Dugué P., Jouve Ph., (éds.), 2003. Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. Umr Sagert, Cnearc.

Stratégies paysannes de valorisation de la biodiversité du sorgho

Le cas du Mali-Sud

Didier BAZILE*, Mamy SOUMARE**, Djénéba DEMBELE** et Cheick Hamala DIAKITE**

* CIRAD-TERA, Centre international de coopération agronomique pour le développement, BP 1813, Bamako, Mali – mel : didier.bazile@cirad.fr

**Unité SIG et Télédétection, IER, Institut d'économie rurale, Bamako, Mali.

Résumé — Stratégies paysannes de valorisation de la biodiversité du sorgho. Cas du Mali. L'érosion génétique des variétés de sorgho est nettement plus faible au nord (-25 %) qu'au sud (-60 %) du Mali ; celle-ci étant corrélée à la pénétration du maïs dans les assolements. L'utilisation de la diversité génétique des variétés locales de sorgho est alors perçu comme un facteur de rusticité de l'agroécosystème. Le caractère de photopériodisme conservé dans les écotypes locaux de sorgho favorise la synchronicité entre la longueur du cycle cultural et les limites de la saison des pluies (début et fin). La stratégie du paysan qui utilise ces variétés locales est avant tout une stratégie anti-aléatoire pour assurer l'autosuffisance alimentaire mais dont les effets sont multiples : minimisation des coûts d'exploitation, optimisation des ressources pluviométriques et protection contre la dégradation des sols. Trois zones ont été retenues sur un transect nord-sud passant par Koutiala pour étudier les pratiques paysannes. Un village représentatif de chacune des zones a fait l'objet d'enquêtes approfondies pour mettre en évidence les facteurs bio-physiques et socio-économiques et leurs interactions qui déterminent la diversité des systèmes de cultures à base de sorgho. Sur la base d'une typologie des exploitations axée sur les variables structurelles (population, cheptel, équipement, surfaces cultivées), un échantillon de 74 exploitations agricoles a été choisi pour analyser les modes de culture du sorgho et du maïs. Un cadastre au GPS du parcellaire de ces exploitations montre les modes d'exploitation et d'occupation de l'espace rural. Le suivi de 182 parcelles représentant la diversité des modes d'exploitations du milieu (combinaisons des choix de variétés par type de sol) a servi de base à notre réflexion sur la valorisation de la diversité des agroécosystèmes par le paysan. La structuration et la spatialisation des informations récoltées avec un SIG montrent comment cet outil peut aider l'agronome dans sa représentation d'une exploitation et contribuer à améliorer son diagnostic.

Abstract — Farmers' strategies to valorise the biodiversity of the sorghum. Case of Mali. The genetic erosion of the varieties of sorghum is definitely weaker in north (-25%) that in the south (-60%) of Mali; this one being correlated with the penetration of corn in the rotations. The use of the genetic diversity of the local varieties of sorghum is then perceived like a factor of rusticity of the agroecosystem. The character of photoperiodism preserved in the local ecotypes of sorghum supports the synchronicity between the length of the farming cycle and the limits of the rain season (beginning and end). The strategy of the farmer who uses these local varieties is before a whole anti-random strategy to ensure the food self-sufficiency but of which the effects are multiple: minimization of the costs of exploitation, optimisation of the pluviometric resources and protection against the impoverishment of the soils. Three zones were retained on a North-South transect passing by Koutiala to study the farmer practices. A village representative of beach zone was the

subject of investigations deepened to highlight the factors biophysics and socio-economic and their interactions which determine the diversity of the farming systems containing sorghum. On the basis of typology of the exploitations centred on the structural variables (population, livestock, equipment, cultivated surfaces), a sample of 74 farms was selected to analyse the modes of culture of the sorghum and corn. A land register with the GPS of compartmental of these exploitations shows the modes of exploitation and occupation of the rural areas. The follow-up of 182 fields representing the diversity of the modes of exploitations of the medium (combinations of the choices of varieties per type of soil) was used as a basis for our meaning on valorisation of diversity of the agroecosystem by the farmer. The structuring and spatialization in a SIG of collected information show how this tool can help the agronomist in his representation of a farm and contribute to improve its diagnosis.

Introduction

L'érosion génétique des variétés de sorgho est corrélée à la pénétration du maïs dans les assolements. L'utilisation de la diversité génétique des variétés locales de sorgho est alors perçue comme un facteur de rusticité de l'agroécosystème. La stratégie du paysan qui utilise ces variétés locales est avant tout une stratégie anti-aléatoire pour assurer l'autosuffisance alimentaire mais dont les effets sont multiples : minimisation des coûts d'exploitation, optimisation des ressources pluviométriques et protection contre la dégradation des sols.

La présente étude s'appuie sur des enquêtes paysannes approfondies sur trois zones agroécologiques pour mettre en évidence les facteurs bio-physiques et socio-économiques et leurs interactions qui déterminent la diversité des systèmes de cultures à base de sorgho. Dans la première partie, nous présentons ces enquêtes et la typologie des exploitations qui a été construite. Dans la seconde partie, nous présentons les résultats avant de discuter de l'intérêt de ces méthodes (typologie, SIG) pour comprendre comment ces outils peuvent alimenter notre réflexion sur la valorisation de la diversité des agroécosystèmes par le paysan. En conclusion, la structuration et la spatialisation avec un SIG des informations récoltées montrent comment cet outil peut aider l'agronome dans sa représentation d'une exploitation et contribuer à améliorer son diagnostic.

Matériel et méthodes

Zonage agroécologique suivant un transect nord-sud

Dans le Mali-sud, on peut identifier quatre zones agroécologiques (figure 1) selon le niveau de concurrence qui existe entre les céréales traditionnelles (mil-sorgho) et le maïs (Kouressy *et al.*, 2003).

- Bougouni au sud du pays : la culture du maïs est ancienne et domine celle du sorgho en termes de pourcentage d'exploitations, notamment dans le secteur CMDT de Yanfolila. Les précipitations annuelles moyennes sont plus élevées que dans le reste de la zone cotonnière avec de 1100 à 1400 mm.

- Sikasso où la pluviométrie moyenne est voisine celle de Bougouni. On note une diversité des systèmes de production avec la culture de tubercules. Malgré un milieu favorable à la culture du maïs, le sorgho reste important dans les exploitations. Néanmoins, la pénétration du maïs est très visible dans les assolements depuis 5 ans. Dans certains secteurs CMDT, le maïs est désormais plus cultivé que le sorgho et le mil.

- Fana et Koutiala, avec une pluviométrie de 800 à 1000 mm par an, présentent une pénétration du maïs modérée dans les exploitations. Celle-ci ne semble pas s'être faite au détriment du sorgho qui est toujours majoritaire dans les assolements. Dans ces régions à moins de 1000 mm de pluie par an, la culture intensive de maïs présente un risque hydrique élevé, alors que le sorgho traditionnel est plus rustique ce qui peut expliquer son maintien.

- A San, avec une pluviométrie comprise entre 600 et 800 mm, le maïs occupe peu de place par rapport au sorgho. Il est surtout cultivé dans les champs de case pour la période de soudure.

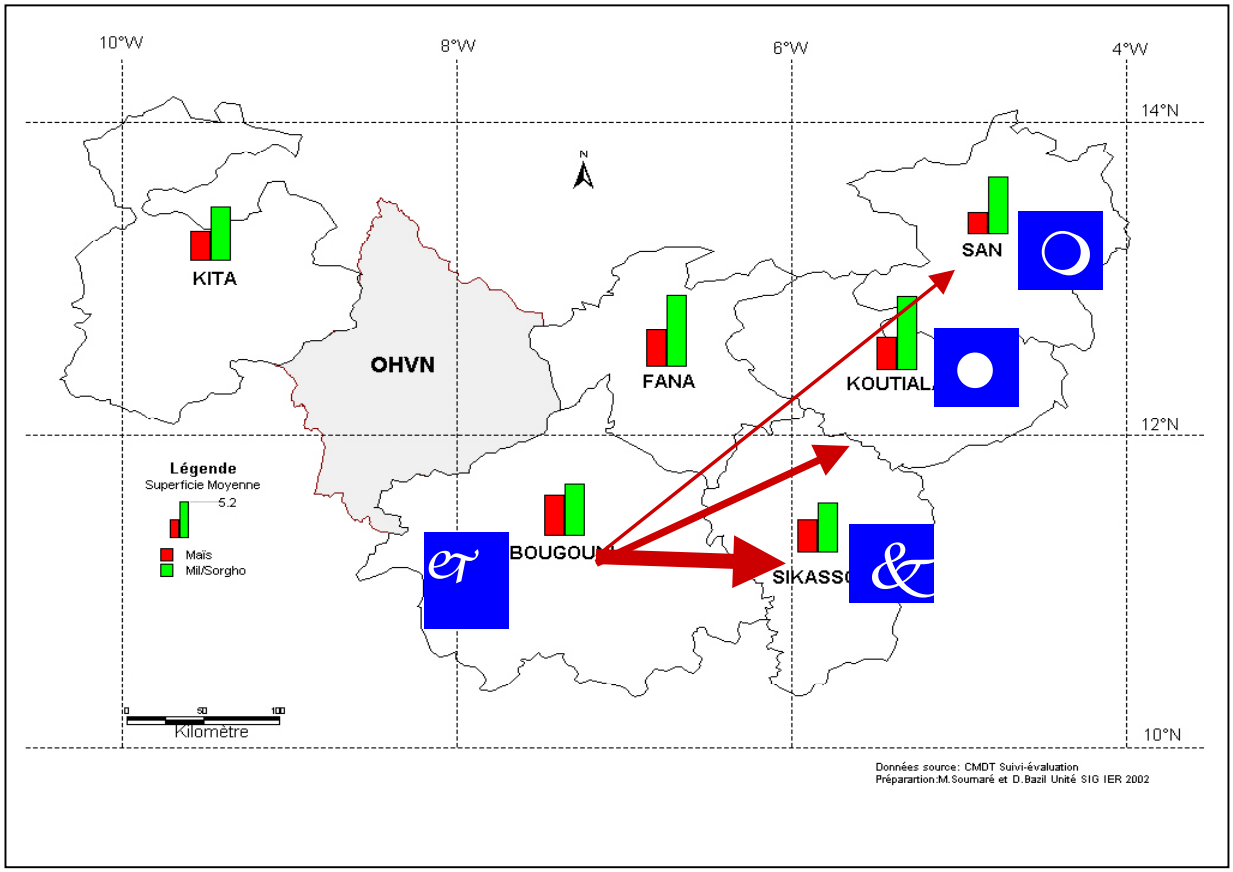


Figure 1. Comparaison de la culture du maïs et du sorgho suivant les zones agro-écologiques du Mali.

Trois zones ont été retenues sur un transect nord-sud passant par Koutiala pour étudier les pratiques paysannes relatives aux cultures céréalières (exclusivement maïs et sorgho) : San, Koutiala et Sikasso. La pluviométrie 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 pour déterminer les cultures adéquates.

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 date de début des pluies qui possède une forte variabilité, la fin de la saison des pluies est assez fixe dans un lieu donné (figure 2). Un début de saison des pluies tardif réduit donc 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.

Les trois zones retenues pour notre 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.

Typologie des exploitations

Un village représentatif de chacune des trois zones a été proposé par les organisations paysannes partenaires.

Une première enquête sur la structure des exploitations a été menée en mai 2002 dans chaque village de manière exhaustive (165 exploitations). Plusieurs variables sur la structure de l'exploitation ont été

relevées : composition de la population, importance de l'élevage, niveau d'équipement et système de cultures (Benoît-Cattin M. et Faye J., 1982).

Une analyse de variance sur les variables liées à la culture du maïs et du sorgho a permis de valider le choix des trois villages pour représenter les zones agroécologique identifiées préalablement.

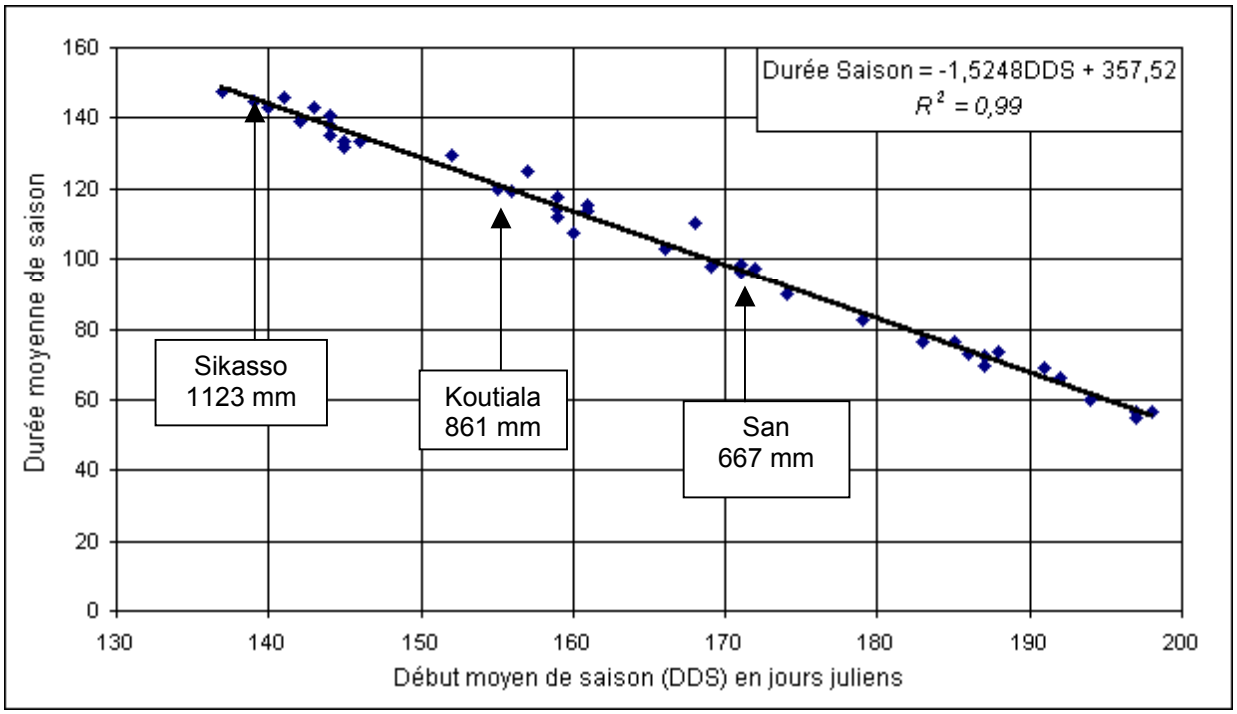


Figure 2. Relation entre la date de début et la durée de la saison des pluies. Moyennes 1969-1998 (Traoré *et al*., 2000).

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a permis de caractériser les systèmes de production. La construction de la typologie des exploitations est fortement orientée sur la place du sorgho dans le système de culture et les facteurs du système de production liés à cette culture (Giraudy F. *et al*., 1997; Perrot C. et Landais E., 1993a et b; Rey B., 1989). Pour construire la typologie à partir de l'AFC, nous avons retenu douze variables parmi les plus discriminantes lors de l'interprétation des statistiques descriptives de chaque variable (moyenne, écart-type, corrélations 2 à 2, etc.) (tableau I).

Tableau I. Variables structurelles retenues pour l'AFC

Variables	Description
AGE	Age du chef d'exploitation
POP	Nombre d'individus de l'UP (main-d'œuvre potentielle)
ALP	Nombre d'alphabétisés
EQU	Niveau d'équipement (matériel*unités de traction)
UBT	Cheptel converti en Unité de bétail tropical
TOT	Surface totale cultivée dans l'exploitation
MAI	Surface en maïs de l'exploitation
SOR	Surface en sorgho de l'exploitation
MIL	Surface en mil de l'exploitation
DIV	Surface en autres cultures
%SOR	% de sorgho dans l'assolement
%MIL	% de mil dans l'assolement

L'échantillonnage des exploitations pour les enquêtes fonctionnelles s'appuie sur la diversité des situations mise en évidence dans la typologie (tableau II).

Le suivi technique de parcelles

Le cadastre du parcellaire de chaque exploitation retenue dans l'échantillon a été levé sur le terrain avec un GPS[14] afin de déterminer précisément la surface cultivée et pouvoir la localiser dans le terroir. Conjointement à la levée topographique des parcelles, l'assolement 2002 a été décrit en notant la culture, la variété et la surface estimée par le paysan[15].

Sur la base de l'assolement 2002, nous avons suivi l'itinéraire technique de 182 parcelles de sorgho et de maïs. L'échantillonnage des parcelles s'est fait en retenant par exploitation, à la fois pour le maïs et pour le sorgho, toutes les combinaisons de variétés par type de sol (tableau II). Le suivi des parcelles a été conduit tout au long de la campagne agricole 2002 de juin à décembre. Les informations ont été récoltées selon 4 thèmes :
– le passé cultural de la rotation avec le détail de la fertilisation apportée sur 4 années ;
– la description des opérations culturales avec date, matériel utilisé et main-d'œuvre requise (nombre d'h/jour) couplé à un suivi de l'état du milieu (enherbement) ;
– la phénologie des plantes selon les principaux stades de végétation ;
– l'échantillonnage du rendement (2 carrés de 25 m2) et enquête de la production.

[14] GPS : Global Positioning System.
[15] Cette surface donnée par le paysan est celle dont il dispose pour calculer ses doses d'intrants à l'hectare d'après les recommandations générales de la CMDT.

Tableau II. Plan d'échantillonnage.

	Exploitations	Echantillon d'exploitations	Maïs		Sorgho	
			Variétés	Parcelles suivies	Variétés	Parcelles suivies
Kanian	35	18	4	4	3	31
Kaniko	91	34	5	50	5	42
Siramana	39	21	5	32	5	23
Total	165	73	14	86	13	96

Résultats et discussion

Des systèmes de production bien différenciés selon un axe nord-sud

La pluviométrie comme facteur explicatif du système de culture céréalier

La surface cultivée par exploitation en maïs augmente fortement du nord au sud alors que la surface cultivée en sorgho ne varie pas de façon significative (tableau III). Les surfaces en maïs par village sont bien distinctes d'après l'ANOVA[16] selon le gradient pluviométrique ce qui confirme la relation étroite entre l'aire d'extension du maïs et la pluviosité. En revanche, les surfaces en sorgho ne sont pas significativement différentes entre les trois villages.

Cet accroissement des surfaces moyennes en maïs vers le sud avec des superficies moyennes cultivées en sorgho qui restent constantes valide le choix de nos trois villages pour représenter les trois zones agroécologiques à étudier (figure 1).

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

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

* Sous-ensemble homogène pour alpha = 0,5.
** moyenne des groupes des sous-ensembles homogènes.

[16] Analyse de variance réalisée sous SPSS.

Tableau IV. Moyenne du ratio superficie de maïs sur superficie de sorgho.

Village	Exploitations	Ratio superficies maïs/sorgho*		
		1	2	3
Kanian (nord; 700 mm)	35	0,12**		
Kaniko (centre; 900 mm)	91		0,97**	
Siramana (sud; 1100 mm)	39			2,72**

* Sous-ensemble homogène pour alpha = 0,5.
** moyenne des groupes des sous-ensembles homogènes.

Le tableau IV montre bien cette dominance très nette du maïs dans l'assolement au sud puisque les paysans de Kanian (nord) ne sème qu'un dixième d'hectare de maïs par hectare de sorgho alors qu'à Siramana (sud) on note presque 3 ha de maïs semés pour 1 ha de sorgho.

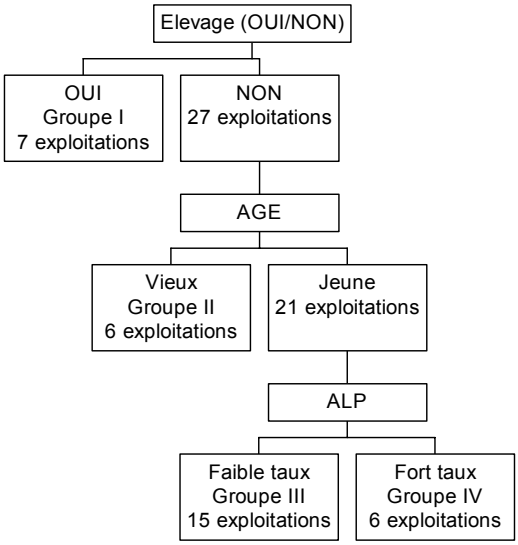
Des dynamiques d'évolution des systèmes de production spécifiques à chaque village

La différence observée dans le système de culture céréalier est révélatrice d'une différentiation marquée des systèmes de production entre les 3 villages. La surface en coton est bien corrélée à la surface totale (R^2 = 0,92). Cela signifie que la part du coton dans l'assolement est relativement constante pour Kaniko et Siramana. De même la corrélation entre le maïs et le coton est forte (R^2 = 0,71) ce qui signifie que le maïs est très lié au coton dans la rotation. Ces deux cultures de rente sont celles qui modifient le plus le système de production en termes d'accès à l'équipement ou de capitalisation par épargne de cheptel. On retrouve donc ce gradient d'équipement et d'accès intrants (variables d'intensification) sur les trois villages.

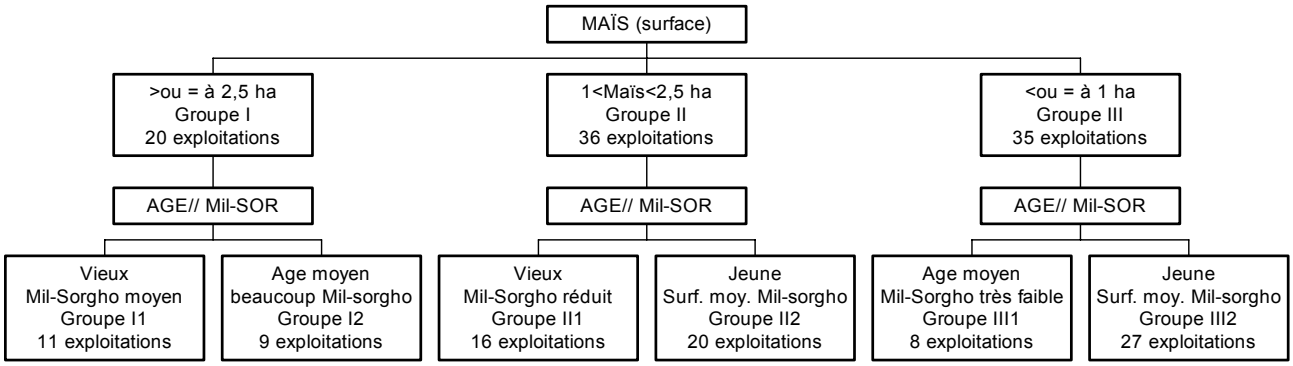
L'AFC sur les trois villages réunis n'a pas permis de distinguer des groupes tant les systèmes de production sont différents d'un village à l'autre. Nous avons donc reconduit l'AFC village par village (figures 3a, b, c).

A Kanian, peu d'exploitations disposent d'animaux et le niveau d'équipement moyen des exploitations est faible. Les systèmes de cultures sont rudimentaires avec quasi exclusivement du mil et du sorgho. L'âge du chef d'exploitation et le nombre d'alphabétisés sont les facteurs discriminants essentiels du système qui vont conditionner les décisions et les choix stratégiques de l'exploitation.

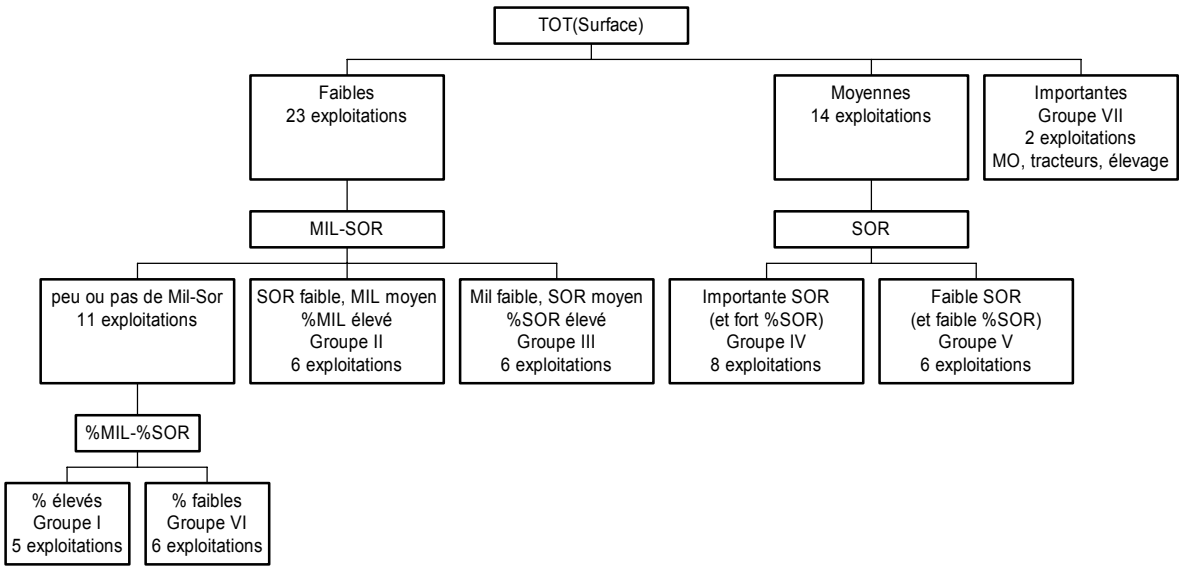
Le village de Kaniko est au cœur du vieux bassin cotonnier. 90 % des exploitations sont équipées pour la culture attelée et ont accès aux intrants avec la culture du coton. La corrélation mise en évidence entre les surfaces de coton et de maïs se traduit ici par un gradient d'importance du maïs dans les exploitations. Ensuite, il apparaît qu'au sein des trois classes de surface établies pour la culture du maïs, on note une relation inverse entre l'âge du chef d'exploitation et la surface consacrée aux céréales traditionnelles (mil-sorgho).



3a - Village de Kanian, zone de SAN



3b - Village de Kaniko, zone de Koutiala



3c - Village de Siramana, zone de Sikasso

Figure 3. Arborescences de la typologie des exploitations agricoles

L'accès aux terres cultivables est très variable entre les exploitations de Siramana. Par contre, le niveau d'équipement est partout satisfaisant et permet à toutes les exploitations de cultiver maïs et coton. C'est donc la surface cultivée par exploitation qui est à la base de la typologie de Siramana. Ensuite, l'importance accordée à la culture du mil et du sorgho sert à distinguer des groupes d'exploitations.

Le nombre important de types issus de l'AFC montre la diversité des systèmes de production au sein de chaque village et sur l'axe nord-sud de l'étude. Ces types comptent individuellement trop peu d'exploitations pour comparer statistiquement des résultats de l'itinéraire technique, c'est pourquoi ils ont seulement servi de base à l'échantillonnage des exploitations afin de prendre en compte cette diversité de situations.

Une agriculture très dépendante de la pluviométrie

Le développement des sorghos dépend essentiellement de la température et de la photopériode. Le photopériodisme est reconnu comme une adaptation à des phénomènes saisonniers (Vaksmann *et al*., 1996). Pour le sorgho, ce phénomène permet la synchronisation de la floraison avec la fin de la saison des pluies. C'est une des principales qualités des variétés locales qui s'adaptent à la variabilité climatique de façon à valoriser 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 varier de 90 à 170 jours (figure 4).

Si l'aptitude à fleurir est acquise (après la phase juvénile), la mise à fleur ne peut se réaliser que si certaines conditions qui touchent à l'élaboration de facteurs spécifiques de la différenciation florale sont remplies (Kouressy, 2002). Pour de nombreuses plantes, cette élaboration est contrôlée par la photopériodicité journalière. Le sorgho est considéré comme une plante de jours courts (ou nyctipériodiques) et elle ne fleurira que si la photopériode est inférieure à une certaine valeur, dite photopériode critique.

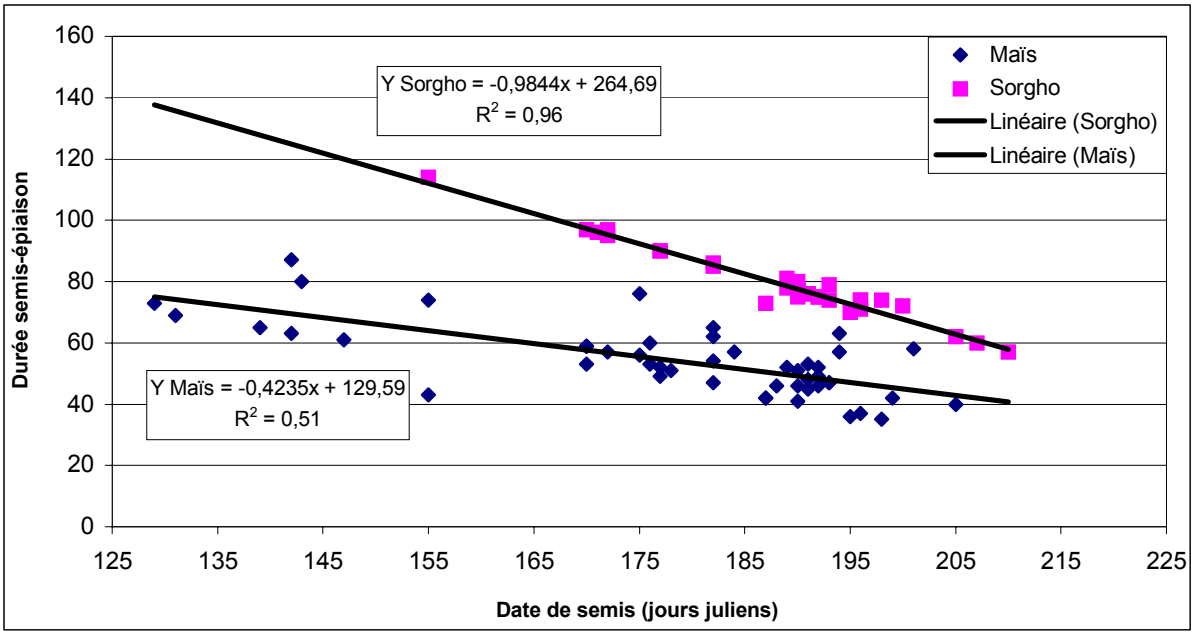


Figure 4. Relation entre la date de semis et la durée semis-épiaison à Kaniko.

La figure 4 montre bien cette souplesse du sorgho quant à la durée de son cycle végétatif. Le photopériodisme du maïs est nettement moins marqué puisque la relation entre date de semis et durée semis-épiaison correspond presque à une droite horizontale qui signifie que la durée du cycle est fixe quelle que soit la date de semis.

Sorgho ou maïs : des performances très liées à la pluie, mais pas seulement

En un même lieu, l'incertitude principale concerne le début de la saison des pluies et la date de semis. Quelle que soit la date de semis, le photopériodisme permet de faire coïncider la floraison du sorgho avec la fin des pluies de sa zone d'origine. Le photopériodisme des variétés locales de sorgho procure une grande souplesse pour le semis des cultures. Cette rusticité du sorgho se retrouve dans une distribution des rendements moins étendue que pour le maïs (Fig. 5). Ainsi, 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 garantit le remplissage de ses greniers.

Les rendements des céréales sont significativement différents entre le maïs et le sorgho et, d'un village à l'autre. Avec une moyenne pour les 3 villages de 534 kg/ha en sorgho, le village de Kanian atteint seulement 183 kg/ha, Kaniko 662 kg/ha et Siramana 816 kg/ha. Les rendements en maïs s'élèvent beaucoup plus avec 2043 kg/ha à Siramana contre seulement 980 kg/ha à Kaniko.

La différence entre les rendements des deux cultures est tel que la pluviosité ne suffit pas à l'expliquer et l'analyse de l'itinéraire technique comparé apporte quelques réponses.

Un semis à la bonne date est souvent la clé de la réussite

Si la saison des pluies arrive tardivement, le temps consacré à la préparation du sol et au semis sera plus court : c'est pourquoi les surfaces semées seront plus réduites ou moins bien préparées. Cela entraînera une diminution de la production. En zone à risque de sécheresse, cette plasticité des dates de semis rend possible la pratique traditionnelle du semis précoce dès les premières pluies avec comme conséquences : a- une meilleure alimentation azotée en raison de la minéralisation rapide de la matière organique ; b- une meilleure maîtrise de l'enherbement car les sarclages démarrent plus tôt et la maîtrise de l'enherbement est plus aisée (la culture couvre rapidement le sol limitant rapidement le développement des adventices) ; c- une meilleure protection du sol contre les fortes pluies d'août car le développement important de la plante assure une meilleure protection du sol (Kouressy, 2002).

La figure 6 permet de s'interroger sur les stratégies paysannes de choix de date de semis. Dans le cas de Kaniko, l'arrivée tardive des pluies en 2002 par rapport à la moyenne a concentré tous les semis de céréales sur la même période à la fois pour le maïs et pour le sorgho. Les résultats montrent des rendements supérieurs du maïs (978 kg/ha) par rapport aux sorghos (661 kg/ha). Cette différence est très faible en termes économiques compte-tenu du fait que le maïs reçoit des intrants (engrais et pesticides) alors que le sorgho lui se retrouve souvent sur les moins bonnes terres et sans engrais. De plus, le prix du sorgho est supérieur à celui du maïs dès la récolte (115 FCFA/kg contre 90 FCFA/kg[17]).

Le village de Siramana a bénéficié d'une saison des pluies avec un début dans la moyenne des 30 dernières années. La stratégie des paysans a alors consisté à semer le maïs très tôt car il est consommé pendant la période de soudure. Le sorgho est ensuite semé progressivement lorsque les entretiens du maïs et du coton le permettent. Les premiers semis du maïs se font sur les meilleures terres de l'exploitation. La culture reçoit de l'engrais et les meilleurs soins dans le but de valoriser tout le potentiel de production des variétés améliorées de maïs. Le sorgho est cultivé sur les terres les moins fertiles, quelquefois acides où le maïs et le coton ne peuvent pas pousser, et il ne bénéficie d'aucun intrant.

Sachant qu'à Kaniko avec des dates de semis similaires les rendements du maïs et du sorgho sont peu différents, on est en droit de se poser la question de la productivité du sorgho à Siramana si toutes les conditions étaient réunies en faveur du sorgho : meilleures terres, date de semis précoce et fertilisation.

[17] Source Observatoire du Marché Agricole (OMA) : semaine du 28 novembre au 4 décembre 2002. Ces prix s'entendent à maturité totale et ne prennent pas en considération le maïs dit « de bouche », vendu frais dès septembre.

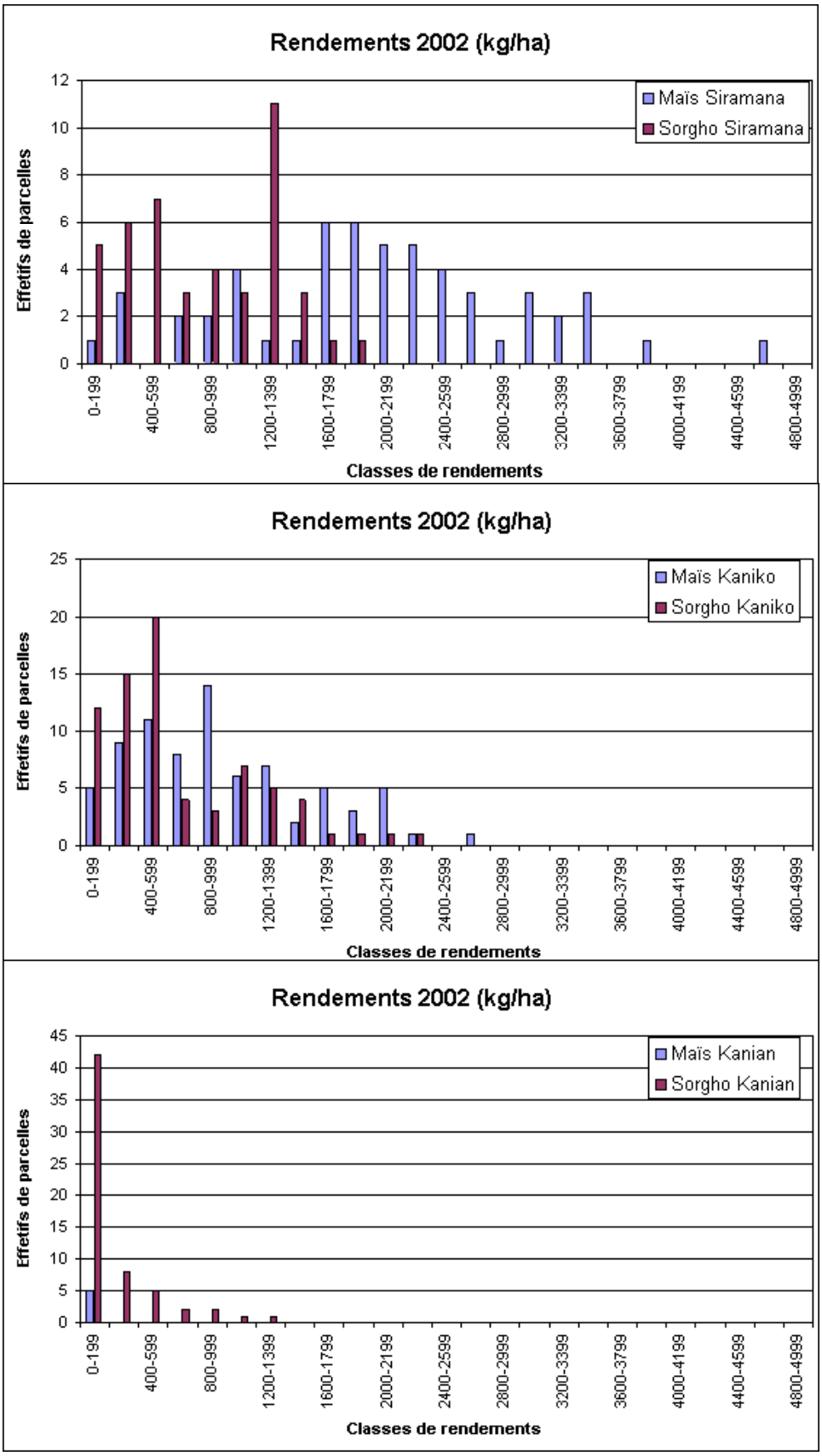


Figure 5. Comparaison de la distribution des parcelles par classe de rendement (kg/ha).

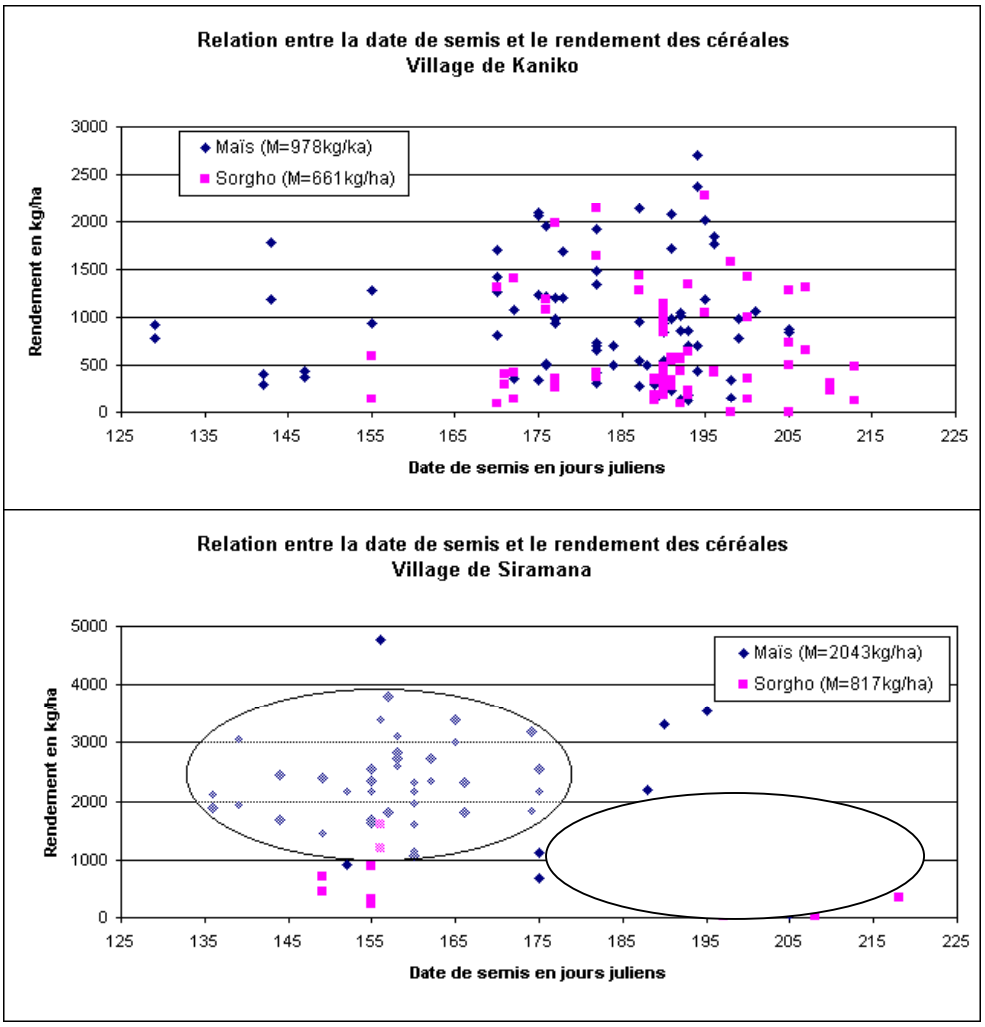


Figure 6. Nuage de dispersion des rendements selon la date de semis à Kaniko et Siramana *(Kanian ne compte que 5 parcelles de maïs et ne permet pas de comparaison).*

Une palette de variétés pour s'adapter aux terroirs de l'exploitation

La forte productivité du maïs est soumise à des exigences au niveau de l'itinéraire technique. Par opposition à cette exigence, le sorgho doit s'adapter à des conditions difficiles et aléatoires c'est pourquoi le paysan dispose d'une palette de variétés. Cela lui permet de semer l'écotype le plus adapté à chaque terroir[18] de son exploitation agricole (tableau V).

Tableau V. Liste des variétés prospectées en 2002.

	Variétés	
	Effectif	%
Kanian	11	42
Kaniko	7	27
Siramana	8	31
Total	26	100

[18] Utilisé ici dans le sens d'unité morpho-pédologique homogène.

Le SIG comme outil complémentaire

Vers une meilleure représentation de l'agroécosystème

Les différentes informations récoltées dans cette étude servent à alimenter un Système d'Information sur l'Environnement (SIE) du sorgho[19]. L'objectif est de pouvoir caractériser les modes de culture du sorgho dans les différentes situations. Le système d'information géographique est un outil précieux pour mettre en relation plusieurs variables. La représentation cartographique des données régionales nous a permis de répondre à certaines questions sur la dynamique des agroécosystèmes : Quelle culture (espèce) dans quelle zone climatique ? Quel cycle cultural dans quelle zone climatique ?.

Le SIG présente aussi un intérêt à l'échelle du village et de l'exploitation agricole car nous pouvons spatialiser des données d'enquêtes et vérifier la véracité des déclarations des paysans. La caractérisation des sols par le paysan correspond à sa représentation dans des conditions de travail particulières. En superposant les unités synthétiques de sol au parcellaire des exploitations (Fig. 8), il devient possible de comparer l'itinéraire technique des paysans dans des situations similaires. Le SIG aide alors l'agronome à répondre à des questions telles que : quel sol pour quel cycle cultural d'une espèce donnée ? Quelle combinaison sol-variété optimise l'agroécosystème ?

Vers une spatialisation de la biodiversité

La connaissance de la biodiversité agricole se limite souvent à une liste de variétés dans une collection donnée. L'abondance des variétés issues d'une prospection peut masquer l'importance relative des variétés les unes par rapport aux autres. Le SIG fournit alors des données de prospections non plus absolues mais de façon relatives en ayant une connaissance des surfaces occupées par variété (figure 7).

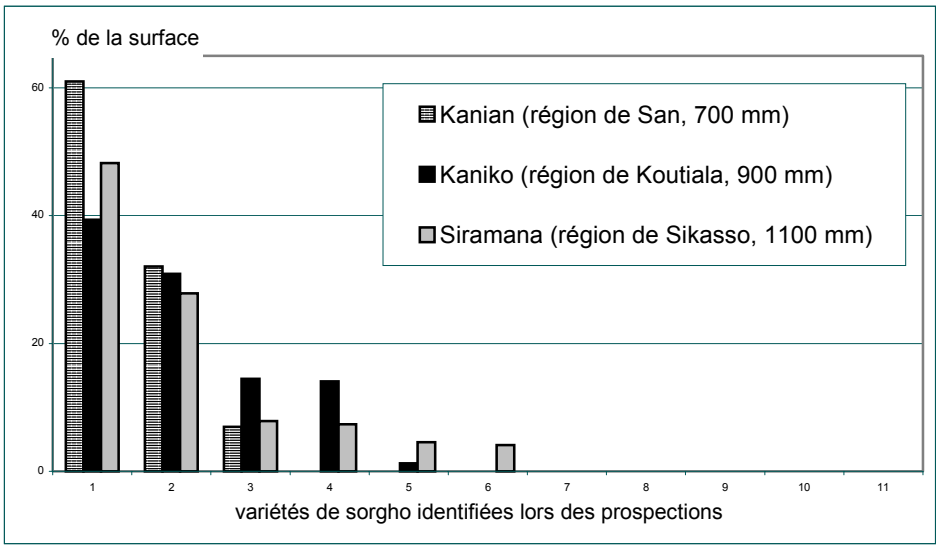


Figure 7. Spatialisation de la diversité variétale.

Les superficies cultivées par variété sont un outil supplémentaire pour caractériser les écotypes locaux. Les profils de distribution spatiale de la diversité variétale offrent un nouvel outil à l'agronome pour évaluer le risque d'érosion de la biodiversité (Fig. 7). L'exemple du village de Kanian est frappant puisque sur les 11 variétés prospectées en 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 %. Comment les autres variétés de la prospection sont-elles conservées par les paysans ? Sont-elles semées uniquement sur des champs de femmes de très petites taille qui sont passés inaperçus lors du cadastre du parcellaire ou restent-elles dans les greniers ?

[19] L'étude (IER/CIRAD) est réalisée par la composante Ecosystème du projet Agrobiodiversité du sorgho au Mali et au Burkina Faso sur un financement du FFEM (2002/2006).

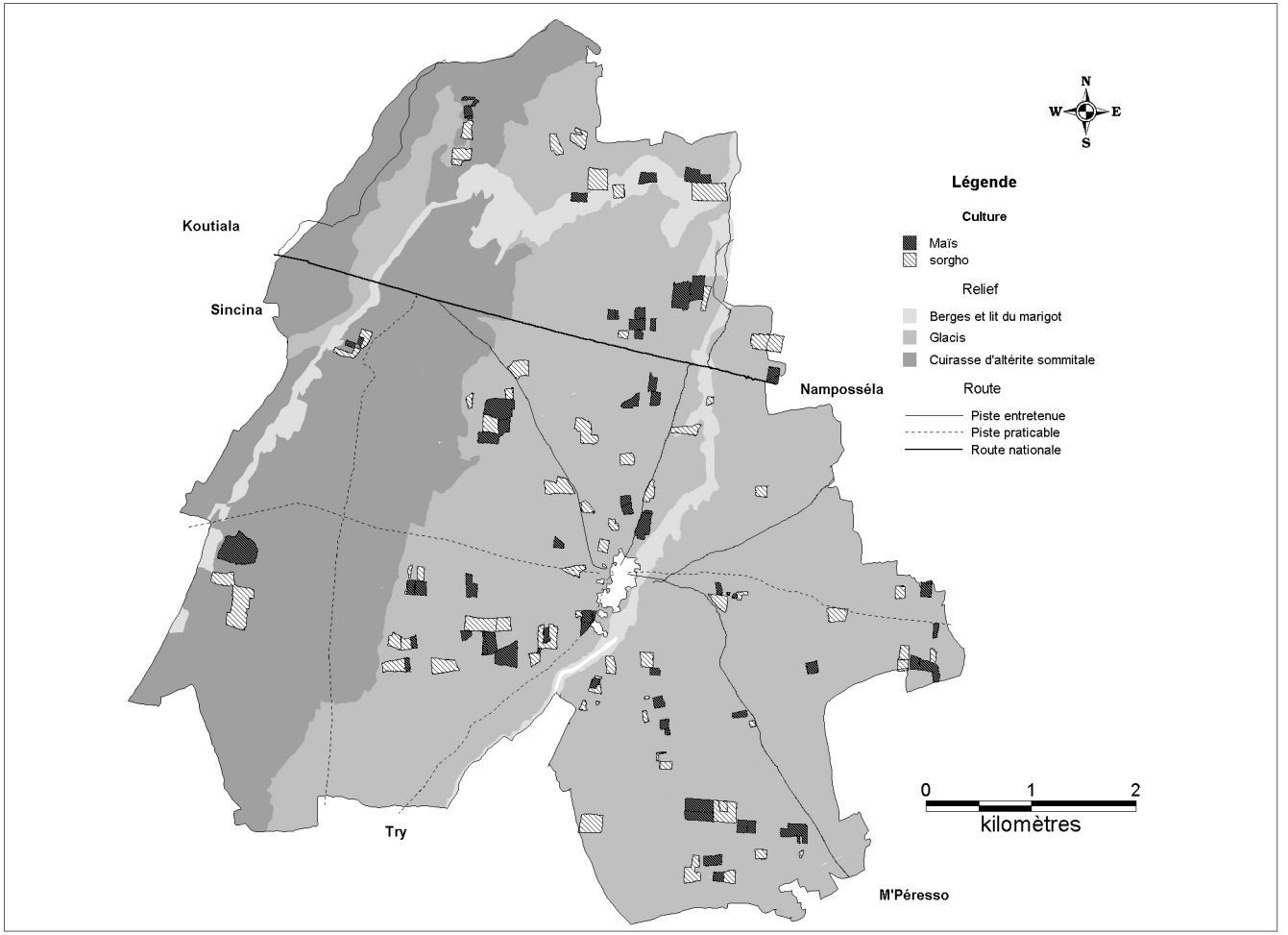


Figure 8. Superposition des parcelles de maïs et de sorgho issue de l'assolement 2002 sur la carte des sols de Kaniko.

Conclusion

D'ores et déjà, il est nécessaire d'approfondir la caractérisation des variétés pour bien suivre l'utilisation réelle de celles-ci. Une variété présente dans un grenier lors d'une prospection perd progressivement son pouvoir germinatif et la conservation de la biodiversité implique qu'elle soit ressemée à temps.

Les résultats techniques comparés du sorgho et du maïs montrent qu'un maïs semé sur les meilleures terres, avec de la fertilisation et les meilleurs soins culturaux produit plus qu'un sorgho semé sur les moins bonnes terres sans fertilisation. Un agronome ne peut se satisfaire de ces résultats, c'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place des expérimentations dès 2003 pour bien caractériser les performances des deux céréales placées dans les mêmes conditions (date de semis, sol et place sur la toposéquence, précédent cultural, fertilisation). Les données de la campagne 2002 doivent aussi être analysées du point de vue économique en comparant les marges brutes du maïs et du sorgho dans les différents terroirs mis en évidence avec le SIG.

Les résultats de cette première campagne agricole posent plus de questions qu'ils n'apportent de réponses. Néanmoins, l'interdisciplinarité (agronomie, sélection végétale, géographie, sociologie, économie) apportera certainement plus de réponses que la recherche par discipline sur un même terrain d'étude. 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 (Collins WW. et Qualset CO., 1999 ; Flora, 2001; Greene, S.L. et Guarino, L., 1997).

Le projet démarre c'est pourquoi toutes ces questions ne sont pas approfondies dans le présent article mais il est clair que le SIG sera un outil supplémentaire de représentation des informations. La spatialisation des données permettra de porter un diagnostic nouveau et certainement de poser de nouvelles questions de recherche.

Bibliographie

BENOIT-CATTIN M., FAYE J., 1982. L'exploitation agricole familiale en Afrique soudano-sahélienne. Paris, France, Presses Universitaires de France, 98 p.

COLLINS W.W., QUALSET, C.O. (eds.), 1999. Biodiversity in agroecosytems. Advances in Agroecology. CRC Press, New York, 334 p.

FLORA C. (Ed.), 2001. Interactions between agroecosystems and rural communauties. Advances in agroecology. CRC Press, New York, 273 p.

GIRAUDY F., GIGOU, J., NIANG, M., 1997. Le sorgho et les autres céréales dans les systèmes de culture de la zone Mali-sud. *In*: Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. CIRAD/ICRISAT, Bamako, Mali, A. Ratnadass, *et al.* (éds.), p. 167-173.

GREENE, S.L., GUARINO, L., 1997. Linking Genetic Resources and Geography : Emerging strategies for conserving and using crop biodiversity. Proceedings of a symposium CSSA/ASA in Anaheim (CA), 29 oct.1997. Crop Science Society of America (CSSA), Madison (WI), 110 p.

KOURESSY 2002. Etude de la durée du cycle des sorgho locaux du Mali. Comparaison avec la durée de la saison des pluies. Etude sur les 20 dernières années. DEA Population Environnement, Université du Mali, 55 p.

KOURESSY *et al*., 2003. La dynamique des agroécosystèmes : un facteur explicatif de l'érosion variétale du sorgho. Cas du Mali. *In* Pichot *et al*. (Eds.) Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque, 25-27 février 2003, Montpellier, France.

PERROT C., LANDAIS E., 1993a. Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques? Les Cahiers de la Recherche Développement, 33 : 13-23.

PERROT C., LANDAIS E., 1993b. Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles. Les Cahiers de la Recherche Développement, 33 : 24-40.

REY B., 1989. Comparaison de deux méthodes de stratification des unités de production pour débuter un processus de recherche orientée vers le développement. Les Cahiers de la Recherche Développement, 23 : 94-101.

TRAORE *et al*., 2000. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorgho du Mali. Sécheresse, 11 (4) : 227-237.

VAKSMANN *et al*., 1996. Le photopériodisme des sorghos africains, Agriculture et Développement, 9 : 13-18.