA) (a)	153 200	167 700	14 500
Production (kg)	1 252	1 432	180
Valeur de la production (FCFA) (b)	375 600	429 600	54 000
Marge brute (FCFA) (= b - a)	222 400	261 900	39 500

RÉFÉRENCES

- Affholder F., Poeydebat C., Corbeels M., Scopel E., Tifton P. (2013). The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling. *Field Crops Res.* 143: 106–118.
- Badiane A.N., Kouma M., Séné M. (2000a). Région de Diourbel: Gestion des sols. Drylands Research Working Paper 15. 25p.
- Badiane-Ndour Y.B., Loum M., Diouf A., Wélé A., Ndiaye O., Masse D., Lardy C.L. (2020). Dynamique de stockage du carbone dans les sols du Sénégal. Acquis de la recherche et perspectives. In Chevallier, T., Razafimbelo, T.M., Lardy, L.C., Brossard, M. (eds). Carbone des sols en Afrique: Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles. Nouvelle édition. Rome, Marseille: IRD Éditions, 2020. p. 157-171.
- CEDEAO-UEMOA-CILSS. (2016). Catalogue Régional des Espèces et Variétés Végétales. 109p.
- FAO (2012). La fertilisation localisée au semis des cultures ou microdose. Fiche d'information, Niamey, Niger, juillet 2012. 4p.
- FAOSTAT (2023). <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>, consulté le 10/01/2023.
- Faye N. F., Sall M., Affholder F., Gerard F. (2019). Inégalités de revenu en milieu rural dans le bassin arachidier du Sénégal. Papiers de Recherche AFD, n° 115, Octobre. 54p.
- Gning K. (2010). Dynamiques et stratégies territoriales dans le Bassin arachidier sénégalais: colonisation, urbanisation, développement et redéploiements. Thèse de doctorat de l'Université Michel de Montaigne-Bordeaux III.
- IFDC (2020). Feed The Future Senegal Dundël Suuf Project. 2020 Annual report. 39p.
- IFDC (2021). Feed The Future Senegal Dundël Suuf Project. 2021 Annual report. 33p.
- Ndiaye A. (2013). L'agriculture sénégalaise de 1958 à 2012. Analyse systémique et prospective. 224p.
- Sall, M. (2015). Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques: stratégies développées et assurances agricoles. Thèse de doctorat de l'Université Toulouse le Mirail – Toulouse II. 277p.
- Toukara A., Clermont-Dauphin C., Affholder F., Ndiaye S., Masse D., Cournac L. (2020). Inorganic fertilizer use efficiency of millet crop increased with organic fertilizer application in rainfed agriculture on smallholdings in central Senegal. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 294:106878.