

Évolution des pratiques et dynamique des territoires

Gestion spatiale de la diversité variétale en réponse à la diversité écosystémique : le cas du sorgho [*Sorghum bicolor* (L) Moench] au Mali

Didier Bazile¹
Mamy Soumare²

¹ Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement (Cirad),
BP 1813,
Bamako,
Mali
<didier.bazile@cirad.fr>

² Unité SIG et télédétection,
Institut d'économie rurale (IER),
Bamako,
Mali
<mamy.soumare@ier.ml>

Résumé

En Afrique subsaharienne, l'évolution des systèmes de production est très liée à la demande d'intensification qui entoure la culture du coton. Le maïs se développe dans ce contexte avec une amélioration de l'équipement, un accroissement des apports d'intrants et l'utilisation de cultivars à hauts rendements. La faible productivité des céréales locales explique le désintérêt des paysans pour le sorgho dont le nombre de variétés a diminué de plus de 60 % dans le sud du Mali sur les 20 dernières années. Pourtant, cette richesse variétale permet de mettre en valeur l'ensemble de l'agroécosystème et notamment les milieux à fortes contraintes agricoles. De plus, le caractère de photopériodisme conservé dans les écotypes locaux de sorgho favorise le synchronisme entre la longueur du cycle cultural et les limites de la saison des pluies. Trois zones ont été retenues sur un transect nord-sud passant par Koutiala pour étudier les pratiques paysannes. Le suivi de 182 parcelles représentant la diversité des modes d'exploitation du milieu (combinaisons des choix de variétés par type de sol) a servi de base à notre réflexion sur la valorisation de la diversité écosystémique par le paysan. La structuration et la spatialisation des informations récoltées avec un système d'information géographique (SIG) montrent comment cet outil peut aider l'agronome dans sa représentation d'une exploitation et contribuer à améliorer son diagnostic.

Mots clés : Ressources naturelles et environnement ; Productions végétales

Summary

**Farmers' valuation of the genetic diversity (*Sorghum bicolor* (L) Moench).
Spatial applications in response to given agro-ecosystems: The case of Mali**

This research is undertaken in the high-risk environment of poor farmers where agricultural biodiversity is crucial and people are always aiming to be more efficient in their use of the natural resource base. Hence, maximising the contribution of agricultural biodiversity to sustainable livelihoods involves strengthening human and social capital in ways that support the management of the natural capital, including plant genetic resources. In addition to earth sciences, social sciences as well as geographical studies can contribute a great deal to a better understanding of the subtle relationship between mankind and its environment: interdisciplinary study has proven to be an invaluable tool. This research deals with the structure of society, the way the farmers act, where and how decisions are made. Using a scaling-up methodology and a systemic approach, data was gathered and processed in a suitable spatial framework. The main purpose was to try to understand how farmers have managed genetic resources, as well as to explain the strategy of the farm units. Indications of biodiversity loss for sorghum are sharply weaker in the North (25%) than in the South (60%) of Mali. The strong erosion in the South is correlated with the penetration of the maize in cropping systems which is gradually getting more important than sorghum in farms. The use of the genetic diversity provided by local varieties is perceived as a factor of adaptability (rusticity) in the agroecosystem. The photoperiodism maintained in sorghum local varieties encourages the synchronism between the length of the cultural cycle and the end of the rain season. The strategy of a farmer who uses these local varieties is above all an anti-unpredictable strategy, which ensures food self-sufficiency for the family. Sorghum can be sowed during more than two

Tirés à part : D. Bazile

months against only one week for cotton. The follow-up of 165 farms representing different modes of exploitation of the environment was fundamentally useful in understanding farmers' valuation of the diversity of given agro-ecosystems (combinations of the choices of species and varieties showed by types of soils). The results show that a Geographical Information System (GIS) is an important tool in providing new kinds of information (abundance, ecology) that facilitate the analysis for the conservation of biodiversity in a way that will significantly help improve classification. Structuring and geo-referencing harvest information through GIS assists the agronomist in understanding the spatial organisation of the farming system and, consequently, contributes to an improved diagnosis for farmer's valuation and use of agrobiodiversity. The spatialization of data will bring about a new diagnosis and new, searching questions to be asked. Thus, we develop a working hypothesis about the special characteristics of the sorghum seed system, which is to simultaneously integrate different functions such as genetic resources conservation, variety breeding and applications in response to ecosystem diversity. The conclusions of this research are a contribution of spatialization to the study of agricultural biodiversity and the management of genetic resources among cultivated plants in traditional communities. The objectives specify at first the characterization of sorghum ecosystems with the establishment of spatially relevant information systems for the natural environment. In this capacity, we initiated an ecosystem approach for agricultural biodiversity management.

Keywords: Natural Resources and Environment; Vegetal Productions

En Afrique sub-saharienne, l'augmentation de la production agricole est nécessaire pour satisfaire une demande alimentaire de la population qui s'accroît. Jusqu'à présent l'augmentation de la production céréalière dans les pays d'Afrique de l'Ouest résulte surtout de l'extension des surfaces cultivées. En raison de la faible productivité des variétés locales, les agriculteurs se tournent vers le maïs qui valorise mieux les intrants et permet de doubler la production à l'hectare lorsque la pluviosité n'est pas un facteur limitant. Cette culture est devenue la céréale dominante au sud de la zone cotonnière du Mali depuis moins d'une décennie. Son développement concurrence fortement les céréales traditionnelles et contribue à une forte érosion variétale des sorghos avec une disparition de plus de 60 % des écotypes dans le sud [1].

L'activité humaine, et en particulier agricole, est souvent perçue comme un facteur de dégradation de l'environnement. Pourtant, la diversité variétale entretenue par des générations de paysans offre l'occasion d'exploiter différents faciès du milieu. Il existe donc un côté positif dans ces activités liées à la conservation de variétés traditionnelles adaptées à des niches écologiques (ou microenvironnements).

La spatialisation des informations sur les variétés traditionnelles issues d'une prospection apporte de nouveaux éléments

pour la caractérisation de l'agrobiodiversité. Un suivi des campagnes agricoles 2002 et 2003 sur trois villages du Sud-Mali nous a permis de participer à la caractérisation agromorphologique des variétés locales avec un accent mis sur la phénologie et la longueur du cycle. La connaissance des surfaces emblavées par variété permet d'apporter des éléments nouveaux sur la structuration de la biodiversité. Le présent article s'intéresse à la gestion spatiale des variétés par les paysans en référence à la diversité des sols [2]. L'analyse de la place des variétés dans les rotations culturales et des échanges de variétés n'est pas traité dans le présent article où les auteurs s'intéressent aux limites rencontrées lors de la collecte de variétés pour constituer des collections *ex situ* qui puissent refléter la richesse variétale existante et son utilisation spatiale.

Contexte de l'agriculture en zone de savane

L'économie malienne est essentiellement liée à la production agricole dont les récoltes subissent de plein fouet les effets de l'irrégularité des pluies. L'agriculture est soumise aux aléas climatiques qui causent des fluctuations dans la produc-

tion vivrière, rendant difficile les planifications et pouvant entraîner lors des années les plus difficiles, un important déficit alimentaire. Ce n'est pas tant la baisse de la pluviosité, avec les modifications récentes du climat, que l'irrégularité des pluies qui cause des problèmes.

La majeure partie de la production provient de petites exploitations (10 à 15 hectares) pratiquant une agriculture de subsistance. L'agriculture itinérante sur brûlis reste encore pratiquée dans les zones du Mali où la densité de la population demeure faible (< 30 habitants au km²). Les périodes de jachère sont en général le double des phases de culture. Technique longtemps pratiquée, cette forme d'agriculture extensive est aujourd'hui remplacée par une agriculture quasi permanente pour les grandes régions productrices [3]. Cette évolution est surtout liée à la pression démographique qui entraîne une saturation agricole des terroirs avec une nécessité accrue d'intensifier les pratiques agricoles.

En 1998, les céréales représentaient les 2/3 de la surface nationale cultivée. L'essentiel est autoconsommé par la famille et seulement 15 à 20 % de la production est vendue sur le marché. Ainsi, même au cœur de la zone cotonnière du Sud-Mali, l'agriculture reste basée sur les céréales traditionnelles, mil et sorgho, et elle est complétée par les cultures de coton et de maïs qui ne dépassent pas 50 % de l'assolement. Le niveau d'équipement déter-

mine la capacité de l'exploitation à étendre sa surface cultivée pour produire au-delà de la simple satisfaction des besoins alimentaires. Différentes stratégies sont développées pour répondre aux besoins monétaires nécessaires aux investissements en matériel et en bœufs de labour [4]. La culture du coton est la stratégie la plus répandue, mais la sensibilité au stress hydrique des plantes, le fort besoin de main-d'œuvre, le coût élevé des intrants et la fluctuation des cours mondiaux du coton modèrent l'intérêt des paysans pour cette culture. C'est pourquoi le maïs constitue une alternative à la rente cotonnière et il pénètre de plus en plus la zone sud du Mali, avec un triple rôle de sécurité alimentaire, de soudure¹ et de rente. Mais les céréales

traditionnelles, mil et sorgho, restent souvent mieux adaptées et plus rentables pour les petites exploitations que le maïs. En effet, leur culture est caractéristique d'une agriculture à faible niveau d'intrants, ce qui limite au maximum les charges [5]. Elles dominent dans l'assolement tant que le risque hydrique est trop élevé pour le maïs où elles poursuivent un objectif de sécurité alimentaire strict.

Différenciation des systèmes de culture à base de sorgho du nord au sud

Dans la zone cotonnière du Sud-Mali, le niveau de concurrence entre les céréales traditionnelles (mil-sorgho) et le maïs permet distinguer quatre zones agroécologiques (figure 1). La culture du maïs est très ancienne dans la région de Bougouni au sud-est du pays. Les précipitations moyennes annuelles y sont élevées : de l'ordre de 1 100 à 1 400 mm. Le maïs domine l'assolement et sa culture dépasse nettement celle du sorgho.

À Sikasso, sous une pluviosité identique, on note une diversité de systèmes de culture avec la présence de nombreux tubercules (igname, patate douce, taro, pomme de terre, etc.). Malgré un milieu favorable au maïs, le sorgho reste important dans les exploitations, principalement pour des raisons de préférence alimentaire et pour des aspects culturels. Néanmoins, la pénétration du maïs est très visible dans les assolements depuis 5 ans et, par endroit, il est désormais plus cultivé que le sorgho et le mil.

Plus au nord, dans les régions de Fana et de Koutiala, la culture du maïs présente un risque hydrique (pluviosité de l'ordre de 900 mm par an). C'est pourquoi sa pénétration reste modérée dans les exploitations. De plus, celle-ci ne semble pas s'être faite au détriment du sorgho qui est majoritaire dans les assolements. Dans la région de San, avec une pluviosité moyenne de 700 mm, le maïs occupe peu de place par rapport au sorgho. Seuls des cultivars précoces sont semés dans les champs de case pour la période de soudure. Il s'agit de petites parcelles d'environ un demi hectare, fortement amendées avec le fumier de ferme.

¹ On parle de « céréale de soudure » lorsque la récolte est très précoce et permet soit de pallier des besoins financiers avant la récolte du coton, soit de fournir une production agricole consommée immédiatement par la famille. Le maïs est récolté dès le mois d'août alors qu'il faut attendre le 15 novembre pour les céréales traditionnelles.

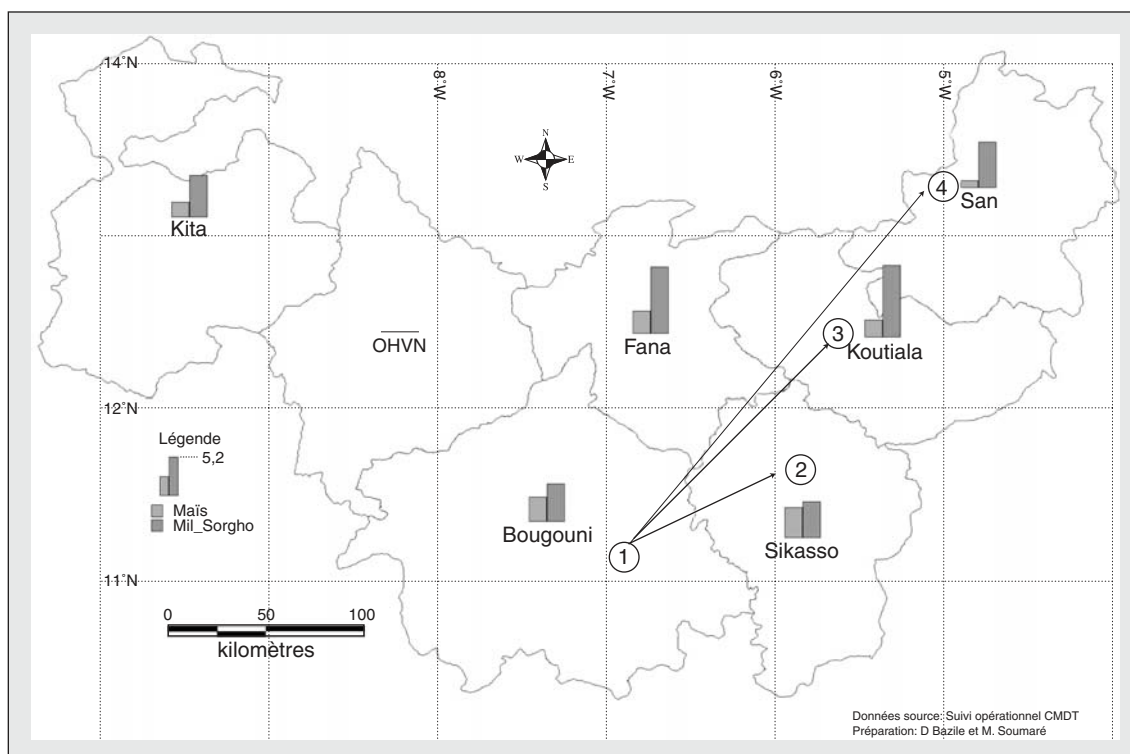


Figure 1. Extension de la culture du maïs à partir de la région de Bougouni illustrée par la distribution comparée des surfaces de maïs et de mil-sorgho en hectares par exploitation.

Figure 1. Diffusion of maize crop starting from the Bougouni areas, South-East Mali.

Dispositif d'étude : caractériser contraintes et potentialités du milieu

Trois zones (San, Koutiala et Sikasso) ont été retenues sur un transect nord-sud passant par Koutiala pour étudier les pratiques paysannes relatives aux cultures céréalières (exclusivement maïs et sorgho). La pluviosité est certainement le facteur limitant le plus important de l'agriculture malienne : c'est pourquoi la caractérisation de la saison des pluies est un élément majeur de la connaissance d'une zone géographique.

L'arrivée des pluies en début de saison est très aléatoire alors qu'elle conditionne la préparation du sol pour les semis. Contrairement à la forte variabilité du démarrage des pluies, la fin de la saison des pluies est assez fixe en un lieu donné (figure 2) [6]. Un retard du début de saison des pluies réduit la durée de la saison et limite la pluviosité annuelle disponible pour les cultures. Un décalage dans le début des pluies modifie alors considérablement les potentialités agricoles d'une zone et oblige le paysan à bien connaître le cycle cultural des variétés.

Les trois zones d'étude représentent bien ce gradient climatique nord-sud avec un décalage dans le début moyen de la saison des pluies qui conditionne une diminution globale de la durée de la saison. Sikasso, avec un début moyen de saison des pluies le 20 mai, présente une durée moyenne de 145 jours, contre 96 jours à San avec un début moyen de saison le 20 juin. Cela conduit à une différence de 40 % de la pluviosité moyenne annuelle.

Vers une typologie du système de culture céréalier

Un village représentatif de chacune des zones a été proposé par les organisations paysannes partenaires du projet « Agrobiodiversité du sorgho au Mali et au Burkina-Faso » Cirad-IER-Inera (FFEM/AFD). Plusieurs variables sur la structure de l'exploitation ont été relevées de manière exhaustive dans chaque village (165 exploitations) en mai 2002 : composition de la population, importance de l'élevage, niveau d'équipement et système de culture [7]. Les surfaces en maïs sont significativement différentes entre les trois villages retenus pour représenter les zones agroécologiques contrairement aux surfaces en sorgho (tableau 1). La surface cultivée en maïs par exploitation augmente fortement du nord au sud (de

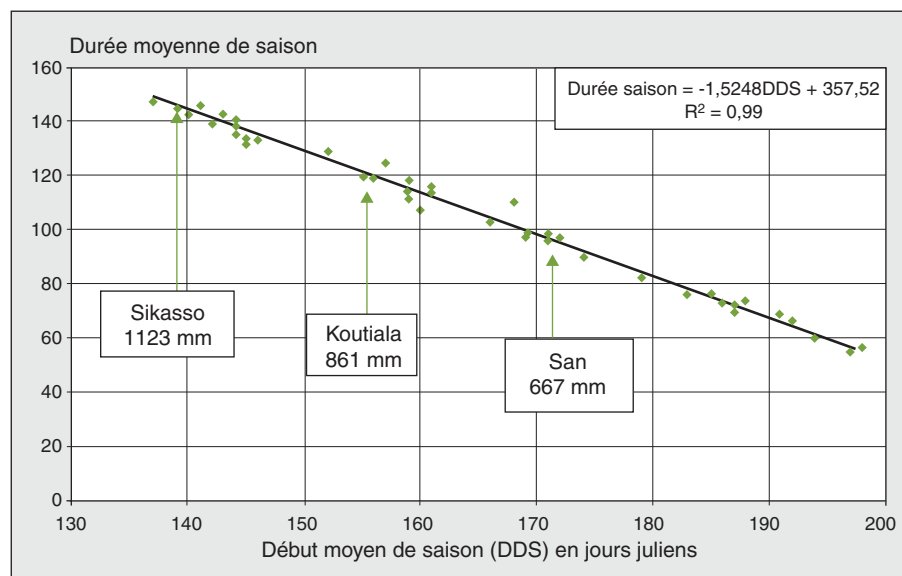


Figure 2. Relation entre la date de début et la durée de la saison des pluies. Moyennes 1969-1998 [6].

Figure 2. Relation between duration and start of the rain season, 1969-1998 [6].

0,22 hectare à 4,82 hectares) alors que la surface cultivée en sorgho ne varie pas de façon significative (1,96 hectare à 2,64 hectares). L'accroissement des surfaces de maïs vers le sud confirme la relation étroite entre l'aire d'extension du maïs et la pluviosité. Ainsi, le maïs domine très nettement dans l'assolement au sud puisque les paysans de Kanian (nord) ne sèment qu'un dixième d'hectare de maïs par hectare de sorgho, alors qu'à Siramana (sud) on note presque 3 hectares de maïs semés par hectare de sorgho. Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a permis de caractériser les systèmes de production. La construction de la typologie est fortement orientée sur

la place du sorgho dans le système de culture et les facteurs du système de production liés à cette culture (population, équipement, cheptel et cultures) [8-11]. L'accès aux terres cultivables, l'âge du chef d'exploitation, le niveau d'équipement et l'importance accordée à la culture du mil et du sorgho ont principalement séparé les exploitations en groupes. Les types de systèmes de production mis en évidence par l'AFC ont servi de base à l'échantillonnage des exploitations afin de prendre en compte cette diversité de situations (tableau 2). Le cadastre du parcellaire 2002 de chaque exploitation retenue dans l'échantillon a été levé sur le terrain avec un GPS (Global

Tableau 1. Analyse de variance sur les superficies moyennes en maïs et en sorgho dans chaque village

Table 1. ANOVA on cultivated areas of maize and sorghum in each village

Village	Exploitations	Surface en maïs ^a (ha)			Surface en sorgho ^a (ha)
		1	2	3	1
Kanian (nord, zone de San)	35	0,22 ^b			1,96 ^b
Kaniko (centre, zone de Koutiala)	91		2,05 ^b		2,00 ^b
Siramana (sud, zone de Sikasso)	39			4,82 ^b	2,64 ^b

^a Sous-ensemble homogène pour alpha = 0,5 ; ^b Moyenne des groupes des sous-ensembles homogènes.

Tableau 2. Dispositif de suivi de la culture du maïs et du sorgho par échantillonnage des types d'exploitation

Table 2. Data sample for the study of the diversity of situations for sorghum cultivation

Villages	Total exploitations	Échantillon d'exploitations	Parcelles suivies en maïs	Parcelles suivies en sorgho
Kanian (San)	35	18	4	31
Kaniko (Koutiala)	91	34	50	42
Siramana (Sikasso)	39	21	32	23
Total	165	73	86	96

Positioning System). Conjointement à la levée topographique des parcelles, nous avons suivi de juin à décembre l'itinéraire technique de 182 parcelles de sorgho et de maïs en retenant, par exploitation, toutes les combinaisons existantes de variétés par type de sol.

Une agriculture très dépendante de la pluviosité

Relations entre sorgho photopériodique et main-d'œuvre

Le développement des sorghos dépend surtout de la température et de la photopériode (durée du jour). Le sorgho est une plante de jours courts car la floraison ne se produit que si la photopériode est inférieure à une certaine valeur, dite photopériode critique. Si l'aptitude à fleurir est acquise dès la phase juvénile, la différenciation florale est dépendante de la production d'hormones photosensibles contrôlées par la photopériodicité journalière [12]. Le photopériodisme du sorgho permet la synchronisation de la floraison avec la fin de la saison des pluies [13]. Ce caractère des variétés locales constitue une adaptation essentielle à la variabilité climatique car la plante modifie la longueur de son cycle et valorise ainsi la totalité de l'eau reçue durant la saison de pluies. Au Mali, la saison agricole se déroule de mai à octobre. La variation de la durée du jour est faible à cause de la proximité de l'équateur. Toutefois, les sorghos locaux sont très sensibles et leurs cycles peuvent être modifiés par de très

faibles variations de la photopériode. Ainsi, en fonction de la date de semis, la durée du cycle pour une même variété peut aller de 90 à 170 jours. Cette souplesse du sorgho par rapport au maïs s'exprime dans la relation entre la date de semis et la durée semis-épiaison (figure 3). La durée du cycle de maïs est presque fixe, quelle que soit la date de semis.

En un lieu donné, l'incertitude principale du paysan pour semer concerne la date d'installation des pluies. Si la saison démarre tardivement, le temps consacré à la préparation du sol et au semis sera plus court : c'est pourquoi les surfaces semées seront réduites, ou moins bien préparées, et cela entraînera très certainement une diminution de la production. En zone à

risque de sécheresse, cette plasticité des dates de semis du sorgho rend possible la pratique traditionnelle du semis précoce dès les premières pluies avec les conséquences suivantes :

- une meilleure alimentation azotée en raison de la minéralisation rapide de la matière organique ;
- une meilleure maîtrise des adventices, car les sarclages démarrent plus tôt et la culture concurrence leur développement ;
- une meilleure protection du sol contre les fortes pluies d'août grâce à une bonne couverture du sol par la plante ;
- et enfin, une seconde chance pour les semis si le premier échoue [12].

Une palette de variétés adaptées aux terroirs de l'exploitation

La stratégie paysanne consiste à semer le maïs [et le coton] très tôt sur les terres les plus fertiles car il pourra alors être consommé pendant la période de soudure. Les semis du sorgho sont ensuite étalés sur plus de deux mois lorsque les entretiens du maïs et du coton le permettent (figure 4). Le maïs reçoit de l'engrais et les meilleurs soins afin de tendre vers le potentiel de production des variétés améliorées. Sur les terres à fortes contraintes agricoles, où le maïs et le coton ne peuvent pas pousser, le sorgho est cultivé sans aucun intrant. La rusticité du sorgho

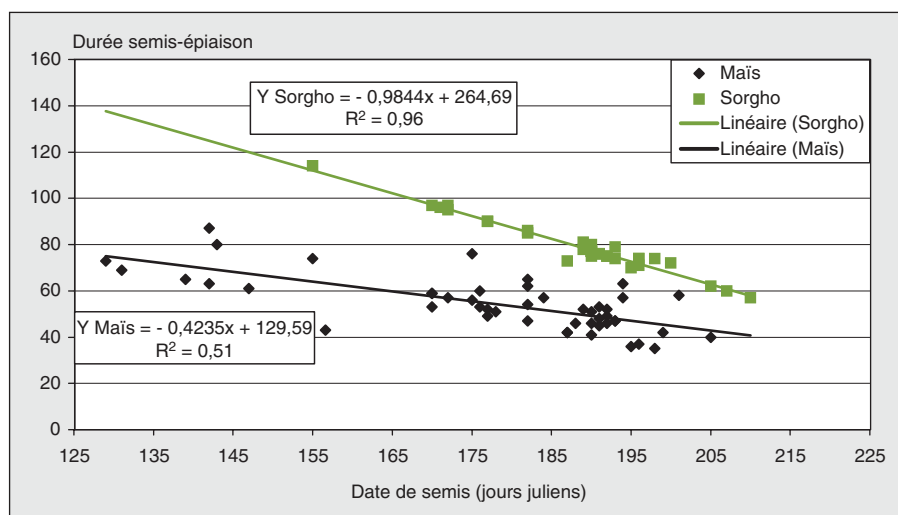


Figure 3. Effet de la date de semis sur la réduction de la durée semis-épiaison du sorgho photopériodique à Kaniko (Koutiala), 2002.

Figure 3. Impact of an early sowing date on the reduction of the sowing-emergence phase of photoperiodic sorghum at Kaniko (Koutiala), 2002.

devient alors un facteur de sa marginalisation sur les terres pauvres. Le temps de travail à l'hectare est même divisé par deux entre maïs et sorgho dans le village de Siramana. Pourtant, la forte productivité des cultivars modernes de maïs est soumise à des exigences au niveau de la pluviométrie, de la fertilité de la parcelle et de l'itinéraire technique. La rusticité du sorgho se retrouve donc aussi dans une distribution moins étendue des rendements (+/- 150 kg.ha⁻¹) que celle du maïs (+/- 500 kg.ha⁻¹) [5]. Pour s'adapter à ces conditions difficiles, le paysan dispose au sein du village d'une large palette de variétés de sorgho échangées gratuitement qui lui permet de semer l'écotype le plus adapté à chaque terroir de son exploitation agricole (figure 5). La variété *seguetana* est cultivée pour sa résistance à une plante parasite, le striga : c'est pourquoi elle est cultivée sur tous les types de sols du village. À l'opposé, la variété tardive *kalla gnigue* est semée sur des sols sablo-limoneux profonds, à bonne réserve hydrique de fin de saison (*guéchien*) ou argileux (*bogo*) mais sans risque d'hydromorphie. Pour ces multiples

raisons, le sorgho est utilisé dans les stratégies anti-aléatoires pour assurer la sécurité alimentaire de la famille. Le

paysan ne vise pas des rendements élevés mais la stabilité qui garantit le remplissage de ses greniers.

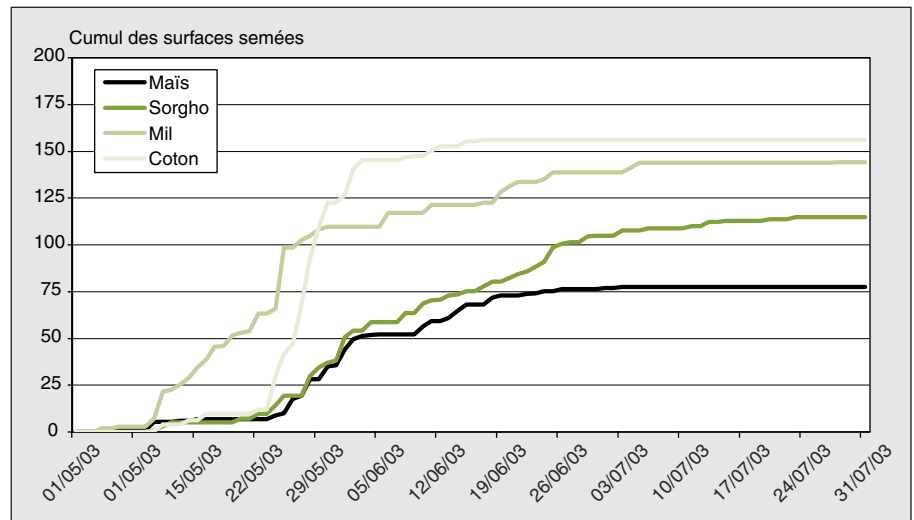


Figure 4. Installation des cultures en 2003 à Kaniko (Koutiala).

Figure 4. Crops sowing at Kaniko (Koutiala) in 2003.

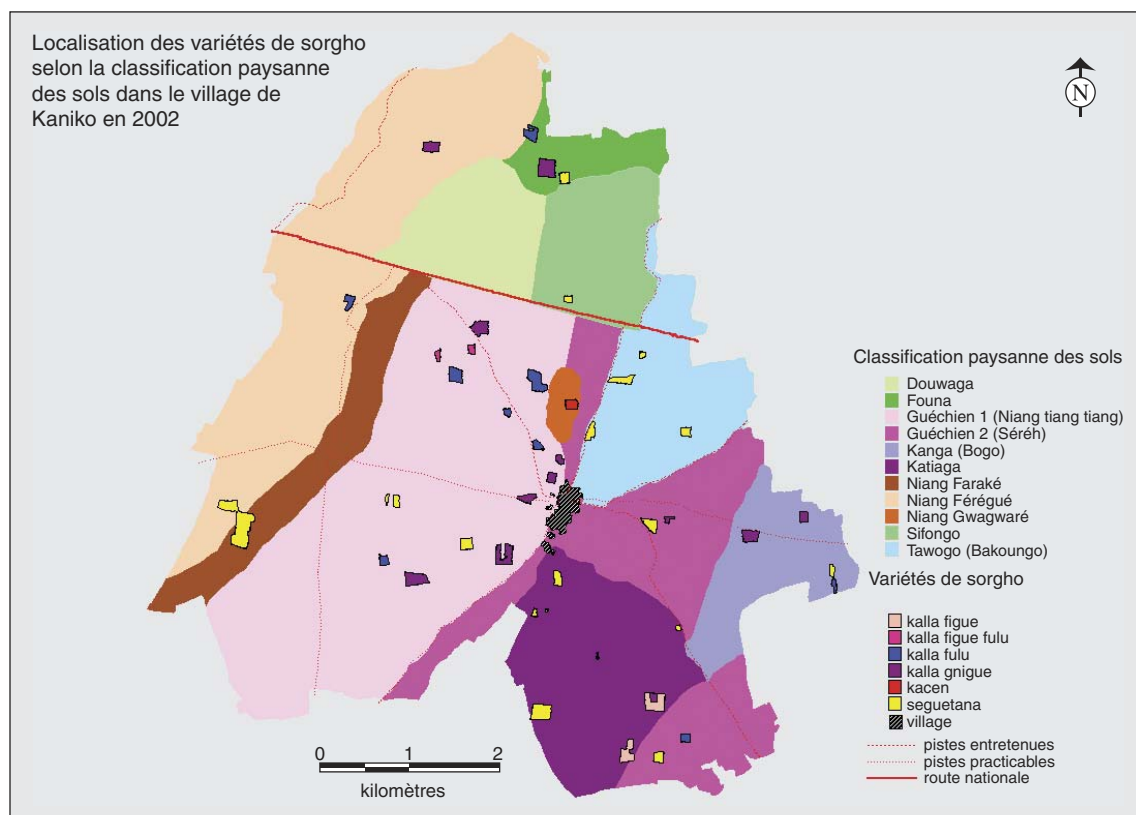


Figure 5. Répartition des variétés de sorgho par sous-terroirs paysans, 35 paysans, Kaniko, 2003.

Figure 5. Local sorghum varieties associated with given local agroecosystems, 35 farmers, Kaniko, 2003.

Vers une spatialisation de la biodiversité

Au-delà de la liste de variétés d'un village d'une prospection classique, le système d'information géographique (SIG) fournit des surfaces précises qui permettent de comparer l'importance des variétés les unes par rapport aux autres. Les superficies cultivées sont un outil supplémentaire pour caractériser les écotypes locaux dont l'aire de distribution géographique correspond souvent à une petite région naturelle (10 à 20 villages réunis autour d'un marché hebdomadaire). Les profils de distribution spatiale de la diversité variétale d'un village offrent un nouvel outil à l'agronome pour évaluer le risque d'érosion de la biodiversité (figure 6). L'exemple du village de Kanian est frappant puisque sur les 11 variétés de la prospection de mai 2002, seules 3 sont présentes dans les assolements 2002. Parmi ces 3 variétés, la première (*doubirou*) occupe 61 % des surfaces et la seconde (*doumousson*) 32 %. Suite à ces premiers résultats, un suivi des semis de sorgho sur cinq ans a été initié en 2003 dans 8 villages pour caractériser les échanges intra- et extra-villageois. Ces derniers sont essentiels pour comprendre les mécanismes de la conservation *in situ* des variétés de sorgho par les paysans. Pour appréhender les stratégies et les choix paysans, il est nécessaire d'avoir une meilleure représentation spatiale de leur agroécosystème pour caractériser les modes de culture du sorgho en fonction des différentes situations environnementales d'un village. Un travail de diagnostic participatif a permis d'établir la classification paysanne des sols et de la cartographie grâce à des relevés sur le terrain au GPS. La texture, la profondeur du sol et les contraintes hydriques par culture sont les éléments majeurs de la détermination des unités de sols par les paysans. Grâce à l'outil SIG, il devient possible de superposer le parcellaire des exploitations agricoles aux unités de sol préalablement identifiées. Sur cette base, une meilleure connaissance de la localisation des parcelles dans l'agroécosystème villageois est un atout pour le suivi de l'itinéraire technique des parcelles de maïs et de sorgho ; les comparaisons sont alors établies en connaissance de cause soit sur des situations similaires, soit sur des situations contrastées (figure 5). Cette information est directement utilisée par les agronomes et les sélectionneurs pour le

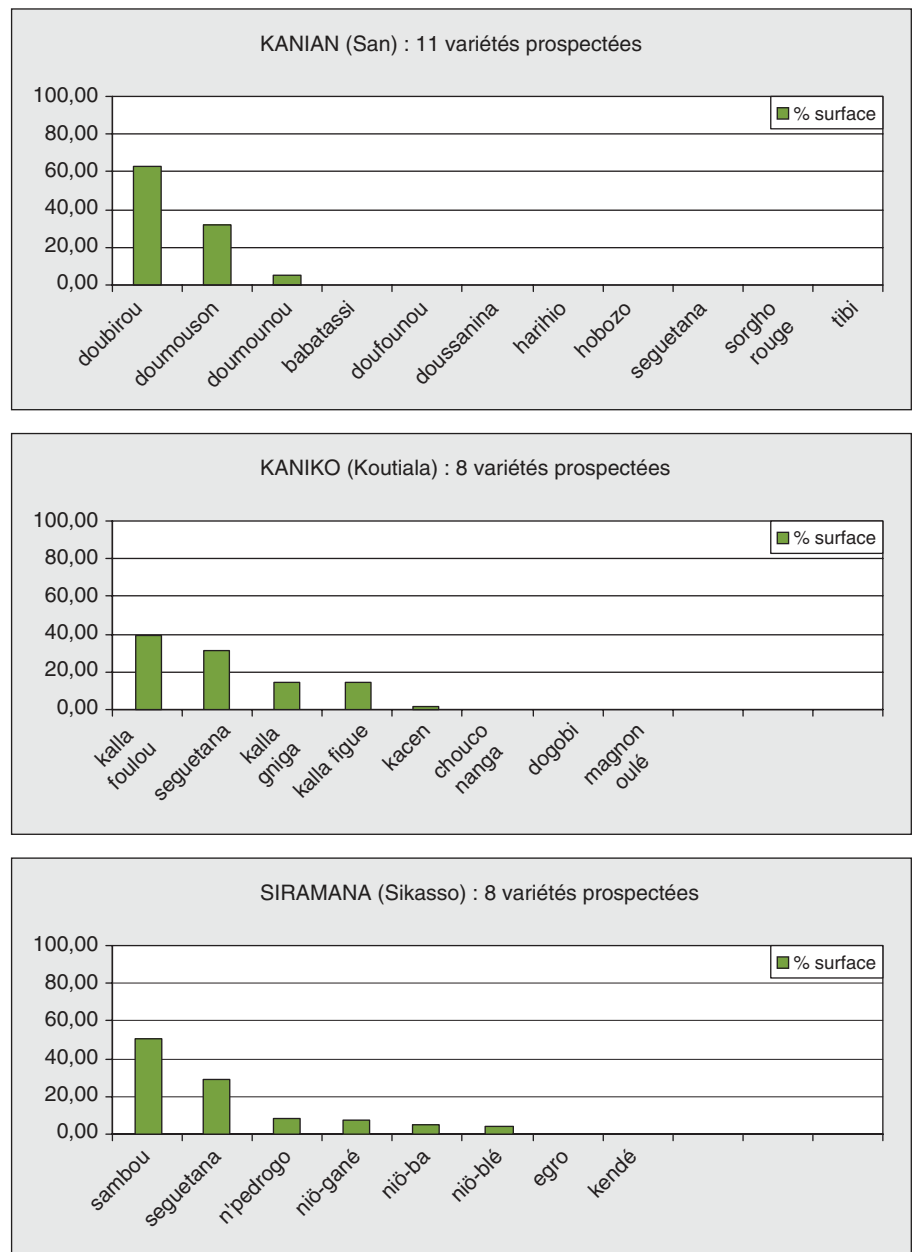


Figure 6. Spatialisation de la diversité variétale des sorghos : 91 exploitations de Kaniko (2002).

Figure 6. Establishment of spatially relevant information to characterise the intra-specific diversity of local sorghum varieties (91 farms, 2002, Kaniko village).

choix des sites d'essais pour tester la productivité-stabilité des variétés selon les conditions du milieu.

Conclusion

Les centres de recherche agronomique essaient de répondre à l'accroissement de

la population mondiale en proposant des variétés à fort rendement. Celles-ci correspondent au choix d'une agriculture à fort niveau d'intrants dans des zones géographiques favorisées ou favorables à une artificialisation du milieu. Face aux problèmes de sécurité alimentaire à l'échelle locale en Afrique de l'Ouest et au manque de terres arables, la production agricole devra s'appuyer sur les productions pos-

sibles dans des écosystèmes considérés jusqu'alors comme marginaux.

Les nouveaux programmes de sélection et d'amélioration des variétés cultivées devront donc tirer parti des ressources génétiques locales adaptées à des micro-environnements afin de développer des populations à large base génétique pouvant servir de nouveau facteur d'adaptation. La sélection doit maintenant s'adapter pour mieux intégrer les savoirs paysans. La proposition de nouveaux objectifs de sélection passe par la prise en compte au sein des variétés des contraintes environnementales spécifiques à la zone et des qualités intrinsèques des écotypes rencontrés.

Ces premiers résultats montrent que le SIG est un élément important qui, en tant qu'outil, donne des éléments nouveaux à prendre en considération dans la réflexion actuelle pour la conservation de la biodiversité [14, 15]. La spatialisation des données permet de porter un diagnostic nouveau sur la caractérisation de la biodiversité et certainement de poser de nouvelles questions de recherche. Mais seul un suivi pluriannuel des échanges de variétés entre paysans permettra de comprendre la dynamique démographique des variétés et d'aborder les modalités de la conservation *in situ*. ■

Références

1. Kouressy M, Bazile D, Vaksman M, et al. La dynamique des agroécosystèmes : un facteur explicatif de l'érosion variétale du sorgho. In :
2. Collins WW, Qualset CO. *Biodiversity in agroecosystems*. Advances in Agroecology. New York : CRC Press, 1999 ; 334 p.
3. Gigou J. Le passage de la culture itinérante à la culture permanente révélée par l'âge des champs au Mali-sud. In : Dugué P, Jouve P, eds. *Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, Montpellier, 25-27 février 2003*. Montpellier : Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (Cnearc); Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad); École nationale du génie rural, des eaux et forêts (Engref); UMR Sagert, 2003 : 42-50 [+ cédérom].
4. Patetsos E. Enjeux et perspectives pour les paysans de la zone cotonnière du Mali. Cas de la commune rurale de Sincina. DESS Développement agricole, Institut national agronomique de Paris-Grignon-Université de Paris I Panthéon-Sorbonne (IEDES), Paris, 2003, 70 p.
5. Bazile D, Soumare M. La valorisation de l'agrobiodiversité pour assurer une production agricole durable. Le cas du sorgho dans la zone cotonnière de Koutiala au Mali. In : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Icrisat); International Program for Arid Land Crops (Ipalac), eds. *International Symposium for Sustainable Dry land Agriculture Systems. ICRISAT Sahelian Center, December Tuesday 2 to Friday 5, 2003*. Niamey (Niger) : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Icrisat), 2004 (sous presse).
6. Traore SB, Reyniers FN, Vaksman M, et al. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos du Mali. *Sécheresse* 2000 ; 11 : 227-37.
7. Benoit-Cattin M, Faye J. *L'exploitation agricole familiale en Afrique soudano-sahélienne*. Techniques Vivantes. Paris : Presses universitaires de France, 1982 ; 98 p.
8. Giraudy F, Gigou J, Niang M. Le sorgho et les autres céréales dans les systèmes de culture de la zone Mali-sud. In : Ratnadass A, et al., eds. *Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Bamako (Mali) : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad); International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Icrisat), 1997 : 167-73.
9. Perrot C, Landais E. Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques? *Les Cahiers de la Recherche Développement* 1993 ; 33 : 13-23.
10. Perrot C, Landais E. Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles. *Les Cahiers de la Recherche Développement* 1993 ; 33 : 24-40.
11. Rey B. Comparaison de deux méthodes de stratification des unités de production pour débiter un processus de recherche orientée vers le développement. *Les Cahiers de la Recherche Développement* 1989 ; 23 : 94-101.
12. Kouressy M. *Étude de la durée du cycle des sorghos locaux du Mali. Comparaison avec la durée de la saison des pluies. Évolution sur les 20 dernières années*. DEA Population-Environnement, université du Mali, Institut supérieur de formation à la recherche appliquée (Isfra), Bamako (Mali), 2002, 55 p.
13. Vaksman M, Traore SB, Niangado O. Le photopériodisme des sorghos africains. *Agriculture et Développement* 1996 ; 9 : 13-8.
14. Flora C. *Interactions between agroecosystems and rural communities*. Advances in agroecology. New York : CRC Press, 2001 ; 273 p.
15. Greene SL, Guarino L. *Linking Genetic Resources and Geography : Emerging strategies for conserving and using crop biodiversity. Proceedings of a symposium CSSA/ASA in Anaheim (CA), 29 October 1997*. Madison (Wisconsin) : Crop Science Society of America CSSA, 1997 ; 110 p.