

Étude originale

Création variétale décentralisée

Sélection participative des variétés de sorgho à l'aide d'essais multiloaux dans deux zones cibles

Eva Weltzien¹
 Moussa Kanouté¹
 Aboubacar Toure²
 Fred Rattunde¹
 Bocar Diallo³
 Ibrahima Sissoko¹
 Arouna Sangaré¹
 Sonja Siart⁴

¹ International Crops Research Institute of the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320, Bamako, Mali

<e.weltzien@icrisatml.org>
 <kanoute_moussa@yahoo.fr>
 <f.rattunde@icrisatml.org>
 <I.Sissoko@icrisatml.org>
 <a.sangare@icrisatml.org>

² ProGRA, PASS, Accra, Ghana
 <Atoure@ProGra.org>

³ Institut d'économie rurale (IER), Programme sorgho, CRRA de Sotuba, BP 262, Bamako, Mali
 <Bocadiall@yahoo.fr>

⁴ Universite de Hohenheim, Département de communication et vulgarisation agricole (430A), 70593 Stuttgart, Allemagne
 <sonja_siart@web.de>

Résumé

La réalisation de progrès génétiques en sélection sorgho pour Afrique de l'Ouest nécessite une adaptation spécifique à chaque zone agroclimatique. L'évaluation multilocale du rendement n'est pas facile à réaliser sur les quelques stations de recherche disponibles dans chaque zone. L'équipe a développé un dispositif d'essai multilocal qui peut se réaliser dans les champs des producteurs, et avec leur participation. L'évaluation du rendement est possible et a permis l'identification de variétés plus performantes. L'évaluation par les producteurs permet simultanément l'identification de variétés performantes mais aussi acceptables pour l'utilisation dans les systèmes locaux de culture et de consommation.

Mots clés : amélioration des plantes ; approches participatives ; essais multiloaux ; Mali ; sorgho.

Thèmes : économie et développement rural ; productions végétales.

Abstract

Participatory identification of superior sorghum varieties using multi-location trials in two zones in Mali

Variety development for sorghum requires multi-location testing for yielding ability. In West-Africa, where adaptation to specific zones of rainfall distribution is crucial for the success of a variety, these multi-location trials need to be conducted within any specific zone of adaptation. As most West-African countries lack sufficient research station capacity for this type of yield testing, we have developed a trial design and experiments with a sharing of roles and responsibilities between farmers, NGO's and researchers that allow for effective varietal differentiation in the target environment across a wide range of production conditions within a zone. The added advantage of farmer participation in this early stage of variety evaluation is that farmers also evaluate a wide range of other traits that are essential for making a variety a success.

Key words: Mali; multi location testing; participatory approaches; plant breeding; sorghum grain.

Subjects: economy and rural development; vegetal productions.

Le sorgho est l'une des céréales principales des zones de savanes en Afrique de l'Ouest. Son amélioration variétale pour les différentes zones agroécologiques de l'Afrique de l'Ouest doit prendre en compte le photopériodisme approprié et une augmentation du rendement en grain (Weltzien *et al.*, 2006). L'amélioration du rendement demande une capacité d'évaluation multilocale des variétés expérimentales dans les agroécologies ciblées (DeLacy *et al.*, 1996 ; Hammer, 1996). Dans les pays de savane d'Afrique de l'Ouest, les institu-

tions nationales de recherche agricole gèrent des stations de recherche qui représentent chacune des zones agroécologiques. Mais, dans la plupart des cas, ces pays n'ont qu'une station par zone. En conséquence, les programmes d'amélioration du sorgho, et des autres cultures, rencontrent des difficultés pour l'évaluation variétale multilocale du rendement. L'amélioration du rendement demande l'évaluation d'un grand nombre de variétés dans de nombreux sites répartis dans la zone ciblée afin de pouvoir atteindre un gain génétique acceptable (Poehl-

Tirés à part : E. Weltzien

mann, 1987). En l'absence d'un nombre suffisant de stations de recherche où assurer cette évaluation du rendement des variétés expérimentales, nous avons testé l'option de conduire ce type d'essais multiloaux, comportant un nombre important de variétés, en collaboration avec les cultivateurs de sorgho dans leurs champs de production. L'objet de cette publication est la description de cette méthode.

Matériel et méthode

Les variétés testées au sein des essais multiloaux proviennent des programmes de sélection sorgho de l'Institut d'économie rurale (IER) du Mali et de l'International Crops Research Institute of the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) au Mali. Les variétés de l'IER sont issues de croisements interraciaux *caudatum* x *guinea*. La proportion de germoplasme *guinea* dans ce matériel génétique est approximativement de 25 %. Les variétés expérimentales de l'ICRISAT sont issues de croisements entre la population *guinea* (créée à partir de 14 variétés locales du Mali et du Burkina Faso) et de quelques variétés locales bien adaptées et performantes. Les variétés étaient testées en deux lots séparés de 16 variétés de taille courte et 16 variétés de grande taille. CSM 335 (Tiéblé) constituait un témoin commun aux deux lots. Un témoin choisi par le groupe de paysans testeurs et spécifique de chaque village était aussi ajouté. Pour l'essai de taille courte, une variété *guinea* de taille réduite, CGM 19/9-1-1-1, était aussi utilisée comme témoin. Les semences de ces variétés expérimentales étaient produites dans les différentes stations de recherche. Les semences des témoins villageois provenaient d'un même lot identifié par les paysans-testeurs comme une bonne source de semence pour cette variété. Les villages retenus pour la conduite des essais étaient choisis par les partenaires locaux. Dans le cercle de Dioila, le partenaire principal est l'Union locale des producteurs de céréales (ULPC) avec le service de l'agriculture du cercle de Dioila. Dans quatre communes où l'ULPC est représentée, les villages étaient choisis par les conseillers de l'ULPC. Ils ont aussi choisi les paysans-testeurs, qui étaient tous de bons cultivateurs du sorgho, tous alphabétisés et intéressés par la recherche de nouvelles variétés de sorgho. Tous les testeurs sont des hommes, le sorgho étant l'affaire des hommes dans la culture bambara.

Dans la zone du Mandé, le partenaire principal est l'Association des organisations professionnelles paysannes (AOPP) appuyée par une organisation non gouvernementale (ONG), l'Association Conseil pour un développement durable (ACoD). Dans la commune de Bancoumana, l'appui technique était assuré par le service agricole de « l'Office pour la Haute Vallée du Niger » (OHVN) qui a sélectionné les villages et les paysans-testeurs. L'ACoD qui est présente dans la commune de Siby depuis plusieurs années a effectué cette sélection, à la lumière de sa connaissance de la zone et des producteurs intéressés. Tous les paysans-testeurs sont des hommes, qui peuvent consacrer le temps nécessaire pour suivre l'essai.

Le dispositif utilisé pour ces essais a évolué au cours des 5 dernières années. Nous avons retenu un dispositif où quatre paysans-testeurs de chaque village conduisent 32 parcelles de test dans un de leur grand champ de sorgho. Les parcelles sont réparties en 4 blocs de 8 parcelles. L'essai est entouré de lignes de bordure semées en général avec la variété utilisée dans le grand champ. Chaque paysan-testeur évalue 16 variétés, soit de taille haute, soit de taille courte, à raison de deux répétitions dans son champ. Les parcelles élémentaires sont constituées de 6 lignes de 5 mètres. Les distances entre lignes varient entre 65 et 85 cm et les distances entre poquets dans chaque ligne varient entre 30 et 45 cm, selon les pratiques du producteur dans son champ de sorgho.

La répartition des rôles et responsabilités pour la conduite des essais est la suivante :

- le choix des variétés à tester est confié aux sélectionneurs qui prennent en compte les résultats des évaluations par les producteurs au cours d'une journée de visite à la station. En plus, ils considèrent les données sur la productivité, la date de floraison, et les caractères de panicules, glumes et grains. L'institution de recherche prépare les randomisations, les protocoles en français et en bambara, les semences pour chaque parcelle et les étiquettes ;
- les kits d'essais sont normalement distribués aux villages par les agents des organisations paysannes ou des services d'agriculture. Dans chaque village, un des paysans-testeurs assume le rôle d'animateur villageois et distribue les semences. Le choix du champ pour installer les essais est fait par le producteur lui-même,

avec l'appui de l'animateur villageois ou de l'agent technique pour la zone. Idéalement, le champ de sorgho présentant la meilleure productivité est retenu. L'implantation de l'essai est faite à une place où l'homogénéité du sol est bonne, sans arbre et termitière ;

- la préparation du champ pour le semis est la responsabilité du producteur et suit les pratiques normales pour la production du sorgho. L'institution de recherche fournit au producteur-testeurs l'équivalent de 100 kg/ha de diammonium-phosphate (DAP) pour l'essai comme fertilisant de fond. La date de semis est choisie par le producteur qui s'assure que l'essai est implanté dans des conditions favorables à la germination. Le semis est réalisé par les producteurs-testeurs avec l'appui de l'animateur villageois et si possible celui d'un agent technique. Les resemis sont déconseillés et rendus difficiles par la fourniture de quantités limitées de semences, cela afin d'éviter les mélanges de variétés.

Les producteurs-testeurs évaluent les parcelles à l'aide d'une notation de 5 à 1, un 5 signifiant toujours « très bon » et un 1 « très faible » pour chaque caractère à évaluer. Ils évaluent de cette manière la vigueur du développement 2-3 semaines après le semis, les panicules, les aspects visuels de la parcelle entière avant récolte, le rendement à la récolte avant d'ensacher les panicules et les grains. Les producteurs n'ont pas le temps de visiter les essais chaque jour pendant la période de floraison pour observer en détail les dates de floraison dans chaque parcelle. À la place, ils attribuent une note lors d'une visite dans la parcelle considérée vers la fin de la période de floraison, comme suit :

- 1 : la variété testée est trop précoce pour la zone ;
- 2 : la variété est plus précoce que la variété locale ;
- 3 : la variété testée est aussi précoce que la variété locale ;
- 4 : la variété est un peu plus tardive que la variété locale ;
- 5 : la variété est trop tardive pour la zone.

Les caractères à observer ont été retenus pendant les sessions de planification, de formation des paysans-testeurs et pendant les réunions d'évaluation et de restitution.

Les chercheurs évaluent, en utilisant la même notation, la vigueur du développement sur chaque parcelle, souvent réalisée de pair avec une évaluation de la qualité de chaque parcelle, si des diffé-

rences sont visibles. Avant la récolte les chercheurs participent aux visites inter-paysannes au cours desquelles les autres producteurs du village sont invités à une évaluation visuelle des parcelles. Pour faciliter cette évaluation par un grand nombre de visiteurs, nous avons développé une méthode de notation qui utilise des papiers de couleurs différentes en fonction des notes (Christinck *et al.*, 2005). Afin d'être capable d'identifier les réponses de chaque visiteur, une liste numérotée des participants est établie. Chaque participant reçoit une enveloppe avec des papiers des trois différentes couleurs qui portent tous le numéro du participant. Chaque couleur indique une note : très bien (blanche) ; bon (similaire à la locale) (jaune) ; avec des problèmes (rouge). Une enveloppe ou un sachet est suspendu(e) devant chaque parcelle ; les visiteurs y déposent les papiers correspondant à leur choix. Après les visites, les sachets portant les numéros de parcelles sont collectés et le dépouillement est effectué. Pour calculer une préférence globale, on compte pour chaque parcelle le nombre des papiers de chaque couleur. La préférence est calculée comme le pourcentage suivant :

$$\% = (1 * Nb + 0.5 * Nj + 0 * Nr) * 100 / (Nb + Nj + Nr)$$

Où :

Nb, Nj et Nr désignent le nombre des papiers de chacune des trois couleurs, par ordre de préférence.

La récolte se fait toujours en présence des chercheurs, qui sont chargés de vérifier la réalisation du comptage des poquets récoltés et du nombre des panicules, avec comptage des panicules clairement hors type ainsi que des équivalents des panicules ravagées par les oiseaux ou autre prédateurs. Ils enregistrent les évaluations de rendement à la récolte avec le producteur-testeur accompagnées de ses commentaires spécifiques. Les chercheurs reviennent après la fin de la période des récoltes pour effectuer le battage avec les producteurs. Les femmes des familles des producteurs sont embauchées pour la journée pour battre les récoltes. Les chercheurs ou techniciens pèsent les panicules et le grain avec une balance électronique après battage. Les chercheurs font l'analyse statistique des résultats des essais. Ils font une première restitution par village pour choisir avec les producteurs-testeurs les quatre variétés dont les qualités culinaires et l'aptitude à la transformation seront testées.

Une restitution globale pour chaque zone est faite par les chercheurs lors de l'atelier de planification de la campagne suivante. Les chercheurs présentent les résultats et organisent une discussion avec les producteurs. Cet échange sert de base à la planification des actions suivantes, telles que les tests à grande échelle des variétés les plus performantes et appréciées ou la production et la diffusion de semence. L'analyse statistique des données était effectuée avec le logiciel Genstat. Pour l'estimation des moyennes variétales et l'analyse de variance nous avons utilisé la procédure « REML ». Comme mesure pour la précision des essais nous avons utilisé l'héritabilité estimée sur la base des moyennes variétales dans chaque essai élémentaire. Les moyennes estimées (BLUP, *Best Linear Unbiased Prediction*) par la procédure REML du Genstat étaient utilisées pour l'estimation des corrélations et les régressions.

Résultats

Les essais de variétés de taille courte et de taille haute étaient implantés dans cinq villages dans le cercle de Dioila, et dans quatre villages dans le Mandé, au Mali, en 2006. Tous les essais ont été récoltés. Le *tableau 1* montre que les paysans-testeurs des essais des variétés de taille courte ont ciblé des conditions de test de bonne productivité, une majorité des essais ayant un rendement moyen supérieur à 100 g/m². Nous avons utilisé l'héritabilité pour le rendement en grain comme mesure de la précision des différences entre variétés. Le *tableau 1* montre que 42 % des essais ont atteint une héritabilité de 0,50 ou plus, qui permet d'identifier les différences variétales assez clairement. À l'exception d'un village de chaque zone, chaque village a eu au moins un essai avec une bonne héritabi-

Tableau 1. Caractérisation des 18 essais élémentaires conduits par les producteurs avec les variétés de sorgho de taille courte dans les zones de Dioila et Mandé au Mali en 2006.

Table 1. Characterization of 18 farmer-managed yield trials with semi-dwarf sorghum varieties grown in the zones of Dioila and Mande in Mali in 2006.

| Nom du village | Paysans testeurs | Rendement moyen (g/m ²) | Héritabilité | | |
|----------------|------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | Rendement | Appréciation de la panicule | Appréciation du rendement |
| Dioila | | | | | |
| Seribila | a | 127 | 0,62 | 0,35 | 0,76 |
| | b | 167 | 0,38 | 0,37 | 0,19 |
| Banco | a | 46 | 0,50 | 0,37 | 0,00 |
| | b | 172 | 0,69 | 0,29 | 0,45 |
| Tonka | a | 158 | 0,73 | 0,72 | 0,64 |
| | b | 143 | 0,26 | 0,34 | 0,30 |
| Magnambougou | a | 131 | 0,10 | 0,92 | 0,66 |
| | b | 191 | 0,84 | 0,62 | 0,50 |
| Seyla | a | 101 | 0,01 | 0,66 | 0,23 |
| | b | 117 | 0,47 | 0,80 | 0,70 |
| Mandé | | | | | |
| Siranikoro | a | 142 | 0,48 | 0,34 | 0,71 |
| | b | 115 | 0,20 | 0,38 | 0,72 |
| Teneya | a | 130 | 0,35 | 0,33 | 0,43 |
| | b | 125 | 0,54 | 0,49 | 0,76 |
| Siby | a | 113 | 0,51 | 0,94 | 0,93 |
| | b | 101 | 0,31 | 0,60 | 0,40 |
| Keniero | a | 134 | 0,10 | 0,81 | 0,76 |
| | b | 118 | 0,64 | 0,85 | 0,36 |

Rendement moyen (g/m²), héritabilité du rendement et héritabilités des notes pour les appréciations visuelles avant récolte par les producteurs-testeurs des panicules et du rendement.

lité. Trois villages ont réussi à gérer trois de leurs quatre essais avec des héritabilités très utiles pour l'évaluation variétale. Par conséquent, avec un suivi adéquat, surtout avec un semis dans de bonnes conditions, des essais très efficaces pour la sélection variétale pour le rendement peuvent être effectués dans les villages. Les héritabilités pour les notes d'appréciation par les producteurs (*tableaux 1 et 2*) montrent que la plupart des producteurs-testeurs observent les différences répétables entre les variétés pour la forme de la panicule et pour le rendement de la variété. Quarante-deux pour cent des producteurs ont atteint une héritabilité des notes de panicule de 0,50 ou plus. Pour les notes d'appréciation du rendement, 61 % des producteurs ont

atteint une héritabilité de 50 % ou plus. Dans 75 % des essais les héritabilités sont bonnes pour au moins un de ces deux scores, même si les essais ou l'héritabilité du rendement n'avaient pas atteint ce niveau. Dans sept des essais de variétés de taille courte on observe qu'un score sur deux dépasse un niveau d'héritabilité de plus de 50 % alors que l'héritabilité du rendement était plus basse.

Ce constat indique que les producteurs observent des différences variétales qu'ils associent au rendement et qui sont répétables même dans des conditions trop variables pour mesurer précisément les rendements des différentes variétés. Cette capacité des producteurs à juger le rendement et les panicules des variétés de sorgho est liée à leur façon d'évaluer les

panicules, et le potentiel de rendement d'une variété sur la base de la longueur des entre-nœuds des panicules et du nombre et de la densité des grains sur les branches des panicules. Ces caractères sont régulièrement exprimés par les producteurs quand ils expliquent les raisons de leurs choix ou leurs notes. Il semble, en faisant la comparaison entre les notes pour les variétés de taille courte et haute, que les notes des producteurs sont plus régulièrement répétables pour les variétés de taille haute que pour les variétés de taille courte. Nous avons observé pendant les visites d'évaluation, que le type de panicule érigée des variétés de taille courte pose parfois des problèmes aux producteurs qui ne connaissent pas ce type de panicule. Mais la plupart des producteurs expérimentés ont bien adapté leur mode de notation des panicules à celles des variétés de taille courte. Il faut enfin ajouter que les notes pour les panicules incluent encore d'autres caractères qui ne sont pas directement liés avec le rendement, comme l'ouverture des glumes pour un battage facile avec un bon rendement au battage.

Les différences en rendement entre quelques variétés sont présentées sous forme de régressions des moyennes variétales sur les moyennes générales de chaque essai ayant atteint un niveau d'héritabilité de 0,45 ou plus. Pour les variétés de taille courte la *figure 1* montre que les deux meilleures variétés ont une productivité supérieure en condition de bonne productivité globale. Ils ont des coefficients des régressions linéaires significativement supérieures à 1,0, et ces régressions expliquent 90 % de la variabilité observée pour les deux variétés. Cependant, le point où les lignes de régressions se croisent n'est pas précis et se situe entre 50 et 90 g/m².

Pour les variétés de taille haute (*figure 2*) les régressions linéaires ne montrent pas de différence variétale claire pour la stabilité du rendement. Cependant la *figure 2* montre que la variété Hina, issue d'un croisement de la population *guinea* avec IS 15401 (du Cameroun), avait un rendement plus élevé en conditions de productivité intermédiaire. Dans les situations les plus performantes, les tiges de cette variété ne supportent plus le poids de panicules et la verse devient alors un problème, accru par les dégâts des rongeurs ou des animaux domestiques qui fréquentent les champs en fin de cycle. Ce problème se manifeste dans la valeur R² de 0,66, indiquant que cette variété ne

Tableau 2. Caractérisation des essais élémentaires conduits par les producteurs avec les variétés de sorgho de taille courte dans les zones de Dioila et Mandé au Mali en 2006.

Table 2. Characterization of 18 farmer-managed yield trials with tall sorghum varieties grown in the zones of Dioila and Mande in Mali in 2006: mean grain yield (g/m²), heritabilities (plot basis) for grain yield, two farmers' scores of desirability of the panicle and a visual grain yield estimate.

| Nom du village | Paysans testeurs | Rendement moyen (g/m ²) | Héritabilité | | |
|----------------|------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | Rendement | Appréciation de la panicule | Appréciation du rendement |
| Dioila | | | | | |
| Seribila | a | 110 | 0,81 | 0,62 | 0,62 |
| | b | 98 | 0,82 | 0,77 | 0,83 |
| Banco | a | 141 | 0,16 | 0,66 | 0,84 |
| | b | 116 | 0,70 | 0,29 | 0,87 |
| Tonka | a | 87 | 0,10 | 0,46 | 0,77 |
| | b | 139 | 0,01 | 0,69 | 0,00 |
| Magnambougou | a | 91 | 0,07 | 0,25 | 0,39 |
| | b | 135 | 0,32 | 0,20 | 0,89 |
| Seyla | a | 96 | 0,37 | 0,43 | 0,31 |
| | b | 97 | 0,06 | 0,07 | 0,66 |
| Mandé | | | | | |
| Siranikoro | a | 108 | 0,92 | 0,92 | 0,84 |
| | b | 124 | 0,26 | 0,26 | 0,50 |
| Teneya | a | 156 | 0,12 | 0,12 | 0,22 |
| | b | 116 | 0,61 | 0,61 | 0,49 |
| Siby | a | 44 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| | b | 63 | 0,38 | 0,38 | 0,53 |
| Keniero | a | 73 | 0,73 | 0,73 | 0,66 |
| | b | 118 | 0,15 | 0,15 | 0,66 |

Rendement moyen (g/m²), héritabilité du rendement et héritabilités des notes pour les appréciations visuelles avant récolte par les producteurs-testeurs des panicules et du rendement.

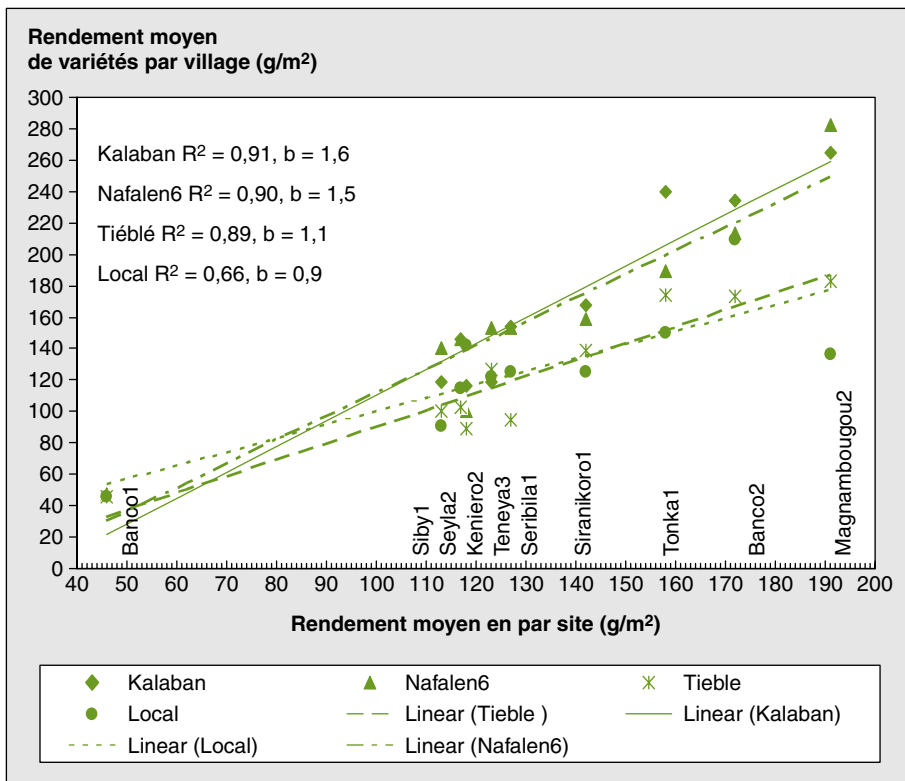


Figure 1. Régression des performances en 2006 de quatre variétés de l'essai avec les variétés de taille courte en 2006 (Kalaban, Nafalen 6, Tiéblé [CSM 335, le témoin commun], et le témoin local) sur les moyennes des essais avec des héritabilités de 0,45 ou plus.

Figure 1. Regression of grain yield means per site for four varieties (Kalaban, Nafalen 6, Tiéblé [CSM 335, the common control], and the local control) tested in the trials with semi-dwarf sorghum varieties during 2006 on the trial means for all the sites which achieved heritabilities of 0.45 or better.

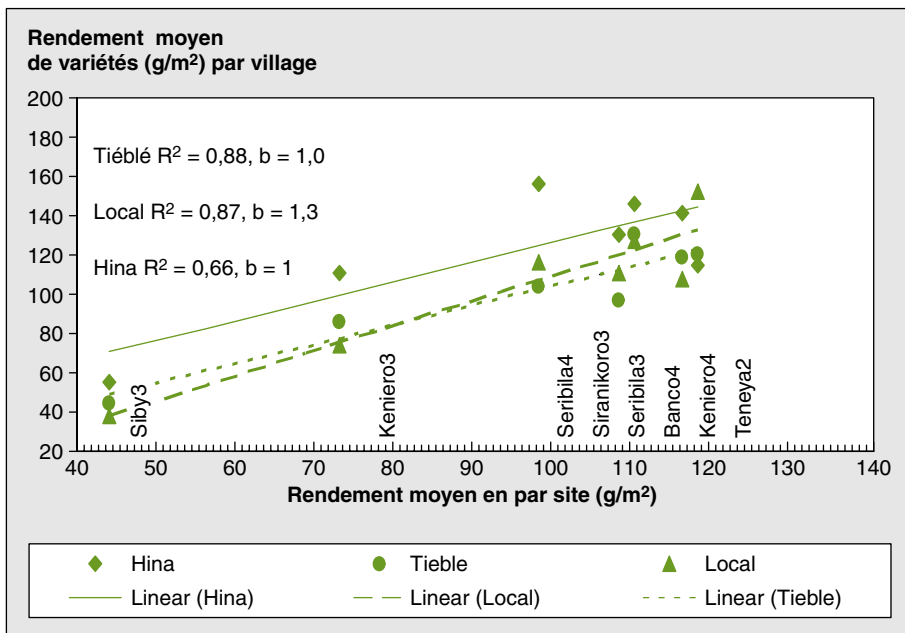


Figure 2. Régression des performances en 2006 de trois variétés de l'essai avec les variétés de taille haute (Hina, Tiéblé [CSM 335, le témoin commun], et le témoin local) sur les moyennes des essais avec les héritabilités de 0,45 ou plus.

Figure 2. Regression of grain yield means per site for three varieties (Hina, Tiéblé [CSM 335, the common control], and the local control) tested in the trials with tall sorghum varieties during 2006 on the trial means for all the sites which achieved heritabilities of 0.45 or better.

montre pas de réponse linéaire à l'amélioration des conditions de culture.

Conclusions

Les résultats montrent qu'il est possible de conduire des essais d'évaluation variétale pour le rendement et autres caractères importants avec la participation des producteurs et de leurs organisations. Les rôles et responsabilités de tous les partenaires doivent être clairs, et l'institution de recherche doit s'occuper des observations clés, comme les pesées parcellaires, si les moyens appropriés ne sont pas disponibles chez les producteurs. Les avantages additionnels de la participation des producteurs dans la conduite de ces essais sont leurs capacités d'évaluation visuelle des variétés de sorgho qui sont moins influencées par les conditions de culture, l'évaluation de tous les caractères liés à la transformation et à la consommation locale à la suite des essais de rendement et les options directes de diffusion des variétés à partir des récoltes des essais. Les effets de la sélection en milieu paysan, la relation avec les évaluations en station de la quantification des effets d'interaction génotype-année, génotype-site pour les différents caractères et observations nécessitent des efforts de recherche pour mieux évaluer ce type d'essais de sélection participative du sorgho en Afrique de l'Ouest. ■

Remerciements

Nous remercions beaucoup les producteurs de sorgho qui ont géré les essais dans leurs champs, pour leurs efforts et les discussions que nous avons eues avec eux. Nous remercions Abdoulaye Sangaré, Mamadou Coulibaly, Mamoutou Diarra et Ibrahim Camara pour le suivi des essais, et la facilitation des interactions entre les producteurs, testeurs et sélectionneurs. Nous remercions en particulier Mamadou Togo pour ses interventions auprès des différents organes de l'AOOP au Mali. Merci enfin à Benoît Clerget pour la relecture de cet article et la révision du texte français. La recherche a été réalisée avec l'appui financier du ministère de la Coopération internationale (BMZ) de la République fédérale d'Allemagne et de la Fondation McKnight.

Références

- Christink A, Weltzien E, Hoffmann V. *Setting breeding objectives and developing seed systems with farmers. a handbook for practical use in participatory plant breeding project*. Weikersheim (Germany) ; Wageningen (The Netherlands) : Margraf Publishers ; CTA, 2005.
- DeLacy IH, Basford KE, Cooper M, Bull JK, McLaren CG. Analysis of multi-environment trials A historical perspective. In : Cooper M, Hammer GL, eds. *Plant adaptation and crop improvement*. Oxford : CAB International, 1996.
- Hammer GL. *Plant adaptation and crop improvement*. Cambridge : CAB International, International Rice Research Institute (IRRI), International Crops Research Institute of the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), 1996.
- Poehlmann JM. *Breeding field crops*. Wesport (Connecticut, États-Unis) : Avi Publishing Company, 1987.
- Weltzien E, Rattunde HFW, Clerget B, Siart S, Touré A, Sagnard F. Sorghum diversity and adaptation to drought in West Africa. In : Jarvis D, Mar I, Sears L, eds. *Enhancing the use of crop genetic diversity to manage stress in agricultural production systems*. Proceedings of a workshop held 23-27 May 2005, Budapest, Hungary. Rome (Italy) : International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 2006.