

Décembre 2014
volume n° 4 / numéro n° 2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

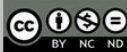
environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



Variétés et systèmes de culture

Quelle co-évolution ? Quelles implications pour l'agronomie et la génétique ?



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes. L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Impact de la diffusion d'une variété améliorée de sorgho au Mali : interaction avec les variétés locales

Dissemination impact of a sorghum improved variety in Mali: interaction with landraces

Mamoutou KOURESSY* - Salifou SISSOKO*
Niaba TÉMÉ* - Monique DEU**
Michel VAKSMANN** - Yanfilé CAMARA***
Didier BAZILE**** - Aichata F.M. SAKO*****
Amadou SIDIBÉ*

*Institut d'Economie Rural (IER) - P.O. Box 262 - Bamako

Mali

Courriels : nany63@gmail.com - niabateme@gmail.com amadousidibe57@yahoo.fr

**CIRAD - UMR AGAP- TA A-108 / 03 - Avenue Agropolis - 34398 Montpellier Cedex 5 - France

Courriels : michel.vaksmann@cirad.fr - monique.deu@cirad.fr

***Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Bamako

**** CIRAD, UPR GREEN, F-34398 Montpellier, France

Courriel : didier.bazile@cirad.fr

*****University of Paris 8 Vincennes-Saint-Denis - Department of Geography - EDSS - Saint-Denis, France

Courriel : a.sako@cgfar.org

Résumé

Au Sahel, les agriculteurs pratiquent la sélection massale en produisant leurs semences de sorgho dans les champs de culture. Dans un tel agroécosystème, du fait de l'allogamie partielle du sorgho, les variétés peuvent s'intercroiser naturellement entre elles. Dans la zone soudano-sahélienne du Mali, on note la diffusion récente d'une variété améliorée « *Jakumbé* », peu photopériodique, de morphologie proche des variétés locales mais nettement plus précoce. Le taux de diffusion de *Jakumbé* est très imprécis allant, selon les études, de 20 à 90%. L'objectif de ce travail qui combine des résultats d'enquête et des caractérisations phénologiques est d'estimer la diffusion réelle de *Jakumbé* dans deux villages et les conséquences de cette adoption sur le devenir des variétés traditionnelles.

Comme *Jakumbé* est plus précoce que les variétés locales photopériodiques, la durée du cycle est utilisée pour distinguer les différents cultivars. Les variétés cultivées dans deux villages de la région de Ségou au Mali, Bouawéré et Kagnan, ont été étudiées en 2009 et 2010, quelques années après la vulgarisation de *Jakumbé*. En 2009, les variétés provenant de 29 champs du village de Bouawéré ont été étudiées avec une date de semis précoce le 8 juin. En 2010, les variétés provenant de 19 champs du village de Kagnan ont été étudiées avec deux dates de semis le 18 juin et le 19 juillet.

Les résultats montrent qu'une faible proportion des champs peut être considérée comme composée uniquement de *Jakumbé* (11 % à Bouawéré comme à Kagnan). La plupart des champs présente une distribution bimodale de la précocité qui identifie un mélange entre les variétés locales et *Jakumbé* (71% à Bouawéré et 47 % à Kagnan). Le reste des champs porte des variétés locales uniformément plus tardives que *Jakumbé* (18 % à Bouawéré et 42 % à Kagnan).

Comme la morphologie de *Jakumbé* est proche de celle des variétés locales, les paysans ne sont pas capables d'identifier la pré-

sence de mélanges. Sans le savoir, les paysans cultivent donc majoritairement un mélange de variétés traditionnelles et de *Jakumbé* plus précoce. Cette diffusion rapide de *Jakumbé* montre l'intérêt des paysans pour les nouvelles variétés précoces proposées par la recherche. Toutefois, la culture de mélanges de variétés pourrait avoir un impact négatif en contribuant au développement de la Cécidomyie (*Stenodiplosis sorghicola*), un important ravageur du sorgho en Afrique sub-saharienne mais encore peu présent au Mali.

Mots-clés

Sorgho, Mali, photopériodisme, diversité génétique.

Abstract

In the Sahel, farmers practice mass selection by producing their own sorghum seeds in crop fields. In such agro ecosystem, due to the partial sorghum outcrossing, intercrossing may occur between varieties. In the Sudano-Sahelian zone of Mali, we note the recent release of an improved variety "*Jakumbé*", having morphological similarities with local varieties but much earlier-maturing. The diffusion rate of *Jakumbé* is very imprecise, according to studies, 20 to 90%. The objective of this work is to estimate the true distribution of *Jakumbé* in two villages and the future consequences of this introduction on the traditional varieties.

As *Jakumbé* is earlier-maturing than photoperiod-sensitive landraces, maturity is used to distinguish them from one another. Varieties coming from two villages of the Segou region in Mali, Bouawéré and Kagnan, were studied in 2009 and 2010, several years after *Jakumbé* was released. In 2009, 29 varieties from Bouawéré village were studied with an early sowing date June 8. In 2010, 19 varieties from Kagnan village were investigated with two planting dates June 18 and July 19.

The results show that a small proportion of the fields can be regarded as made up only of *Jakumbé* (11% for Bouawéré and Kagnan). Most fields have a bimodal distribution of maturity which identifies a blend between the landraces and *Jakumbé* (71% Bouawéré, and 47% Kagnan). The rest of the fields are composed of late-maturing cultivars (18% Bouawéré, 42% Kagnan).

As the morphology of *Jakumbé* is close to that of the landraces, farmers are not able to identify the presence of varietal blends. Without knowing it, farmers grow mostly a mix of traditional and exogenous varieties. This rapid spread of *Jakumbé* shows the interest of farmers in new earlier varieties proposed by the researchers. However, these varietal blends could contribute to the development of midge (*Stenodiplosis sorghicola*), a major pest of sorghum in sub-Saharan Africa but having little presence in Mali.

Key-words

Sorghum, Mali, photoperiodism, genetic diversity.

Introduction

Le sorgho est une céréale importante dans l'alimentation des populations du Mali. Cependant, son rendement est insuffisant pour assurer la sécurité alimentaire d'une population en augmentation rapide. Jusqu'à présent, l'accroissement de la production a surtout été assuré par l'augmentation des superficies emblavées. En raison de la saturation progressive de l'espace rural, pour faire face aux besoins à venir, le sorgho doit voir sa productivité s'accroître. Le sorgho possède plusieurs atouts, en particulier sa rusticité et ses usages multiples dans l'alimentation humaine et animale. Cependant, sa culture est soumise à des contraintes biotiques (maladies, insectes, oiseaux, adventices) et abiotiques (pauvreté des sols, sécheresse, inondations...) qui occasionnent des pertes substantielles de rendement. À cela, il faut ajouter les

difficultés d'approvisionnement en intrants agricoles ou d'accès aux marchés. En conséquence, le rendement moyen du sorgho au Mali demeure encore faible, autour d'une tonne/ha (faostat3.fao.org).

Dans la zone soudano-sahélienne, la grande diversité des cycles des cultures est un caractère clef de l'adaptation aux risques climatiques et aux différents types de conditions édaphiques. La date d'arrivée des pluies détermine en grande partie le potentiel de la campagne agricole (Sivakumar, 1988) mais est très variable d'une année sur l'autre. Les variétés locales sont le résultat de plusieurs siècles de sélection empirique qui leur a donné une bonne adaptation et la meilleure plasticité possible. C'est pourquoi la quasi-totalité des cultivars locaux sont photopériodiques, ce caractère permettant de maintenir une floraison groupée à la fin de la saison des pluies indépendamment de la date de semis (Vaksmann *et al.*, 1996, Kouressy *et al.*, 2008a). Depuis 1970, la diminution de la pluviométrie a provoqué un déplacement vers le sud des isohyètes sur l'ensemble du pays (Traoré *et al.*, 2000). Pour faire face à ce phénomène, la solution préconisée par les chercheurs, les politiques et les producteurs est l'introduction de nouveaux cultivars plus précoces. La sélection de variétés précoces a aussi été un postulat fondamental de la révolution verte (Swaminathan, 2006) et pour cette raison l'élimination du photopériodisme est devenue un préalable à la plupart des programmes d'amélioration des céréales. Les sécheresses des années 1970 dans le Sahel ont conforté cette position. L'élimination du photopériodisme devenait une nécessité pour aboutir à un matériel précoce capable de supporter des saisons des pluies de plus en plus courtes (Dancette, 1983).

Les informations sur la diffusion des nouvelles variétés précoces de sorgho en Afrique sub-saharienne sont fragmentaires et souvent contradictoires. Pour de nombreux auteurs, il est évident que la diminution de la pluviométrie a entraîné l'adoption par les paysans de variétés plus précoces que les cultivars traditionnels (Lacy *et al.*, 2006). Au Burkina Faso, les cycles des variétés de sorgho utilisées par les paysans montreraient un changement important, entraînant une diminution de 120-150 jours à 70-90 jours durant les 15 dernières années (Ingram *et al.*, 2002). Pour d'autres auteurs, au cours des 30 dernières années, la variation de durée moyenne du cycle des variétés cultivées n'aurait pas dépassé 5 jours et l'évolution du climat ne justifierait pas un changement majeur de la durée du cycle des variétés (Kouressy *et al.*, 2008b ; Chantereau *et al.*, 2010).

L'objectif de cette étude est d'étudier l'insertion de la variété améliorée précoce *Jakumbé* dans deux villages représentatifs de la région de Ségou au Mali de façon à appréhender les avantages et les risques liés à la diffusion de cette variété.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal

Jakumbé, variété locale améliorée

Jakumbé n'est pas issue d'un programme de croisements mais de l'épuration d'une variété locale du Mali. La variété CSM63 a été identifiée pour sa précocité parmi les cultivars locaux prospectés dans la région de Kayes au Mali en 1978. Cette variété montrait une valeur alimentaire limitée en

raison de la présence d'une couche brune riche en tanins sous le péricarpe du grain. Une lignée pure, dépourvue de couche brune (CSM63E) a été identifiée dans la population et retenue pour la vulgarisation à grande échelle par l'Institut d'Economie Rurale (IER), sous la dénomination de *Jakumbé* qui veut dire littéralement « prévenir la sécheresse ». *Jakumbé* appartient au type botanique guinea, elle est de grande taille, peu photosensible et très précoce (90 jours du semis à la maturité).

Prospection des variétés locales

Dans les villages étudiés, les champs se distinguent soit par la distance aux habitations (champs proches et champs lointains) soit par le type de sol (sol lourd ou sol sableux). Une étude préalable de l'ensemble des exploitations a été réalisée. Les champs prospectés ont été tirés au hasard à partir de la liste des exploitations du village.

Variétés du village de Bouawéré

Le village de Bouawéré se trouve à proximité de la station de recherche agronomique de Cinzana et les échanges variétaux sont fréquents avec les paysans depuis la création de la station en 1983. Les tests multilocaux de CSM 63E ont débuté en 1995 mais on dispose de peu d'informations sur sa dynamique de diffusion en champs paysans. Les enquêtes réalisées dans le cadre du Projet de Renforcement des Capacités pour une Agriculture Durable (Sissoko, 2011) réalisées en janvier 2005 ont montré que 100 % des exploitations agricoles du village de Bouawéré avaient adopté la variété précoce *Jakumbé* (CSM 63E) parmi leurs variétés.

Dans ce village, huit variétés différentes, identifiées par leurs noms vernaculaires, ont été prospectées en 2009 (tableau 1). Les variétés locales les plus courantes sont *Gnognéning* et *Gnognéblé*, littéralement « glumes noires » et « glumes rouges ». Les variétés cultivées principalement dans la zone appartiennent au type botanique guinea (*Sorghum guineense*). Les variétés présentes en petit nombre correspondent à des types botaniques variés plus rarement rencontrés dans cette zone (*Kendé* : *S. margaritifera* ; *Gadiaba* : *S. durra* et *Gnimikala* : *S. bicolor*). Au total, les variétés présentes dans 29 champs ont été étudiées. Une gerbe de 30 panicules a été réalisée dans chaque champ à la récolte. L'étude en station a été réalisée sur un sous-échantillon de quatre panicules par champ. Dans notre prospection, seuls six champs ont été identifiés par le chef d'exploitation comme portant la variété *Jakumbé*.

Variétés du village de Kagnan

Dans le village de Kagnan, six variétés différentes, toutes de type guinea (*S. guineense*) ont été identifiées et prospectées en 2010 (tableau 1). Il s'agit de *Doubirou*, *Doussamina*, *Doumouso*, *Doufozo*, *Seguetana* et *Jakumbé*. Les cinq premières variétés sont des écotypes locaux tandis que la dernière variété, *Jakumbé*, a été diffusée à Kagnan en 2002 par les organisations paysannes. Au total, les variétés présentes dans 19 champs de Kagnan ont été étudiées. Une gerbe de 30 panicules a été réalisée à la récolte et l'échantillon étudié en station provient du mélange de ces grains. La totalité des variétés prospectées à Kagnan a une morphologie très semblable à *Jakumbé*. Avec huit champs sur 19 cultivés en

Jakumbé, les paysans identifient une plus grande proportion de la présence de la variété améliorée qu'à Bouawéré.

Village de Bouawéré		Village de Kagnan	
Nom vernaculaire	Nombre de champs prospectés	Nom vernaculaire	Nombre de champs prospectés
Gnognèblé	10	Jakumbé	8
Gnognèfing	7	Doubirou	3
Jakumbé	6	Doumousso	2
Kendé	1	Doussamina	3
Gnimikala	2	Seguetana	2
Bin baka wuli	1	Doufozo	1
Gadiaba	1		
Mory wèrè nio	1		

Tableau 1 : Nombre de champs prospectés par variété.

Dispositif expérimental

La phénologie des variétés prospectées dans les différents champs de chaque village a été mesurée en 2009 pour Bouawéré et en 2010 pour Kagnan.

Le dispositif expérimental utilisé pour l'étude des variétés de Bouawéré était un bloc de Fisher à deux répétitions des semences provenant des 29 champs prospectés. Quarante plantes par parcelle élémentaire ont été suivies soit 80 plantes suivies par champ. Les semences provenaient de quatre panicules différentes prélevées dans chaque champ. L'information sur la panicule d'origine de chaque plante a été conservée dans le but de mettre en évidence d'éventuels intercroisements. Le semis a été réalisé le 8 juin 2009.

L'essai de caractérisation des variétés de Kagnan a été réalisé à deux dates de semis. Le premier semis a été effectué le 18 juin et le second le 19 juillet 2010. Le dispositif expérimental a été un split-plot à deux répétitions des deux dates de semis avec la date de semis comme facteur principal et la variété comme facteur secondaire. Les semences provenaient du vrac de 30 panicules prélevées dans chaque champ. Le nombre de plantes étudiées par parcelle élémentaire était de 16 soit 32 plantes suivies par champ et par date de semis.

La variété *Jakumbé*, fournie par la recherche, a été rajoutée comme témoin dans les deux essais.

Observations et mesures

Jakumbé étant plus précoce que les variétés locales photopériodiques, la durée du cycle a été utilisée pour différencier les variétés. Un semis précoce (en juin) permet de distinguer *Jakumbé* car son cycle est plus court de 2 à 3 semaines par rapport à celui de la plupart des variétés locales. Inversement, si le semis est réalisé tardivement (après le 10 juillet), la durée du cycle des variétés locales se raccourcit jusqu'à devenir semblable à celle de *Jakumbé*.

Dans chaque parcelle élémentaire, la phénologie de toutes les plantes a été suivie. L'observateur passait régulièrement, 2 fois par semaine, et notait sur chaque plant, la date d'apparition de la ligule de la dernière feuille aussi nommée feuille drapeau. En moyenne, l'épiaison se produit 10 jours après la ligulation de la feuille drapeau et la floraison dure

ensuite environ 7 jours. Dans la suite de ce travail nous nous intéressons à la durée SFD allant du semis à l'émission de la ligule de la feuille drapeau.

Coefficient de photopériodisme

La réduction de la durée semis-feuille drapeau entre deux dates de semis est une mesure du photopériodisme des variétés. Le degré photopériodique d'une variété peut être déterminé à l'aide d'un coefficient K_p dit coefficient de photopériodisme qui est défini comme étant le rapport de la différence des durées semis à feuille drapeau (SFD) entre les deux dates sur la durée séparant ces deux dates ($D_2 - D_1$). (Clerget et al., 2007). La formule est :

$$K_p = \frac{SFD_1 - SFD_2}{D_2 - D_1}$$

La valeur de K_p est toujours comprise entre 0 et 1. Ce coefficient est proche de zéro pour les variétés non photosensibles tandis qu'il s'approche de l'unité pour les variétés très photosensibles car pour ces dernières le raccourcissement de la période végétative compense exactement le décalage de semis. Le coefficient K_p est bien adapté à la comparaison de variétés. Toutefois comme la valeur de K_p a tendance à varier avec les conditions de culture en fonction notamment de la latitude de l'essai et du choix des dates de semis, pour des études plus détaillées il est préférable d'utiliser des modèles éco-physiologiques plus précis (Abdulai et al., 2012; Folliard et al., 2004; Dingkuhn et al., 2008).

Résultats

Au total, 45% des plantes originaires de Bouawéré et 66 % des plantes originaires de Kagan sont aussi précoces que le témoin *Jakumbé*. Ce chiffre pourrait être considéré comme une évaluation de la diffusion de *Jakumbé* dans ces villages. Les champs uniformément précoces sont peu nombreux, 11% dans les 2 villages. Nous avons surtout observé une grande proportion de champs constituée de mélanges de variétés de précocités différentes. Ce type de champ correspond à 71 % des champs de Bouawéré et 47 % des champs de Kagnan.

Étude des variétés de Bouawéré

Si on étudie la distribution de SFD parmi les descendances de chaque champ, on obtient trois types de comportements :

- Les champs uniformément précoces avec SFD de 65 jours (Fig. 1a) : ils représentent seulement 11 % des champs échantillonnés (Figure 1a) ;
- Les champs uniformément tardifs avec SFD supérieur à 80 jours (Fig. 1b) : ils représentent 18 % des champs échantillonnés (Figure 1b) ;
- Les champs constitués d'un mélange de plantes précoces et tardives (Fig. 1c et 1d) : ils représentent 71% des champs échantillonnés. Dans ces champs, on obtient une distribution bimodale de la précocité. On trouve des mélanges aussi bien sur les parcelles identifiées par l'agriculteur comme étant *Jakumbé* que sur des parcelles considérées comme étant une variété locale.

Les graphiques des Figures 2 et 3 montrent des exemples de distributions de SFD observées pour les quatre panicules individuelles de parcelles présentant des mélanges variétaux. Les champs possédant à la fois des plantes tardives et précoces sont de deux sortes :

- Dans le premier cas, les descendances des panicules prospectées présentent une précocité uniforme, les plantes étant soit tardives soit précoces (Figure 2). On peut considérer alors que les semences utilisées provenaient d'un mélange de variétés différentes ;
- Dans le second cas, les descendances des panicules prospectées présentent des mélanges de plants précoces et tardifs (Figure 3). Ce résultat montre qu'un brassage génétique s'est produit entre certaines variétés locales et *Jakumbé*. C'est une population en disjonction pour la précocité qui a été semée par le paysan. Ce cas de figure correspond à 26 % des panicules étudiées.

La variété améliorée précoce *Jakumbé* est morphologiquement très semblable à la variété locale *Gnognéblé*, ce qui explique une certaine confusion dans l'identification de ces deux variétés aux dires des producteurs. Dans les conditions naturelles, ces mélanges variétaux sont aussi difficiles à distinguer puisque le semis du sorgho à Bouawéré est souvent réalisé assez tardivement après le mil de sorte que les cycles des deux types de variétés diffèrent peu.

Par ailleurs, les variétés correspondant à des types botaniques plus rares et de morphologies spécifiques (*Gnimikala*, *Gadiaba* et *Kendé*), sont toutes homogènes pour la précocité et plus tardives que *Jakumbé*. Il n'y a pas, dans ce cas, de confusion entre les variétés.

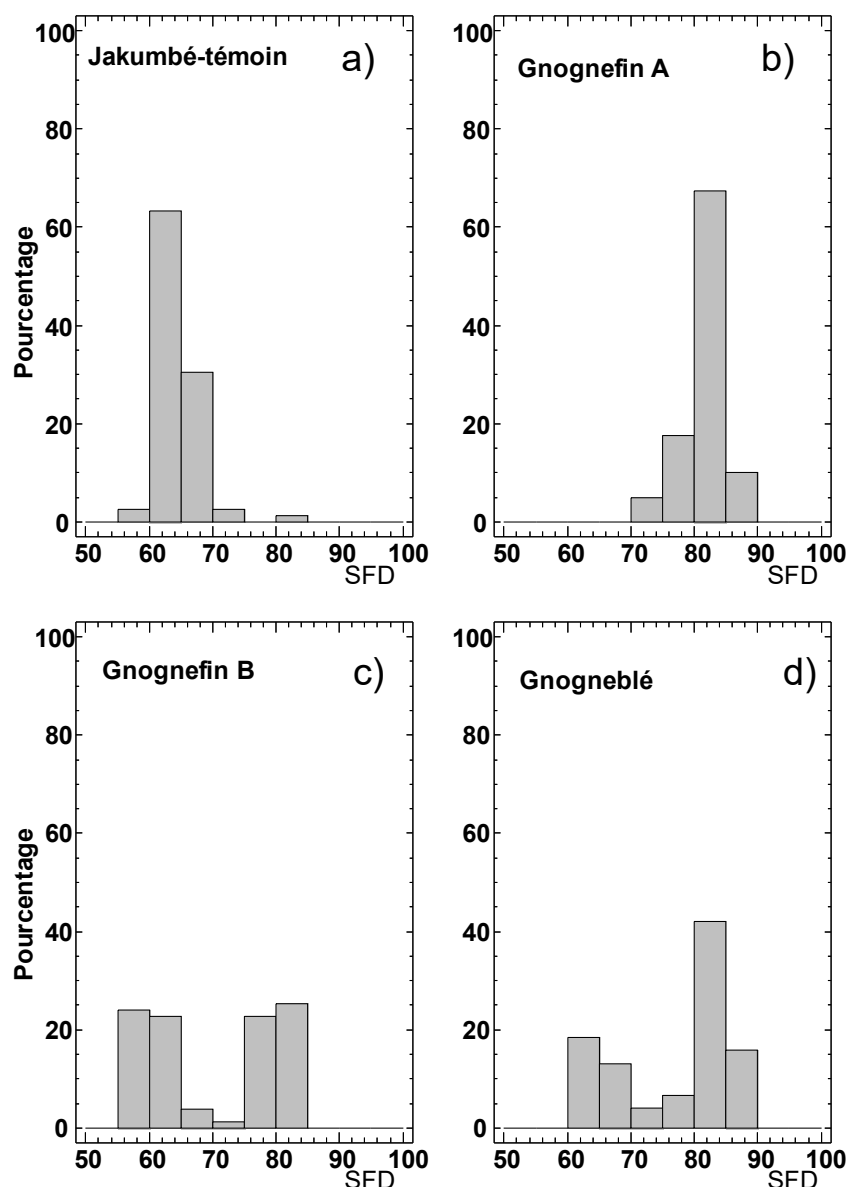


Figure 1 – Principaux types de distribution de SFD rencontrés dans les champs de Bouawéré.

a) Témoin *Jakumbé* uniformément précoce (SFD=65j), b) variété locale *Gnognefin A* uniformément tardive (SFD=82j), c) et d) variétés locales *Gnognefin B* et *Gnogneblé* présentant des distributions bimodales de SFD (plantes tardives et précoces)

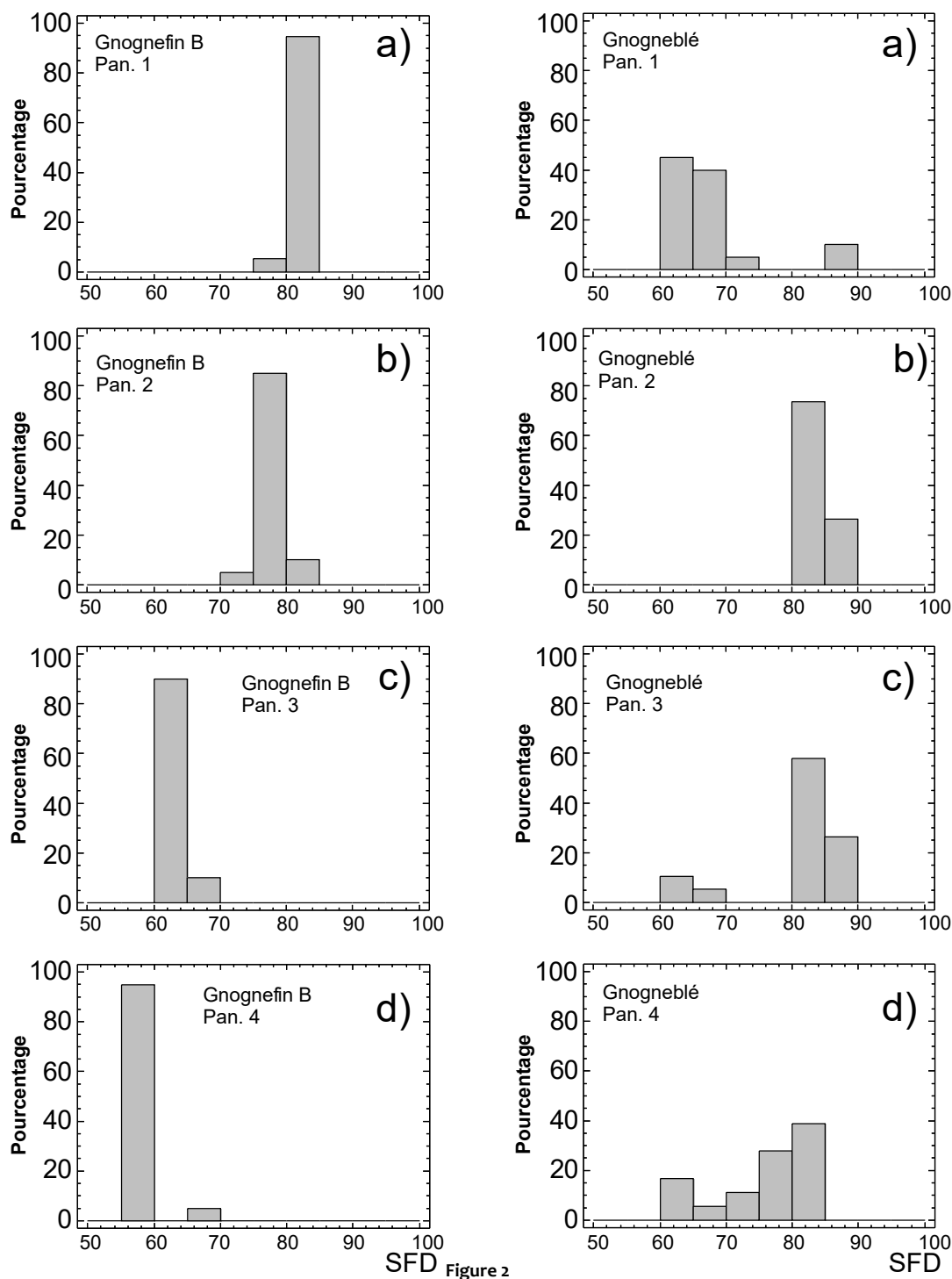


Figure 2 - Distribution SFD au sein de 4 panicules de la variété *Gnognefin B*. La distribution pour chaque panicule est homogène, soit précoce soit tardive.
 Figure 3 - Distribution SFD au sein de 4 panicules de la variété *Gnogneblé*. On observe une ségrégation sur SFD au sein des descendance de trois des panicules, ce qui indique qu'il s'agit de descendance de croisements entre *Jakumbé* et une variété locale

Étude des variétés de Kagnan

Le témoin *Jakumbé* issu de la recherche est précoce (SFD = 65 jours) et la distribution de SFD est unimodale pour les 2 dates de semis (Figures 4a et 4b). Il n'en est pas de même pour les différents échantillons de *Jakumbé* prospectés en champ paysan car parmi les huit champs identifiés par les paysans comme emblavés en *Jakumbé*, un seul champ présente des plantes uniformément précoces. Toutes les autres parcelles de *Jakumbé* présentent une distribution bimodale lorsque la variété a été semée tôt (Figure 4e), indicatrice de mélanges variétaux intervenus depuis la mise en culture de la semence d'origine.

Au total, 47 % des 19 champs étudiés sur le village de Kagnan

portent des mélanges de plantes précoces et tardives. Les distributions des SFD sont bimodales et similaires à celles décrites à Bouavéré. Toutefois, comme les panicules issues d'un même champ ont été battues en mélange, il n'est pas possible dans ce cas de distinguer les mélanges de variétés et les brassages génétiques.

L'essai de caractérisation ayant été réalisé selon deux dates de semis, le comportement photopériodique de chacune des descendance des variétés collectées en champ paysan a pu être étudié. L'effet de la date de semis sur la durée du cycle est faible pour le témoin *Jakumbé* (Figures 4a et 4b) dont le cycle se raccourcit de 6 jours, ce qui correspond à un coefficient de photopériodisme faible ($K_p = 0.19$). Cet effet est nettement plus marqué pour les variétés locales (Figures

4c et 4d) dont le cycle se raccourcit en moyenne de 21 jours, ce qui correspond à un coefficient de photopériodisme élevé ($K_p=0.68$).

Quelle que soit l'origine de la semence, la distribution des SFD au second semis prend toujours un aspect monomodal,

les précocités deviennent très semblables, ce qui explique la difficulté à identifier les mélanges variétaux en cas de semis tardif.

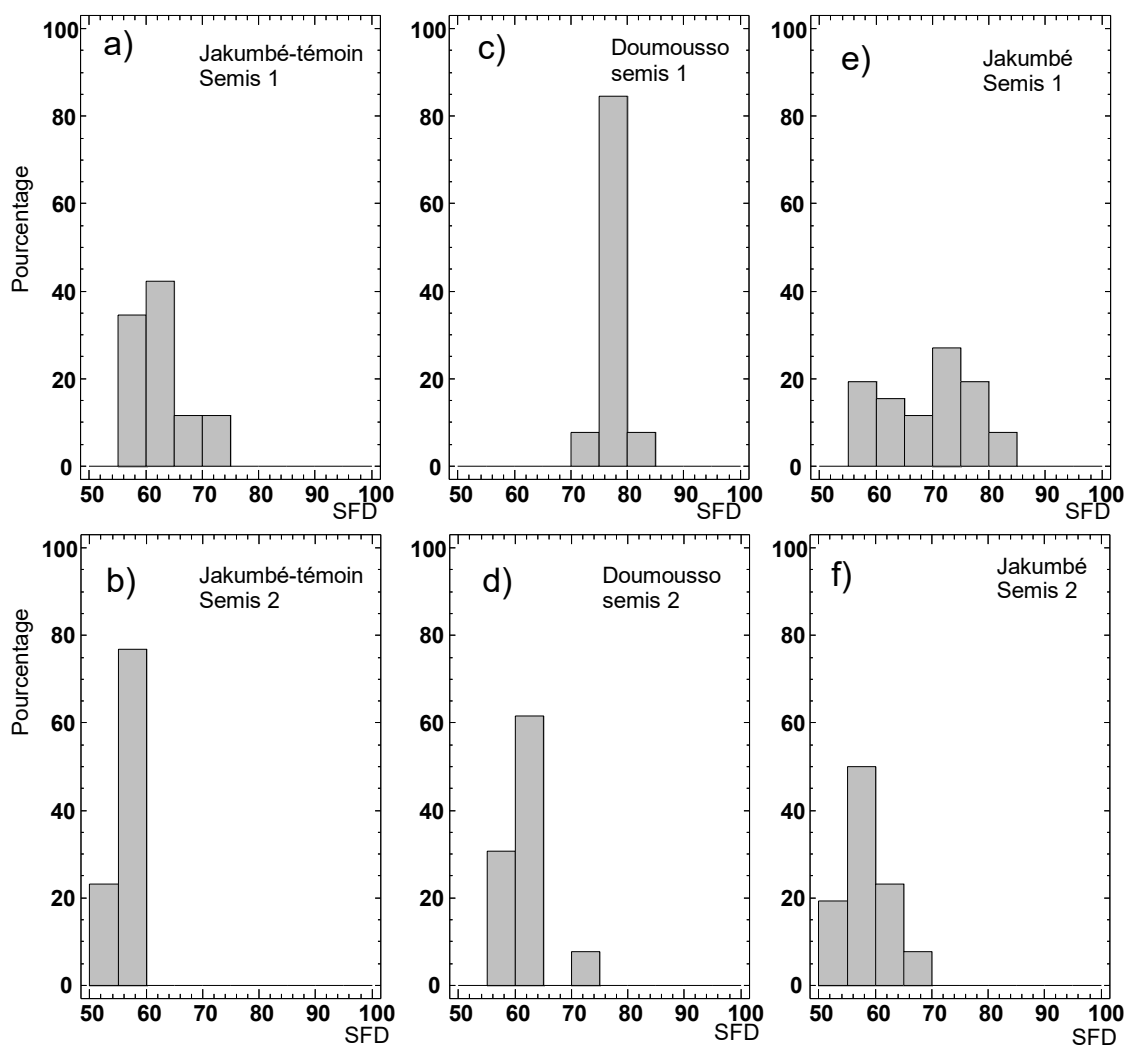


Figure 4 - Comparaison des distributions de SFD rencontrés dans quelques champs de Kagnan pour les deux dates de semis. a et b témoin *Jakumbé* uniformément précoce (SFD=63j et SFD = 57jours), c et d variété locale *Doumouso* uniformément tardive (SFD=77j et SFD =62j), e et f variété *Jakumbé* prospectée en champ paysan. La distribution bimodale pour le premier semis indique l'existence de mélanges variétaux.

Discussion et conclusion

La variété *Jakumbé* a été récemment introduite dans le milieu (1995 à Bouawéré et 2002 à Kagnan) et fortement diffusée ces dernières années à partir de la station de recherche agronomique de Cinzana. Les études antérieures n'avaient pas montré la présence de variétés aussi précoces que *Jakumbé* dans les zones de Bouawéré et Kagnan (IER, 1991; Bah, 2009).

Nos essais expérimentaux nous ont permis de montrer l'existence de mélanges variétaux dans un même champ: les plantes précoces observées proviendraient de *Jakumbé* tandis que les plantes tardives proviendraient des variétés locales. Les résultats de ces essais montrent qu'une faible proportion des champs peut être maintenant considérée comme composée uniquement de *Jakumbé* (11 % à Bouawéré comme à Kagnan) et que par contre, une grande proportion de champs est constituée de mélanges variétaux (71% à Kagnan et 46 % à Bouawéré).

L'existence de mélanges de variétés dans un même champ peut avoir des causes diverses :

- La précocité de *Jakumbé* devrait permettre de maintenir un certain isolement génétique mais lorsque le semis est réalisé tardivement, sa floraison devient synchrone avec celle des variétés locales, ce qui rend possible la réalisation d'intercroisements. Ce brassage expliquerait l'apparition de descendances hybrides avec une disjonction pour la précocité.
- Même si les semences et le grain de consommation sont généralement conservés séparément, les paysans prélèvent fréquemment un complément de semences dans leurs greniers où les panicules de même aspect peuvent se mélanger.

La diffusion rapide de *Jakumbé* dans la région de Ségou au Mali montre l'intérêt des paysans pour les nouvelles variétés proposées par la recherche. C'est un phénomène nouveau car les résultats antérieurs présentaient plutôt des taux d'adoption des variétés améliorées très faibles (Matlon, 1985; Stoop *et al.*, 1982; vom Brocke *et al.*, 2008). Le recours aux méthodes de sélection participative, le rôle actif donné aux paysans et l'implication de différents acteurs incluant les organisations paysannes, les structures privées et l'Etat favorisent certainement l'adoption des nouvelles variétés (Sanou *et al.*, 2014).

Cette diffusion rapide semble favorisée par la ressemblance morphologique de *Jakumbé* avec les variétés locales de type botanique guinea préexistantes dans le milieu. *Jakumbé* ressemble beaucoup à la variété locale *Gnognéblé* de Bouawéré et à la variété *Doubirou* de Kagnan. Les champs constitués d'un mélange de plantes précoces et tardives ne concernent que des variétés de type botanique guinea, qu'elles soient identifiées par les paysans comme locales ou non. La variété introduite *Jakumbé* s'intègre donc naturellement dans le milieu d'autant plus que les paysans ne sont pas toujours capables de la distinguer et pratiquent leur propre sélection de semences. Ainsi, le recyclage des semences de sorgho ainsi que les critères de sélection des agriculteurs individuels peut contribuer à une augmentation de plantes hors-type dans les agro systèmes Sahéliens (Deu *et al.*, 2014).

Les avis des agronomes sur l'intérêt de vulgariser des variétés plus précoces que les locales sont assez contradictoires. Le principal intérêt de la précocité est de permettre de faire face aux périodes de disette fréquentes avant la récolte principale de l'année (période de soudure). Les paysans disposent généralement de variétés précoces pour assurer l'approvisionnement de la famille pendant cette période. Ces variétés sont souvent moins productives et cultivées sur de petites parcelles proches du village pour faciliter la surveillance contre les oiseaux. Toutefois, les variétés précoces ne sont pas adaptées à la production principale pour de multiples raisons, principalement biotiques (Sissoko *et al.*, 2008). Si la maturité a lieu avant la fin de la saison des pluies, les moisissures altèrent le grain et affectent la qualité germinative des semences qui ne germeront pas l'année suivante (Luce, 1994).

Les paysans apprécient la précocité de *Jakumbé* et la destinent au créneau de semis retardés même si les paysans évitent généralement de retarder leurs semis après le début des pluies.

Les systèmes de culture traditionnels sont basés sur la rapidité du semis dès les premières pluies (Viguié, 1947, Soumaré *et al.*, 2008). Les semis précoces facilitent la maîtrise de l'enherbement par les paysans, évitent la pression de certains insectes (*Atherigona soccata*) et améliorent l'installation de la culture qui profite des pics d'azotes en début de la saison des pluies. Retarder volontairement le semis après le début des pluies correspond donc à une prise de risque important. De plus, on a vu (Figure 4) qu'en cas de semis tardif, la phénologie des différents types variétaux tend à se confondre, il n'y a donc pas de raison d'attendre un meilleur comportement de *Jakumbé* dans ces conditions.

Si l'on désire conserver le caractère de précocité de *Jakumbé*, le recours à des semences contrôlées semble nécessaire. Il faudrait aussi éviter de cultiver à proximité les champs portant des variétés précoces et tardives mais cette proposition semble très difficile à mettre en œuvre pour des variétés aussi semblables morphologiquement et serait probablement insuffisante comme le montrent des études récentes. Une étude conduite dans un village du Sud Mali a montré que les flux de gènes se faisaient préférentiellement en direction de la variété introduite de sorgho qui était de type morphologique différent des variétés locales (Deu *et al.*, 2014). Un résultat similaire a été obtenu dans un agrosystème traditionnel du Kenya (Labeyrie *et al.*, 2014), dans lequel les flux de gènes se faisaient aussi préférentiellement vers la variété introduite, morphologiquement proche des variétés locales mais s'en différenciant par la couleur du grain.

Notre étude a confirmé l'existence de flux de gènes des variétés locales vers la variété introduite mais aussi dans l'autre sens. Elle a de plus montré que la diffusion de *Jakumbé* entraînait la mise en culture d'une majorité de champs présentant des mélanges de plantes de précocités différentes. Cette situation est fortement déconseillée dans la région car susceptible de contribuer au développement d'un ravageur important du sorgho, la Cécidomyie (*Stenodiplosis sorghicola*). Les populations de Cécidomyie sont peu importantes au moment des premières floraisons mais augmentent régulièrement au cours du temps si l'insecte trouve de nouvelles floraisons pour se multiplier. Les dernières floraisons sont donc confrontées à une très forte population de Cécidomyie qui peut provoquer une destruction totale de la récolte. Les pullulations sont traditionnellement limitées par la mise en culture de variétés de type local dont la floraison est groupée (Etasse, 1977). Si au Burkina Faso, la Cécidomyie est considérée comme un ravageur essentiel du sorgho (Dakouo *et al.*, 2005), les dégâts causés par cet insecte sont, pour l'instant, considérés comme un problème mineur au Mali. Cependant, on peut craindre que la culture de mélanges variétaux provoque, à l'avenir, un développement de la Cécidomyie dans la zone de forte diffusion de *Jakumbé*.

Notre étude qui combine des résultats d'enquête et des caractérisations phénologiques nous permet de mieux caractériser et comprendre cette adoption et d'évaluer son impact dans l'agrosystème traditionnel, en particulier sur les variétés locales.

Le matériel fourni aux agriculteurs et brassé avec les variétés locales évoluera probablement de façon dynamique en équilibre avec l'environnement (climat, pression phytosanitaire, sol) favorisant l'apparition de nouvelles variétés populations mieux adaptées à l'environnement que la variété vulgarisée *Jakumbé*. Nos résultats permettent de prendre date de l'état actuel de la diffusion de *Jakumbé* et pourront servir de référence pour des suivis ultérieurs.

Bibliographie

Abdulai, A.L., Kouressy, M., Vaksman, M., Asch, F., Giese, M. and Holger, B., 2012. Latitude and Date of Sowing

- Influences Phenology of Photoperiod-Sensitive Sorghums. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198(5): 340-348
- Bah, A., 2009. Etude de la durée du cycle de 49 variétés de sorgho provenant de cinq zones agroclimatiques différentes du Mali., l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, 77 pp
- Chantereau, J., Deu, M., Pham, J.L., Kapran, I., Vigouroux, Y. and Bezançon, G., 2010. Evolution des diversités phénotypique et génétique des sorghos et mils cultivés au Niger de 1976 à 2003. *Le sélectionneur français*, 61: 33-45
- Clerget, B., Rattunde, H.F.W., Dagnoko, S. and Chantereau, J., 2007. An easy way to assess photoperiod sensitivity in sorghum: Relationships of the vegetative-phase duration and photoperiod sensitivity, *SAT eJournal*
- Dakouo, D., Trouche, G., Malick, N.B., Neya, A. and Kaboré, K.B., 2005. Lutte génétique contre la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis sorghicola* : une contrainte majeure à la production du sorgho au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, 14(2) : 201-208
- Dancette, C., 1983. Besoins en eau du mil au Sénégal. *Adaptation en zone semi-aride tropicale*. *Agronomie Tropicale*, 38(4): 267-280
- Deu, M., Weltzien, E., Calatayud, C., Traoré, Y., Bazile, D., Gozé, E., Trouche, G. and vom Brocke, K., 2014. How an improved sorghum variety evolves in a traditional seed system in Mali: Effects of farmers' practices on the maintenance of phenotype and genetic composition. *Field Crops Research*, 167:131-142
- Dingkuhn, M., Kouressy, M., Vaksman, M., Clerget, B. and Chantereau, J., 2008. A model of sorghum photoperiodism using the concept of threshold-lowering during prolonged appetence. *European Journal of Agronomy*, 28: 74-89
- Etasse, C., 1977. Synthèse des travaux sur le sorgho. *Agronomie Tropicale*, 32(3): 311-318
- Folliard, A., Traoré, P.C.S., Vaksman, M. and Kouressy, M., 2004. Modeling of sorghum response to photoperiod: a threshold-hyperbolic approach. *Field Crops Research*, 89: 59-70
- IER, 1991. *Projet Sol Eau Plante - Résultats de la campagne 1990-1991*, Institut d'Economie Rurale
- Ingram, K.T., Roncoli, M.C. and Kirshen, P.H., 2002. Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural Systems*, 74(3): 331-349
- Kouressy, M., Dingkuhn, M., Vaksman, M. and Heinemann, A.B., 2008a. Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(3): 357-371
- Kouressy, M., Traoré, S.B., Vaksman, M., Grum, M., Maikano, I., Soumaré, M., Traoré, P.S., Bazile, D., Dingkuhn, M. and Sidibé, A., 2008b. Adaptation des sorghos du Mali à la variabilité climatique. *Cahiers Agricultures*, 17(2): 95-100
- Labeyrie, V., Deu, M., Barnaud, A., Calatayud, C., Buiron, M., Wanbugu, P., Manel, S., Glaszmann, J.C. and Leclerc, C., 2014. Influence of Ethnolinguistic Diversity on the Sorghum Genetic Patterns in Subsistence Farming Systems in Eastern Kenya. *Plos One*, 9 (3): e92178
- Lacy, S.M., Cleveland, D.A. and Soleri, D., 2006. Farmer Choice of Sorghum Varieties in Southern Mali. *Human Ecology*, 34(3): 331-353
- Luce, C., 1994. Influence des conditions de production des semences de sorgho sur la levée au champ. *Agriculture et Développement*, 1: 43-46
- Matlon, P.J., 1985. A critical review of objectives, methods and progress to date in sorghum and millet improvement: Case study of ICRISAT/Burkina Faso. In: U.d. Purdue (Editor), *Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'ouest*, pp. 181-211
- Sanou, A., Adam, M., vom Brocke, K. and Trouche, G., 2014. Enquêtes sur l'adoption et la diffusion de variétés de sorghos issues de la sélection participative dans les régions Centre-Nord et Boucle du Mouhoun. *INERA*, 43 pp
- Sissoko, S., 2011. *Vulnérabilité et stratégies d'adaptation paysannes aux contraintes climatiques et socio-économiques*. Master, Université de Bamako, 107 pp
- Sissoko, S., Doumbia, S., Vaksman, M., Hocdé, H., Bazile, D., Sogoba, B., Kouressy, M., Vom Brocke, K., Coulibaly, M.M., Touré, A. and 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
- Sivakumar, M.V.K., 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42(4): 295-305
- Soumaré, M., Kouressy, M., Vaksman, M., Maikano, I., Bazile, D., Traoré, P.S., Traoré, S., Dingkuhn, M., Touré, A., Vom Brocke, K., Somé, L. and Barro Kondombo, C.P., 2008. *Prévision de l'aire de diffusion des sorghos photopériodiques en Afrique de l'ouest*. *Cahiers Agricultures*, 17(2): 160-164
- Stoop, W.A., Pattanayak, C.M., Matlon, P.J. and Root, W.R., 1982. Stratégie pour augmenter la productivité de l'agriculture de subsistance dans les zones tropicales semiarides de l'Afrique de l'Ouest. Article occasionnel n°1. *ICRISAT. Programme de coopération internationale*, pp. 17
- Swaminathan, M.S., 2006. *An Evergreen Revolution*. *Crop Science*, 46(5): 2293-2303
- Traoré, S.B., Reyniers, F.-N., Vaksman, M., Koné, B., Sidibé, A., Yoroté, A., Yattara, K. and Kouressy, M., 2000. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos du Mali. *Sécheresse*, 11(4): 227-237
- Vaksman, M., Traoré, S.B. and Niangado, O., 1996. Le photopériodisme des sorghos africains. *Agriculture et Développement*, 9: 13-18
- Viguier, P., 1947. *Les Sorghos et leur culture au Soudan Français*. Grande Imprimerie de Dakar, 80 pp

Vom Brocke, K., Trouche, G., Zongo, S., Abdramane, B., Barro-Kondombo, C.P., Weltzien, E. and Chantereau, J., 2008. Création et amélioration de populations de sorgho à base large avec les agriculteurs au Burkina Faso. Cahiers Agricultures, 17(2): 146-153.