

DESS Espace et Milieux
mémoire de fin d'études



Pour une gestion paysanne de l'agrobiodiversité :

le cas du sorgho au Mali



Sous la direction de
Didier Bazile et Christophe Le Page
CIRAD - TERA

Présenté par
Mathieu Tryphon - Dionnet
septembre 2005

UNIVERSITE
PARIS 7 - DENIS DIDEROT 



Remerciements

Ce travail est issu de ma rencontre avec des géographes, informaticiens, biologistes, agronomes, ingénieurs, économistes, sociologues et mathématiciens. La diversité des personnes ayant participé de près ou de loin à ce travail reflète la diversité de mon sujet d'étude. C'est grâce à toutes ces personnes que j'ai pu mener à bien ce travail et je tenais avant tout à leur accorder ma gratitude.

Je tiens en premier lieu à remercier mes deux maîtres de stage de l'équipe green du CIRAD-TERA Didier Bazile et Christophe Le Page qui m'ont encadré respectivement à Bamako et à Montpellier. Ils m'ont donné la possibilité de participer à un travail passionnant, et m'ont fait découvrir de nouveaux domaines et champs de recherche. Je les remercie vivement pour leur gentillesse et leur soutien tout au long de mon travail, mais également pour les conditions de mon stage qui ont été excellentes de tout point de vue.

Je remercie ensuite Géraldine Abrami, également de l'équipe green, avec qui j'ai travaillé à Bamako et à Montpellier. Elle m'a apporté une aide généreuse autant au niveau de mon travail qu'au niveau pratique. Je la remercie pour toutes les heures qu'elle m'a accordées lors de la phase de modélisation.

Merci à Raphaël Larrère qui a accepté d'être mon tuteur scientifique, et m'a apporté de bons conseils pour la construction de ma méthode d'enquête.

Je remercie également Patrick Rio de l'INRA, qui a participé à la construction du modèle Diva.

Je remercie aussi les deux conseillers sorgho qui m'ont accompagné lors des enquêtes de terrain. Merci à Oumar Sanogo de l'ONG Graadecom et à Bakari Danté de la fondation FDS sans qui ce travail aurait été impossible.

Je remercie Souleymane Dembele, ingénieur à l'IER qui m'a apporté une aide précieuse dans la construction de la méthode d'enquête et du Jeu de Rôle.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les paysans enquêtés dans les villages de Siramana et de Kagnan, pour leur accueil et leur patience. Je remercie encore plus chaleureusement les six paysans du village de Djoulafoundo qui ont eu l'amabilité de participer à notre Jeu de Rôle.

Je remercie ensuite les différentes personnes rencontrées au cours de mon stage dans mes différentes structures d'accueil : à l'IER, à Bamako, où je remercie Michel Vaksmann, Mamoutou Kouressy et Mamy Soumare avec qui j'ai eu des discussions passionnantes ; au Cirad-Baillarguet, à Montpellier, où je remercie toute l'équipe green, et particulièrement Pierre Bommel qui a participé à ma formation sur Cormas.

Merci aux deux directeurs de DESS Gilles Benest et Frédéric Alexandre qui se sont rendu disponibles et m'ont apporté des remarques pertinentes sur mon travail au moment où j'en avais besoin.

Merci encore à Cédric et Marco qui m'ont initié au compressionisme.

Sommaire

Liste des tableaux et figures	5
1. Introduction.....	7
1.1. L'évolution des stratégies paysannes	9
1.2. Une diversité variétale menacée	10
1.3. Des projets pour la conservation de l'agrobiodiversité du sorgho.....	11
1.4. Objectifs de l'étude.....	12
2. Le sorgho au Mali : une céréale primordiale concurrencée par le maïs	14
2.1. Le Mali	14
2.2. Un climat qui change.....	14
2.3. Une céréale adaptée à la variabilité climatique.....	16
2.4. La culture du sorgho au Mali.....	17
2.5. Opportunité du maïs par rapport au sorgho.....	18
3. Des outils participatifs pour la gestion des ressources communes	20
3.1. L'aide à la décision et les jeux de simulations	20
3.2. Usage conjoint des SMA et JdR.....	20
3.3. Démarche de modélisation d'accompagnement et charte ComMod.....	21
3.4. Expériences Méjean et Self Cormas.....	22
3.5. Notre Démarche	23
4. Les enquêtes de terrain	25
4.1. Enquêtes de 2004 à Kagnan et Siramana.....	25
4.2. Des hypothèses concernant des règles générales de décision	26
4.3. Méthode d'enquête	27
4.3.1. Terrain d'étude et échantillonnage	27
4.3.2. Entretiens	28
4.3.3. Traitement des données.....	32
4.4. Résultats de l'enquête 2005 à Siramana.....	32
4.4.1. Commentaires généraux	32
4.4.2. Synthèse et analyse des réponses obtenues	34
4.4.3. Diagrammes d'activité	38
4.4.4. Compléments d'informations.....	39
4.5. Résultats de l'enquête de 2005 à Kagnan.....	40
4.5.1. Commentaires généraux	40
4.5.2. Synthèse et analyse des réponses obtenues	41
4.5.3. Diagrammes d'activité	45
4.5.4. Compléments d'informations.....	46
4.6. Retour sur notre représentation du système.....	47
5. « Ci Sunkantini » un Jeu de Rôle sur la diversité variétale.....	48
5.1. Objectifs principaux.....	48
5.1.1. Partager une représentation.....	48
5.1.2. Améliorer nos connaissances	49
5.1.3. Stimuler une réflexion.....	49
5.2. Modalité de conception du JdR	50
5.2.1. D'autres hypothèses générales sur le fonctionnement présumé des paysans.....	50
5.2.2. Une simplification de la réalité.....	50
5.2.3. Différentes représentations	50
5.3. Forme du JdR.....	52
5.3.1. Objectif du joueur	52
5.3.2. Les règles du jeu	52
5.3.3. Différentes phases d'un tour de jeu.....	52

5.3.4.	Un scénario climatique caricaturé	53
5.3.5.	Choix des participants et organisation des séances	53
5.3.6.	Rôle des observateurs et de l'animateur	54
5.3.7.	Le bilan	55
5.4.	Analyse des parties jouées	55
5.4.1.	Résultats de la session du 16 juin 2005 avec des chercheurs maliens.....	55
5.4.2.	Résultats de la session du 21 juin 2005 avec les paysans maliens	55
5.5.	Un outil qui fonctionne	58
6.	Le modèle de décision Diva	59
6.1.	Une dynamique d'introduction des variétés cautionnant des phénomènes passifs de diffusion.....	59
6.2.	L'environnement de Diva	62
6.3.	La dynamique Diva : deux stratégies archétypales des agents.....	63
6.3.1.	La stratégie passive d'imitation	65
6.3.2.	La stratégie active d'évaluation	65
6.4.	Les scénarios de simulation.....	65
6.5.	Calibrage du modèle et des méthodes.....	66
6.6.	Simulations des différents scénarios.....	67
7.	Discussion	70
7.1.	Quelle logique dans les projets de conservation de l'agrobiodiversité ?.....	70
7.2.	Les atouts de la démarche participative	72
7.3.	Des outils à la frontière entre plusieurs domaines et encore mal maîtrisés	73
7.4.	Une évaluation qui reste à construire.....	75
7.5.	« Recommandations » pour la suite du travail	76
7.5.1.	Améliorer le recueil de données	76
7.5.2.	Clarifier les objectifs du travail de modélisation	77
7.5.3.	Simplifier le JdR.....	77
7.5.4.	Focaliser les futures sessions de jeu sur un des aspects du système	78
7.6.	Perspectives pour la conservation in situ de l'agrobiodiversité.....	79
8.	Conclusion	81
	Références	82
	Annexes.....	86

Liste des tableaux et figures

Figure 1. Les Zones Bioclimatiques du Mali.....	15
Figure 2. Carte de déplacement des isohyètes du Mali à partir de la comparaison des moyennes des périodes 1951-1978 et 1979-1998.....	15
Figure 3. L'aire de culture du sorgho au Mali.....	17
Figure 4. Processus itératif de recherche utilisé dans la démarche de modélisation d'accompagnement	22
Figure 5. Les trois phases de cette étude : enquête de terrain, Jeu de Rôle et modélisation	23
Figure 6. Localisation des deux villages de l'étude : Kagnan et Siramana.....	27
Figure 7. Typologie des systèmes de production en 4 ou 9 types différents.....	28
Figure 8. Cartes de description de six variétés de sorgho du village de Siramana, utilisées lors des entretiens.....	29
Figure 9. Diagrammes d'activités en français et en bambara traitant des étapes nécessaires pour préparer le tô utilisés pour illustrer le principe de construction des diagrammes d'activités avec les paysans.....	32
Figure 10. Diagramme d'activité construit avec les paysans portant sur le test d'une nouvelle variété, obtenu pendant l'enquête de 2005 à Siramana.....	39
Figure 11. Diagramme d'activité portant sur la recherche et le test d'une nouvelle variété obtenu lors de l'enquête de 2005 à Kagnan.....	46
Figure 12. Feuille représentant une exploitation avec les surfaces en maïs et la date de semis ainsi que les différentes variétés de sorgho cultivées avec les cartes semences associées.....	51
Figure 13. Plateau du JdR représentant l'ensemble des terres du village réparties sur trois différents types de sols.....	51
Figure 14. Table du Groupe Familial correspondant à un espace semi privé dans lequel l'échange d'information est facilité.....	51
Figure 15. Espace privé du joueur	51
Figure 16. Dynamique d'introduction de trois variétés de sorgho ces vingt dernières années parmi les 32 exploitations du village de Djoulafoudo.....	59
Figure 17. Dynamique d'introduction de trois variétés de sorgho ces vingt dernières années parmi les 42 exploitations du village de Kagnan.....	59
Figure 18. Introduction de la variété Kalo sabani diema à Djoulafoundo ces quinze dernières années. (Bazile, com. pers.)	60
Figure 19. Réseau d'échange d'information entre individus : plus les individus sont éloignés de l'individu.....	61
Figure 20. Diagramme de classe de Diva.....	63
Figure 21. Déroulement d'un pas de temps du modèle Diva.....	64
Figure 22. Diagramme d'activité spécifique au choix des paysans des variétés semées l'année suivante (zoom sur le diagramme de la figure 21).....	64

Figure 23. Diagramme d'activité spécifique à la méthode de choix actif basée sur la recherche d'un idéotype (zoom sur le diagramme de la figure 22).....	64
Équation 1. Formule utilisée pour calculer la satisfaction du paysan vis-à-vis d'une variété..	65
Tableau 1. Onze scénarios faisant varier la proportion des différents types de stratégies.	66
Figure 24. Scénario 1 : 100 % des paysans suivent la stratégie passive d'imitation.....	67
Figure 25. Scénario 2 : 10 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation et 90 % la stratégie passive d'imitation	67
Figure 26. Scénario 6 : 50 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation et 50 % la stratégie passive d'imitation	67
Figure 27. Scénario 11 : 100 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation.....	67
Figure 28. Introduction d'une super variété (mauve dans les sondes et rouge dans l'espace) après 20 pas de temps dans le champ de vision d'un paysan de stratégie active d'évaluation dans un scénario de type 6..	68
Figure 29. Entretien à Siramana en 2005 avec un paysan ayant reçu à crédit un flacon d'atrazine, herbicide systémique dangereux destiné à la culture du maïs.	70

1. Introduction

La conservation de la biodiversité motive aujourd'hui de nombreuses recherches et fait l'objet de colloques internationaux comme celui de Paris en janvier 2005 qui a abouti à la signature par de nombreux chercheurs et hommes politiques de la Déclaration de Paris sur la biodiversité. On peut ainsi y lire : « *Un effort majeur est nécessaire pour découvrir, comprendre, conserver et utiliser durablement la biodiversité* ». Mais qu'est-ce que la biodiversité ? Elle peut être définie comme la variété et la variabilité des organismes vivants de toute origine dont les écosystèmes terrestres. Habituellement, on la divise en trois types :

- la diversité écosystémique, liée à la variété et la distribution des différents écosystèmes dans l'espace ;
- la diversité spécifique, liée à la variété des espèces dans une aire définie ;
- la diversité intraspécifique, liée à la variabilité génétique au sein de chaque espèce.

Depuis des millénaires, l'homme modifie son environnement, et il a profondément inscrit son empreinte sur la diversité écosystémique, spécifique et intraspécifique. Bien qu'étant globalement négative dans les deux premiers cas (destruction des écosystèmes et extinction d'espèces), son action est plutôt positive dans le dernier, d'un point de vue anthropocentrique bien entendu. Grâce à des procédés très simples de sélection par élimination progressive des individus non désirés, l'homme a peu à peu réussi à créer une diversité intraspécifique phénoménale chez certaines espèces végétales et animales. Les différentes sous-espèces ainsi créées sont perçues comme des races, variétés, écotypes ou cultivars par les sélectionneurs, ou comme des populations génétiquement différenciées par les généticiens. Au niveau végétal, on parle aujourd'hui de ressources phytogénétiques (RPG) ou d'agrobiodiversité, en référence à la diversité intraspécifique des plantes cultivées. L'agrobiodiversité fait partie, à un niveau plus général, de l'agrobiodiversité qui inclue, en plus la diversité des modes de gestion agricole, la diversité biophysique des milieux de cultures et la diversité organisationnelle liée au système socioéconomique (Brookfield 2001).

Un des aspects fondamentaux de l'agrobiodiversité est que ses conditions d'existence sont étroitement liées à l'action de l'homme. Sans celui-ci, avec son savoir, sa culture et ses pratiques indigènes, l'agrobiodiversité ne peut se maintenir durablement. Depuis le début du XXe siècle, ces différentes caractéristiques ont fondamentalement changé dans les pays occidentaux, suite à la révolution agricole contemporaine. Les changements des pratiques agricoles ont conduit à l'abandon de nombreuses variétés, celles-ci ne répondant plus aux exigences de la production intensive. En se réjouissant des rendements fabuleux obtenus grâce aux nouvelles techniques et à l'utilisation de cultivars à haut rendement, l'homme a déclenché la perte d'un patrimoine dont la valeur est inestimable car :

- les RPG apportent une source diversifiée de nourriture (importance nutritionnelle), de médicaments et de matériaux de tous types pour les humains ;
- les RPG sont le matériel de base de la sélection pour obtenir de nouvelles variétés ;
- les RPG représentent un pool génétique dans lequel il est possible d'aller chercher des gènes ou caractéristiques particulières, notamment des gènes de résistance essentiels dans la course qui oppose la plante sélectionnée aux ravageurs ;
- les RPG sont garante de la bonne adaptation des plantes à leur environnement local mais également de leur capacité à s'adapter aux changements;
- les RPG ont finalement une valeur historique, culturelle et esthétique.

Cependant, depuis quelques temps, une prise de conscience sur la valeur de ce patrimoine biologique est apparue. Tout d'abord au sein des structures de recherches agronomiques comme l'INRA¹, mais aussi, par la suite, au sein de la société civile, notamment en réaction à l'uniformisation des produits alimentaires. Certaines associations ont ainsi fait ressurgir des variétés oubliées (p.ex. les Croqueurs de Pommes en France) ou encore créé des réseaux de diffusions parallèles (p.ex. le Réseau de Semence Paysannes). Mais pour la majeure partie des exploitants, les variétés traditionnelles sont inconciliables avec les exigences des techniques de l'agriculture intensive. Celle-ci reste focalisée sur quelques cultivars à haut rendement par espèces seulement. La conservation des RPG s'est donc développée ex-situ, dans des conservatoires et banques de gènes créés spécialement à cet effet (p.ex. en France : Collections Nationales des conservatoires de l'INRA, les Conservatoires Botaniques Nationaux, les Conservatoires du Patrimoine Biologique Régional, les Conservatoires Génétiques, le Bureau National de la Diversité, les Jardins Botaniques, etc.). La FAO² (1999) dénombrait en 1998 pas moins de 1300 banques de gènes, relatives à la conservation des variétés cultivées dans le monde.

Tandis que les pays occidentaux construisaient leurs conservatoires tout en continuant à augmenter leurs productions et à libéraliser les échanges marchands à travers le monde, les pays "en développement" subissaient de plein fouet la chute des prix des céréales sur le marché mondial. Passant de 30 dollars le quintal dans les années 1950, à 20 en 1980 puis 10 de nos jours, la petite agriculture, qui représente le tiers de l'agriculture mondiale en 2001, vit peu à peu ses conditions d'existence menacées ce qui amplifia l'exode rural (Mazoyer et Roudart, 2002). Associant à cela une augmentation galopante de la population mondiale, le spectre d'une pénurie alimentaire mondiale ne tarda pas de poindre. La solution proposée par les organisations d'aide et de développement fut d'intensifier les techniques de production tout en améliorant les variétés. L'intensification lourde, comme le passage à la traction motorisée, fut vite confrontée au manque d'investissement. En revanche, l'amélioration des semences et la diffusion de celles-ci par une politique engagée de l'état, ce que l'on nomme couramment « la révolution verte » prirent de l'ampleur. En créant des semences à haut rendement, les planificateurs du développement comptaient ainsi pallier au manque de terres cultivées. La quantité de travail que représente l'exploitation manuelle des terres limite en effet les surfaces exploitées. De la même manière, on introduisit des nouvelles espèces comme le maïs, sélectionnées pour leur haute productivité. Mais l'engagement des états pour aider les agriculteurs à travers les subventions, les crédits, et la diffusion de semences n'est pas sans retombées négatives : la révolution verte est étroitement liée aux politiques des états qui font bien souvent semer ce que l'économie nationale sollicite et non ce dont les populations locales ont besoin (Brookfield, 2001).

Dans ce contexte, il n'est pas étonnant d'observer également une perte de diversité des variétés locales dans les pays "en développement". Contrairement aux pays occidentaux, ces derniers n'ont pas les fonds et les structures nécessaires pour construire des systèmes de conservation ex-situ. La conservation de l'agrobiodiversité ne peut donc se faire qu'in situ et plus précisément dans les exploitations mêmes (Butare, 2003). Subedi et al., (2003) remarquent d'ailleurs que les paysans ont de tout temps joué un rôle primordial dans la gestion et la conservation de cette ressource. La conservation dans les exploitations est entendue comme la préservation dans leurs agroécosystèmes, de variétés cultivées par des paysans utilisant leurs propres méthodes de

¹ Institut National de la Recherche Agronomique

² Food and Agriculture Organization

sélection. Pour de nombreux auteurs, ce mode de conservation présente de nombreux avantages dont le plus important est qu'il autorise la co-évolution des plantes cultivées avec leur microenvironnement abiotique et biotique mais aussi avec les pratiques culturelles locales (Robert et al, 2004 ; Butare, 2003 ; Subedi et al., 2003 ; Brookfield, 2001).

La diversité variétale est une ressource inestimable, fruit du travail des hommes depuis des millénaires. Mais, plus important encore, elle est propriété de tous. Sa conservation et sa gestion sont par conséquent également l'affaire de tous. S'inscrivant dans ce contexte, différentes approches ont été développées afin d'améliorer la gestion des ressources communes. La modélisation d'accompagnement en fait partie, et le présent travail utilise cette démarche dans le cas de la gestion paysanne des variétés de sorgho au Mali. L'objectif principal de ce travail est d'élucider les raisons de l'existence d'une diversité variétale élevée au niveau des villages, alors qu'elle est faible au niveau des exploitations. Outre la compréhension « scientifique » du phénomène, cette étude vise également à stimuler une réflexion commune sur la gestion de cette diversité.

1.1. L'évolution des stratégies paysannes

Avant d'aborder ce sujet, apportons ici quelques précisions sur les termes employés. Nous utilisons ici le terme « paysan » plutôt que « agriculteur » selon la définition proposée par Mendras en 1976 (Bélière et al., 2002). Celui-ci oppose tout d'abord le paysan à l'agriculteur sur l'autonomie relative de ce premier par rapport à la société englobante qui le domine. Il oppose ensuite l'autosubsistance du paysan à la dépendance de l'agriculteur. Enfin, il considère le rôle prépondérant que joue le groupe domestique dans l'organisation du travail chez le paysan avec une faible spécialisation des tâches alors que celle-ci tend à s'accroître chez l'agriculteur, renforcée par l'influence des techniques et du marché. D'après cette définition, la majorité des individus travaillant la terre au Mali peuvent être considérés comme étant des paysans. Le terme « agriculture » relatif à l'activité de production de matières premières et de biens de consommation végétaux ou animaux (Lévy et Lussault, 2003), bien plus englobant, sera plus largement utilisé que celui de paysannerie.

Dans l'environnement contraignant et incertain qui est le sien, l'agriculture malienne a traditionnellement développé des stratégies variées permettant de se prémunir contre la sécheresse en répartissant les risques dans l'espace (nombreuses parcelles en situation pédologique ou topographique différentes, profondeur variable de semences dans le sol...) et dans le temps (semis échelonnés ou recommencés, mélange de variétés à longueur de cycles différents...). Ceci explique l'existence d'écotypes (variétés locales) très divers (Eldin et Milleville, 1989 ; Baco et al., 2004).

D'après Ouattara (1996), le potentiel de la campagne agricole dépend à la fois de la date du début des pluies qui peut fortement varier d'une année à l'autre sur un même site, et des systèmes de cultures utilisés qui influencent l'étalement des semis. Certaines techniques intégrant le travail du sol pendant l'hivernage, au premier sarclage, permettent le semis dès les premières pluies. Il en va de même avec la technique de semis à sec, même si celle-ci est peu à peu abandonnée. Les techniques utilisées par le paysan déterminent donc en partie la date de semis, et participent en même temps au choix de variétés semées.

La culture du sorgho, qui occupait traditionnellement avec le mil la part la plus importante des sols cultivée en Afrique subsaharienne, et les stratégies agricoles associées, ont cependant connu des modifications importantes ces dernières décennies, particulièrement dans le sud du pays (Gigou,

2001 com. pers.). Ces modifications sont étroitement liées au développement démographique puissant que connaît l'Afrique. Cela conduit inexorablement à une saturation progressive des terres arables incitant les paysans à intensifier leur production céréalière. Mais cette expansion agricole est aussi intimement liée aux grands projets de développement mené par le gouvernement malien et les organisations internationales de développement ces dernières années dans le but d'améliorer la productivité agricole.

Les techniques agricoles ont évolué, avec le passage de la culture itinérante à la culture permanente, avec la généralisation de la traction animale et l'apparition à certains endroits de la traction motorisée, avec le développement de la fumure organique ainsi que l'accès, grâce à la culture du coton et du maïs, aux intrants, pesticides et herbicides (Gigou 2001 com. pers.). Ces modifications des techniques sont couplées à des modifications de choix des espèces semées. Le coton et le maïs ont été vigoureusement favorisés par la CMDT³, grâce par exemple au lancement du projet « Maïs » en 1980. Largement adopté, notamment dans le sud du pays où la sécurité alimentaire est aujourd'hui pratiquement exclusivement assurée par cette céréale (Criado, 2002), le maïs est ainsi passé de 12 % de la production malienne de céréales (mil/sorgho/maïs) en 1980 à 28 % en 2000 (FAO, 2004). Cette prédominance progressive dans la production nationale tient au fait que les rendements du maïs ont doublé dans les années 90, alors que ceux du mil-sorgho sont restés constants.

Le développement de la culture du maïs n'a cependant pas fait diminuer la surface en valeur absolue de sorgho cultivée, ni le nombre d'exploitations qui cultivent cette céréale (Soumaré et al., 2004). C'est en pourcentage des surfaces totales cultivées qu'on observe une diminution de la culture du sorgho. En effet, les bons résultats du maïs font qu'il est préférentiellement semé avec l'extension des surfaces cultivées. Cette diminution est beaucoup moins perceptible au nord du Mali où les conditions pluviométriques interdisent globalement la culture du coton ou du maïs. Un phénomène de marginalisation du sorgho sur les moins bonnes terres est également observé (Bazile et Soumaré, 2004).

Une autre conséquence du développement de la culture du coton et du maïs est leur place prioritaire dans le calendrier agricole. Le coton et le maïs sont semés très tôt en début de saison et tous les travaux agricoles qui y sont associés passent devant ceux liés à la culture du sorgho (Bazile et Soumaré 2004).

1.2. Une diversité variétale menacée

Les contraintes environnementales ont induit l'existence de stratégies agricoles traditionnelles très diverses, elles-mêmes accompagnées d'un nombre de variétés toutes aussi diversifiées. Soumaré (2004) observe que « ...plus le risque de sécheresse est élevé plus la diversité variétale est grande ». Bien que l'évolution du climat tende à augmenter le risque de sécheresse (cf. chapitre 2.2.), les changements connus par l'agriculture malienne ces dernières années ne sont pas restés sans conséquences sur la diversité des variétés de sorgho cultivées.

Une étude récente a montré une perte notable de diversité variétale du sorgho ces trente dernières années (Kouressy 2002). Cette perte de diversité suit un gradient nord sud, avec un maximum de perte dans le sud du pays, en zone humide, où près de 60 % des cultivars collectés en 1978 n'ont pu

³ Compagnie Malienne du Développement du Textile

être retrouvées en 2002. Dans le nord, cette perte se situe autour de 25 %. D'après l'auteur, cette érosion génétique est directement imputable à l'amélioration des techniques culturales dans la zone cotonnière et au développement concurrentiel de la culture du maïs. On peut ainsi lire :

« Dans cette zone, la raison fondamentale de l'abandon de certaines variétés est probablement le développement récent de la culture du maïs consécutif à l'accès aux intrants fournis par la CMDT. Les paysans qui ont abandonné totalement la culture des sorghos l'expliquent par la faiblesse du rendement (1 à 2 tonnes/ha) Le maïs qu'ils ont adopté peut produire 4 tonnes pour la même unité de surface. Un problème de calendrier agricole a aussi été évoqué car la récolte du sorgho coïncide avec celle du coton. »

L'auteur observe également, parallèlement à la disparition des variétés locales, des introductions provenant des parties septentrionales, et ceci dans toutes les zones climatiques. D'un point de vue génétique, ces introductions ne compensent cependant pas la disparition des variétés locales, principalement celles très tardives du sud du Mali. Les introductions ne sont pas considérées par l'auteur dans le bilan global.

Si les variétés introduites viennent du Nord, cela n'est pas sans raison. C'est en effet au Nord que l'on trouve les variétés aux cycles les plus courts, les plus précoces, celles qui permettent un rendement maximum dans un laps de temps minimum. Il faut comprendre derrière cela que la diminution de la pluviométrie participe probablement à l'introduction de nouvelles variétés donc vraisemblablement aussi à la perte des variétés anciennes. La perte plus importante de diversité au Sud pourrait être attribuée dans l'ordre d'importance aux changements de pratiques agricoles (culture motorisée et culture de coton et de maïs) puis aux changements climatiques, alors qu'au Nord, où le maïs et le coton restent très minoritaires, la perte de diversité variétale est d'avantage due aux conséquences de la diminution des pluies qu'aux changements de pratiques agricoles (culture attelée). Dans tous les cas, il faut également considérer un « bruit de fond », c'est-à-dire un turnover naturel des variétés semées qui en fait disparaître certaines et apparaître d'autres grâce au réseau semencier. Il est impossible de quantifier ce turnover et il pourrait bien participer pour une grande part aux observations de perte de diversité variétale. Enfin, le rôle de la diminution des pluies dans la perte de diversité variétale est très controversé. Autant le discours ambiant est largement focalisé sur cet aspect, autant l'analyse scientifique ne parvient pas à démontrer les conséquences de cette diminution sur la culture du sorgho.

1.3. Des projets pour la conservation de l'agrobiodiversité du sorgho

Deux projets portés par le CIRAD⁴ ont été élaborés autour de cette problématique : le projet « *Agrobiodiversité du sorgho au Mali et au Burkina Faso* » financé par le FFEM⁵ et le CIRAD (2002 – 2006), et le projet « *Modélisation multi-agents des réseaux d'échange de semences pour améliorer la conservation in situ des variétés locales de céréales en Afrique de l'Ouest* » financé par le BRG⁶ (2005 – 2007).

L'objectif principal du premier projet est « *le maintien et la valorisation de la biodiversité du sorgho* ». La démarche adoptée repose sur l'amélioration des variétés locales en augmentant leur productivité dans le but :

⁴ Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

⁵ Fond Français pour l'Environnement Mondial

⁶ Bureau des Ressources Génétiques

- d'améliorer la sécurité alimentaire des zones soudano-sahéliennes ;
- de maintenir la biodiversité du sorgho en créant des variétés plus performantes et pouvant concurrencer le maïs, principal facteur d'érosion génétique des variétés de sorgho.

Reposant sur une mise en commun des savoirs des paysans et des sélectionneurs sorgho, le projet d'amélioration des variétés locales intègre de près les agriculteurs et leurs organisations paysannes. Il les associe en effet dès le départ aux processus de création et de sélection participative des nouvelles variétés. Cette nouvelle approche fait opposition à la démarche classique de type création de variétés améliorées en stations, puis vulgarisation en milieu paysan qui n'a abouti ces dernières années qu'à des échecs répétés issus de leur inadaptation à la réalité des paysans (Soumare et al., 2003 ; de Rouw 2004, Matlon, 1985).

Le projet intègre en parallèle une analyse des stratégies paysannes relatives au sorgho afin de mieux prendre en compte les différents contextes humains et pédo-climatiques dans la démarche de maintien *in situ* de la diversité variétale de cette céréale.

Ce premier projet rassemble plusieurs acteurs internationaux, notamment le CIRAD et l'ICRISAT⁷ et nationaux comme l'IER⁸, ainsi que des organisations paysannes locales et des organismes de développement.

L'objectif général du second projet est « *d'évaluer l'effet des pratiques de gestion des semences sur le maintien de la diversité variétale* ». Il prévoit pour cela :

- d'identifier les réseaux institutionnels et sociaux qui déterminent les flux de semences ;
- d'élaborer un schéma théorique via la modélisation SMA⁹ du fonctionnement des systèmes semenciers traditionnels ouest- africains ;
- de valider ce modèle avec les chercheurs, paysans, ONG et associations de producteurs agricoles ;
- d'innover en partenariat pour proposer de nouvelles règles de gestion collective capables de maintenir la diversité et de développer un mécanisme d'échanges cohérent dans le contexte actuel d'intensification de l'agriculture.

L'objectif global est donc de caractériser l'efficacité des circuits d'approvisionnement en semences de la communauté et l'accessibilité des paysans au sein de la communauté à la diversité utile des variétés. L'approche retenue se centre sur la créativité inhérente à ces systèmes dans le but de la maintenir mais également de la faire évoluer en définissant de nouvelles règles collectives de gestion favorables au maintien *in situ* de la biodiversité.

1.4. Objectifs de l'étude

La présente étude s'inscrit à la jonction de ces deux projets. Orienté sur la compréhension de l'existence même de cette diversité, ce travail participe au déchiffrement des conditions ou comportements favorables au maintien de la diversité afin de les intégrer ultérieurement dans les stratégies globales de conservation.

⁷ International Crop Research Institute for Semi Arid Tropics

⁸ Institut d'Economie Rurale

⁹ Système Multi Agent

La présente étude se centre sur le processus de décision du paysan dans le choix des variétés à l'échelle de l'exploitation, mais elle tend également à s'élargir au fonctionnement global du système. Elle doit d'abord nous amener à la formalisation des liens existants entre le paysan (en tant qu'entité individuelle) et son environnement (au sens large) puis à la formalisation des règles de choix et des stratégies expliquant les changements dans le type de variété semée. Plusieurs questions guident ce travail :

Au niveau statique :

- *Quels sont les critères autres que l'adaptation au type de sol impliqués dans les processus de prise de décision pour le choix d'une variété?*
- *Comment se hiérarchisent-ils?*
- *Quel est le poids des pratiques socioculturelles sur le remplacement des variétés ?*
- *Existe-t-il d'autres facteurs que les critères déjà connus influençant le choix des variétés ?*

Au niveau dynamique :

- *Quelles situations ou conditions justifient l'introduction d'une nouvelle variété ?*
- *Quels sont les critères des variétés recherchées et justifiant l'expérimentation d'une nouvelle variété ?*
- *Quelles sont les modalités de cette expérimentation : à quel moment, à quelle fréquence, quelle sera la durée et la surface d'expérimentation, quels seront les critères d'adoption, de remplacement de l'ancienne variété, etc ?*
- *Quelle stratégie va guider le paysan pour introduire une nouvelle variété ?*

Enfin, à un niveau plus théorique :

- *Comment émerge une diversité variétale élevée au niveau du village à partir de la somme de stratégies individuelles qui ne favorisent pas la diversité au niveau de l'exploitation ?*

Parallèlement à la compréhension scientifique du système qui servira à orienter les stratégies globales de conservation, cette étude doit contribuer à la mise en place d'outils participatifs destinés à stimuler une réflexion locale sur la gestion de la diversité variétale du sorgho. Ces outils devront servir de support pour partager notre représentation du système afin d'améliorer la communication entre chercheurs et paysans. Ils devront également permettre la recherche de règles collectives de gestion de l'agrobiodiversité (dans la mesure où elles apparaissent nécessaires aux yeux des paysans).

2. Le sorgho au Mali : une céréale primordiale concurrencée par le maïs

2.1. Le Mali

Le Mali est un pays largement agricole avec 80 % de sa population vivant de l'agriculture. Globalement autosuffisant au niveau alimentaire, le pays n'a pas moins essuyé de graves crises comme celles de 1972-1973 et 1983-1984 conséquence à des épisodes de sécheresse répétés. L'agriculture, pour la majorité pluviale, s'exerce donc dans des conditions climatiques difficiles, mais également dans un cadre économique et social sinistré. Le Mali fait parti des 42 pays pauvres très endettés (PPTÉ) d'après le classement mondial du CNUCED¹⁰, et le PNUD¹¹ le classe 164^{ème} sur 173 pays en utilisant l'indicateur de développement humain (IDH). Son PIB par habitant est inférieur à 250 \$US (Koné, 2003). Avec une population totale estimée aujourd'hui à environ 13 millions, le Mali possède une croissance démographique de 2,5% par an sur les quarante dernières années (FAO, 2005) ce qui signifie un doublement de sa population tous les 30 ans.

Le Mali n'en reste pas moins extrêmement riche au niveau culturel, avec pas moins de 21 ethnies (Bocquier et Diarra, 1999), mais également au niveau agrobiologique. L'Afrique de l'Ouest est en effet considérée comme le centre d'origine de nombreuses espèces cultivées comme le mil, le sorgho, le niébé, le voandzou, le riz africain, les ignames, le fonio et bien d'autres (Koné, 2003).

2.2. Un climat qui change

Au Mali, le climat peut être considéré comme le facteur limitant du développement agricole (Bazile et al., 2004), et il doit impérativement être pris en considération. Globalement, le climat du Mali peut être décrit comme appartenant au type tropical sec de l'Afrique soudano-sahélienne et soumis à l'influence de la mousson. Il est caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse ou hivernage en été et une saison sèche sur le reste de l'année. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 1400 mm aux frontières sud du pays à moins de 200 mm au Nord qui subit un climat totalement aride.

Quatre zones climatiques différentes peuvent être décrites, basées sur la pluviométrie annuelle, respectivement du Nord au Sud (figure 1):

- la zone désertique ou saharienne, avec une pluviométrie annuelle moyenne inférieure à 200 mm ;
- la zone sahélienne, avec une pluviométrie moyenne annuelle variant de 200 à 600 mm ;
- la zone soudanienne, avec une pluviométrie moyenne annuelle variant de 600 mm à 1100 mm ;
- la zone pré guinéenne, avec une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 1100 mm.

¹⁰ Conférence de Nations Unies sur le Commerce et le Développement, <http://www.unctad.org>

¹¹ Programme des Nations Unies pour le Développement, <http://www.undp.org>

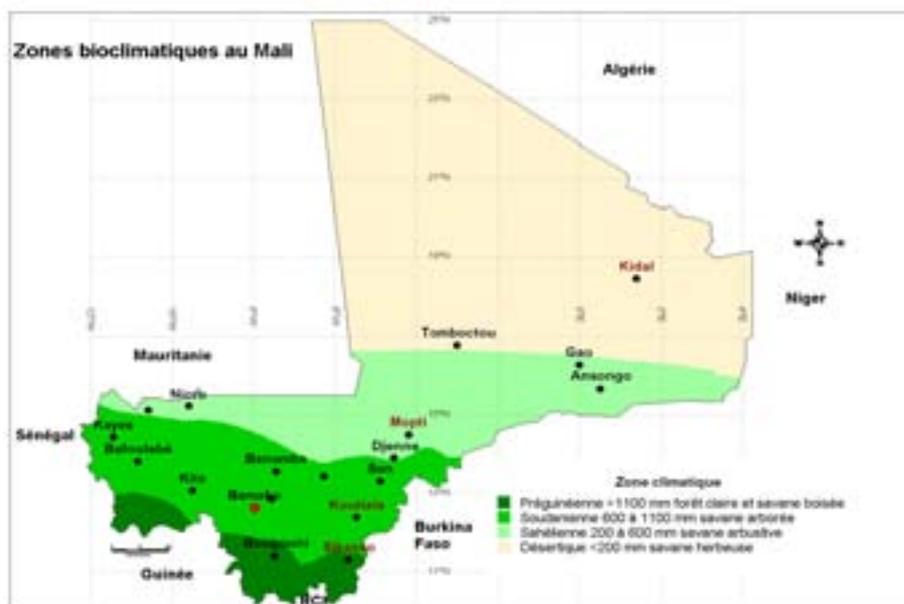


Figure 1. Les Zones Bioclimatiques du Mali (Soumare, 2004).

La pluviométrie est le principal déterminant des formations biogéographiques rencontrées au Mali. En se déplaçant du sud vers le nord on rencontre la forêt claire et les grands types de savanes tropicales : boisée, arborée, arbustive et herbeuse.

A mesure qu'on se déplace vers le sud, la saison des pluies commence plus tôt et se termine plus tard. Ainsi, le début de saison passe du 15 mai au 25 juillet, et la fin du 15 septembre au 15 octobre, soit une durée de saison variant de 50 à 150 jours. Sur cette variation latitudinale se surimpose une variation interannuelle toute aussi importante. En un même site, d'une année sur l'autre, la durée de la saison des pluies est très variable et est principalement déterminée par la date d'arrivée des premières pluies. Enfin, la date d'arrivée des pluies est plus variable que la date de fin des pluies (Soumaré et al., 2004).

Depuis plusieurs décennies, on remarque une diminution progressive de la pluviométrie au Mali. Cette diminution s'est caractérisée par un mouvement sud des isohyètes¹² sur l'ensemble du pays (figure 2) (Traoré et al, 2000 ; Diop, 1996 ; L'Hôte et al, 1996 ; Houndénou et al, 1998).

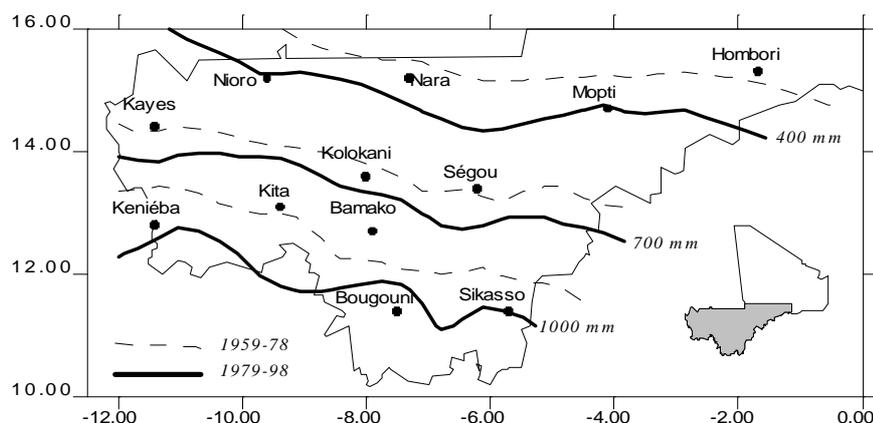


Figure 2. Carte de déplacement des isohyètes du Mali à partir de la comparaison des moyennes des périodes 1951-1978 et 1979-1998. (Traoré et al., 2000)

¹² Une isohyète correspond à une ligne qui joint les points d'une région où les précipitations moyennes sont les mêmes pour une période considérée.

Les conséquences de la diminution des hauteurs pluviométriques consécutives à la sécheresse ne sont pas clairement définies. Pour certains auteurs, il n'existe pas de différences significatives sur la structure de la saison des pluies (Oladipo et al, 1993, Traoré et al, 2000). Ainsi, en comparant les périodes de 1959-78 et de 1979-98 Traoré a montré qu'il n'existe aucun changement significatif du début et de la fin de la saison des pluies. Leur variabilité est identique sur ces deux périodes étudiées. D'autres observent par contre des débuts plus tardifs et des fins plus précoces (Sivakumar, 1992 ; Diop, 1996). L'importance de la variabilité interannuelle est sans aucun doute à l'origine de la différence de ces résultats.

Cette question mérite d'être creusée, car le début et la fin de la saison des pluies sont un facteur essentiel dans l'agriculture pluviale. Celui-ci détermine le calendrier agricole des exploitations ainsi que le choix des espèces ou variétés cultivées.

2.3. Une céréale adaptée à la variabilité climatique

Le sorgho appartient à la famille des Poacées, genre *Sorghum*, espèce *bicolor*. Originaire d'Afrique, cette espèce est répandue dans l'ensemble de la zone intertropicale et déborde largement dans les régions tempérées (Chantereau et Nicou, 1991). Il existe, selon la classification de Harlan et de Weet, cinq races principales et dix races intermédiaires issues du croisement de ces premières. Les écotypes de la race guinea sont les plus cultivés en Afrique de l'Ouest et occupent, de par leur rusticité, une part importante des surfaces agricoles.

La rusticité du sorgho s'explique en grande partie par son photopériodisme. Le photopériodisme est décrit par Heller en 1985 (dans Kouressy, 2002) comme étant l'ensemble des réactions que provoque la photopériodicité quotidienne (alternance des jours et des nuits) avec ses variations de jours longs, jours courts, sur les organismes. Il est reconnu comme étant une adaptation à des phénomènes saisonniers (Vaksmann et al, 1996).

Le cycle du sorgho comporte trois phases : phase végétative, épiaison et maturation. La durée de la phase végétative varie en fonction de la durée du jour. Les deux dernières phases ont quant à elles une durée fixe. Le système physiologique permettant la transition phase végétative - épiaison est lié à une hormone produite pendant la nuit et dégradée pendant la journée par un phénomène de photosensibilité qui conduit à sa dégradation (Vaksmann et al., 1996). A un certain seuil, la durée de la nuit dépasse celle du jour et l'hormone n'étant plus dégradée, elle déclenche alors l'initiation florale qui conduira à l'épiaison. Le sorgho est donc une espèce photopériodique faisant partie des plantes dites de jours courts (ou nyctipériodiques) qui ne fleurit que si la photopériode est inférieure à une certaine valeur, dite photopériode critique. Cette photopériode coïncide pour les différentes variétés de sorgho avec la fin de la saison des pluies dans leur aire d'origine (Kouressy et al., 1998).

Ce photopériodisme est une des principales qualités des variétés locales de sorgho qui s'adaptent ainsi à la variabilité climatique, car d'un point de vue agronomique, l'incertitude principale des paysans maliens concerne le début de la saison des pluies et la date de semis. Le photopériodisme permet donc de faire coïncider la floraison du sorgho avec la fin des pluies quelle que soit la date de semis. Ceci contribue largement à la gestion du risque par le paysan car ce photopériodisme rend possible :

- le semis sur une longue période grâce à la plasticité du cycle végétatif de la plante ce qui permet la pratique traditionnelle du semis précoce;
- la valorisation de la totalité de la saison des pluies, primordiale lorsque la pluviométrie est faible ;
- l'obtention d'une floraison dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique, ce qui joue sur les rendements obtenus;
- la synchronisation de la maturation des grains après les principales pluies, ce qui diminue les risques de moisissures ;
- le regroupement des floraisons, ce qui limite les dégâts provoqués par les oiseaux.

La durée du cycle pour une même variété photopériodique peut varier de 90 à 190 jours en fonction de sa date de semis. Les variétés les plus tardives sont aussi les plus photopériodiques (Kouressy et al., 2003 ; Soumaré et al., 2004). On note une diminution de ce type de variétés très tardives en se déplaçant vers le Nord en raison de la durée de la saison des pluies, mais proportionnellement à celle-ci, le nombre de variétés fleurissant bien après la fin de la saison est plus grand (Traoré et al., 2000) au Nord que dans la région centre du Mali. Cette diversification phénologique des variétés du Nord est sans doute due au risque plus élevé d'échec justifiant la diversification des pratiques de culture.

2.4. La culture du sorgho au Mali

En 2004, la production totale de sorgho dans le monde atteignait 58 millions de tonnes sur les 2264 millions de tonnes de céréales produites, soit 2,5 % (FAO, 2005). Le rendement à l'hectare varie fortement selon le lieu de culture, allant de 4000 kg/ha aux Etats-Unis à 870 kg/ha en Afrique.

Les utilisations du sorgho en Afrique sont nombreuses. Il fournit : du grain pour l'alimentation humaine ; du fourrage pour le bétail (tiges et feuilles) ; des matériaux de construction pour les habitations (toits) ; du combustible pour la cuisson des aliments.

Principale culture au Mali après le mil, le sorgho occupe environ 30% des superficies cultivées soit 1 million d'hectares (figure 3). Sa production totale atteignait 650 Mt en 2004, soit 28 % de la production totale en céréales de ce pays (FAO, 2005). Cette culture joue donc un rôle primordial dans la sécurité alimentaire du Mali.

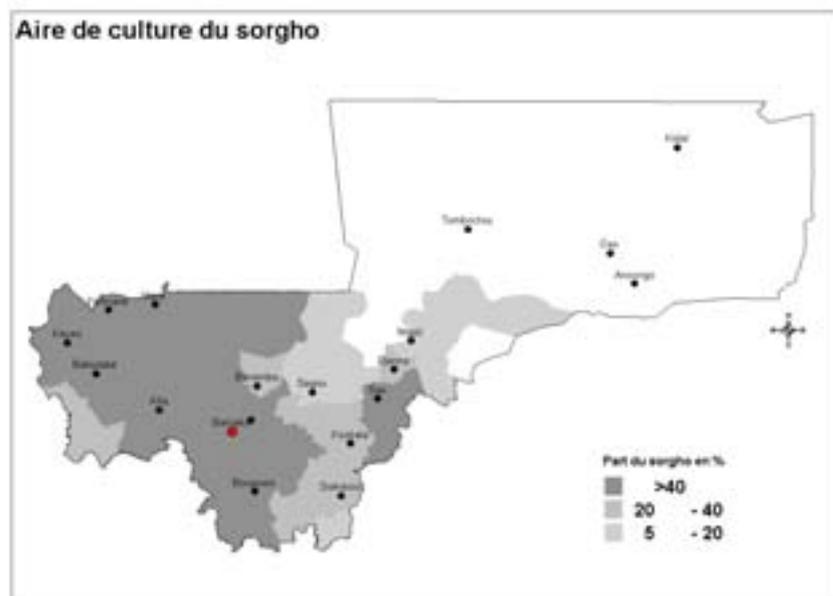


Figure 3. L'aire de culture du sorgho au Mali. Elle s'étend sur tout le Mali agricole de la zone humide aux régions sahéliennes (Soumare, 2004).

Il existe différents modes de culture au Mali, tous saisonniers. Nous décrivons plus particulièrement la culture pluviale, la plus répandue et celle pratiquée sur les terrains d'enquête de la présente étude.

Comme son nom l'indique, ce mode de culture est pratiqué pendant la saison des pluies. Le sol est préparé en buttes ou billon, à la houe ou à la charrue. Le semis commence dès le début de la saison des pluies et s'étend sur une grande période. Les variétés précoces ou de soudure sont semées les premières. Deux à trois semaines après la levée a lieu un premier sarclage absolument nécessaire à la survie des jeunes plants et demandant une main d'œuvre importante. Après cette phase critique, on procède à un second sarclage moins délicat, puis au démariage et au repiquage. Le sorgho continue son développement jusqu'à la floraison. Après maturation, les plants sont coupés et disposés en paquets attachés entre eux. On coupe ensuite les panicules qui peuvent être stockées en l'état au grenier ou battues de façon à récolter les grains. Leur conservation varie énormément d'une variété à l'autre et des conditions de stockage. Les attaques d'oiseaux et de champignons sont courantes au moment de la récolte, et cette période est aussi cruciale que le semis.

Les rendements varient selon les milieux, les itinéraires techniques et les variétés. En année pluviométrique normale sur un sol moyen avec de bons soins culturaux, le sorgho atteint un rendement de 1200 kg/ha en culture pluviale. Ces conditions sont dans la réalité rarement réunies. En 2001, le rendement moyen du sorgho sur l'ensemble du Mali se situe entre 737 kg / ha d'après la FAO et 900 kg / ha d'après la CMDT sur sa zone d'intervention au sud Mali.

2.5. Opportunité du maïs par rapport au sorgho

Nous avons précédemment vu que la perte de diversité variétale du sorgho était étroitement liée au développement de la culture du maïs. Mais quelles sont les raisons d'adoption de cette céréale par les paysans ? D'après Criado (2002), les deux principales raisons sont la présence du coton et l'accès aux intrants. En réalité ces facteurs sont liés. Pour favoriser la culture du coton, la CMDT, par le biais des Association Villageoise, a créé un système de prêt pour l'acquisition d'engrais et de pesticides. Le crédit est ensuite remboursé par la vente du coton, la somme due étant directement déduite du produit lié à la vente du coton. L'accès aux intrants étant ainsi facilité, les paysans en profitent pour cultiver le maïs. Celui-ci bénéficie de l'arrière effet des engrais utilisés pour le coton (rotation culturale) mais aussi de l'apport direct d'engrais initialement destinés au coton. En 2002, en zone cotonnière, 97% des exploitations enquêtées ont adopté le maïs parce qu'elles cultivaient le coton et avaient accès aux intrants à crédit (Criado, 2002).

La culture du coton rend ainsi "possible" la culture du maïs, mais plusieurs autres facteurs favorisent cette dernière. Nous pouvons mentionner la précocité de la récolte (en période de soudure), ou encore les faibles pertes liées aux dégâts des oiseaux ou des moisissures sur les épis, mais le principal facteur d'adoption du maïs reste son fort rendement. Dans de bonnes conditions, le rendement du maïs est environ le double de celui du sorgho. Ainsi, dans le village de Siramana au sud du Mali, la culture de sorgho atteint en moyenne 816 kg/ha contre 2043 kg/ha pour celle du maïs (Bazile et al., 2003). D'après Criado (2002), les marges brutes moyennes obtenues avec la culture du maïs sont toujours supérieures à celles obtenues avec la culture du sorgho.

On est alors amené à se demander pourquoi les paysans n'abandonnent pas la culture du sorgho. Il faut tout d'abord se rappeler que les contraintes écologiques du maïs n'autorisent pas sa culture dans des conditions où la pluviométrie annuelle est inférieure à 800 mm, ou sur les sols pauvres et

très drainants. Ensuite, lorsque la situation pluviométrique atteint 900 mm (au centre du Mali), Bazile et al. (2003) observent que les marges brutes générées à l'hectare (en moyenne sur les 5 dernières années à Koutiala) sont identiques pour les deux cultures, alors que le risque pris sur le maïs est beaucoup plus élevé que sur le sorgho. En effet, ils observent des rendements beaucoup plus irréguliers pour la culture du maïs que pour celle du sorgho. Si la campagne agricole rencontre un déficit pluviométrique important, les pertes observées sur les cultures de maïs seront beaucoup plus importantes que sur celles sorgho. Cultiver une parcelle de sorgho apporte donc une certaine sécurité pour la famille en cas d'aléas climatiques.

Dans les zones à meilleure pluviométrie, le sorgho est plutôt semé pour sa plasticité de date de semis. Il peut être semé avant et après le maïs et le coton, et ceci sur plus de deux mois (Bazile et al., 2003 ; Giraudy et al., 1997). De plus il peut se contenter de peu de soins culturaux. Il joue donc le rôle de culture secondaire pour combler les trous dans le calendrier agricole et obtenir des petites rentrées supplémentaires non négligeables pour la famille. Ainsi, même dans des conditions favorables au maïs, le sorgho ne disparaît pas car il tient une place importante dans la stratégie agricole du paysan y compris pour mettre en valeur des terres à fortes contraintes agricoles. Ces deux cultures peuvent de ce fait être considérées comme complémentaires (Giraudy et al., 1997).

3. Des outils participatifs pour la gestion des ressources communes

3.1. L'aide à la décision et les jeux de simulations

Depuis le début des années 70, sont apparus les systèmes d'aide à la décision (DSS¹³). Ayant tous en commun l'objectif général d'améliorer la décision, ces systèmes reposent néanmoins sur plusieurs types de modèles radicalement différents : les modèles fondés sur la rationalité complète et la recherche de solutions optimales ; et les modèles non fondés sur cette rationalité complète et ayant des solutions considérées comme appropriées (Allaya et al., 2004). Alors que dans les approches normatives, la solution optimale est au centre de l'aide à la décision, dans cette seconde approche, c'est le processus de conduite de raisonnement qui est au centre (P. Bourguine and J.-L. Lemoigne dans Allaya et al., 2004). Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) sont nés de cette idée qu'il n'existe pas de solution optimale qu'il suffirait de mettre en œuvre, mais une multitude de solutions issues de processus de recherche variés et de représentations différentes. Les SIAD ont pour objectif de les révéler afin de conscientiser les décideurs de leur fonctionnement et peut-être améliorer celui-ci. Ces systèmes sont particulièrement adaptés lorsque les problèmes sont peu, voire non structurés (Allaya et al., 2004).

Parmi les SIAD, se sont développés des approches visant à aider des groupes dans l'élaboration de solutions communes (Group Decision Support System GDSS) ou à améliorer les négociations (Negotiation Decision Support System NDSS) (Allaya et al., 2004). Dans ce cadre, ont été développés des jeux de simulations ou Jeu de Rôle (JdR) qui mettent les joueurs en situation virtuelle de choix stratégiques. Ces jeux peuvent être de différents types (technique ou social) et avoir différents objectifs (outil de recherche, d'apprentissage ou de recherche d'élaboration de choix) selon les objectifs souhaités. Bien que leur origine remonte au 19^{ème}, avec les « Kriegsspiele » ou jeu de guerre contemporains développés en Prusse pour simuler des batailles, leur utilisation dans le domaine de la gestion des ressources est assez récente (Dare, 2005). Ces jeux peuvent par exemple être utilisés dans le but d'améliorer la décision collective en mettant en évidence les interactions entre choix individuels et choix collectifs.

3.2. Usage conjoint des SMA et JdR

Les Systèmes Multi Agents (SMA) sont issus du domaine de l'intelligence artificielle distribuée (IAD) qui cherche à résoudre les problèmes par la coordination d'agents hétérogènes indépendants. Wooldridge (1999) définit un agent comme « un système informatique situé dans un environnement et capable d'action autonomes dans cet environnement dans le but d'atteindre ses objectifs ». Un SMA est ainsi constitué d'un ensemble d'agents coordonnés évoluant au même moment dans le même environnement, prenant des décisions, agissant sur leur environnement et pouvant communiquer entre eux.

Les SMA peuvent être utilisés dans des applications diverses comme la surveillance de processus industriels ou le commerce électronique. Mais ils sont également utilisés en écologie et en sciences sociales, car particulièrement appropriés à l'étude de problèmes intégrant une dimension spatiale et sociale (Bousquet et Le Page, 2004). A ce titre, peuvent être considérés comme agent un groupe social ou une institution. L'agent n'est donc pas forcément un individu. En effet, bien que celui-ci soit une entité élémentaire de décision et donc un producteur actif du social, il est mu par des valeurs et des règles collectives qui évoluent par interactions entre individus ou groupes

¹³ Décision Support System

d'individus. Les individus ne sont dans la plupart des situations ni semblables ni égaux, mais porteurs de rôles et de statuts sociaux. Par conséquent, un groupe d'individus peut être considéré à certains niveaux comme une entité autonome ayant ses objectifs propres, soit un agent.

La gestion des ressources communes est un domaine intégrant toutes les caractéristiques requises pour l'emploi simultané de la modélisation SMA et des JdR. Elle pose à la fois le problème de l'interaction entre des ensembles d'agents et des ressources dynamiques et celui de la prise de décision. Cette utilisation conjointe a été développée dans le cadre d'une démarche présentée dans le chapitre qui suit, mais elle est aussi née de la complémentarité de ces deux outils.

Les JdR sont des expériences coûteuses, principalement en temps car ils nécessitent une lourde organisation et leur répétition est difficile. De leur côté, les modèles informatiques sont souvent illisibles (boîte noire) et il est difficile de communiquer autour d'eux. Leur usage conjoint permet, d'une part, de rendre intelligible des modèles conceptuels lourds sous une forme ludique (JdR), et permet ainsi de partager des hypothèses et d'explicitier des points de vue, et, d'autre part, d'accélérer le déroulement des jeux ou d'explorer de nouveaux scénarios en effectuant des simulations (SMA). Une synergie peut ainsi être créée qui renforce mutuellement l'utilisation de ces deux outils (Barreteau, 2003).

3.3. Démarche de modélisation d'accompagnement et charte ComMod

Afin de traiter les problèmes de gestion des ressources communes de manière cohérente, une communauté de chercheurs travaillant ensemble ou sur des problématiques similaires a élaboré une démarche commune de travail intitulée « modélisation d'accompagnement » (Bousquet et al., 1996). Celle-ci est explicitée dans un document intitulé « charte ComMod »¹⁴ qui contient à la fois la posture du chercheur, les conditions d'utilisation et la description de cette démarche. Cette démarche considère tout d'abord comme légitime et prend en compte l'existence de points de vues différents et potentiellement contradictoires. Elle accepte ensuite l'incertitude dans la situation de décision et permet une remise en question continue, par confrontation avec le terrain, des hypothèses de l'expérimentation. Celles-ci doivent par ailleurs être totalement explicites. Enfin, cette démarche accorde une attention particulière aux processus de validation et doit être confrontée, à chaque cycle, à des éléments extérieurs nouveaux. Les deux voies d'applications de cette démarche sont : (1) produire de la connaissance et (2) améliorer le processus décisionnel. Les retombées sur le terrain peuvent être (1) la modification des perceptions des acteurs, (2) la modification de leurs façons d'interagir et (3) la modification des actions qu'ils entreprennent.

La modélisation d'accompagnement fait appel à un processus itératif de recherche suivant un cycle : réalité observée – modèle conceptuel – expérience contrôlée de type SMA ou JdR (figure 4). La confrontation régulière et contrôlée du modèle d'explication avec les faits est une méthode couramment utilisée lors d'études sociologiques (Kaufmann 1996) et elle trouve tout son sens dans cette démarche. L'objectif est de s'assurer que la séparation du modèle conceptuel de la connaissance commune et de la perception subjective du système suit une procédure scientifique d'objectivation validée à chaque étape.

¹⁴ Accessible en ligne <http://cormas.cirad.fr/fr/reseaux/ComMod/index.htm>

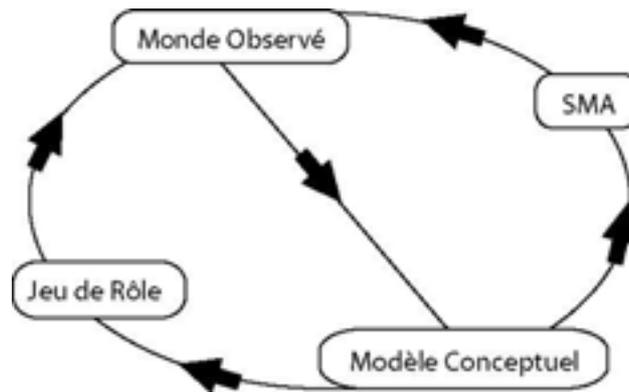


Figure 4. Processus itératif de recherche utilisé dans la démarche de modélisation d'accompagnement

3.4. Expériences Méjean et Self Cormas

Deux expériences différentes sont couramment citées pour illustrer l'utilisation de la démarche de modélisation d'accompagnement (Le Page et al., 2004). La première, intitulée expérience Méjean, fait référence au développement d'un modèle écologique d'évolution des prairies du Causse Méjean sous la menace de l'enrésinement par le pin noir et le pin sylvestre (modèle Sylvopast). Intégré à un JdR, ce modèle a pour but d'explorer des stratégies possibles de gestion du Causse en recherchant un compromis entre éleveurs, forestiers et agents du PNR¹⁵. La démarche adoptée dans ce cas est de confronter les différentes personnes impliquées dans la gestion d'un territoire à un modèle « d'expert » et les faire participer à la recherche de solutions communes. Cette expérience a remporté un franc succès et l'exploration de scénarios sur le long terme a permis aux différents acteurs d'élaborer un plan local d'aménagement concerté (Etienne, 2003). Cette expérience pose néanmoins le problème de la responsabilité du modélisateur qui propose un modèle d'expert. D'un côté ce modèle est clairement présenté comme ne pouvant en aucun cas être utilisé comme un outil de prédiction, en raison de la complexité des phénomènes écologiques à l'œuvre dans le système, et de l'autre, il a tendance à remplir cette fonction puisque des actions concrètes sont mises en place d'après les scénarios explorés dans celui-ci.

La seconde expérience, intitulée Self Cormas, fait référence à un travail d'appui à une politique de décentralisation au nord du Sénégal. La démarche adoptée dans ce cas est d'impliquer dès le départ les différents acteurs dans la conception du modèle. Avec pour thème de travail la coordination entre agriculteurs et éleveurs, plusieurs ateliers ont été organisés et ont permis la construction puis le test par les acteurs d'un modèle leur permettant d'avancer dans la résolution d'un problème de gestion du territoire. Cette démarche permet également à l'expert d'avancer dans la compréhension scientifique du système. Tandis que le modèle Sylvopast repose sur une base de données issue d'un travail de longue haleine mené par des scientifiques, et peut ainsi être présenté comme un modèle d'expert, les modèles développés avec la démarche Self Cormas n'ont pas la même prétention. Dans ce cas, le modèle n'est pas là pour élaborer des solutions techniques aux problèmes, mais pour améliorer la discussion autour de différentes alternatives. Le recours à l'expertise technique est l'étape qui suit, et non celle qui précède.

¹⁵ Parc Naturel Régional

3.5. Notre Démarche

La présente étude est guidée par la démarche de modélisation d'accompagnement. Celle-ci est employée pour acquérir un savoir scientifique sur le sujet d'étude, mais également pour stimuler une réflexion commune sur la gestion de la ressource considérée.

Il est ici nécessaire de mentionner le travail déjà réalisé afin de mieux y situer cette étude. Après plusieurs années de travail de terrain et de collecte de données, une première formalisation de notre compréhension du système a été réalisée par l'équipe Bazile / Le Page / Abrami en 2004. Celle-ci a abouti à un modèle SMA intitulé « SorghoMali » représentant l'environnement au sens large des paysans : les différentes entités du territoire et la structure sociale des paysans. Ce modèle introduit déjà certaines stratégies caricaturées des paysans, mais la dynamique existante est constituée par des changements de variétés basés sur des déterminants statistiques : les décisions n'utilisent pas de critères « rationnels », et il n'y a pas de dynamiques agroécologiques.

C'est après avoir identifié les lacunes de ce premier modèle conceptuel (questions relatives au processus de décision des paysans dans le choix des variétés) que mon travail a débuté. Il s'inscrit à plus large échelle dans l'ensemble des travaux rattachés aux projets FFEM et BRG. Une démarche empirique en trois phases (figure 5) a été développée. Ces trois phases suivent le processus itératif de recherche qui passe du monde observé au modèle conceptuel. Parce que chaque phase repose sur les résultats des phases précédentes et pour une meilleure lecture, ces trois phases seront présentées de manière linéaire dans ce rapport.

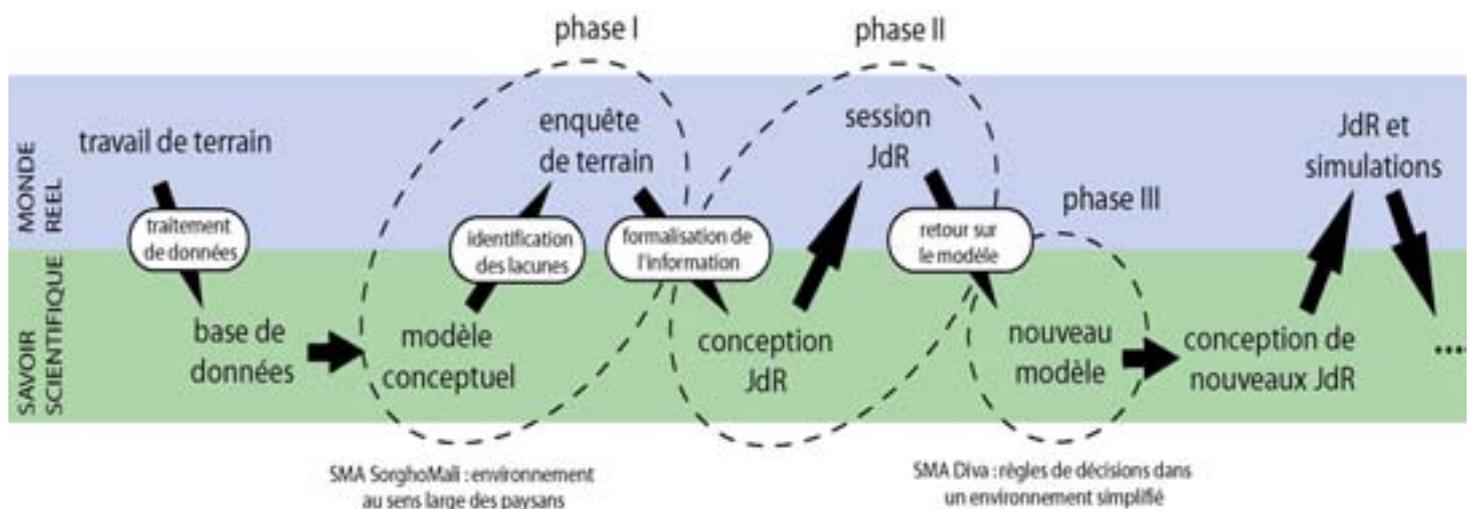


Figure 5. Les trois phases de cette étude : enquête de terrain, Jeu de Rôle et modélisation

Les trois phases spécifiques à cette étude sont les suivantes :

- I. Analyse et synthèse des résultats d'enquêtes de terrain précédentes et construction d'hypothèses spécifiques au processus de choix des variétés. Conception et réalisation d'une nouvelle enquête avec une démarche de triangulation de l'information afin de valider ou non ces hypothèses et d'en construire de nouvelles. *Cette première partie se déroule au Mali à Bamako, avec une phase de travail de terrain dans deux villages représentatifs de deux régions agricoles contrastées (Nord 700mm, Sud 1100mm). Elle doit*

permettre de construire l'objet théorique traitant du choix des variétés au sein de l'exploitation. Travail avec Didier Bazile (CIRAD).

- II. Construction et mise en place d'un jeu de rôle (JdR) avec les paysans afin de tester et valider l'objet théorique précédemment construit ou toutes nouvelles hypothèses apparaissant pendant le jeu. Le JdR doit également permettre de partager et de valider notre représentation du système auprès des paysans, de formaliser un peu mieux notre compréhension du système, notamment du point de vue dynamique, et enfin de stimuler une réflexion commune sur la gestion de la diversité variétale du sorgho. *Cette deuxième partie se déroule à Bamako avec Didier Bazile et Géraldine Abrami (CIRAD).*
- III. Construction d'un modèle de décision simple, déconnecté de l'environnement réel, mais pas du contexte (modèle Diva). SMA permettant de tester dans un environnement théorique les conséquences au niveau global de la somme de décisions individuelles. Implémentation des informations recueillies pendant le JdR et les enquêtes de terrain sous forme de règles de décisions. Il s'agit d'observer au niveau théorique l'émergence de phénomène complexe à partir de la somme de décisions simples. *Cette troisième partie se déroule en deux temps à Montpellier, un premier travail conjoint à la formation SMA suivie début avril au CIRAD, et un second travail de retour du Mali. Travail avec Patrick Rio (INRA), Christophe Le Page (CIRAD) et Géraldine Abrami.*

Tout au long de ces trois phases, des hypothèses de travail sont formulées puis testées. Certaines sont restrictives, d'autres non, mais toutes sont considérées à chaque instant et sont perpétuellement remises en question. C'est d'ailleurs un point crucial de la démarche qui consiste à poser à plat toutes les idées nous influençant afin qu'elles puissent être appréciées et jugées, même a posteriori, par des personnes extérieures à l'étude.

Cette démarche se situe entre une approche de type Sylvopast, et Self Cormas. En effet, un objet théorique (le 1^{er} modèle « SorghoMali ») basé sur un certain nombre de données d'expert est initialement construit, avant toute confrontation avec les paysans. Mais en même temps cet objet est soumis à validation et est supposé évoluer grâce à la conception et la mise en place d'un JdR dans lequel les différents points de vue émis par les paysans ont une valeur toute aussi importante que celle du modélisateur. En effet, par delà la compréhension théorique du système, ce qui motive notre démarche est d'amorcer une réflexion de fond sur la gestion des variétés locales de sorgho, pouvant peut-être aboutir à des règles collectives acceptées et admises par tous.

4. Les enquêtes de terrain

Le travail d'enquête qui suit s'inscrit dans la continuité d'autres enquêtes menées sur les mêmes terrains d'étude. Elle se différencie cependant de ces dernières par sa démarche qualitative, dont la fonction consiste davantage à comprendre qu'à décrire systématiquement et à mesurer. Cela nous a conduit à cadrer au maximum notre méthode d'enquête, en nous appuyant notamment sur les résultats des enquêtes précédentes. Nous avons ainsi commencé par analyser les résultats d'une enquête de 2004, posé quelques hypothèses, puis élaboré une nouvelle méthode d'enquête et enfin traité les résultats obtenus.

4.1. Enquêtes de 2004 à Kagnan et Siramana

Certaines données issues d'une enquête précédente intitulée « Choix des variétés dans l'exploitation » réalisée en septembre 2004 dans les deux villages de Siramana et de Kagnan, ont été traitées préalablement à la construction de notre méthode d'enquête. Ce travail a permis d'obtenir les informations suivantes pour chaque exploitation répertoriée par type (annexe 1) :

- variétés cultivées en 2004 ;
- description des variétés par l'enquêté ;
- critères importants dans le choix de ces variétés ;
- variétés connues au village et fournisseurs potentiels ;
- variétés ayant été cultivées durant les 20 dernières années mais ne l'étant plus.

L'analyse statistique de ces données montre qu'il n'existe pas, au niveau de l'exploitation agricole, de différences significatives entre les deux villages étudiés sur : le nombre de variétés connu, le nombre de fournisseur connu, le nombre de variétés abandonnées (test de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch). Il existe par contre une différence significative (seuil = 0.05) sur le nombre total de variétés cultivées que nous attribuons à des environnements différents (écologique, climatique, économique) entre les deux villages. Le sorgho n'occupe en effet pas la même place dans les systèmes de culture de Kagnan où les paysans sèment en moyenne 1,8 variétés et à Siramana où les paysans n'en sèment en moyenne qu'une seule. A Siramana, il existe également des différences entre les types d'exploitations (nous en considérons 4). Ainsi, il apparaît que le groupe 2 se démarque des autres groupes et plus particulièrement du groupe 4. Le groupe 2 connaît globalement moins de variétés que les autres groupes.

Les trois critères les plus importants dans les variétés que le paysan sème sont, pour le village de Kagnan, dans l'ordre d'importance, la productivité, le cycle et la consommation et pour Siramana, le cycle, la productivité et la végétation. Les trois critères les plus importants dans les autres variétés qu'ils connaissent sont, à Kagnan, la consommation, la productivité et le cycle et pour Siramana la productivité, le cycle et la consommation. Enfin, sur les deux villages, plus de 80% des paysans connaissent un fournisseur pour les variétés qu'ils cultivent contre 59 % à Kagnan et 35 % à Siramana pour les autres variétés qu'ils connaissent sans les semer sur leur exploitation. Ces résultats corroborent bien ceux d'une précédente étude sur l'évaluation de l'impact des recherches variétales de sorgho et de mil en Afrique de l'Ouest qui a montré que les principales raisons d'adoption des nouvelles variétés issues de la recherche au Mali étaient : un cycle moyen / précoce ; un rendement acceptable ; une stabilité de rendement ; la qualité alimentaire (Yapi et Debrah, 1997).

Les critères de caractérisation des variétés de sorgho qui sont utilisés dans cette enquête sont ceux issus de deux travaux participatifs en assemblée villageoise (AV) avec les paysans. La première description a été réalisée lors du diagnostic participatif de mai 2003 en tant que restitution et validation par un groupe de paysans du regroupement de 83 critères de description des variétés (déterminés individuellement) en 10 thèmes. Une nouvelle AV en avril 2004 a repris le même travail avec un autre groupe de paysans en partant directement des 10 thèmes. Ce travail, conforme à la synthèse validée lors du DP 2003, permet de construire et de valider la description des variétés utilisées dans notre étude. Nous adoptons, dans la présente étude, ces critères de caractérisation des variétés.

4.2. Des hypothèses concernant des règles générales de décision

Au regard des résultats précédents, couplé à ceux issus d'autres enquêtes de terrain (Bazile, com. pers.), les hypothèses suivantes sont considérées comme acquises et sont utilisées pour construire l'enquête de terrain. Elles n'ont pas pour vocation d'être testées à travers l'enquête, mais plus de partager notre représentation du système :

- Il existe un réseau informel de gestion de la diversité variétale, réseau qui se traduit par l'existence à l'échelle du village d'une forte diversité variétale (plus de dix variétés) alors que le paysan, lui, ne cultive qu'un ou deux variétés en moyenne sur son exploitation, Ce réseau informel ne peut être appréhendé en tant que tel, il émerge de la somme de stratégies individuelles et des liens existants entre paysans ou groupes de paysans. C'est donc en étudiant ces stratégies individuelles puis en modélisant leur dynamique que nous comprendrons le système ;
- Il existe des règles générales de prise de décision quant au choix du fournisseur des semences. Nous supposons que : 1) le paysan va choisir de s'approvisionner en semences d'une variété chez de personnes ressources qui proposent des semences de variétés non mélangées (au champ ou au grenier) et qui affichent une certaine réussite (plus grosse exploitation, compétence technique, statut social dans le village) ; 2) le paysan va préférentiellement s'adresser à la famille faisant partie d'un même groupe de récolte, puis aux voisins, puis en dernier recours au marché où il ne trouvera que du grain tout venant.

Il nous est par contre impossible de fournir des hypothèses solides sur le choix des variétés semées. C'est pourquoi les hypothèses avancées sur cet aspect sont uniquement utilisées comme point de référence. Elles ne demandent qu'à être remises en question car issues de la simplification à l'extrême de notre représentation du système. Nous formulons donc les hypothèses suivantes qui seront testées pendant les entretiens :

- Il existe des règles générales de prise de décision quant au choix des variétés semées. Ces règles reposent sur des critères de choix que nous essayons de révéler. Nous supposons que : 1) si tout va bien dans son exploitation et qu'il est satisfait par ses variétés, le paysan ne modifie pas le type de variétés semées ; 2) s'il décide de changer de variété, ce changement prendra la forme d'un test sur plusieurs années.

4.3. Méthode d'enquête

4.3.1. Terrain d'étude et échantillonnage

Choix des villages : La pluviométrie est probablement le facteur le plus limitant du développement de l'agriculture au Mali (Bazile et al., 2004), elle a donc fortement orienté le choix des terrains d'étude. Les deux villages enquêtés ont initialement été choisis pour le projet Agrobiodiversité du sorgho sur un transect nord-sud qui suit un gradient climatique avec un décalage dans le début moyen de la saison des pluies conditionnant une diminution globale de la durée de la saison au nord (Bazile et al., 2004). Cela conduit à une différence de 40 % de la pluviosité moyenne annuelle entre les deux villages. Les villages enquêtés ont également été choisis en raison d'un appui technique sur place apporté par des ingénieurs travaillant dans des ONG locales dynamiques et participant au projet FFEM.

Le village de Siramana est situé dans la région sud du Mali, dans le cercle de Sikasso (figure 6), en zone pré-guinéenne (précipitation moyenne annuelle supérieure à 1100 mm). Principale région agricole au Mali, cette région est caractérisée par la culture du coton. Celle-ci est associée à la culture du maïs, sorgho, mil, riz, tubercules ou arachide. Le développement de la culture du coton grâce à l'encadrement de la CMDT a permis aux agriculteurs de bénéficier d'un niveau d'équipement (traction motorisée) et d'un savoir faire assez élevé. La pénétration du maïs est ici très visible dans les assolements. A Siramana, le maïs est désormais plus cultivé que le sorgho et le mil associés. Le sorgho ne représente que 25 % des surfaces totales en céréales.



Le village de Kagnan se trouve au nord de la région de Ségou au centre du Mali, dans le cercle de Tominian (figure 6) et subit les conditions climatiques soudaniennes (entre 600 et 800 mm de pluie). En raison de ces conditions climatiques plus sévères, la culture du coton est inexistante et le maïs occupe très peu de place par rapport au sorgho. Il est surtout cultivé dans les champs de case¹⁶ pour la période de soudure. Il se limite à des parcelles de petites tailles autour des habitations.

Figure 6. Localisation des deux villages de l'étude : Kagnan et Siramana.

Typologie des exploitations utilisée : La typologie des systèmes de production utilisée est issue d'un travail récent commandité par l'Agence Française de Développement (Bazile, com. pers.) (figure 7) effectué sur plus de 6000 exploitations prenant en compte :

- l'analyse du milieu biophysique (climat, sols, pente..) et les paramètres intégrés dans le zonage (pluviométrie, longueur de saison agricole, disponibilités et contraintes sur le foncier, indicateurs de pression) ;

¹⁶ Un champ de case est une petite parcelle cultivée près du village sur laquelle les paysans cultivent des condiments ou cultures de soudure. La proximité de celui-ci permet de mieux contrôler les ravageurs potentiels (oiseaux, bétail errant) et d'effectuer un petit arrosage.

- l'analyse du milieu social : organisation de la société (y compris répercussions au niveau des familles pour l'activité agricole), accès aux marchés, etc. ;
- l'analyse du milieu politique et humain : densités de la population, flux migratoires, découpage administratif, etc.

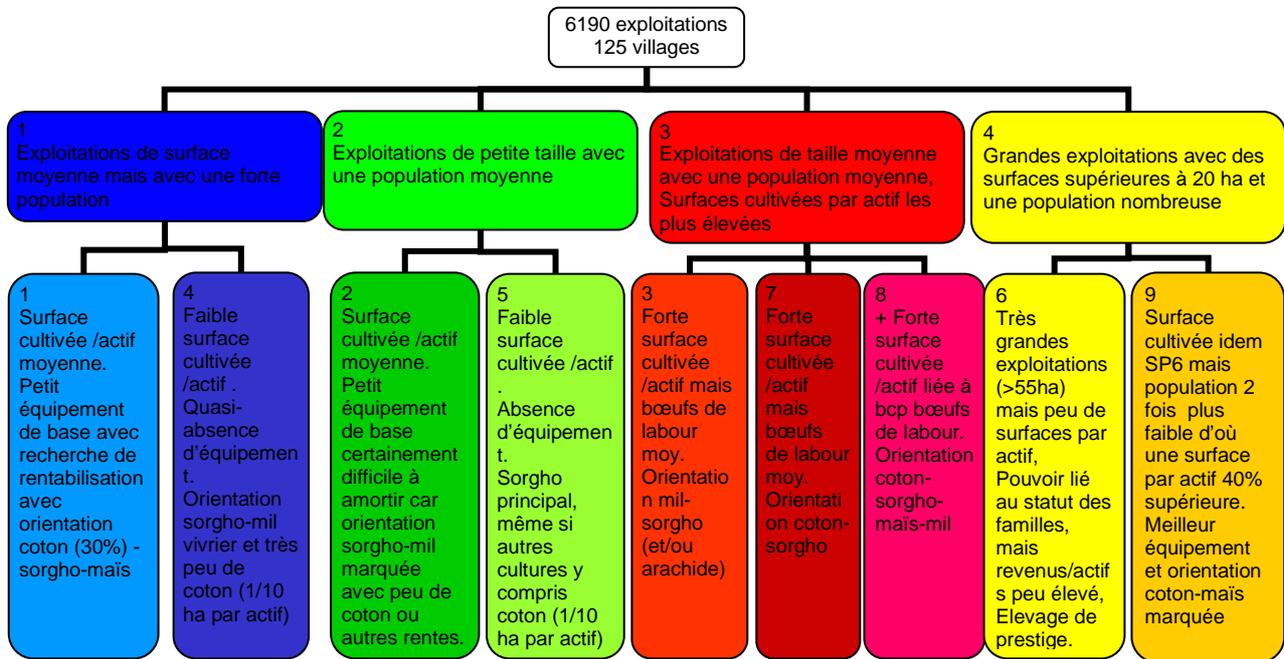


Figure 7. Typologie des systèmes de production en 4 ou 9 types différents. (Bazile, com. pers.)

Zonage : Découpée en quatre ou neuf types différents, la typologie des systèmes de production agricole a permis de construire un zonage agro-écologique pour toute la zone cotonnière à partir de données englobantes environnementales et socio-économiques. Bazile répertorie 10 zones agricoles homogènes basées sur la combinaison de 9 systèmes de production principaux identifiés dans la zone cotonnière du Mali-sud. Le village de Siramana se situe dans une zone extrêmement diversifiée dans les types de systèmes de production tandis que Kagnan se situe dans une zone où les systèmes de type 2 (exploitations de petite taille avec une population moyenne) sont prédominants.

Echantillonnage de paysans enquêtés : L'enquête de terrain a porté sur 16 exploitations sur 52 à Siramana (soit 31 %) contre 16 exploitations sur 39 à Kagnan (soit 41%). Nous avons veillé à enquêter tous les types d'exploitation présents sur les villages. Mais comme le rappelle Kaufmann (1996), aucun échantillon ne peut être considéré comme représentatif dans une démarche qualitative. Pratiquement, nous nous sommes reportés au nombre d'entretiens possibles pendant un séjour de cinq jours dans chaque village, et ceci dans de bonnes conditions d'entretien.

4.3.2. Entretiens

La première partie du travail réalisé avec les paysans se déroule pendant des entretiens au village, avec les chefs d'exploitation. Quelques entretiens supplémentaires sont ensuite organisés pour construire des diagrammes d'activités. Un questionnaire écrit a servi de support (annexe 2) aux entretiens. Afin de rendre ceux-ci plus interactifs, un jeu de carte représentant les différentes

variétés du village (figure 8) a également été conçu. Celui-ci intègre les variétés décrites par l'assemblée villageoise, mais également les variétés décrites individuellement par les paysans. La méthode qui guide ces entretiens est axée autour de trois questions principales et plusieurs sous questions.

Colisina	Egro	Kendé	Kolobakari	Nioba	Nioblen
siré	siré	siré	siré	siré	siré
telya	telya	telya	telya	telya	telya
dundala	dundala	dundala	dundala	dundala	dundala
kesé cogo					
séghé	séghé	séghé	séghé	séghé	séghé
faraburu haki					
ba yilimal					
marali	marali	marali	marali	marali	marali
sugu	sugu	sugu	sugu	sugu	sugu

Figure 8. Cartes de description de six variétés de sorgho du village de Siramana, en bambara, utilisées lors des entretiens. A chaque critère est associée une appréciation : vert foncé pour la meilleure, vert clair pour la médiocre, blanc pour la moins bonne.

I. Qu'est ce que le paysan attend de la culture de ses variétés ?

La première partie de l'entretien a pour objectif de déterminer quels sont les critères pour lesquelles le paysan a adopté ses propres variétés. Nous nous limitons à comprendre l'appréciation personnelle des paysans sur leurs variétés, en dehors du contexte historique et socioculturel de leur exploitation. Cela prend la forme d'une discussion autour du jeu de cartes des variétés.

Quels sont les critères les plus importants sur les variétés semées ?

Nous demandons d'abord quels sont les critères les plus importants pour le paysan. Nous discutons ensuite de sa réponse en lui montrant des cartes correspondant aux différentes variétés semées sur son exploitation décrites lors de l'enquête 2004, sans lui préciser qu'il s'agit des siennes. Sur chaque carte figurent les différents critères auxquels est associée une couleur : vert foncé le critère est bon, vert clair il est moyen et blanc il n'est pas bon. Le nom des variétés n'est pas mentionné. Nous demandons si ces variétés répondent à ces critères, et le cas échéant s'il reconnaît ses propres variétés. Après avoir discuté sur les critères importants pour lui et expliqué l'éventuel écart avec le choix de ses propres variétés, nous les comparons à ceux du village.

Ces critères importants sont-ils les mêmes pour lui et pour le groupe, sinon comment explique-t-il l'écart au groupe ?

On fournit alors au paysan les cartes correspondant aux mêmes variétés mais dont l'appréciation des critères est celle de l'assemblée villageoise correspondant à la perception « du groupe ». L'appréciation des critères du paysan n'est pas forcément la même que celle du groupe. En discutant sur l'écart possible entre la description d'une variété par le paysan et par le groupe, nous essayons de dissocier les critères dont l'appréciation est propre à l'individu de ceux qui sont partagés par tout le groupe.

Quelle importance accorde-t-il aux variétés familiales ? D'autres aspects socioculturels (symbolisme, rituel, mariage, fête) influencent-ils son choix ? Existe-t-il une inertie culturelle au remplacement ?

A travers une discussion plus ouverte, nous essayons de faire ressortir d'autres critères d'appréciation des variétés n'ayant pas encore été cités lors des AV (comme la fabrication de dolo qui est tabou dans la société musulmane), ou plus généralement s'il n'existe pas de facteurs extérieurs aux critères déjà connus qui influencent le choix de ses variétés, qu'ils soient socioculturels ou historiques.

II. Pourquoi et comment le paysan change-t-il de variétés ?

Quelles situations ou conditions induisent un changement du type de variété semée ?

Nous partons de deux hypothèses précédemment citées :

- si tout va bien dans son exploitation et qu'il est satisfait par ses variétés le paysan n'a pas de raison de changer ;
- s'il décide de changer de variété, ce changement prendra la forme d'un test.

Nous testons ces hypothèses à travers l'entretien qui a la forme d'une discussion ouverte basée sur la question générale de départ (Quand avez-vous changé de variété et quelles conditions étaient à l'origine de ce changement ?). Cette discussion a pour objectif de faire ressortir le type d'échec ou de lacune justifiant le test d'une nouvelle variété :

- S'il existe un seuil au-delà duquel la variété est rejetée.
- Quels sont les critères manquant à ses propres variétés ?
- Ou tout autre raison dans le cas où nos hypothèses de départ sont invalidées.

La fréquence de test d'une nouvelle variété est également relevée.

Comment testera-t-il une nouvelle variété ?

L'entretien se poursuit ensuite sur les modalités du test d'une nouvelle variété. L'objectif est de caractériser la manière dont le paysan procède à son « expérimentation » notamment sur l'assolement qui y est consacré et sur la vitesse d'adoption/remplacement de la variété. A partir d'une des situations induisant un changement dans le type de variété semée que nous a expliqué le paysan, nous lui demandons comment s'est déroulé dans la réalité son test. Nous posons ici les questions fermées suivantes :

- Modifiez-vous la surface de sorgho de votre exploitation ?
- Quelle sera la surface consacrée à la nouvelle variété la 1^{ère}, 2^e et 3^e année ?
- Si vous remplacez complètement l'ancienne variété au champ, est-ce que vous conservez l'ancienne au grenier ? Si oui, pendant combien d'années ?
- Après combien d'années décidez-vous de complètement abandonner l'ancienne variété ?

III. Comment effectue-t-il son choix pour tester une nouvelle variété ?

La troisième partie de l'entretien a pour objectif général d'expliquer comment le paysan choisit les variétés qu'il va tester. Ce choix est lié selon nous à ses attentes ou préférences personnelles, à sa connaissance et son à priori sur les autres variétés, et à la disponibilité de celles-ci (fournisseurs).

Vers quels critères des variété s'orientent-il a priori ?

La première étape consiste à déterminer vers quels critères le paysan s'orientent-il à priori pour choisir une variété à tester. L'entretien prend la forme d'un jeu avec les cartes de toutes les variétés du village décrites lors de l'assemblée villageoise. Le nom de la variété n'est pas donné pour limiter le choix du paysan à ses attentes et préférences personnelles sur les critères « *objectifs* » de description de la variété (même si l'on sait que le côté subjectif joue déjà ici). Après les lui avoir montré, nous demandons au paysan s'il est intéressé pour en tester une.

Une fois le nom connu, est-il toujours intéressé pour tester la variété ?

La deuxième étape consiste à déterminer comment l'environnement au sens large de la culture de la variété, c'est-à-dire la combinaison de facteurs historiques et socioculturels, la « rumeur » associée à une variété, peut modifier son choix. Nous nous intéressons particulièrement à la valeur (positive ou négative) qui est véhiculée par ladite variété. Pour cela, nous lui dévoilons le nom de la variété qu'il a choisi et lui demandons si il est toujours intéressé pour la tester. Plusieurs questions peuvent alors être posées : quelle est l'histoire de la variété, est-elle bien « perçue » (quelles sont les valeurs qu'elle véhicule, positives ou négatives). Finalement, nous demandons au paysan s'il sait chez qui trouver la semence, et le cas échéant pourquoi va-t-il aller chez cette personne. Nous pourrions alors déterminer si le paysan choisit la variété à tester en fonction de critères qu'il recherche, en fonction de l'image que le groupe accorde à la variété, ou en fonction de sa disponibilité dans le village, ou enfin en fonction de la confiance qu'il a dans tel ou tel fournisseur ; et plus probablement comment il traite cette question complexe du choix par l'imbrication des quatre approches.

Diagrammes d'activités

A la suite de ces premiers entretiens, un échantillonnage de paysans est réalisé sur la base de la structure de leur exploitation et de leur aptitude (supposée par nous) à expliquer un processus logique de décision. Ces paysans sont sollicités pour participer à un second entretien. Celui-ci permet de réaliser, avec le paysan, une synthèse des informations précédemment récoltées sous une forme graphique. Sur la base d'un exemple très simple d'activité de la vie de tous les jours (la femme doit faire à manger pour la famille) nous présentons la manière de construire un diagramme d'activité en UML¹⁷ (figure 9). Nous montrons donc comment il est possible de décrire une action (préparer le t )   travers une somme de petites questions et de choix très simple (y a-t-il des grain ? faut-il  grainer ?). Si le mode de représentation est compris, nous demandons ensuite au paysan de construire son propre processus de décision dans le choix des variétés cultivées dans son exploitation et notamment d'expliquer sa logique d'expérimentation pour les semences qu'il veut tester. Cet entretien permettra, s'il fonctionne bien, d'obtenir une information essentielle dans l'organisation, la hiérarchisation des différents critères de choix du paysan. Il permettra également de tester et valider les informations issues des entretiens précédents.

¹⁷ Unified Modeling Language

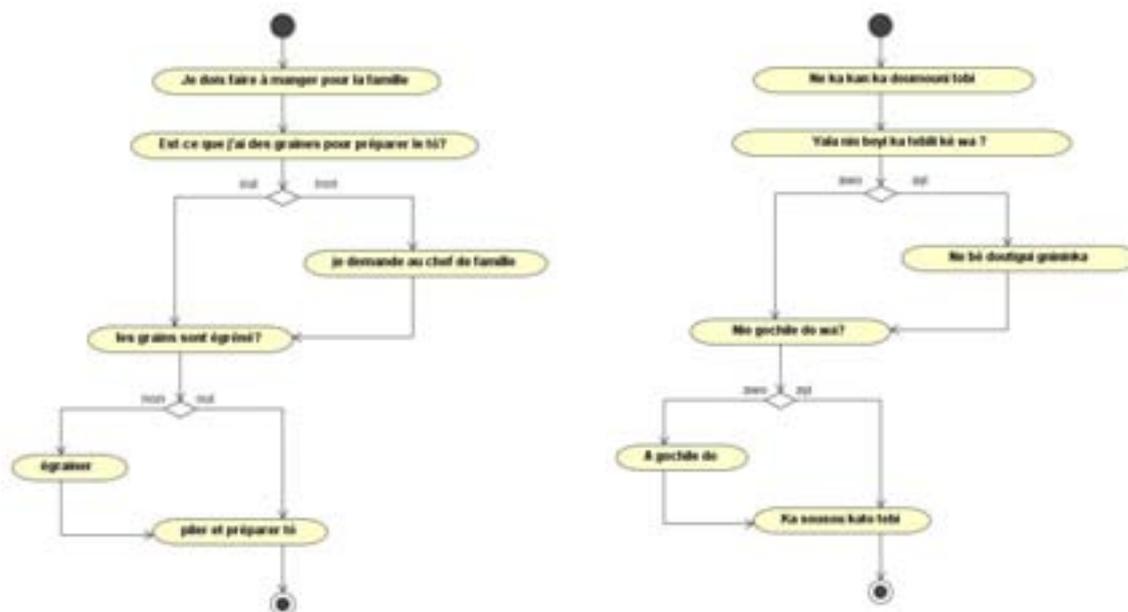


Figure 9. Diagrammes d’activités en français et en bambara traitant des étapes nécessaires pour préparer le tô utilisés pour illustrer le principe de construction des diagrammes d’activités avec les paysans

4.3.3. Traitement des données

Le traitement des données issues de cette enquête demande un recul important. Le fonctionnement de tout individu est conditionné par un savoir non conscientisé. Les schémas de reproductions sont à l’origine de bien des comportements. Lorsque nous demandons au paysan : « pourquoi avez-vous fait cela ? » celui-ci doit réaliser un travail sur lui-même, en direct, face à l’enquêteur, à un niveau de précision qui dépasse de loin ce qu’il fait ordinairement. Et il y a toujours plusieurs raisons possibles, et un nombre encore plus grand de raisons cachées que de raisons apparentes (Terrail, 1995 dans Kaufmann, 1996). La réponse choisie par l’enquêté ne doit donc pas être appréhendée comme une vérité unique. Elle nécessite, avec l’ensemble des réponses obtenues, un travail d’interprétation général. L’interprétation est toujours risquée mais elle est indispensable pour mener ce travail théorique. Une compilation des réponses obtenue lors de ces enquêtes peut être consultée (annexes 3 et 4).

4.4. Résultats de l’enquête 2005 à Siramana

4.4.1. Commentaires généraux

Les 10 thèmes (nous les appellerons aussi critères) utilisés pour décrire les variétés sont une simplification parfois réductrice. Elle était cependant essentielle pour décrire et comparer simplement les nombreuses variétés de sorgho avec les paysans. Nous avons de plus associé à chaque thème un pictogramme simple pour les analphabètes. Cependant, cette simplification a posé un certain nombre de problèmes, notamment sur le cycle des variétés et la résistance au striga.

Au niveau du cycle des variétés, un travail en 2003 (Bazile, com. pers.) a montré que le seul critère comparable sur les variétés, d’une année sur l’autre et entre les paysans, est leur précocité phénologique liée à la date de floraison suivant la latitude (intégration du coefficient de

photopériodisme). En effet, la plupart des variétés de sorgho étant fortement photopériodiques, parler de durée de cycle ou de date de semis, rend impossible toute comparaison entre les variétés puisqu'au Mali-sud les semis de sorgho sont étalés sur plus de 2 mois en fonction du temps disponible dans le calendrier cultural, après les semis de coton et de maïs. Puisque le paysan ne dispose la plupart du temps que d'une variété dans son exploitation, elle pourra aussi bien être semée de façon « précoce » (mai) ou « tardive » (juillet).

Nous avons donc décrit les variétés comme pas, peu ou très précoces. Lors des AV, ce critère a été bien expliqué, mais lors des entretiens individuels, nous avons observé une grande confusion sur ce critère. Les paysans associent encore la précocité à la date de semis ou au cycle de la variété. Une variété qui se sème tard est ainsi dite précoce car elle a un cycle plus court. Certaines variétés peuvent alors être décrites comme précoces car elles permettent le semis tardif et ont un cycle de vie plus court, ou être décrites comme peu précoce quand elles sont semées plus tôt dans le calendrier agricole. Finalement, nous avons dû expliquer ce critère à tous les paysans afin de s'assurer de leur bonne compréhension. Il en ressort que le degré de photopériodisme, donc la plasticité de la date de semis, est aussi important dans les critères de choix, nous avons conservé ces résultats.

La résistance au striga a également posé un certain nombre de problèmes. Le striga est une plante parasite épirhize qui concurrence les cultures de sorgho sur les sols superficiels et pauvres (Hoffmann et al., 1997). A l'inverse, sur un sol fertile, le sorgho se développe bien et sa végétation concurrence le développement du striga. Nous considérons une variété comme résistante au striga si, dans des conditions favorables à cette plante parasite, celle-ci ne se développe pas. Or, de nombreux paysans considèrent l'absence de striga sur leurs parcelles comme une preuve de résistance de la variété cultivée. Comme le striga se développe principalement lorsque les conditions sont mauvaises pour la culture de sorgho, certains paysans ne cultivant que sur des bonnes terres considèrent leur variété comme résistante alors que dans d'autres conditions elle ne le serait pas.

Lors des enquêtes, nous avons initialement prévu de hiérarchiser les critères de choix des variétés, comme cela avait été le cas dans les enquêtes précédentes en accordant un coefficient plus élevé au premier critère choisi. Au cours des entretiens, nous avons remarqué que si les critères de choix les plus importants étaient les mêmes dans les deux enquêtes de 2004 et 2005, ils n'étaient pas énumérés dans le même ordre. Nous avons donc préféré ne considérer que l'absence / présence d'un critère dans le choix des variétés.

Au niveau des questions portant sur le test de nouvelles variétés, nous avons demandé au paysan de nous expliquer son vécu, en collant le plus possible à la réalité propre à chaque exploitant. Il ne nous a pas semblé judicieux de poser des questions hypothétiques du type : « Et si vous deviez tester une nouvelle variété comment vous y prendriez-vous ? » qui auraient conduit à des réponses vagues dont il aurait été impossible de savoir si elles correspondaient à la réalité. Nous nous sommes donc limités à demander : « Quand est-ce que vous avez déjà changé de variétés dans votre exploitation et dans quelles conditions ? ».

4.4.2. Synthèse et analyse des réponses obtenues

I. Qu'est ce que le paysan attend de la culture de ses variétés ?

Quels sont les critères les plus importants sur les variétés semées ?

Nos entretiens permettent tout d'abord de confirmer les résultats des enquêtes précédentes qui ont mis en évidence l'importance des deux critères suivants dans le choix des variétés semées : la productivité et le cycle (photopériodisme et précocité). Alors que l'enquête de 2004 relevait comme troisième critère de choix la végétation, lors de notre enquête, les paysans ont accordé plus d'importance à la consommation et à la qualité du grain. Cela montre les limites du type de question posée, car s'il est facile de choisir une variété à travers la qualité de ces caractéristiques, il est beaucoup plus difficile de hiérarchiser leur importance respective dans le processus de choix. Ce problème illustre parfaitement les difficultés rencontrées lors d'une analyse qualitative. Un autre problème est que les critères de description des variétés sont liés. La qualité du grain par exemple détermine la facilité de transformation, le goût du tô mais aussi la conservation.

Ils nous ont ensuite permis de mieux cerner la place de la culture du sorgho à Siramana et d'améliorer notre conception des stratégies agricoles. La culture du sorgho est secondaire dans le calendrier agricole et dans l'assolement (semis tardifs, sols pauvres) au profit de la culture du coton et du maïs. A titre de comparaison, le paysan qui consacre en moyenne 50j/an à une parcelle de maïs n'en fournit que 26 au sorgho (Bazile, com. pers.). Le sorgho se contente donc de peu de soins culturaux et aucun intrant direct (il ne bénéficie que de l'arrière effet d'autres cultures avec intrant). Par conséquent, il ne revient pas cher à l'exploitation.

Les paysans des grandes exploitations bénéficiant de bonnes terres, d'une main d'œuvre abondante et de garanties financières cultivent préférentiellement le maïs car celui-ci permet en moyenne un rendement deux fois supérieur à celui du sorgho. Le maïs assure la sécurité alimentaire de la famille. Traditionnellement, le mari veut que les femmes pilent manuellement les céréales comme le sorgho, mais le maïs est dur et cela a limité pour un temps sa culture. Avec l'achat de moulins à moudre les céréales, la dureté du maïs ne fait plus obstacle pour la consommation familiale. Ainsi, les femmes orientent la consommation du ménage vers le maïs pour des raisons de facilité de préparation, et les hommes pour ses bons rendements.

Le prix des différentes variétés de sorgho sur le marché est le même, et il n'influence pas la choix des paysans. Les collecteurs mélangent d'ailleurs souvent leurs stocks, c'est pourquoi il est difficile de s'approvisionner en semences sur le marché. Par contre, le prix légèrement supérieur du sorgho sur le marché comparé au maïs favorise sa commercialisation. Il est plus intéressant de manger le maïs et vendre le sorgho. Il faut cependant noter que le prix des céréales varie énormément d'une période à une autre. En période de soudure, les prix de la même céréale peuvent doubler.

En dehors de l'adaptation écologique des variétés pour des types de sols donnés, le choix des variétés de sorgho semées par les paysans est principalement dicté par le calendrier agricole de l'exploitation, lui même déterminé par toutes les opérations associées à la culture de surfaces importantes de maïs et de coton, prioritaires dans l'exploitation. Ces cultures sont semées très rapidement en une à deux semaines dès l'installation des pluies. Les semis de sorgho se font généralement par la suite (ou pendant mais avec moins de soins) et dans quelques cas avant (lors d'arrivée précoce des pluies). La date de semis du sorgho est fonction du type d'exploitation qui

détermine la main d'œuvre disponible pour les cultures secondaires (mil et sorgho). Les gros producteurs, ayant suffisamment de main d'œuvre et possédant assez de moyens matériels (traction motorisée pour certains), contrôlent beaucoup mieux la date de semis que les petits producteurs. Ainsi, le choix des variétés paraît être fonction du type de cultures pratiquées dans l'exploitation.

Le type de sol détermine plus à Siramana le type d'espèce cultivé (coton, maïs, sorgho, petit mil, arachide, riz, maraîchage) que les variétés de sorgho cultivées. Le sorgho est majoritairement cultivé sur les moins bonnes terres et les variétés de sorgho sont généralement adaptées à deux types de sol sur trois. Ainsi, l'adaptation écologique ne paraît pas être la condition la plus importante à Siramana dans le choix des variétés semées. La seule situation où l'on observe une réelle influence du sol sur la variété choisie, est la présence de Striga sur les sols très peu fertiles. La présence de la variété Sambou à Siramana accentue encore cet aspect. Sambou est la variété majoritaire et elle a une écologie très large (pousse sur les trois types de sols).

Dans le cas des plus petites exploitations, le sorgho est cultivé en complément à la culture du maïs, pour diminuer les risques de mauvaise récolte. Si le maïs n'est pas productif une année donnée, le sorgho permettra d'assurer la sécurité alimentaire de la famille. Ceci est à mettre en parallèle avec la faible capacité d'investissement des petites exploitations pour l'achat d'engrais. Ceci confirme ce qui a été précédemment observé sur la sécurité alimentaire basée en moyenne à 85% sur le maïs pour les petites exploitations contre 100% dans les grosses (Bazile, com. pers.). Ceci oblige le paysan à mieux soigner ses champs de sorgho, et peut-être à réfléchir différemment ses variétés.

Ces critères importants sont-ils les mêmes pour lui et pour le groupe, sinon comment explique-t-il l'écart au groupe ?

Au niveau de la différence d'appréciation des différents critères de description des variétés entre le paysan et l'assemblée villageoise, les personnes enquêtées nous ont donné les raisons suivantes dans l'ordre de fréquence:

- Dépend de l'environnement physique de culture (sol) ;
- Dépend de l'appréciation individuelle ;
- Dépend des soins culturaux ;
- Dépend de la date de semis ;
- N'était pas présent lors de l'AV ;
- Est lié à l'influence de certains paysans lors de l'AV ;
- Dépend de la variété utilisée dans la comparaison ;
- Dépend de sa chance personnelle ou d'aspects mystiques ;
- Dépend de la sélection des semences ;
- Dépend du stade de récolte.

En résumé, il est apparu que les paysans pouvaient toujours justifier ces différences de points de vue, la plupart du temps rationnellement (selon nos propres critères de rationalité). Les différences de point de vue touchent tous les critères sans distinction, il n'existe donc pas a priori de critère sur lequel tous s'accordent, sauf probablement l'adaptation écologique d'une variété à un type de sol donné. Une variété à tardive ne peut par exemple pas être semée sur un sol drainant. Leurs réponses sont un matériel précieux pour améliorer la communication entre chercheurs et paysans ainsi qu'entre les paysans lors de discussions communes.

Un point important est la difficulté d'obtenir la voix « du groupe », c'est-à-dire l'avis partagé ou consensuel des différents paysans. Dans cette société fortement hiérarchisée, certains ont une parole qu'il serait mal venu de remettre en question. Ainsi, les paysans les moins les plus pauvres ou d'une classe inférieure suivent généralement l'avis des autres, mêmes s'ils ne sont pas personnellement d'accord. Or, ce sont ces mêmes paysans qui détiennent souvent les variétés rustiques.

Quelle importance accorde-t-il aux variétés familiales ? D'autres aspects culturels et sociaux (symbolisme, rituel, mariage, fête) influencent-ils son choix ? Existe-t-il une inertie culturelle au remplacement ?

Notre enquête a montré que les paysans n'accordent pratiquement aucune importance à l'aspect socioculturel des variétés. Quelques utilisations traditionnelles ont été décrites (médecine traditionnelle et production de dolo), mais celles-ci ne sont pas fonction du type de variété mais propres au sorgho en général. Enfin, bien que certains paysans soient attachés à leur variété, la plupart d'entre eux ne le sont pas et sont prêts à changer rapidement de variétés s'ils en trouvaient de meilleures, comme cela a été le cas avec l'introduction de la variété « Sambou » dans le village.

II. Quelles raisons pourraient conduire le paysan à tester une nouvelle variété ?

Quelles situations ou conditions justifient l'introduction d'une nouvelle variété ?

Notre enquête a permis de décrire trois situations induisant un changement dans le type de variété semée :

- **Aléa climatique brutal**

Si la date d'arrivée des premières pluies est retardée, tout le calendrier agricole est perturbé et les semis de sorgho sont tardifs. Dans cette situation, les variétés semées sont soit très photopériodiques (elles peuvent supporter une grande amplitude de dates de semis), mais, dans ce cas, les rendements diminuent énormément, soit beaucoup moins photopériodique (elles ont un cycle végétatif bien déterminé et plus court) et dans cette situation le rendements sont maximaux pour la variété donnée. Ces variétés adaptées à des semis tardifs sont globalement moins productives que les autres variétés, et sont donc moins cultivées sur les champs collectifs. Par contre, on les retrouve fréquemment sur les terres les plus pauvres, notamment celles cultivées sans labour. Ainsi, les paysans ne cultivent ces variétés sur des bonnes terres qu'en période de crise, et celles-ci remplacent, le temps de la campagne agricole, la variété habituellement cultivée. Dans cette situation, il ne s'agit pas d'un test, mais d'une contrainte externe qui oblige le paysan à changer de variété s'il veut obtenir du sorgho.

- **Modification des pratiques agricoles**

Dans ce cas, il s'agit réellement d'un test. Les modifications peuvent être causées par plusieurs situations. Si le paysan décide d'augmenter la surface totale cultivée en sorgho, il peut choisir de tester une variété qui diffère de la précédente sur la date de récolte. Ainsi, les paysans ne disposant pas d'une main d'œuvre importante peuvent étaler la récolte dans le temps. Le retard répété des pluies associé à des sécheresses majeures ponctuelles liées aux changements climatiques que connaît le Mali ces dernières années pousse également les paysans à tester de nouvelles variétés. Le calendrier agricole étant retardé, le paysan cherchera ainsi une variété pouvant être semée plus tardivement tout en donnant un rendement correct. Enfin, dans le cas d'un changement de

l'assolement ou dans une situation de développement d'une peste (particulièrement pour le striga), le paysan est également amené à tester des nouvelles variétés. Pour ces trois situations, il s'agit bel et bien d'un test, sur plusieurs années, mais les motivations sont toutes liées à des contraintes extérieures. Si le paysan ne trouve pas de variété plus adaptée à la nouvelle situation, il fera face à certains problèmes.

- **Curiosité**

Bien que la situation ne l'exige pas, les paysans peuvent être amenés à tester des nouvelles variétés par simple curiosité. Ces tests peuvent révéler des variétés plus performantes que la leur, mais ils apportent également une certaine reconnaissance générale. La recherche est également un moteur de ces tests, et c'est bien parce que les paysans sont curieux qu'ils participent à ces essais qui ne sont pas rémunérés.

Globalement, les changements dus à un aléa climatique brutal se rencontrent plus fréquemment dans les exploitations de petite taille avec peu de main d'œuvre (groupe 2), alors que les tests de curiosité (troisième situation) sont pratiqués par les grosses exploitations. Les changements dus à des modifications de pratiques agricoles touchent toutes les exploitations, mais à des degrés divers.

Ces résultats permettent d'invalider nos hypothèses concernant le fonctionnement des paysans : même quand tout va bien pour l'exploitation, certains paysans testent par curiosité des nouvelles variétés ; le changement de type de variété semées au sein d'une exploitation ne prend pas automatiquement la forme d'un test, certaines situations contraignent les paysans à changer radicalement de variété sans forme de test.

Le seuil de rendement en dessous duquel une variété est rejetée ou qui induit le test d'une nouvelle variété correspond globalement à une récolte suffisante pour assurer la sécurité alimentaire de la famille. Il est cependant très difficile de quantifier précisément ce seuil car le rendement d'une variété varie énormément d'une année à une autre et ce n'est pas parce qu'une variété ne donne rien une année (comme c'était le cas lors de la sécheresse de 2002 à Kagnan) qu'elle sera rejetée.

Comment testera-t-il une nouvelle variété ?

La conduite du test dépend de la situation dans laquelle il se déroule. D'une manière générale, si le paysan teste une variété, il ne modifiera son assolement total en sorgho que si celui-ci est faible au départ. La surface consacrée au test n'est pas proportionnelle à la surface initiale de sorgho de l'exploitation. Ainsi, pour les plus grandes exploitations, le test occupera proportionnellement une surface plus faible que dans les petites exploitations. Les tests sont conduits pendant au minimum trois années consécutives, et certains paysans nous ont assuré que même si la variété testée s'avérait plus performante que l'ancienne variété, ils conserveraient cette dernière in situ pour ne pas la perdre.

Ces résultats contredisent fortement ce qui a été observé sur le terrain ces dernières années (suivi de 7 villages sur 5 ans, Bazile, com. pers.), et ils doivent être considérés avec circonspection. La position de l'enquêteur ainsi que celle du conseiller sorgho est claire pour les paysans, et ils savent que nous attachons une importance particulière à la conservation des anciennes variétés. Ici, le biais introduit par nos propres personnes et l'image que nous véhiculons est probablement très fort. Mais peut-être que le décalage avec la réalité des faits est ailleurs que dans le mensonge pour « plaire » aux enquêteurs. Les gens racontent parfois des histoires éloignées de la réalité, non parce

qu'ils mentent, mais parce qu'ils se racontent eux-mêmes une histoire à laquelle ils croient sincèrement (Kaufmann, 1996).

III. Comment effectue-t-il son choix pour tester une nouvelle variété ?

Vers quels critères des variété s'orientent-il a priori ?

Lorsque nous avons demandé au paysan de choisir une variété à tester parmi toutes celles du village, nous avons observé deux types de comportement. Le premier est le choix de la variété renfermant le plus de critères positifs, sans trop se soucier du type de critères. Certains ont choisi les variétés ayant le moins de défauts, mais il était difficile de déterminer quels étaient les critères qui ont orienté leur choix. Dans ce cas (environ la moitié des paysans enquêtés), le test n'a pas vraiment été pertinent. Pour d'autres, le choix était explicitement lié à tel ou tel critère. Parmi ceux-ci la précocité ainsi que le rendement étaient prioritaires. Plusieurs paysans ont reconnu, avec les seuls critères, le nom des variétés, ce qui prouve que le jeu de cartes est pertinent.

Comment l'environnement au sens large de culture de la variété (la rumeur) modifie-t-il le choix du paysan ?

Il ne nous a pas été possible de déterminer pour chaque variété quelle était « sa rumeur ». En effet, nous n'avons obtenu cette information que pour les variétés choisies. Pour ces dernières, nous avons observé que si elle n'était pas connue, son test était toujours accepté. Par contre, les variétés connues pouvaient être rejetées du fait de leur culture passée dans l'exploitation, ou du fait d'une mauvaise rumeur. Certains paysans ont cependant accepté de retenter une variété qu'ils connaissaient déjà, vraisemblablement pour nous faire plaisir. La rumeur qui entoure une variété est celle construite par le premier expérimentateur. Celui-ci influence durablement l'adoption ou le rejet de cette variété par les autres paysans.

4.4.3. Diagrammes d'activité

Nous avons pu construire deux diagrammes d'activité basés sur le test d'une nouvelle variété (figure 10 et annexe 5). Le principe de construction du diagramme a été bien compris. Il ressort des deux diagrammes que le test se déroule sur trois ans. Cette réponse est cohérente avec celles issues des entretiens, mais elle ne correspond pas avec les pratiques réelles des paysans observées sur le terrain. Le paysan évalue la réussite de sa nouvelle variété principalement sur les critères de rendement et de goût, ce qui vient confirmer l'importance de ceux-ci dans le processus de décision.

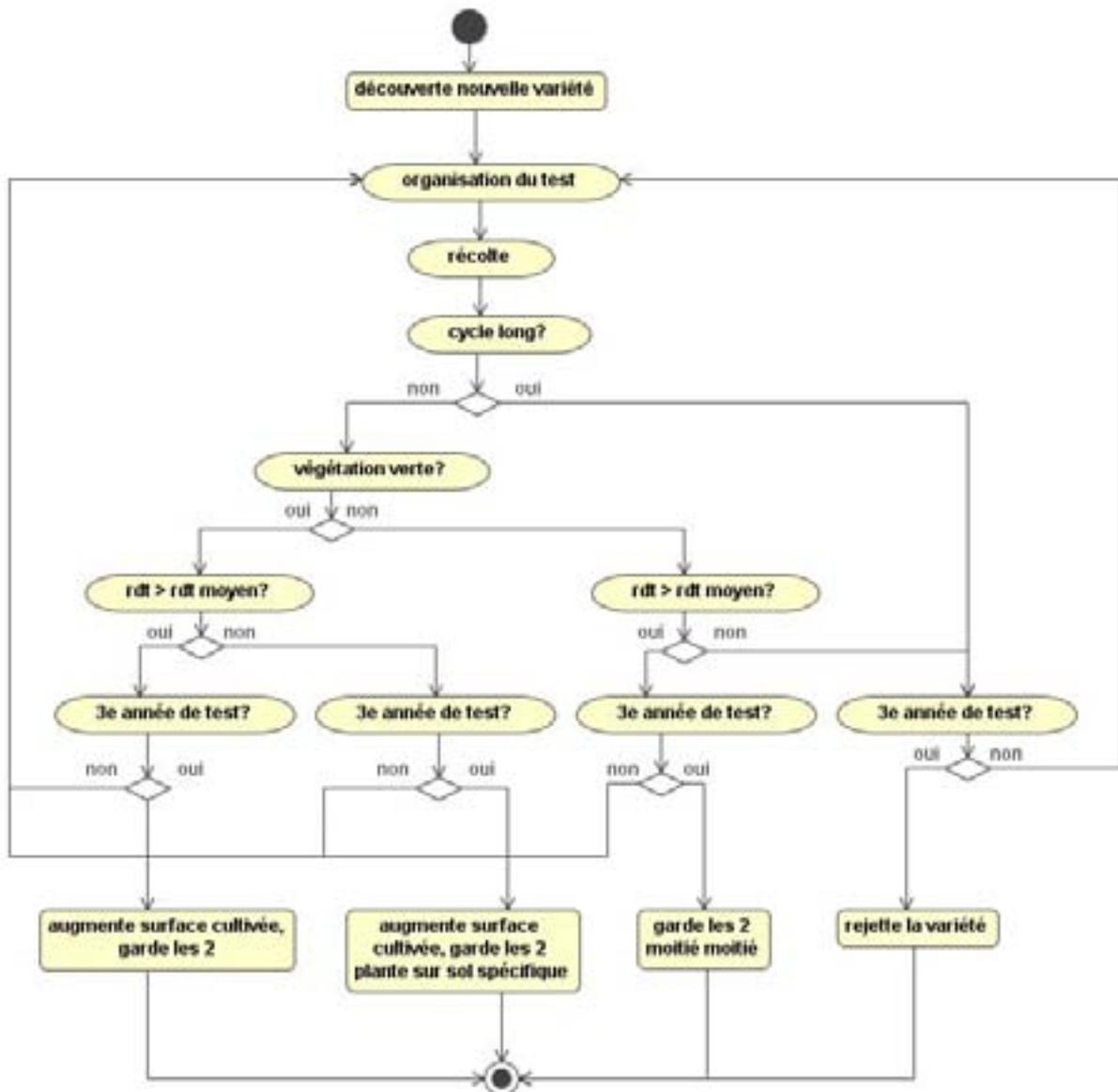


Figure 10. Diagramme d'activité construit avec les paysans portant sur le test d'une nouvelle variété, obtenu pendant l'enquête de 2005 à Siramana.

4.4.4. Compléments d'informations

Les entretiens ont été conduits principalement sous la forme de discussions ouvertes, et nous avons récolté beaucoup d'informations générales sur le fonctionnement du milieu paysan.

Les terres sont réparties en trois groupes : les terres collectives, ou familiales, les terres individuelles des hommes de la famille, et les terres des femmes. Lors d'un entretien, nous avons entendu que les femmes cultivaient aussi du sorgho, et avons donc organisé un entretien avec l'une d'elles. Il en ressort que les femmes reçoivent certaines petites parcelles de bas-fond sur lesquelles elles cultivent le riz ou font du maraîchage, et les terres les plus marginales du village (plateau drainant) qui représentent tout de même une superficie totale importante. Dans le cas de notre entretien, nous avons appris de la femme enquêtée qu'elle cultivait trois variétés (Sambou, Nioble, et Kendé). La somme des terres cultivées par les femmes dans la famille atteignait 20 ha dont environ la moitié en sorgho contre 100 ha de champs collectifs et individuels hommes dont

environ 10 % en sorgho. Les femmes cultivent donc la moitié de la superficie totale de sorgho dans cette exploitation. Leurs terres étant peu fertiles et très peu entretenues, elles sèment souvent des variétés rustiques qui ne sont plus semées dans les autres champs. Les femmes ont leur propre calendrier agricole et travaillent pour elles-mêmes, la production sert à améliorer l'ordinaire. D'après la femme enquêtée, cette situation est généralisable à l'ensemble du village, mais le témoignage de son mari assure la particularité de cette situation. Des entretiens supplémentaires devraient être organisés en vue de clarifier la situation. Dans tous les cas, le rôle des femmes dans le maintien de la diversité variétale semble primordial. Les entretiens ont également révélé qu'elles jouent parfois le rôle de fournisseur.

La femme dans la société malienne est subordonnée aux hommes, elle est sous l'autorité directe des hommes de la famille, et les sert. La hiérarchisation de cette société est en effet très forte. Les hommes, femmes et enfants entretiennent des relations hiérarchiques et, comme précédemment expliqué, il est mal venu de remettre en question les ordres ou remarques des personnes d'un niveau hiérarchique supérieur. Ceci n'exclut cependant pas une certaine liberté des individus, car le contrôle des uns sur les autres n'est jamais total. La description des variétés lors de l'assemblée villageoise avait pour objectif d'obtenir la « voix du groupe », la description « consensus ». Mais malgré les efforts mis en œuvre pour y arriver, il est très probable que cette description ait été dirigée par les personnes les plus influentes qui auraient eu le dernier mot. Ceci a été soulevé par de nombreux paysans et paysannes lors de nos entretiens, notamment dans les questions traitant de la différence du point de vue individuel collectif.

4.5. Résultats de l'enquête de 2005 à Kagnan

4.5.1. Commentaires généraux

Les entretiens ne se sont pas déroulés dans de très bonnes conditions pour plusieurs raisons. Premièrement, le conseiller sorgho de Kagnan qui a participé aux entretiens ne parle pas le bobo, le dialecte local. Les entretiens se sont donc déroulés en bambara ou en français. Plusieurs paysans enquêtés qui ne parlaient pas ces deux langues ont nécessité un traducteur bobo - bambara. Dans ces conditions, les informations recueillies ont transité par deux personnes avant d'être notées ce qui accentue le biais lié à la récolte de données. Deuxièmement, le conseiller sorgho n'a pas pris assez de distance vis-à-vis des réponses des paysans et il s'est fréquemment emporté. Comme il nous l'a souvent répété, il se considère lui-même comme un « policier des cultures » à Kagnan dont le rôle est d'aider les paysans à ne pas faire n'importe quoi (...). Les enquêtés se sentent déjà naturellement évalués sur la qualité de leurs réponses (Mauger, 1991 dans Kaufmann, 1996) et le parti pris du traducteur-enquêteur n'a fait qu'aggraver la situation. Les informations récoltées sont donc fortement biaisées par la nature de la relation qu'entretient le conseiller sorgho avec les paysans et les résultats obtenus sont appréciés en conséquence.

Les informations qui suivent ne sont pas pour autant inutilisables. Seules les questions liées aux modalités du test d'une nouvelle variété sont à la limite de l'objectivité, mais cela était également valable pour les entretiens de Siramana.

Certains paysans nous ont dit connaître plusieurs variétés appelées sous le même nom, comme c'est le cas pour la variété Nioba de Siramana. Nous considérons ces sous-variétés comme le fruit d'un polymorphisme intrapopulationnel important. Les variétés de sorgho cultivées au Mali sont en effet très peu fixées au niveau génomique (Vaksmann, com. pers.), et elles sont en perpétuelle

évolution pour plusieurs raisons. D'abord les variétés sont cultivées les unes à côté des autres (en tout cas à Kagnan), et bien que le sorgho soit une plante autogame à plus de 70%, il y a probablement des flux de gènes entre variétés si aucune zone tampon n'est définie sur la parcelle de production de semence. Ensuite, chaque paysan sélectionne ses semences sur ses parcelles en fonction de ses propres critères de choix qui peuvent donc varier d'un individu à un autre, et du milieu dans lequel a poussé le sorgho.

Enfin, la description d'une variété se fait selon des critères physiologiques, morphologiques mais aussi historiques qui sont sujets à une appréciation différente selon chaque individu. Ainsi, la distinction des différentes variétés de sorgho est relativement arbitraire et elle est sujette à des discussions perpétuelles. Cela dit, elle le serait tout autant en génétique en utilisant des marqueurs moléculaires puisque les frontières entre les variétés n'existent pas réellement, mais sont construites en fonction de la quantité et la pertinence des marqueurs neutres utilisés dans la caractérisation desdites variétés. Ceci est d'autant plus vrai pour ces variétés traditionnelles qui ne pourraient en aucun cas passer les tests de pureté variétale utilisés pour une inscription à un catalogue de commercialisation.

Le jeu de cartes des variétés s'est avéré un bon support à la discussion. D'une manière générale, la description des variétés précédemment réalisée avec les paysans leur suffisait pour retrouver le nom de chacune de leurs variétés. Ceci donne une certaine légitimité à la méthode de description utilisée, aux informations préalablement recueillies et retranscrites sous une forme différente et, à notre démarche en général. Les critères utilisés sont donc suffisants pour décrire une variété.

L'utilisation de données qualitatives recueillies par d'autres personnes, dans un autre contexte, a montré ses limites lorsque nous confrontons les informations obtenues dans différentes études. Dans l'enquête de 2004 sur laquelle se base notre travail, l'enquêteur demandait au paysan quelles étaient les variétés semées sur son exploitation dans les vingt années précédentes et qui ne sont plus semées. Or, lorsque nous demandons l'année suivante dans quelle situation il a déjà effectué un changement de variété dans son exploitation, le nombre de variétés ayant déjà été semées est beaucoup plus élevé. Bien que notre question ne précisait pas la période à considérer, nous ne pensons pas que la différence de résultats puisse être attribuée à ce biais. Il s'agit plutôt d'un problème de compréhension qui revient souvent. Si le paysan ne cultive qu'une petite parcelle d'une variété donnée, ou quelques billons seulement, ou s'il n'a cultivé cette variété que quelques années, il aura tendance à l'ignorer car la considérant comme insignifiante, alors que nous y accordons une importance primordiale. Ceci a été observé dans les deux villages.

4.5.2. Synthèse et analyse des réponses obtenues

I. Qu'est ce que le paysan attend de la culture de ses variétés ?

Quels sont les critères les plus importants sur les variétés semées ?

Les trois critères qui ressortent le plus dans l'enquête sont dans l'ordre de fréquences ceux de précocité (ici il n'y a pas d'ambiguïté), de consommation et de rendement mais aussi de conservation. Il s'agit des mêmes critères que ceux issus de l'enquête de 2004, même si leur ordre d'importance respectif n'est pas le même. La situation est ici tout autre qu'à Siramana. L'objectif prioritaire est d'assurer la sécurité alimentaire de la famille avec le sorgho. Les paysans vivent en état de crise quasi permanente, après les événements très durs liés aux sécheresses extrêmes de 73,

84-85 et 2002. Tous s'accordent sur le fait qu'il pleut moins aujourd'hui qu'il y a vingt ans, et que cela influence leur choix dans les variétés qu'ils sèment actuellement.

Au niveau de la précocité tant recherchée, les paysans nous ont indiqué que les pluies finissent de plus en plus tôt, d'où la nécessité de semer des variétés précoces qui ont le temps de boucler leur cycle. Les variétés traditionnelles de Kagnan sont pourtant déjà assez peu photopériodiques contrairement à Siramana. En effet, la courte durée de la saison agricole même en bonne année pluviométrique fait que le démarrage tardif des pluies (2nde quinzaine de juin) laisse peu de temps pour étaler les semis. Cela a obligé les paysans à sélectionner des plantes dont le photopériodisme n'est pas très marqué puisque les semis sont étalés sur un mois environ contre deux à Siramana.

Sur le critère de conservation, de nombreux paysans nous ont expliqué qu'il était important qu'ils puissent conserver les grains plusieurs années. En cas de bonnes récoltes le grain est stocké dans le but de répondre à d'éventuelles pénuries les années qui suivent. Ceci n'était pas le cas à Siramana où le surplus de grain est la plupart du temps destiné à la vente. Cela traduit bien l'inquiétude des paysans pour le futur.

Au niveau de la productivité, le critère semble moins important qu'à Siramana. Ceci s'explique par le fait que les conditions de culture de Kagnan (sols pauvres, moins de pluies) ne permettent pas d'obtenir des rendements faramineux, et il est impossible de comparer le rendement du sorgho à celui d'autres céréales plus productives comme le maïs puisque ce dernier n'est pratiquement pas cultivé à Kagnan. Pour caricaturer, le plus important pour le paysan est que la culture produise des grains, et c'est déjà bien dans ces conditions difficiles, mais la quantité même de grains n'est pas mesurée autrement que par la réussite (la sécurité alimentaire est assurée) ou l'échec (la culture n'a rien donné du tout). D'un autre côté, les paysans utilisent tout de même ce critère pour situer les variétés les unes par rapport aux autres. Ils justifient entre autre l'adoption de CSM63E par sa bonne productivité. Peut-être sous-entendaient-ils sa bonne productivité dans des conditions difficiles.

Ces critères importants sont-ils les mêmes pour lui et pour le groupe, sinon comment explique-t-il l'écart au groupe ?

Au niveau de la différence de description des variétés entre le paysan et l'assemblée villageoise, les personnes enquêtées nous ont donné les raisons suivantes dans l'ordre de fréquence :

- Dépend de l'appréciation individuelle ;
- Dépend de l'environnement physique de culture (sol) ;
- Dépend du stade de récolte ;
- Il existe différentes sous variétés ;
- Dépend de la pluviométrie ;
- Est lié à l'influence de certains paysans lors de l'AV ;
- Dépend des soins culturaux ;
- Dépend de la date de semis ;
- Dépend de la sélection des semences ;
- Dépend du langage utilisé (bobo / bambara / français les mots ne veulent pas tous dire la même chose.

D'une manière générale, les variétés décrites par les paysans sont plus en accord avec la description de l'AV qu'à Siramana.

Quelle importance accorde-t-il aux variétés familiales ? D'autres aspects culturels et sociaux (symbolisme, rituel, mariage, fête) influencent-ils son choix ? Existe-t-il une inertie culturelle au remplacement ?

Les variétés familiales ont réellement une importance pour les paysans de Kagnan. Neuf d'entre eux sur seize interrogés nous ont exprimé leur attachement à celles-ci. Ils nous ont expliqué que ces variétés étaient bonnes et produisaient beaucoup et qu'elles comptaient pour eux. La plupart s'accordent pour dire que, dans de bonnes conditions, leur rendement est supérieur aux variétés actuellement cultivées mais, à cause des changements climatiques (sécheresse), ces variétés produisent moins et sont donc peu à peu abandonnées. Certains paysans ont réellement une politique de conservation de ces variétés, en semant par exemple quelques pieds entre les rangs de maïs dans les champs de cases.

Lors de deux entretiens, les jeunes de l'exploitation (âgés d'une vingtaine d'années) ont servi d'interprètes avec le chef de l'exploitation et ont ainsi été amenés à participer à l'entretien. Il est ressorti une divergence réelle de points de vue entre les anciens, qui décident, et les jeunes, qui doivent se plier aux ordres. Les anciens accordent beaucoup plus d'importance aux variétés familiales que les jeunes. S'ils le pouvaient, ces derniers remplaceraient totalement ces variétés dans les champs. Au changement et à l'innovation des jeunes s'oppose donc l'immobilisme des anciens, plus conservateurs. Ceux-ci constituent donc une entrave au changement des variétés au sein de l'exploitation.

Les utilisations traditionnelles du sorgho sont les mêmes pour toutes les variétés sauf pour la fabrication du dolo. Là encore, seuls les anciens vantent les vertus des variétés traditionnelles pour la fabrication du dolo. Pour les plus jeunes, toutes les variétés peuvent être utilisées.

II. Quelles raisons pourraient conduire le paysan à tester une nouvelle variété ?

Quelles situations ou conditions justifient l'introduction d'une nouvelle variété ?

L'enquête de Siramana a permis de décrire trois situations induisant un changement dans le type de variété. Ces situations se retrouvent à Kagnan, sauf pour la dernière. Lors des entretiens, il a été difficile de différencier la situation liée à un aléa climatique brutal (sécheresse) de celle liée à la diminution continue de la pluviométrie de ces dernières années.

- **Aléa climatique brutal**

Nous avons précédemment expliqué que cette situation n'induit pas le test volontaire d'une nouvelle variété, mais plutôt son adoption forcée due à des contraintes externes fortes. Cette situation s'est rencontrée dans le cas où le paysan, suite à une mauvaise récolte liée à la sécheresse ou à d'autres facteurs externes, préfère ne pas récolter de semences plutôt que d'en récolter de mauvaises. Dans cette situation, le paysan est forcé, le moment du semis venu, soit de demander des semences aux voisins (avec toute la « dette » sociale que cela comporte), soit d'acheter des grains au marché. Le cas échéant, il peut introduire une nouvelle variété dans son exploitation. Dans tous les cas, s'agissant d'un « mauvais » agriculteur, il est peu probable qu'il soit vecteur de propagation de nouvelles variétés dans le village. Même s'il obtient de bons rendements, le mauvais paysan ne sera pas suivi.

- **Modification des pratiques agricoles**

Dans ce cas, il s'agit réellement d'un test. Les modifications peuvent être causées par plusieurs situations, mais nous n'avons entendu parler que de la diminution progressive des pluies (les paysans parlent tous de sécheresse). Celle-ci fait semblé-t-il de l'ombre sur les changements de pratiques agricoles comme le passage à la culture attelée ou l'accroissement des surfaces cultivées vers des terres à plus fortes contraintes. Seul un paysan a mentionné l'appauvrissement des sols comme étant une condition de test d'une nouvelle variété. Si la sécheresse a tant d'importance aux yeux des paysans ce n'est pas sans raisons. Sur les trente dernières années, la moitié d'entre elles ont bénéficié d'une pluviométrie faible et quatre peuvent être considérées comme des années de grande sécheresse causant des épisodes de famine, la dernière datant de 2002 (Kouressy, 2002). La baisse de la pluviométrie est donc le moteur de changement dans les variétés semées, et elle influence presque exclusivement le choix des paysans en les poussant à choisir des variétés plus précoces à cycle court.

- **Curiosité**

On peut constater que les paysans de Kagnan ne sont pas extrêmement curieux ; pour preuve, le nombre de réponses négatives à la question leur demandant de choisir parmi un panel de variétés une variété à tester. Six paysans ont clairement dit qu'ils connaissaient toutes les variétés, qu'ils semaient les mieux adaptées, et qu'ils n'étaient pas intéressés à tester les autres. En dehors du fait que cette réponse pourrait être considérée comme une provocation adressée au conseiller sorgho ou à l'enquêteur, ou une manière de mettre fin à l'entretien (dernière question), il est clair que la situation de Kagnan est bien différente de celle de Siramana (il n'y a pas de traction motorisée et les conditions climatiques sont plus dures) et elle est moins propice à l'expérimentation « gratuite ». Un paysan nous a ainsi expliqué qu'il ne choisirait pas d'autres variétés que celles cultivées autour de chez lui, pour la bonne raison que cela diminue les risques de ravages causés par les oiseaux. Introduire une nouvelle variété comporte, en effet, un certain risque. Comme le mentionne Brookfield (2001), tout changement de pratique agricole fait peser un risque d'échec, que tout le monde n'est pas près de courir. Ainsi, il n'est pas étonnant que l'introduction de nouvelles variétés dans le village se fasse principalement par le biais de l'Organisation Paysanne¹⁸ (OP) du village, et des quelques rares paysans moteurs de cette OP.

Nous n'avons pas observé de différence dans le type de réponses en rapport à la taille des exploitations. Cela s'explique peut-être par le fait qu'à Kagnan, les exploitations sont moins bien différenciées qu'à Siramana. On y trouve par exemple peu d'exploitations de type quatre.

Comment testera-t-il une nouvelle variété ?

Le test d'une nouvelle variété est beaucoup plus sommaire qu'à Siramana. Dans l'ensemble, les paysans testent une nouvelle variété durant une année, et si elle répond à leurs attentes ils l'adoptent très vite. Deux attitudes ont été observées : l'une consiste à remplacer totalement les anciennes variétés (avec tout ce que cela comporte en termes de désapprobation de la part du conseiller sorgho...) et l'autre à conserver les anciennes variétés soit en proportion non négligeable, soit dans des « jardins » ou entre les rangs de maïs (deux réponses). Dans tous les cas, les informations fournies par cette question ne sont pas vraiment exploitables.

¹⁸ Cette organisation paysanne nommée « Union des Agriculteurs Céréaliers de Tominian » sert de relais avec de plus grosses structures (CMDT, IER, CIRAD) et travaille sur des petits projets de développement agricole.

III. Comment effectue-t-il son choix pour tester une nouvelle variété ?

Vers quels critères des variété s'orientent-ils a priori ?

Les quatre critères les plus importants dans le choix de leurs propres variétés semées se retrouvent dans les critères de choix d'une nouvelle variété, mais dans un ordre différent. On retrouve donc la productivité, la conservation, la précocité et la consommation. L'information utile ici et davantage celle liée au refus de tester de nouvelles variétés par certains paysans. Il faut comprendre par là que ceux-ci considèrent qu'ils ont déjà les meilleures variétés possibles, et que dans ces conditions il est difficile d'améliorer la situation. Si l'autosuffisance alimentaire est remplie, il n'y a donc pas, pour eux, matière à chercher et tester de nouvelles variétés.

Comment l'environnement au sens large de culture de la variété (la rumeur) modifie-t-il le choix du paysan ?

Comme à Siramana, la rumeur liée à une variété est importante dans le choix du paysan, et la personne qui la crée est fondamentale pour l'adoption future de cette variété par les autres membres du village. Nous prendrons l'exemple de l'introduction de CSM63. Cette variété a très vite été adoptée dans le village, et il est intéressant de considérer ce cas. CSM63 est une variété issue de la recherche qui a initialement été achetée et testée par l'OP en 2000. Après deux années de test, dont l'une coïncide avec la grande sécheresse de 2002, les rendements obtenus semblaient plus que satisfaisants dans les conditions climatiques subies. C'est donc l'OP qui a créé la rumeur, et celle-ci était fortement positive. La rumeur étant positive, et venant d'une « institution » aux yeux des villageois, cette variété s'est propagée extrêmement rapidement.

Il existe dans le village de Kagnan deux pôles : l'un autour du chef du village Papa Diarra qui représente la voix des anciens (chefferie traditionnelle), et qui est fortement attaché aux variétés traditionnelles ; l'autre s'est créée autour de Bouba qui cumule les fonctions administratives dans les organisations paysannes (il est notamment président de l'OP locale) et teste des nouvelles variétés pour la recherche. C'est dans ce deuxième pôle que CSM63 s'est propagé le plus vite.

4.5.3. Diagrammes d'activité

Nous avons pu construire trois diagrammes d'activité basés sur la recherche et le test d'une nouvelle variété après un événement de sécheresse (figure 11 et annexes 6 et 7). Le principe de construction du diagramme a été là encore bien compris. Les diagrammes obtenus confirment l'hypothèse selon laquelle le paysan va préférentiellement s'adresser à la famille faisant partie d'un même groupe de récolte, puis aux voisins, puis en dernier recours au marché. L'association villageoise et les amis sont également mentionnés comme personnes auxquelles on s'adresse préférentiellement. Le déroulement du test même est relativement sommaire, la nouvelle variété peut être adoptée à 100 % dès la deuxième année. La surface du test semble proportionnelle au degré de confiance accordé au fournisseur de semence. Finalement, le paysan évalue la réussite de sa nouvelle variété principalement sur le critère de rendement et de goût.

4.6. Retour sur notre représentation du système

Les résultats de l'enquête de terrain permettent de recadrer notre représentation du système sur les liens existants entre le paysan et son environnement et sur les règles de choix et des stratégies expliquant les changements dans le type de variétés semées. Ils permettent d'invalidier les hypothèses concernant le processus de décision et d'en formuler de nouvelles, notamment sur les facteurs influençant le choix des variétés.

L'environnement au sens large du paysan conditionne en grande partie les choix de ce dernier. Lorsqu'un changement de variété intervient, celui-ci peut être provoqué par des raisons propres à l'exploitation ou extérieures à celle-ci, mais ces raisons ne sont pas toujours liées à un échec. La curiosité pousse en effet certains paysans à tester de nouvelles variétés sans échec de leurs précédentes cultures. Le climat est souvent à l'origine du changement de variété (aléa brusque et changement continu) mais des modifications de la stratégie agricole de l'exploitation peuvent également être impliquées. Enfin, l'introduction d'une nouvelle variété ne prend pas forcément la forme d'un test sur plusieurs années.

La stratégie agricole détermine principalement le choix des cultures de l'exploitation, mais les contraintes de cette stratégie (comme le calendrier agricole associé à la culture de telle ou telle espèce) influence également le type de variété semée. Ainsi, il est nécessaire de considérer l'ensemble des cultures céréalières pour comprendre le choix des variétés de sorgho. Les règles de décision sont donc dépendantes de la stratégie agricole du paysan.

5. « Ci Sunkantini » un Jeu de Rôle sur la diversité variétale

L'analyse des données issues de l'enquête de terrain a servi de base à la construction d'un JdR nommé « Ci Sunkantini » (diversité variétale en Bambara). Les objectifs et les différentes étapes de sa construction, et enfin l'analyse de deux sessions de jeu, sont présentés dans les chapitres qui suivent. La construction et la mise en place d'un JdR en milieu paysan sont une première dans les projets du FFEM et du BRG au Mali.

5.1. Objectifs principaux

5.1.1. Partager une représentation

Quelques précisions sur notre concept de la réalité et des différents modes de représentations y afférant doivent être apportées avant tout. Nous considérons qu'il n'existe qu'une seule réalité matérielle, décrite par les caractéristiques intrinsèques du système. Il existe par contre une multitude de réalités individuelles, construites par chacun, et décrites par des caractéristiques dépendant de l'observateur. Dans une structure sociale où les individus interagissent entre eux, il est également possible de décrire une réalité sociale. Celle-ci correspond à une représentation partagée de la réalité par un groupe d'observateurs donné. Il s'agit d'une représentation construite autour de valeurs, de croyances et de règles communes, caractéristiques des sociétés humaines. N'étant pas forcément explicite, elle intervient selon nous à différents niveaux décisionnels des individus.

En partant du principe qu'il existe autant de représentations partagées de la réalité qu'il existe de groupe d'observateurs, nous pouvons affirmer que notre représentation de la réalité diffère de celle des paysans maliens. Cette évidence se doit d'être rappelée, car si nous sommes capables de formaliser notre représentation de l'environnement (au sens large) du paysan malien, cette représentation n'acquiert de légitimité dans notre démarche que si elle est confrontée et validée par les personnes concernées. Quel serait l'intérêt d'une représentation scientifiquement validée dans la démarche de conservation in situ de la biodiversité des projets FFEM et BRG, si socialement parlant, elle est déconnectée de celle des paysans maliens ? D'où le travail primordial de partage et de mise à plat de notre représentation afin de permettre une réelle communication.

Parmi les différents supports existants pour partager notre représentation avec les paysans, nous avons choisi le Jeu de Rôle (JdR) pour son caractère concret, matériel et ludique, parce qu'il intègre une dimension dynamique, mais également parce qu'il peut servir d'outil d'investigation et de support à la discussion. Notre JdR est composé d'un environnement virtuel matérialisé sur un plateau de jeu dans lequel le joueur est mis en situation et "joue" son propre rôle. Cet environnement virtuel, directement issu de notre représentation, est basé sur une simplification que nous voulons réaliste de l'environnement du paysan. Ce JdR permet de partager / valider / invalider / modifier nos connaissances sur les composants statiques de l'environnement du paysan. Nous considérons ici les entités (par exemple des variétés) ainsi que les procédés (par exemple le remplacement d'une variété par une autre) du système. S'ils sont reconnus comme légitimes par le paysan (effectivement il existe des variétés et il est possible d'en remplacer une par une autre) ils pourront être validés.

5.1.2. Améliorer nos connaissances

Le deuxième objectif de notre JdR est d'améliorer nos connaissances sur la dynamique du système en testant nos hypothèses et en essayant d'en dégager de nouvelles. Ce JdR doit nous aider à comprendre les règles dynamiques. Pour cela, nous recréons dans le jeu des conditions que nous pensons être nécessaires pour induire cette dynamique, nécessaires donc pour qu'il y ait changement des variétés semées. Ces conditions, précédemment déterminées pendant les entretiens, s'inscrivent dans le scénario que les joueurs vont expérimenter. Pour l'efficacité du jeu, ces conditions sont construites et calibrées de manière à provoquer assez vite une situation de tension qui incite le joueur à mesurer ses choix et évaluer les décisions prises en début de jeu.

Trois sous-objectifs spécifiques guident la construction du jeu. Nous cherchons à : 1) caractériser la ou les stratégies (anti-risque ?) du paysan dans un contexte d'optimisation de sa production céréalière ; 2) tester la réaction du paysan au changement climatique dans ses choix variétaux ; 3) tester le choix des fournisseurs lorsque le paysan introduit une nouvelle variété dans son exploitation.

L'utilité du JdR dans cette démarche est de pouvoir concentrer sur une demi-journée les décisions que le paysan prend en plusieurs années. Le paysan est en effet mis dans une situation de prise de décision que nous voulons le plus proche possible de la réalité, mais contrairement à celle-ci les conséquences de ses décisions sont immédiatement mesurables. Ainsi, le paysan est mis face à ses propres choix et il ne peut plus esquiver la question « *Pourquoi avez-vous agit ainsi ?* » comme c'est le cas lors d'entretiens. La question n'est d'ailleurs pas posée lors du jeu, chaque joueur est responsable du résultat qu'il obtient et il est libre de se la poser lui-même en cas d'échec. De la même façon, le paysan est mis face à notre représentation du fonctionnement du système, et en cas d'échec il lui est plus facile de contester celle-ci que lors d'entretiens. S'il ne produit pas assez de grain dans le jeu, c'est peut-être parce que notre modèle est inadéquat. Le pas de temps de notre JdR permet à la fois de répondre aux dynamiques propres au système (dans notre cas une campagne agricole), et aux objectifs du jeu qui doivent permettre de provoquer des situations intéressantes pour les joueurs et pour les chercheurs.

5.1.3. Stimuler une réflexion

Un JdR ne peut être envisagé sans un retour sur la partie jouée, en présence des joueurs et des chercheurs. Le bilan permet de clarifier davantage certains aspects liés à notre représentation du système, d'analyser les choix individuels et de confronter les règles ainsi décrites avec la réalité du paysan, mais c'est également un moment privilégié pour lancer une discussion ouverte sur notre problématique. Il s'agit pour nous de confronter les paysans aux conséquences (s'il en existe) au niveau du village de la somme de leurs choix individuels. La diversité variétale est introduite à ce moment seulement du travail. Comment perçoivent-ils la disparition des variétés du village si tous les paysans s'orientent au même moment vers une seule variété ? Est-ce que l'effet tampon du village dans l'érosion variétale est important pour eux et comment travailler sur la résilience du système à cette échelle ? L'intérêt d'un JdR est d'apporter au joueur une vision d'ensemble du système, dans le temps et dans l'espace. Cette vision d'ensemble est essentielle dans une démarche de gestion des ressources communes.

5.2. Modalité de conception du JdR

5.2.1. D'autres hypothèses générales sur le fonctionnement présumé des paysans

Le JdR est basé sur certaines hypothèses contraignantes, propres au fonctionnement des paysans, qu'il est nécessaire de mentionner car elles illustrent notre représentation du système :

- le paysan cherche à optimiser le choix de son assolement en sorgho et maïs pour assurer la sécurité alimentaire de sa famille ;
- les autres activités rémunératrices du paysan (coton, mangues, charbon) n'influencent pas celui-ci dans son processus de prise de décision sur les choix des variétés de sorgho semées. Cela se justifie par le fait que s'il répond à la sécurité alimentaire de sa famille grâce à ses propres cultures, il pourra utiliser les bénéfices issus de ses autres activités à d'autres fins que pour l'achat de grain ;
- le paysan a une vision limitée de son environnement même proche. Ainsi, il ne sait pas toujours ce que les autres agriculteurs du village sèment pas plus qu'il ne connaît les rendements qu'ils obtiennent ;
- l'information est facilitée entre paysans appartenant au même groupe familial de récolte.

D'autres hypothèses, sur le fonctionnement présumé des paysans sont testées dans le JdR :

- les mécanismes de décision des paysans sont basés sur leur appréhension des risques notamment des risques liés au climat ;
- le choix du paysan est fonction de la productivité de la culture, de l'adaptation au climat et au sol et de la souplesse du calendrier cultural.

5.2.2. Une simplification de la réalité

Pour nous concentrer sur les objectifs précédemment cités, le jeu se limite à la culture de sorgho et de maïs, qui sont les deux céréales qui assurent l'essentiel de la sécurité alimentaire des familles et qui occupent la plus grande partie du calendrier agricole. Les joueurs ne peuvent cultiver que ces deux céréales pour nourrir leur famille. Dans la réalité, les paysans récoltent rarement assez de grains pour nourrir leur famille, et une multitude d'autres cultures et activités (coton, pastèque, mangues, charbon) leur permettent d'obtenir des rentrées d'argent pour acheter du grain au marché. Ces autres cultures et activités ne sont pas prises en compte dans le jeu.

Nous considérons dans le jeu plusieurs variétés de sorgho mais nous nous limitons à une variété de maïs, car il s'agit dans notre cas de tester la concurrence entre les deux céréales dans le système de culture. De plus, les différentes variétés des maïs sont beaucoup plus proches les unes des autres que le sont les variétés de sorgho, et beaucoup moins nombreuses (il existe deux variétés de maïs seulement à Djoulafoundo). L'environnement physique des cultures est réduit à trois types de sol, précédemment décrits lors d'un travail participatif avec les paysans (Bazile, com. pers.). La description des variétés utilisée dans le jeu correspond à leur perception, exprimée lors d'un autre travail participatif en assemblée villageoise.

5.2.3. Différentes représentations

Le joueur a accès à deux représentations :

- une feuille représentant son exploitation et divisée en carrés de 0,25 ha répartis sur les différents types de sols de l'exploitation (figure 12) ;

- le plateau de jeu qui représente les terres du village avec la répartition schématisée des sols selon trois types différents (gravillonnaires, sableux et argileux) et de la localisation de son exploitation sur le territoire du village (figure 13).

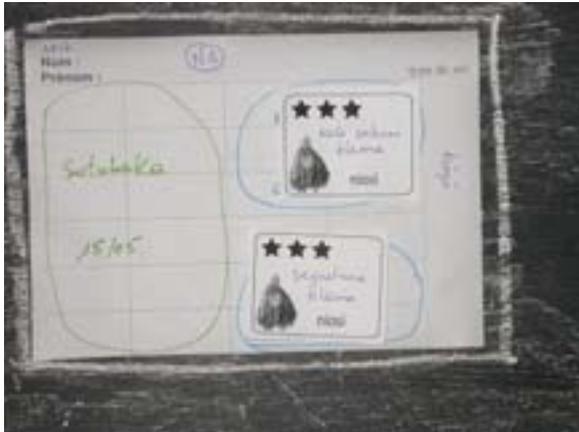


Figure 12. Feuille représentant une exploitation avec les surfaces en maïs et la date de semis ainsi que les différentes variétés de sorgho cultivées avec les cartes semences associées.



Figure 13. Plateau du JdR représentant l'ensemble des terres du village réparties sur trois différents types de sols.

L'environnement spatial du joueur reflète celui du paysan dans la réalité. Il est divisé en :

- espace public (le plateau de jeu correspondant à la réalité au village et le bureau des semences correspondant au marché / chercheurs) ;
- espace semi privé (la table où il est assis avec un autre joueur appartenant au même groupement familial (GF) correspondant à des exploitations d'un même clan lignager qui travaillent en commun dans les champs au moment de la récolte notamment) (figure 14) ;
- espace privé (les documents devant lui) (figure 15).



Figure 14. Table du Groupe Familial correspondant à un espace semi privé dans lequel l'échange d'information est facilité



Figure 15. Espace privé du joueur

Le joueur doit se rendre deux fois au plateau de jeu par campagne, lorsqu'il sème et lorsqu'il récolte. Nous avons choisi dans le premier cas de rendre l'information publique (chacun apporte sa feuille dès qu'il l'a remplie) pour des raisons pratiques et parce qu'une fois arrivé au plateau de jeu le paysan ne peut plus modifier sa fiche en fonction du choix des autres joueurs. Par contre, au

moment de la récolte, pour recréer la vision restreinte du paysan à son voisinage immédiat, celui-ci ne voit directement que la récolte des joueurs semant sur le même type de sol. Tous les joueurs d'un même type de sol viennent sur le plateau en même temps. Une fois de retour à leurs tables, les joueurs se retrouvent par groupement familial, et l'information est ainsi facilitée. La réussite ou l'échec des autres joueurs n'est donc pas ouvertement affichée. Ces informations sont accessibles, comme toutes les autres, par une démarche personnelle du joueur. Celui-ci est libre de circuler où bon lui semble.

5.3. Forme du JdR

5.3.1. Objectif du joueur

Le but du jeu est de produire du grain pour nourrir sa famille. Pour cela, le joueur sème du sorgho et du maïs. Le paysan peut choisir l'équilibre maïs / sorgho qu'il souhaite dans son assolement, les différentes variétés de sorgho qu'il veut semer, ainsi que les dates de semis. En fonction de ses résultats au champ, le paysan est sanctionné ou félicité par sa famille virtuelle.

5.3.2. Les règles du jeu

Les joueurs sont confrontés à quelques règles présentées en début de partie, règles qu'ils peuvent remettre en cause à tout moment du jeu s'ils le désirent :

- chaque exploitation (nous l'appelons ici unité de production ou UP) a une carte d'identité (annexe 8) sur laquelle est inscrit le nombre de sac pour assurer la sécurité alimentaire de sa famille pendant une année (nombre initialement validé avant le jeu). Après la récolte, le paysan doit rendre le grain utilisé pour nourrir sa famille ;
- on ne peut semer qu'à partir de la date d'arrivée des premières pluies ;
- on ne peut semer que les variétés pour lesquelles on a des semences (annexe 8) ;
- on peut obtenir des semences par différents moyens et à différents moments. Pour avoir de bonnes semences, il faut les chercher au moment de la récolte : on peut les obtenir dans son champ ou chez les voisins. Si on va chez le voisin après la récolte, on aura du grain tout venant, et s'il l'on va au marché on aura du très mauvais grain car correspondant à un mélange de différentes variétés. La qualité des semences conditionne le rendement.

En dehors de ces quelques règles, le joueur est libre de procéder comme bon lui semble. Le propos du jeu étant bien défini et relativement restreint (culture du sorgho et du maïs uniquement), l'espace de liberté accordé au joueur est cependant relativement limité.

5.3.3. Différentes phases d'un tour de jeu

Le pas de temps dure un an et simule une campagne de culture, du semis à la récolte (annexe 9).

A) Période de semis : Le début du jeu commence par l'annonce de la date des premières pluies qui va déterminer le démarrage de la saison agricole avec préparation des sols et semis. Les agriculteurs décident alors de l'organisation de leurs cultures (assolement et type de variétés cultivées). Ils choisissent donc quelle espèce (maïs ou sorgho) et pour le sorgho quelle variété ils sèment sur quelle surface, sur quel sol et à quelle date. Si les semences dont ils disposent ne leur conviennent pas, ils peuvent demander des semences aux autres joueurs qui seront médiocres (★★) ou aller en chercher en dehors du village, mais obtiendront alors du grain tout-venant, c'est-à-dire des semences de très mauvaise qualité (★). Dans les deux cas, ils passent par le bureau des semences. Ils colorient une feuille représentant le parcellaire de leur UP en précisant l'assolement maïs /

sorgho, les variétés de sorgho semées et les dates de semis, puis vont la poser sur le plateau avec les cartes semences qu'ils utilisent.

B) Récolte et sélection des semences pour l'année suivante : Selon le climat de l'année, les rendements sont calculés à partir d'abaques préétablis en fonction des caractéristiques des variétés, des types de sols et des dates de semis. Les sacs de grain, ou les greniers (équivalent de dix sacs) obtenus sont déposés sur le plateau par unité de sol. Après avoir cultivé une nouvelle variété pendant une année, une carte de description complète de ladite variété est fournie au paysan. Ces cartes peuvent être consultées par les joueurs pour connaître l'adaptation écologique des variétés et donc la date de semis optimale et le meilleur type de sol pour obtenir le rendement maximal. Les paysans de l'unité de sol correspondante sont alors appelés à venir sur le plateau. On leur demande pour chacune des variétés cultivées si ils veulent des semences pour l'année suivante. Le paysan repart avec ses sacs et/ou greniers, ses cartes semences de très bonne qualité (★★★), et des cartes variétés s'il a cultivé une nouvelle variété. Quand tous les paysans sont passés et revenus à leur place, on leur dit que s'ils veulent de nouvelles variétés, ils peuvent s'arranger avec les autres joueurs. Quand des joueurs s'arrangent, ils viennent au bureau des semences et on donne une carte variété (★★★) à celui qui acquiert des semences.

C) Bilan et satisfaction : Les paysans doivent restituer, s'ils le peuvent, le nombre de sacs de grain correspondant aux besoins alimentaires de leur famille. En retour nous leur donnons une carte satisfaction de la famille.

5.3.4. Un scénario climatique caricaturé

Une succession d'années climatiques caricaturales (moyenne, très mauvaise, très bonne) est scénarisée, pour créer un contexte propice à la réalisation des trois sous objectifs précédemment cités dans le chapitre 5.1.2. La 1^e année climatique est moyenne (date d'arrivée des pluies habituelle) pour remplir les greniers à la fin du 1^{er} pas de temps et conforter les paysans dans le jeu. La 2^e est très mauvaise (arrivée des pluies tardives) pour provoquer une tension (échec probable de certains et sécurité alimentaire non assurée). La 3^e année est très bonne (arrivée des pluies précoce). Le nombre d'années joué est fonction du temps que prend chaque pas de temps. Nous nous fixons un minimum de 3 années. A partir de ce scénario initial, qui est uniquement centré sur les conditions pluviométriques, des éléments autres que climatiques peuvent être scénarisés. Ces scénarios peuvent être imaginés conjointement par les joueurs et les chercheurs à la fin d'une partie, afin d'explorer de nouvelles situations.

5.3.5. Choix des participants et organisation des séances

Deux séances de jeu ont été organisées, le 16 et le 21 juin. La première correspond à une séance de test et de calibrage du jeu avec des chercheurs et ingénieurs de l'IER qui connaissent le contexte sorgho et sont capables de tenir le rôle d'un paysan. Nous avons animé cette première séance. La seconde séance a été réalisée en atelier avec six paysans du village de Djoulafoundo. Le principal argument quant au choix de ce village pour le JdR, est qu'il se situe à 60 km au sud-ouest de Bamako. En raison du début de l'hivernage (période de semis), il nous fallait en effet un village suffisamment proche pour permettre un aller retour dans la même journée, pour ne pas immobiliser les paysans trop longtemps. De plus, c'est un des villages du projet FFEM, et les paysans reçoivent ponctuellement la visite de chercheurs ou d'ingénieurs de l'IER. Nous avons

ainsi les informations nécessaires pour recréer leurs exploitations sur le plateau de jeu. Nous avons veillé à ce que tous les types d'UP identifiés à Djoulafoundo soient représentés pendant le jeu.

Le village de Djoulafoundo se situe, au niveau climatique, dans une situation intermédiaire aux deux villages précédemment enquêtés (Siramana et Kagnan). A la différence de ces deux villages, Djoulafoundo entretient plus de relations avec l'extérieur (commerce à Bamako). C'est en outre un village dans lequel la religion musulmane est plus présente qu'à Siramana. La participation des femmes à notre jeu n'a, de ce fait, et très malheureusement, pas été envisagée.

Les séances durent deux demi journées, une matinée de jeu et une après-midi de synthèse et de bilan. En dehors du transport et du repas de midi offert, nous donnons comme compensation aux paysans une indemnité équivalente à un jour de travail pour compenser un éventuel remplacement dans l'exploitation.

Le jeu est nommé « atelier de travail » et est présenté aux paysans comme une forme de restitution du travail d'enquête qui a été réalisé l'an dernier sur les variétés de sorgho du village. L'objectif énoncé est de montrer notre compréhension du système, de leur demander si elle correspond à leur réalité, et d'observer en jouant la manière dont ils gèrent la culture du sorgho et du maïs. L'invitation se fait au nom de la recherche (CIRAD / IER). Il n'y a pas directement de question à traiter pendant le jeu, mais plutôt pendant le bilan où nous amènerons la problématique de la gestion de la diversité variétale.

5.3.6. Rôle des observateurs et de l'animateur

Des observateurs sont chargés de remplir les fiches d'observation et noter tout ce qui touche à l'échange d'information entre les joueurs. Ceux-ci ont été choisis en dehors des chercheurs participants au programme de recherche agrobiodiversité du sorgho. Etant extérieurs au contexte de conservation des variétés traditionnelles, il y a moins de risque qu'ils influencent le choix des paysans. Ils doivent cependant connaître le milieu paysan malien. Nous avons donc choisi des ingénieurs et étudiants de l'IER. Leur statut d'observateur leur est présenté comme suit :

- l'observateur ne doit pas faire de commentaires quant au choix des joueurs ;
- il ne doit aucunement influencer le joueur ;
- il intervient pour les aider à remplir leurs fiches de culture, calculer leurs stocks de grains, pour expliquer le fonctionnement du jeu en général, il sert d'intermédiaire entre les paysans et les chercheurs ;
- il doit noter tout ce qui touche à l'échange d'information entre les joueurs, échange informel : discussion, question, conflit...

L'animateur a un rôle primordial dans le jeu. Il doit présenter le but et le fonctionnement du jeu, en s'assurant de la bonne compréhension des participants, mais il assure également l'animation de la partie. Son dynamisme est garant du bon fonctionnement du jeu. Un chercheur de l'IER ayant participé à la session du 16 juin et connaissant bien le village en question a été choisi pour remplir cette fonction.

5.3.7. Le bilan

Un bilan collectif est organisé l'après midi. Nous lui accordons autant d'importance que le reste du jeu. Les questions ou remarques des paysans sont prioritaires, mais nous veillons à aborder les thèmes suivants :

- 1) rapport entre le jeu et la réalité ;
- 2) stratégie de minimisation du risque et combinaison de cultures et de variétés ;
- 3) motivation à cultiver une nouvelle variété ;
- 4) échange de semences et choix des fournisseurs.

Des bilans individuels « à froid » devraient compléter le bilan « à chaud » de l'après midi pour venir renforcer notre compréhension des choix effectués pendant le jeu. Il est intéressant à ce moment de demander aux participants du JdR s'ils ont parlé du jeu à d'autres personnes du village à leur retour, et le cas échéant qu'ont-ils dit ? Malheureusement, la période étant inappropriée pour solliciter les paysans, aucun bilan individuel n'a été réalisé.

5.4. Analyse des parties jouées

5.4.1. Résultats de la session du 16 juin 2005 avec des chercheurs maliens

Comme expliqué précédemment, la session du 16 était principalement destinée à tester la jouabilité et à calibrer le jeu. Les résultats de cette première session ont été pris en compte pour la session avec les paysans, et les modifications apportées sont mentionnées.

- Le jeu fonctionne, les joueurs se prennent au jeu, le côté ludique est garanti ;
- il n'y a pas d'incohérence dans le déroulement des pas de temps, ceux-ci prennent environ 45 min, 1h pour expliquer les règles, nous sommes obligés de nous limiter à 3 – 4 pas de temps uniquement ;
- nous avons réussi à créer une dynamique dans les variétés semées, celle-ci est provoquée par la date d'arrivée des pluies = principal facteur de changement ;
- ce jeu nous permet de calibrer le calcul du rendement des variétés, nous diminuons les potentiels dans les abaques ;
- discussion autour des cartes de satisfaction : nous décidons de conserver uniquement la carte positive pour ne pas provoquer de malaise chez les paysans (des cartes « pleureur » ont été utilisées pendant le jeu et distribuées aux joueurs n'arrivant pas à satisfaire au moins 50% de la sécurité alimentaire de la famille). Pour des paysans jouant leur propre rôle, le fait même de ne pas obtenir suffisamment de grain pour nourrir la famille est assez humiliant pour ne pas rajouter de symbole négatif ;
- nous envisageons de donner au paysan ayant produit un excédent de céréales la possibilité d'acquérir des biens personnels au marché (radio, vélo, moto...), s'il en exprime l'envie ;
- pour que le paysan ne puisse pas cultiver plus de maïs que son équipement et sa main d'œuvre lui permet dans la réalité (que nous connaissons par ailleurs à travers des enquêtes de terrains), nous déterminons un garde fou qui sera donné aux observateurs, une surface maximum de culture de maïs pour chaque exploitation. Si le paysan dépasse cette surface, il doit se justifier auprès de l'observateur.

5.4.2. Résultats de la session du 21 juin 2005 avec les paysans maliens

La session de jeu organisée avec les paysans était un véritable défi dû à la période (début de l'hivernage), inadéquate pour mobiliser ces derniers. La confiance accordée ces dernières années

aux ingénieurs et chercheurs ayant effectué des études de terrain dans le village de Djoulafoundo, ainsi qu'une bonne communication en amont et une très bonne organisation ont certainement participé au succès de la mobilisation des paysans. Toutes les personnes invitées ont accepté l'offre et les six paysans sélectionnés ont pu participer au jeu. Trois pas de temps ont été joués pendant cette session. Le seul regret est de n'avoir pas pu retourner sur le terrain pour organiser des bilans individuels plus approfondis. Les différents thèmes suivants ont été traités, certains de manière approfondie, d'autres simplement survolés en raison du temps imparti au bilan.

1. Rapport entre le jeu et la réalité : une représentation validée

Globalement, tous les joueurs se sont plongés dans le jeu. Ils ont joué leur rôle sans aucun problème en essayant de produire assez pour nourrir la famille. L'environnement du jeu, basé sur des enquêtes de terrain, a permis de coller de très près à la réalité des paysans. Alors que les joueurs de l'IER, lors de la première session, ont cultivé des proportions irraisonnables de maïs, les paysans se sont limités aux surfaces que leur main d'œuvre et leurs possibilités financières pour l'achat d'engrais et de pesticides leur permettent de semer dans la réalité. La liberté que nous leur avons laissée n'a donc jamais induit de comportements fantaisistes de leur part, ce qui traduit une réelle projection dans la réalité. Pour les dates de semis également, les paysans se sont limités aux possibilités réelles de leur exploitation. Aucun paysan n'a semé toutes ses surfaces à la même date. La surface minimum de culture pour une variété s'est avérée être de 0,5 ha.

La seule lacune de notre représentation, ressortie lors du bilan, est la rotation culturale avec le coton, rotation qui valorise certains sols grâce à l'arrière effet des engrais de cette culture. Celle-ci doit impérativement être prise en compte pour comprendre et décrire l'assolement des cultures année après année. Sur la spatialisation du jeu (plateau avec différents types de sols et groupement familial) les paysans n'ont donné aucun commentaire.

2. Différentes stratégies de gestion du risque et de combinaison de variétés

Trois stratégies différentes ont été observées pendant le jeu :

- la première consiste à gérer, au sein de l'exploitation, un certain nombre de variétés (le plus souvent deux) qui sont systématiquement semées, peu importe le climat. Leur surfaces respectives ne sont pas forcément les mêmes, mais les variétés sont systématiquement semées, même lorsqu'elles ne sont pas adaptées à l'arrivée des pluies une année donnée. Le paysan détient en général une variété précoce et une variété tardive. Il n'a pas une stratégie de gestion du risque liée au type de variété, il gère le risque globalement, sur plusieurs années, en s'assurant qu'il obtienne une production minimale ;
- la seconde stratégie consiste à semer chaque année, la variété la plus adaptée à la date d'arrivée des pluies. Le paysan connaît le cycle des variétés et peut choisir laquelle cultiver une année donnée en fonction de l'arrivée des pluies. Cette stratégie repose sur la solidarité entre les villageois qui permet l'acquisition gratuite (ou échange) de semences ou de grain lorsque l'un d'entre eux en a besoin. C'est la gratuité de l'échange qui permet de diminuer le risque, au niveau du village. On se trouve ici dans une situation d'optimisation du rendement à court terme ;
- la troisième stratégie consiste à semer toujours une seule et même variété rustique qui a un rendement médiocre mais continu, peu importe les conditions climatiques. Il s'agit ici d'une stratégie du moindre effort : semer une variété passe partout.

Aucun rapport n'a pu être établi entre le type de stratégie et le type d'exploitation (3 types d'UP) ou le groupe familial. Le faible nombre de joueurs nous empêche d'apporter une quelconque conclusion sur ce point, mais certaines hypothèses peuvent être formulées. Nous partons du principe que la stratégie du paysan résulte de facteurs propres à l'individu même (caractère) et à son environnement. Pour l'instant, les indicateurs utilisés dans la caractérisation des différents types d'UP n'apparaissent donc pas pertinents pour comprendre le processus de décision, la stratégie du paysan. Par rapport à l'assolement du maïs, celui-ci est tout d'abord limité par les capacités de l'exploitation (financières et main d'œuvre). Il est ensuite fonction du type de sol et du climat. Les rendements étant supérieurs, le paysan opte systématiquement pour le maïs si les conditions le lui permettent. Il est prêt à courir certains risques, mais la situation ne lui permet en général pas de tout miser sur cette céréale.

3. Motivation à cultiver une nouvelle variété : le climat ne semble pas être le facteur décisif

Comme décrit lors de l'analyse des entretiens, les changements climatiques peuvent induire des changements dans le type de variété semée, mais cela est fonction de la stratégie du paysan. Généralement, ce n'est pas un facteur décisif, la plupart des paysans n'ont en effet pas changé le type de variété semée pendant le jeu. Le faible nombre de pas de temps joués n'a pas permis d'introduire de changement climatique continu. Seul l'aléa brusque a été testé et il a induit un changement de variété semée chez une exploitation uniquement.

Les paysans peuvent chercher des nouvelles variétés indépendamment du climat. Il n'a pas été possible de déterminer de seuil à partir duquel l'échec de la culture du paysan le pousse à cultiver une nouvelle variété. L'échec de la culture est davantage dû aux mauvaises conditions climatiques ou aux mauvaises dates de semis, qu'à l'inadaptation de la variété à l'environnement du paysan. Dans tous les cas, nous avons observé un questionnement de la part du paysan lorsque celui-ci ne produisait pas assez pour nourrir sa famille. A ce propos, les paysans qui présentaient un déficit à la fin d'une campagne se sont sentis durement punis (ils l'ont assez mal vécu).

Finalement, il n'y a pas de concertation pour le changement de variété, chacun agit selon ses propres intérêts. Le test ne se fait pas sur des toutes petites surfaces comme nous l'avons souvent dit les paysans lors des enquêtes de terrain, mais sur une bonne partie de l'exploitation. En fait, le paysan peut être très confiant, et tester une grande surface et adopter rapidement une nouvelle variété.

4. Echange de semences et choix du fournisseur

On dénombre cinq échanges de semences pendant le jeu entre les paysans. Le pourcentage de paysans qui introduisent de nouvelles variétés dans leurs exploitations par an est en moyenne de 28 %, ce qui est légèrement inférieur à la réalité de Djoulafoundo ces cinq dernières années, où l'on a mesuré une moyenne 36 %. Il correspond cependant à ce qui a été mesuré sur un ensemble de six villages étudiés, avec une moyenne de 24 %. Une UP a été largement sollicitée en début de jeu, pour acquérir des semences et des conseils, mais étrangement, d'après nos enquêtes de terrains, cette UP n'a jamais été au cœur d'échange ces quatre dernières années. En outre, elle n'a pas présenté de signe de réussite pendant le jeu. Ceci montre que notre compréhension du système reste très sommaire au niveau des relations sociales. La question des personnes ressources reste donc ouverte. Il est maintenant évident que certaines personnes sont plus sollicitées que d'autres dans le réseau d'échange, mais les raisons de cette sollicitation ne sont pas encore toutes élucidées.

5.5. Un outil qui fonctionne

En résumé, les deux premiers objectifs (partager et valider une représentation et améliorer nos connaissances) ont été largement atteints. Globalement, notre représentation simplifiée de l'environnement du paysan peut être validée et servir de support pour la compréhension de la dynamique du système. Nous avons en outre déterminé différentes stratégies de gestion des cultures.

Un point important ressorti du jeu porte sur la maîtrise des dates de semis. Seul un paysan y parvenait à tous les coups et il serait intéressant d'organiser un atelier spécifique sur ce problème, afin de partager et enrichir nos connaissances sur ce point. En effet, même si la description du cycle des variétés est issue d'un travail participatif, nous n'avons pas validé nos abaques avant le jeu, et les paysans étaient particulièrement intéressés de savoir comment nous les avons construits.

Le troisième objectif (stimuler une réflexion) n'a été que partiellement atteint, en raison d'un manque évident de temps. Il n'a pas été possible d'orienter la discussion sur la gestion collective des variétés, notamment parce que le faible nombre de pas de temps joué (trois tours) n'a pas permis de montrer une quelconque évolution de la diversité variétale du village. L'organisation de parties plus longues ainsi que l'exploration de nouveaux scénarios semblent cependant ouvrir une voie particulièrement intéressante pour aborder notre problématique et quelques améliorations possibles sont proposées dans le chapitre 7.5.

6. Le modèle de décision Diva

Le modèle de décision présenté dans ce chapitre traite d'un système simple de culture dans lequel des paysans (les agents du modèle) choisissent leurs variétés en fonction de différents types de stratégies. Nommé « Diva » (pour diversité variétale), ce modèle n'intègre pas tout l'environnement des paysans. Intentionnellement simple, il a pour vocation de tester et de calibrer des méthodes de choix individuels. Les stratégies testées sont issues d'une réflexion intégrant des résultats d'enquêtes de terrains et du JdR. En dehors de l'aspect théorique lié à la modélisation de méthodes de choix, les stratégies construites dans Diva ont également pour vocation d'illustrer les conséquences de comportements individuels archétypaux au niveau global. D'un point de vue pédagogique, ces conséquences ne doivent pas forcément correspondre à la situation réelle mesurée sur le terrain, mais elles doivent illustrer certains problèmes qu'il semble judicieux de soulever.

6.1. Une dynamique d'introduction des variétés cautionnant des phénomènes passifs de diffusion

Les informations recueillies pendant le JdR ont permis de décrire différentes stratégies de gestion du risque. Celles-ci n'expliquent cependant pas tous les échanges de variétés observés. Nous avons initialement l'idée que les paysans recherchent activement les variétés répondant le mieux à leurs attentes. Avec le recul apporté par l'analyse du JdR, il apparaît que la démarche d'introduction d'une nouvelle variété n'est pas toujours une démarche « active » basée sur la recherche d'un idéaltype. Pour approfondir cette idée et essayer de trouver les causes des introductions « passives », il faut se pencher sur les graphiques d'introduction de variétés à Djoulafoundo et à Kagnan ces dernières années (figures 16 et 17).

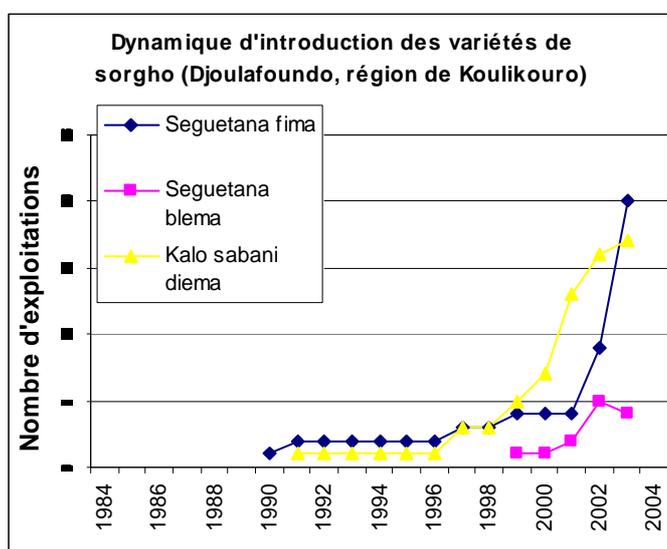


Figure 16. Dynamique d'introduction de trois variétés de sorgho ces vingt dernières années parmi les 32 exploitations du village de Djoulafoundo. (Bazile, com. pers.)

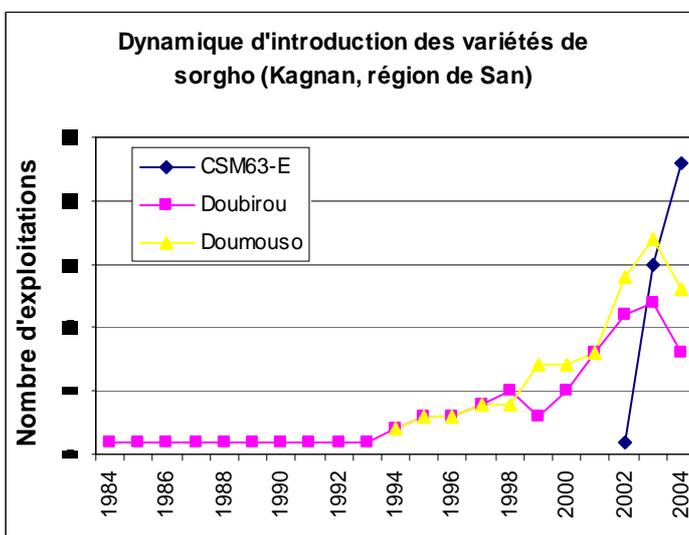


Figure 17. Dynamique d'introduction de trois variétés de sorgho ces vingt dernières années parmi les 42 exploitations du village de Kagnan. CSM 63 a été largement favorisée par l'organisation paysanne de Kagnan. (Bazile, com. pers.)

Les courbes observées (à l'exception de CSM 63 qui est un cas un peu particulier) sont typiques des courbes de diffusion d'innovations (Nazmun, 2005). Elles peuvent être séparées en trois phases : (1) une phase de pénétration qui peut durer de nombreuses années (2) une phase de diffusion qui est rapide, et (3) une phase de stabilisation. Le schéma d'introduction de Kalo sabani diema à Djoulafoundo illustre parfaitement ce concept (figure 18).

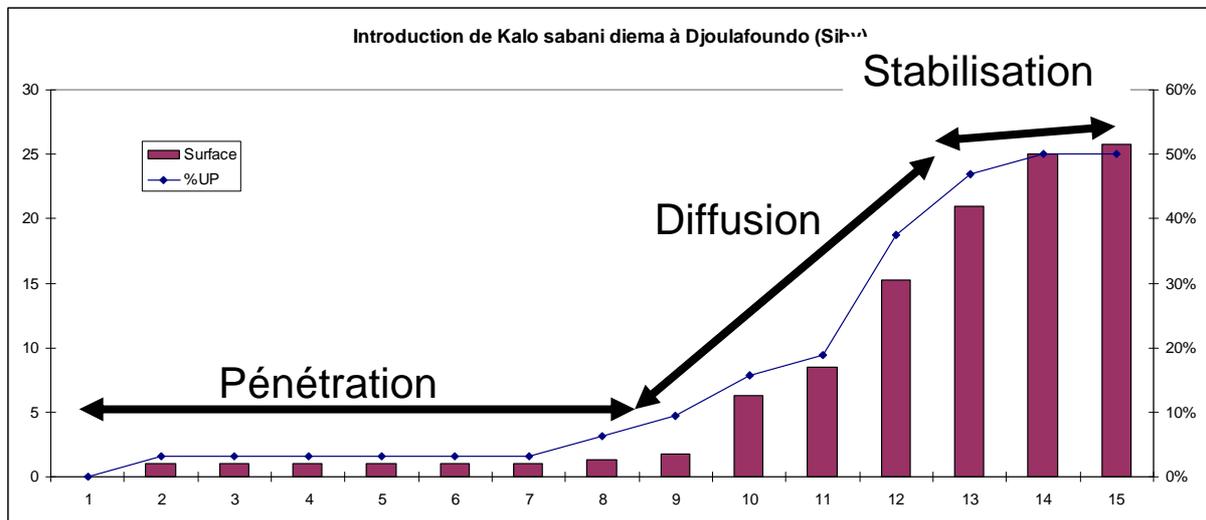


Figure 18. Introduction de la variété Kalo sabani diema à Djoulafoundo ces quinze dernières années en surface et en pourcentage des UP. (Bazile, com. pers.)

Notre interprétation est la suivante : Un paysan introduit à un moment donné une nouvelle variété dans le village. Une fois la variété introduite, elle est cultivée pendant plusieurs années (phase de pénétration). Pour des raisons diverses, elle entre en phase de diffusion. Son adoption par les autres exploitations est très rapide et elle se répand largement. Une fois la variété diffusée, elle se stabilise et occupe une proportion stable des surfaces en sorgho, jusqu'au moment où une nouvelle variété précédemment introduite passe à son tour en phase de diffusion dans un grand nombre d'exploitations. Les différents schémas d'introduction se chevauchent comme c'est le cas à Kagnan où la diffusion de CSM63 a brusquement fait chuter les autres variétés du village.

Une innovation (ou variété dans notre cas) ne peut être diffusée sans communication entre les individus. Il est donc impératif de se pencher sur l'échange d'informations. Celui-ci repose sur un réseau complexe liant les différents composants du système. Nous simplifions ce dernier, à deux types de réseaux uniquement : un réseau spatialisé, correspondant à l'environnement géographique du paysan, et un réseau social, correspondant à l'univers social propre à chaque paysan (figure 19). Le réseau social permet à des individus géographiquement éloignés d'échanger des informations qu'ils ne pourraient pas ou rarement échanger au niveau spatial. Il est contraignant, dans le sens où il est prioritaire sur la distance spatiale qui sépare deux individus.

Pour revenir au contexte du paysan malien, le paysan évolue principalement dans son environnement proche sur un type de sol donné, dans lequel il est en contact avec des exploitations connues fournissant des nouvelles variétés (personnes ressources correspondant à des nœuds d'échange) et des voisins. Il a également accès à un environnement éloigné correspondant au village en entier, dans lequel il échange des informations avec d'autres voisins, mais dans ce cas, l'échange est plus rare. Enfin, il peut sortir du village et aller au marché ou voyager dans d'autres

villages. Le réseau social du paysan lui permet d'avoir accès à des informations issues des membres de son GF, de sa famille éloignée, et de l'organisation paysanne à laquelle il adhère peu importe la distance géographique qui les sépare. Le réseau ainsi décrit permet de définir pour chaque paysan une occurrence d'accès à toutes autres variétés que les siennes, cultivées par des individus avec lesquels il échange de l'information. Peu importe s'il se déplace ou si les autres viennent à lui, l'important est que de nouvelles variétés apparaissent dans son champ de vision et sont ainsi disponibles s'il décide de changer de variété.

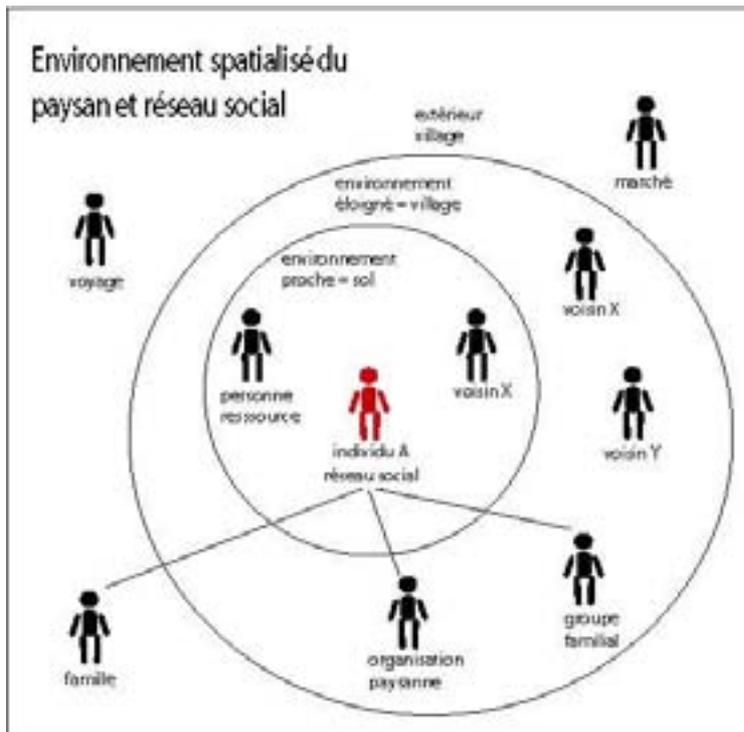


Figure 19. Réseau d'échange d'information entre individus : plus les individus sont éloignés de l'individu A, plus la chance qu'ils communiquent diminue, sauf s'ils appartiennent au réseau social de l'individu A dans quel cas leur chance de communiquer est fonction du lien les unissant.

Avec ce raisonnement, il est possible de distinguer deux types de fonctionnement des paysans, l'un passif, l'autre actif, qui expliquent la dynamique d'introduction des variétés observée :

1) les paysans passifs

Nous considérons que la plupart des introductions de nouvelles variétés au sein d'une exploitation sont issues d'un concours de circonstances qui met dans le champ de vision du paysan une nouvelle variété connue, ou supposée être « meilleure », car davantage cultivée autour de lui. Certaines conditions peuvent favoriser ou déclencher cette introduction, mais la variété doit être disponible aux yeux du paysan. Ces paysans ne recherchent donc pas activement de nouvelle variété, ils n'ont pas en tête d'idéotype. Ils sont passifs, et fonctionnent selon un système d'imitation. Les variétés introduites dans l'exploitation sont, la plupart du temps, celles cultivées au village (occurrence d'apparition dans le champ de vision du paysan forte) mais elles peuvent aussi venir de l'extérieur.

2) les paysans actifs

D'autres introductions, plus rares, sont issues de la recherche active d'un idéotype. Dans le cas où la variété est extérieure au village, le paysan prend un risque (la nouvelle variété peut être décalée par rapport aux autres variétés du village et attirer de ce fait tous les ravageurs). Mais la variété introduite dans l'exploitation peut tout aussi bien provenir du village.

Pour revenir au schéma d'introduction d'une nouvelle variété extérieure au village, celle-ci n'est donc pas forcément issue d'une recherche active de la part du paysan, elle peut aussi provenir d'un voyage pour visiter la famille, d'un nouvel arrivant apportant ses propres variétés, d'un projet de la recherche, de l'OP etc. Une fois introduite, la durée de la phase de pénétration est fonction du poids du paysan dans la diffusion d'information. S'il est en relation avec de nombreuses personnes (réseau social et proximité géographique), il aura un poids important, et sa nouvelle variété pourra rapidement se diffuser. Une fois la variété adoptée par un nouveau paysan, son occurrence d'apparition dans le champ de vision des autres paysans augmentera, et elle se diffusera d'autant plus vite. A un certain seuil un équilibre est atteint et la variété se stabilise.

Si l'on résume nos hypothèses et notre description du système, le paysan possède certains critères de choix des variétés dont le plus important est le rendement. Lorsqu'il sème une variété, il l'évalue principalement au niveau de la récolte. Il a donc en tête une notion de réussite ou d'échec de sa production. Parallèlement, il a en tête les autres variétés qu'il a déjà semées, et certaines qui apparaissent dans son champ de vision avec une probabilité liée à l'éloignement géographique et social des personnes qui cultivent ladite variété. A toutes ces variétés est associé un rendement potentiel qu'il a vu dans le champ ou qu'on lui a décrit (rumeur). A ce moment, peuvent intervenir divers facteurs extérieurs (aléas climatiques, projet de recherche...) ou propres à l'exploitation (scission de la famille, défrichage de nouvelles terres, perte du stock de semences...) qui peuvent influencer son choix. Ayant en tête le résultat de son année précédente, les variétés disponibles nouvelles ou non, les facteurs extérieurs ou propres à l'exploitation, il va pouvoir décider des variétés à semer pour la nouvelle année. A ce moment, le caractère de l'individu joue un rôle fondamental, et il est amené, en fonction de sa personnalité et de sa stratégie, à changer de variété ou à en tester une nouvelle.

6.2. L'environnement de Diva

Le modèle Diva a été construit sur la plateforme de modélisation Cormas (annexe 10). Il intègre un certain nombre d'entités (figure 20). Les entités spatiales du modèle correspondent aux parcelles. Celles-ci sont couvertes par une couverture végétale qui peut théoriquement être une culture de sorgho ou toute autre culture. Notre modèle se limite à la culture du sorgho, mais il intègre différentes variétés. Les entités sociales sont représentées par des agents (nos paysans fictifs), seules entités décisionnelles du modèle, et les groupes familiaux.

Dans Diva, les paysans possèdent chacun un nombre identique de parcelles, et ils choisissent, à chaque pas de temps et pour chaque parcelle, la variété qu'ils désirent semer parmi plusieurs proposées. Chaque variété est caractérisée par un ensemble de caractéristiques virtuelles et par un rendement maximum et une variance associée à ce rendement. Les paysans ont des préférences personnelles pour chaque caractéristique des variétés et une préférence partagée (la même pour tous) pour le rendement (le plus grand possible). Le rendement des parcelles est calculé en fonction du climat qui varie d'une année sur l'autre.

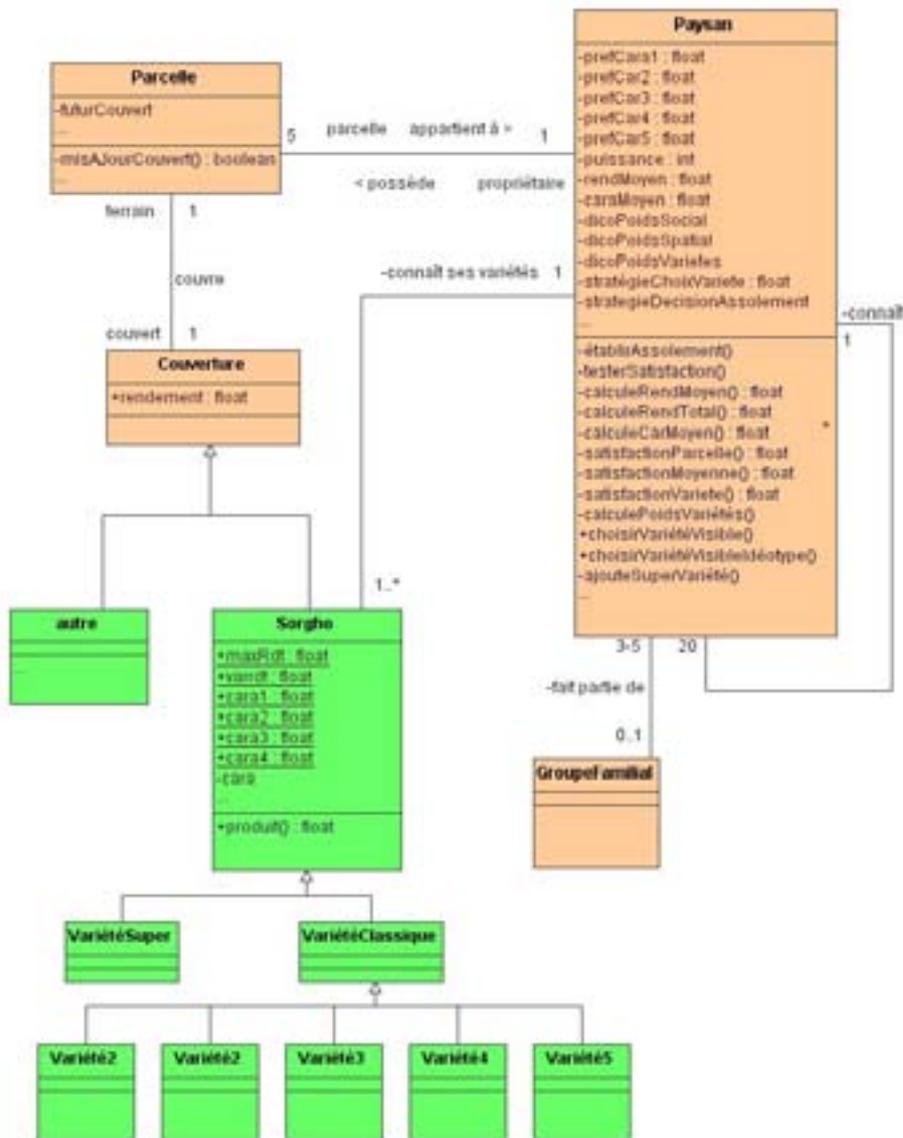


Figure 20. Diagramme de classe de Diva. Les entités spatiales du modèle sont les parcelles. Les objets correspondent à la couverture qui couvre la parcelle et qui peut être une culture de sorgho, elle-même de différents types de variétés. Les entités sociales sont les agents, principales entités décisionnelles du modèle, et les groupes familiaux.

6.3. La dynamique Diva : deux stratégies archétypales des agents

Dans l'environnement de Diva, deux stratégies archétypales ont été conçues :

- une **stratégie passive d'imitation**. Les agents imitent leurs voisins en tirant au hasard, à chaque pas de temps, une variété du village en fonction de son importance relative dans leur réseau. Plus la variété est cultivée autour d'eux, plus ils risqueront de la choisir.
- une **stratégie active d'évaluation**. Dans celle-ci les agents évaluent à chaque pas de temps leurs parcelles et choisissent, lorsque la variété semée ne leur convient pas, une nouvelle variété en fonction de leurs préférences ;

Les chapitres suivants décrivent plus en détail les méthodes intervenant dans ces deux stratégies. L'organisation de ces stratégies dans le déroulement général d'un pas de temps du modèle Diva est illustrée par des diagrammes d'activités (figures 21, 22 et 23).

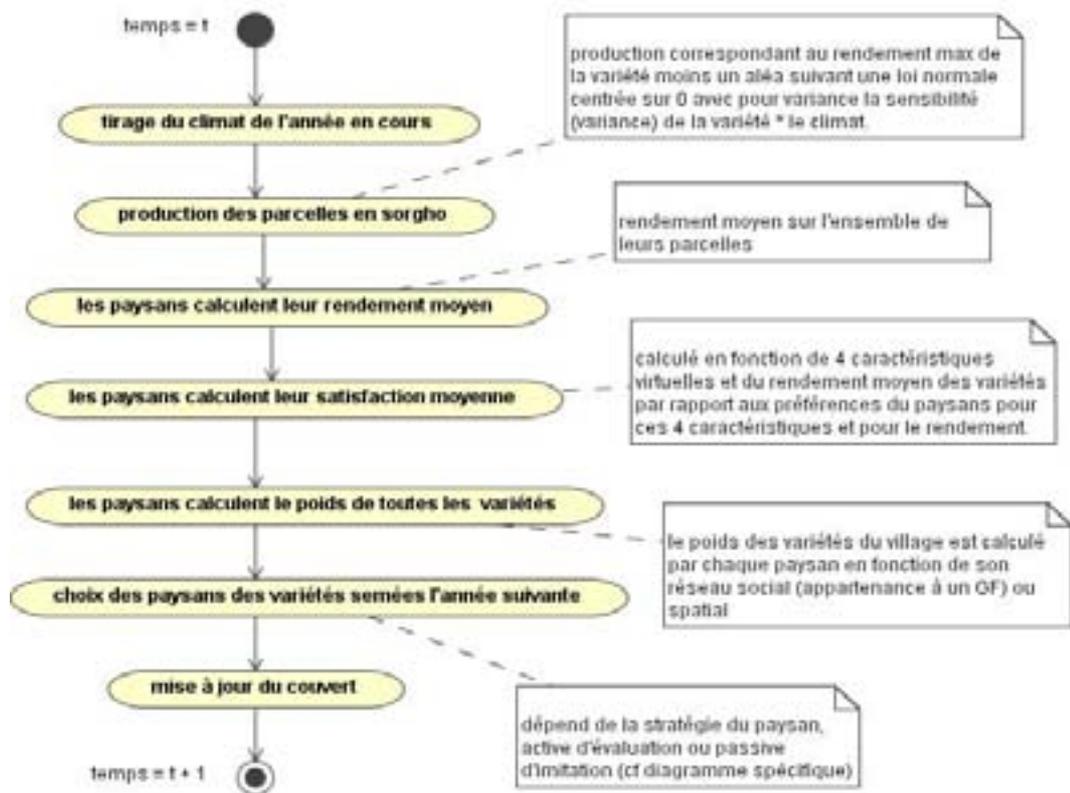


Figure 21. Déroulement d'un pas de temps du modèle Diva.



Figure 22. Diagramme d'activité spécifique au choix des paysans des variétés semées l'année suivante (zoom sur le diagramme de la figure 21).

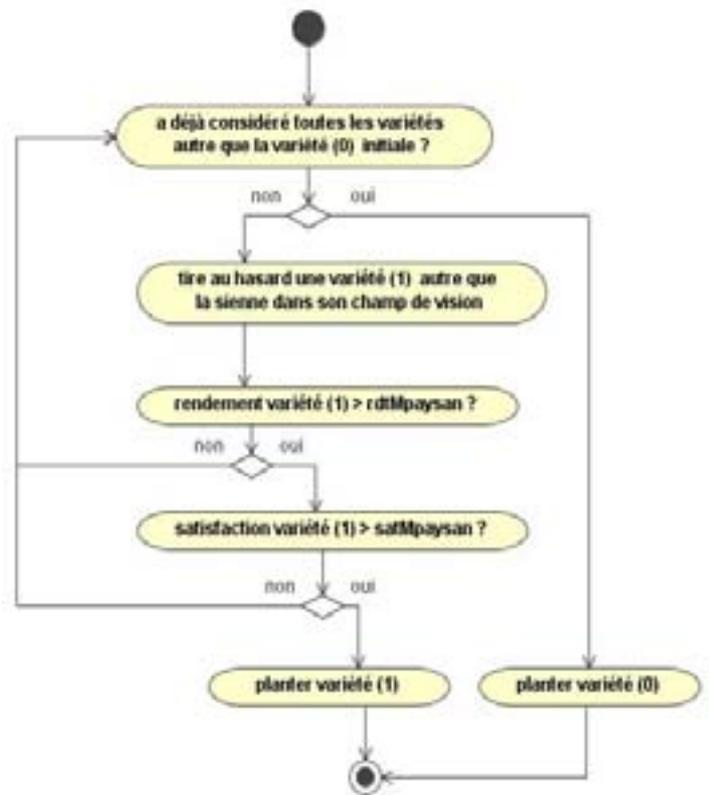


Figure 23. Diagramme d'activité spécifique à la méthode de choix actif basée sur la recherche d'un idéotype (zoom sur le diagramme de la figure 22).

6.3.1. La stratégie passive d'imitation

Afin de reproduire un fonctionnement passif des agents, une stratégie dans laquelle ceux-ci imitent leurs voisins a tout d'abord été élaborée. Pour cela, un champ de vision a été attribué à chaque agent. Ce champ de vision repose sur le réseau spatial et social de l'agent et lui permet de déterminer pour chaque variété, une importance relative.

Dans cette méthode, chaque paysan attribue, au premier pas de temps, un « poids » à tous les autres paysans. Ce poids est la somme d'un poids spatial (plus deux paysans sont géographiquement éloignés, plus le poids spatial qu'ils s'attribuent mutuellement est faible) et d'un poids social (si deux paysans appartiennent au même GF ils s'attribuent un poids social important). Ensuite, à chaque pas de temps, le paysan attribue ces poids à toutes les variétés cultivées par tous les autres paysans. Il somme ensuite les poids par variété. Il obtient alors la liste de toutes les variétés cultivées avec une valeur associée correspondant à l'importance relative de cette variété dans son réseau. Plus une variété est cultivée autour de lui, plus elle acquiert d'importance aux yeux du paysan. Cette importance est traduite en probabilité. Cela permet à l'agent, de tirer une variété au hasard à chaque pas de temps en suivant une loi de probabilité associée à l'importance relative des différentes variétés vis-à-vis de lui.

6.3.2. La stratégie active d'évaluation

La seconde stratégie archétypale vis-à-vis du choix des variétés par les agents utilise une méthode de décision active. Dans cette méthode, l'agent évalue chacune de ses parcelles à chaque pas de temps. Il compare tout d'abord le rendement obtenu sur la parcelle, qu'il évalue par rapport à la moyenne des rendements obtenus sur l'ensemble de ses parcelles. Si le rendement est supérieur, il conserve la variété pour l'année suivante. S'il est inférieur, il compare alors sa satisfaction (équation 1) à sa satisfaction moyenne obtenue sur l'ensemble de ses parcelles. Si elle est meilleure, il conservera la variété, sinon il en cherchera une nouvelle. L'évaluation de la parcelle se fait donc sur le rendement, prioritaire, mais elle est pondérée par une satisfaction calculée à partir de ses préférences personnelles. Ainsi, même si une variété a un mauvais rendement, elle peut être maintenue dans le système si ses caractéristiques correspondent aux préférences du paysan.

Lorsque sa parcelle ne répond pas à ses attentes (sur le critère de rendement et de satisfaction), le paysan pioche une variété dans son champs de vision, hormis celle qu'il vient de rejeter, et l'évalue de la même manière qu'il a évalué sa parcelle, à la différence que le rendement est un rendement théorique. Si elle répond à ce test, la variété est immédiatement adoptée pour la parcelle en question. Le paysan reproduit la même démarche sur chacune de ses parcelles.

$$satisfaction = \sum_{1...x} (carXvar) * prefCarX$$

Équation 1. Formule utilisée pour calculer la satisfaction du paysan vis-à-vis d'une variété. Elle utilise les caractéristiques des variétés (carvar) ainsi que les préférences du paysan par rapport à ces caractéristiques (prefCar). Plus la valeur est élevée, plus le paysan est satisfait de sa variété.

6.4. Les scénarios de simulation

Plusieurs scénarios (tableau 1) ont été créés afin de tester les conséquences des différentes stratégies sur l'environnement de Diva. Ces scénarios font varier progressivement la proportion des différents types de stratégies, afin de révéler le point de rupture entre les différentes stratégies.

Différents point de vue sur l'espace et sondes ont été construits pour suivre le déroulement des simulations (annexe 11)

	% des stratégies dans les scénarios										
N° des scénarios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Active d'évaluation	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Passive d'imitation	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Tableau 1. Onze scénarios faisant varier la proportion des différents types de stratégies.

Un scénario dans lequel une nouvelle variété est introduite après 20 pas de temps a également été construit. La variété introduite est une « super variété » avec de très bonnes caractéristiques (0,9 / 1) et un rendement max également très élevé (0,9 / 1). Elle correspond à une caricature de la variété que la recherche essaie de créer, à l'idéotype de tous. La variété est introduite dans le champ de vision d'un paysan, avec une importance relative très élevée.

6.5. Calibrage du modèle et des méthodes

Un important travail de calibrage a été effectué, afin de pouvoir évaluer les différentes stratégies. Pour cela, certains paramètres de base ont été fixés et enregistrés. Il s'agit, tout d'abord, des paramètres globaux du modèle, comme le nombre de paysans (20), le nombre de parcelles par paysan (5) et le nombre de variétés (5). Les caractéristiques fictives des variétés (4), ainsi que leur rendement maximum et leur variance, ont également été fixés. A chaque paysan ont été attribués cinq préférences, quatre pour les caractéristiques virtuelles des variétés et une pour leur rendement maximum. Au total, trente variables pour les variétés, cent variables pour les paysans et trois variables pour le modèle ont été fixées. Une série climatique a également été construite, ainsi qu'une répartition des paysans dans des GF.

Les valeurs attribuées aux variables ont été choisies au hasard pour les caractéristiques, rendements, les préférences des paysans et pour la série climatique. En revanche, la variance des variétés suit un phénomène observé sur le terrain. Les variétés avec les rendements maximaux sont également celles avec une plus forte variabilité. Ainsi, la variance attribuée aux variétés est la même que le rendement maximum. Si le rendement est élevé, la variance aussi. Ensuite, le pourcentage des paysans appartenant à un GF (40 %), ainsi que le nombre de variétés attribuées à chaque paysan, sont fonction de données statistiques issues du travail de terrain. Nous partons afin d'une situation qui n'est pas totalement irréaliste concernant le nombre moyen de variétés cultivées par paysan. Ainsi, à l'initialisation, 77 % des paysans cultivent une seule variété sur l'ensemble de leurs parcelles, 19 % deux et 4 % trois. Enfin, le nombre de paysans (20) a été fixé arbitrairement après avoir vérifié qu'il n'influençait pas les phénomènes observés, et le nombre de parcelles par variété (5) a été déterminé de manière à permettre à chaque agent de cultiver, s'il le désire, toutes les variétés du villages. Le nombre de ces dernières (5) est proportionnellement représentatif de celui observé sur le terrain (environ 10 variétés pour 40 exploitations).

Une fois le scénario de base fixé, une vérification des méthodes construites a été effectuée. Nous avons tout d'abord vérifié notre méthode de calcul du rendement des variétés (qui suit une loi normale) qui crée effectivement une variabilité interparcelle (annexe12). La variabilité interannuelle a également été vérifiée sur vingt simulations. Ensuite, nous avons mesuré qu'avec une même série climatique, chaque variété a la même trajectoire sur les vingt simulations (annexe

13). La répartition au hasard à l'initialisation du nombre de parcelle pour chaque variété n'influence donc pas la trajectoire de celle-ci. Trois séries climatiques ont ensuite été créées afin de tester l'influence du climat sur les trajectoires des variétés (annexe 14). Sur soixante simulations, vingt pour chaque série climatique, on observe pour la même variété que les trajectoires sont identiques. L'évolution des variétés n'est donc pas conditionnée par la série climatique. Enfin, nous avons vérifié le fonctionnement de la méthode de choix utilisant la satisfaction du paysan en calculant en dehors du modèle la variété préférentiellement cultivée pour chaque paysan et pour l'ensemble des paysans et en comparant cette dernière à la variété la plus cultivée lors d'une simulation (annexe 15). Les résultats concordent toujours, et les variétés les plus cultivées ne sont pas celles ayant les rendements maximaux ce qui confirme l'importance des préférences personnelles du paysan dans son choix.

6.6. Simulations des différents scénarios

Une analyse de sensibilité a été menée sur les différents scénarios énumérés dans le tableau 1. Pour chacun d'entre eux, vingt simulations ont été réalisées sur 20 pas de temps (annexe 16). Pour les illustrer, quatre simulations plus longues (sur 99 pas de temps) ont été menées (figures 24 à 27). Elles sont représentatives des résultats moyens obtenus sur l'ensemble de l'analyse de sensibilité.

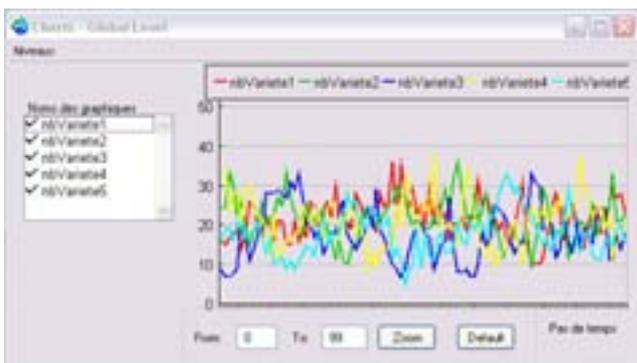


Figure 24. Scénario 1 : 100 % des paysans suivent la stratégie passive d'imitation. Toutes les variétés se maintiennent et aucune d'entre elles ne semble dominer les autres.

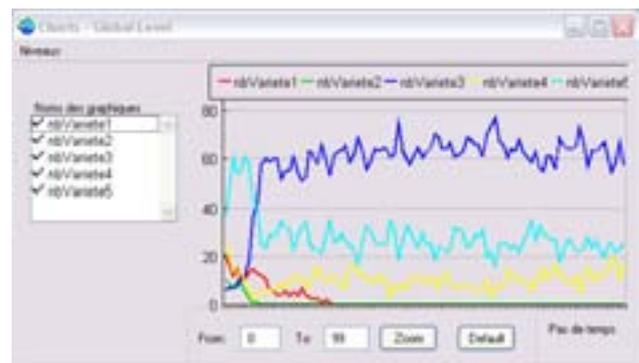


Figure 26. Scénario 6 : 50 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation et 50 % la stratégie passive d'imitation. Trois variétés se maintiennent l'une d'entre elle domine les autres (60 %).

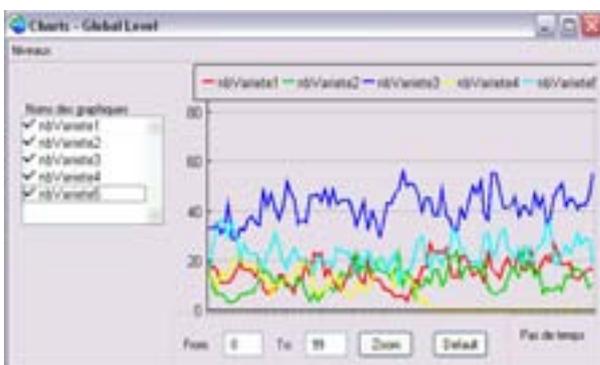


Figure 25. Scénario 2 : 10 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation et 90 % la stratégie passive d'imitation. Cinq variétés se maintiennent et l'une d'entre elles domine les autres (40 %).

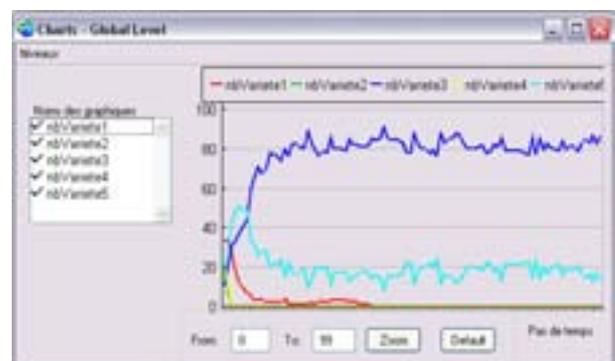


Figure 27. Scénario 11 : 100 % des paysans suivent la stratégie active d'évaluation. Seules deux variétés se maintiennent dont l'une représente à la fin 80 % de toutes les parcelles. L'équilibre est atteint très rapidement.

La stratégie passive d'imitation (figure 24) aboutit à une situation chaotique dans laquelle aucune variété ne semble prendre le dessus sur les autres. Il s'agit ici d'une dynamique totalement aléatoire. La répartition initiale des variétés qui n'en privilégie aucune (20 % de chaque) explique probablement ce résultat. La stratégie active d'évaluation (figure 27) aboutit très rapidement à un équilibre dans lequel une variété prend le dessus sur les autres. La diversité globale du système chute très vite et seules deux variétés se maintiennent dans le système après 99 pas de temps.

Avec 50 % des agents fonctionnant dans chaque stratégie (figure 26) on aboutit à des trajectoires identiques à celles du scénario 11, mais moins marquées. Ainsi, l'état d'équilibre est également caractérisé par la dominance d'une variété, mais celle-ci est plus faible (60 %) que dans le scénario 11 (80 %). En outre, trois variétés se maintiennent contre deux dans le scénario 11. Avec 10 % seulement des agents fonctionnant avec une stratégie active d'évaluation (figure 25), on est à la transition entre une situation chaotique et un état d'équilibre. Le scénario 2 illustre le point de rupture entre les différentes stratégies. Le poids des agents actifs par rapports aux agents passifs est donc très fort dans la dynamique du système.

L'introduction d'une « super variété » a été testée dans trois scénarios. Dans le scénario 1 (100 % stratégie passive d'imitation), la variété introduite n'arrive pas à se maintenir. Même si le paysan qui introduit cette variété la cultive une année donnée, elle n'arrive pas à percer, car son poids relatif est globalement trop faible. En revanche, lorsque l'on introduit cette variété dans le scénario 11 (100% stratégie active d'évaluation), la variété est immédiatement adoptée et après quelques pas de temps seulement elle couvre la totalité des surfaces. Ses caractéristiques sont en effet si élevées qu'elle satisfait tous les paysans. Enfin, lorsque l'on introduit la variété dans le scénario 6 (50 % de chaque stratégie) on aboutit également à un équilibre dans lequel la variété introduite domine toutes les autres, mais à la différence de la situation précédente une autre variété arrive à se maintenir en parallèle (figure 28).

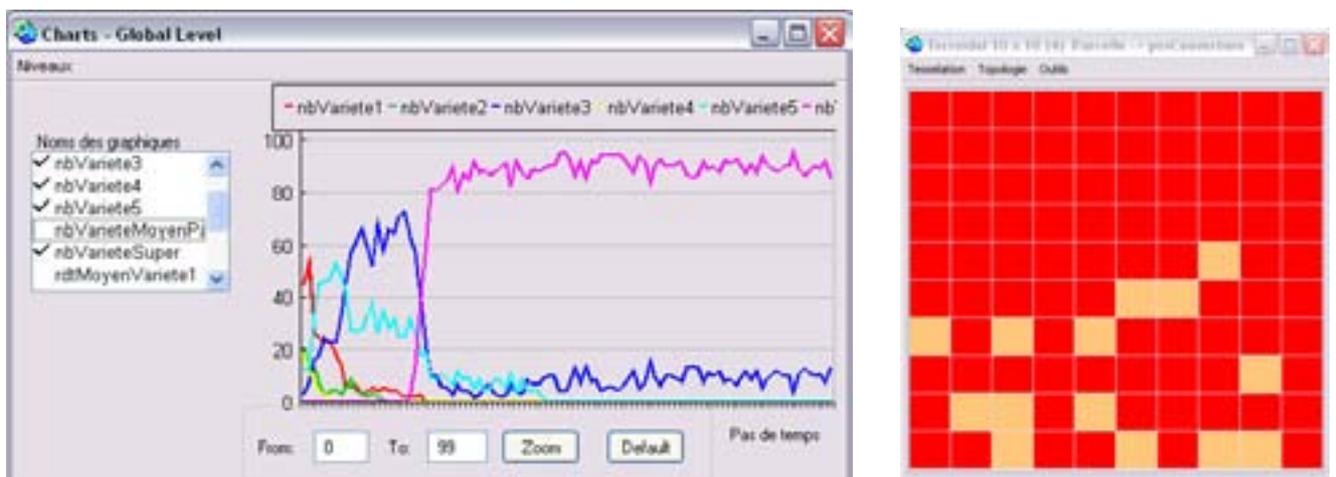


Figure 28. Introduction d'une super variété (mauve dans les sondes et rouge dans l'espace) après 20 pas de temps dans le champ de vision d'un paysan de stratégie active d'évaluation dans un scénario de type 6. Celle-ci prend très rapidement le dessus sur les autres variétés.

L'interprétation de ces résultats est fonction des différents objectifs de la démarche. Nous pourrions ainsi souligner la puissance de l'outil de modélisation dans la simulation de systèmes complexes. Avec des règles très simples de décisions des agents dans un environnement tout aussi

simple, il est en effet possible de produire des situations chaotiques dont la prédiction mathématique est totalement impossible.

Néanmoins le modèle n'a pas été construit dans ce sens. L'intérêt principal réside dans l'aspect pédagogique associé à l'exploration des différents scénarios. Lorsque tous les agents fonctionnent selon une stratégie « rationnelle » d'optimisation partagée par tous, la plupart des variétés disparaissent. L'introduction d'une variété idéale accentue ce processus. En revanche, lorsqu'ils suivent une stratégie passive d'imitation (que nous pourrions tout aussi bien considérer comme une stratégie irrationnelle), toutes les variétés se maintiennent. L'important n'est pas de valider les méthodes du modèle comme étant réalistes (ce qui est totalement impossible), mais de les utiliser pour discuter du type de stratégie qu'elle illustre. De la même manière, au niveau de l'introduction de la variété idéale, il ne s'agit pas de montrer comment la variété prend le dessus mais plutôt de se questionner sur les conséquences d'une telle introduction.

7. Discussion

Cette étude soulève de nombreuses questions, autant au niveau des stratégies de gestion de l'agrobiodiversité qu'au niveau des outils utilisés. Elle apporte également quelques réponses dans le contexte bien spécifique de cette étude. Celles-ci seront discutées dans de ce chapitre.

7.1. Quelle logique dans les projets de conservation de l'agrobiodiversité ?

L'intensification est décrite par Brookfield (2001) comme l'augmentation de trois facteurs combinés : le travail, le capital et les compétences. Dans le cas de la paysannerie malienne, les changements de pratique agricole qui participent à l'intensification sont les suivantes : (1) le passage à la charrue ou à la traction motorisée qui permet l'augmentation du travail fourni ; (2) l'utilisation de matériel et produits phytosanitaires nécessitant l'augmentation du capital financier et qui est rendue possible grâce au système de crédit développé par l'état ; et (3) le développement de certaines pratiques, comme l'utilisation de la fumure organique ou la construction de murets anti-érosion, conséquences d'une amélioration du savoir faire, des compétences des paysans. En somme, l'intensification n'est autre qu'un processus d'amélioration de la production agricole en œuvre depuis le début de l'agriculture.

Mais ce processus intègre aujourd'hui des procédés qui, même s'ils permettent d'obtenir des rendements meilleurs, ont des effets secondaires importants. Ceux-ci sont notamment liés à des retombées écologiques et sanitaires indirectes conséquences de l'utilisation de produits phytosanitaires, mais également à des questions de gestion du risque. En effet, dans des conditions climatiques et économiques instables, comme c'est le cas au Mali, l'agriculture intensive montre ses limites (Bazile et al., 2003). Enfin, et c'est le sujet de cette étude, l'intensification peut conduire à la perte de l'agrobiodiversité. Comme mentionné précédemment, Kouressy et al., (2003) décrivent en effet la perte de diversité variétal du sorgho comme résultat de l'adoption du maïs consécutive à l'accès aux intrants fournis par la CMDT (figure 29).



Figure 29. Entretien à Siramana en 2005 avec un paysan ayant reçu à crédit un flacon d'atrazine, herbicide systémique dangereux destiné à la culture du maïs.

Ceci nous mène au cœur d'un paradoxe : tandis que l'agrobiodiversité est universellement considérée comme une richesse pour les populations locales, un patrimoine à conserver, la plupart des agents du développement ne remettent pas en cause l'intensification des cultures, la jugeant nécessaire pour contrebalancer l'effet de l'accroissement de la population. Pour répondre à ce dilemme, plusieurs stratégies peuvent être envisagées. Parmi celles-ci, certains proposent de remonter la productivité des variétés locales pour en faire une alternative plausible dans un système de culture intensifié et conserver ainsi une partie du patrimoine génétique des variétés locales. C'est cette stratégie qui a été retenue dans le projet FFEM « Agrobiodiversité du sorgho ».

Cette stratégie ne remet pas en question l'intensification du système de culture. Elle pose la question du choix des espèces cultivées. Au Mali, le maïs n'est pas une culture indigène et le nombre de variétés cultivées est faible. Ainsi, sa culture ne contrebalance pas la perte globale d'agrobiodiversité qu'elle provoque. La logique adoptée dans cette stratégie est la suivante : Si le maïs menace la diversité variétale du sorgho en raison de son rendement supérieur, alors il faut créer des variétés de sorgho pouvant à leur tour concurrencer le maïs. Dans ce cas, pourquoi ne pas utiliser les variétés occidentales améliorées issues de la recherche qui produisent jusqu'à quatre tonnes à l'hectare aux USA ? Parce que ces variétés sont utilisées pour l'alimentation du bétail et donc impropres à la consommation humaine, parce qu'elles sont totalement inadaptées au climat du Mali, et enfin parce qu'elles ne contrebalanceraient pas la perte d'agrobiodiversité. Pour ces raisons, le projet FFEM propose d'améliorer les variétés locales (maliennes). Ainsi, le double objectif d'augmentation de la production agricole et de conservation de la diversité variétale (du moins au niveau génétique) pourrait être atteint.

Mais cette stratégie poursuit également un autre objectif relatif à gestion du risque, thème extrêmement important dans une situation climatique et sociopolitique instable. Les variétés traditionnelles de sorgho améliorées doivent permettre un gain de production associé à l'utilisation d'intrants, tout en assurant, si aucun apport n'est effectué, un rendement minimum aussi élevé que les variétés traditionnelles. Le sorgho amélioré conserve ainsi sa rusticité tandis que le maïs qui est une culture très exigeante, ne peut pas être cultivé sans intrants. L'idée est de créer des variétés qui, en conditions défavorables, ne produisent pas moins que les variétés traditionnelles.

La méthode retenue est divisée en quatre étapes : Premièrement, les différentes variétés locales sont caractérisées. Deuxièmement, les objectifs de sélection sont définis en tenant compte des contraintes spécifiques aux environnements locaux. Troisièmement, à partir d'une population à large base génétique issue du croisement des différentes variétés, les caractères retenus pour l'amélioration sont introduits par introgression génétique à partir de variétés de la recherche. Quatrièmement, le matériel obtenu est « adapté » à l'environnement à travers sa culture dans les champs des paysans de la zone géographique prévue pour sa diffusion et un processus de sélection participative intégrant très tôt les paysans. On pourrait rajouter une cinquième étape qui consiste à diffuser ces nouvelles variétés en s'appuyant sur les réseaux semenciers locaux, réseau que cette étude contribue à caractériser. On peut ainsi lire dans la description du projet :

« Caractériser et comprendre la diversité pour pouvoir la maintenir in situ et s'appuyer sur les réseaux semenciers locaux pour diffuser de nouvelles variétés de la recherche. »

Ce raisonnement, en théorie bien construit, montre toutefois ses limites dans la pratique. En effet, il existe sans doute autant d'environnements locaux qu'il existe de variétés, et si l'objectif est de conserver leur diversité génétique à travers cette démarche, elle suppose son application dans tous

ces environnements, somme toute, chez tous les paysans du Mali. Bien entendu, cela n'est pas réalisable et bien qu'un travail important d'échantillonnage et de récolte de matériel ait été mené en vue de prendre en compte le plus grand nombre possible de variétés et d'environnements distincts, il est évident qu'elles n'ont pas toutes été intégrées dans la démarche de création de nouvelles variétés. En revanche, une fois les variétés créées, et si elles expriment réellement une meilleure capacité de production, il est fort à craindre que leur diffusion dépasse leur lieu de création, et qu'elles remplacent rapidement de nombreuses autres variétés dont la diversité génétique serait perdue. Une étude menée au Tchad montre ainsi que le taux d'adoption d'une variété améliorée de la recherche était passé de 7 à 27 % en cinq ans seulement (Yapi et Debrha, 1997). Le cas de CSM 63E à Kagnan illustre également bien ce problème.

Conscients des risques que cette démarche comporte, et parallèlement au volet d'amélioration des variétés locales, les concepteurs de ce projet ont développé un autre volet portant sur l'analyse des stratégies paysannes relatives au sorgho. La présente étude y est rattachée et prend tout son sens au regard des menaces pesant sur l'agrobiodiversité du sorgho, qu'elles soient causées par l'extension de la culture du maïs ou des variétés améliorées de sorgho même. Comment impliquer les populations locales dans une démarche de conservation de la diversité variétale et à quel niveau ? Quels mécanismes propices au maintien de la diversité sont à favoriser dans les programmes de développement ? Tels sont les défis qui semblent se poser à présent dans les stratégies de conservation de l'agrobiodiversité. Mais lorsque l'on les lit à la lumière de l'ensemble de la démarche du projet FFEM, il apparaît qu'elles reposent sur une manière bien particulière d'aborder le problème. Premièrement, comme nous l'avons déjà remarqué, le principe d'intensification actuel n'est pas remis en question. Deuxièmement, on considère qu'il est voué à perdurer. Troisièmement les paysans (avec l'appui des programmes de développement) doivent s'engager pour contrer les effets néfastes de cette intensification. Or nous savons aujourd'hui qu'une partie des procédés d'intensification se basent sur des stratégies non durables utilisant des ressources non renouvelables (carburant, engrais minéraux) et qu'elle a, comme nous l'avons déjà mentionné, un coût environnemental qu'il est aujourd'hui possible de mesurer (CO₂, phosphate, azote, pesticides). Ne devrions-nous pas poser le problème à l'envers et se demander quelles pratiques ou politiques non durables et favorisant en plus la perte de l'agrobiodiversité devons-nous (et non les paysans) bannir des programmes de développement ? Car après tout, les changements de stratégies agricoles des paysans ne sont-elles pas la conséquence de politiques qui leur ont été proposées, voire imposées.

7.2. Les atouts de la démarche participative

Malheureusement, il ne suffit pas de bannir certaines pratiques des programmes de développement pour résoudre tous les problèmes, car ces derniers sont aussi la conséquence de changements socioéconomiques de large ampleur. Comme le mentionnent Bélières et al., (2002), le processus de libéralisation engagé en Afrique sub-saharienne depuis 1980 se traduit par des changements structurels profonds dans la configuration des agricultures africaines. La paysannerie africaine évolue vite, et son rapport aux ressources agrobiologiques évolue probablement aussi rapidement.

Parce que les forces engagées dans les processus de changement de l'agriculture malienne sont puissantes, parce que les phénomènes d'érosion variétale sont rapides et de large envergure, et parce que enfin, les recommandations des « experts » ont montré leurs limites, nous sommes amenés à croire que les solutions de gestion de l'agrobiodiversité doivent être conçues par les populations concernées. Brookfield (2001) met en évidence le fait que la notion d'équilibre à long

terme n'existe pas dans les systèmes agricoles de petite taille. D'un point de vue dynamique, la gestion d'une ressource doit pouvoir s'adapter à des changements de situation. D'un point de vue pratique, les solutions doivent être réalisables et adaptées aux préoccupations locales. Ainsi, qui d'autre que les paysans maliens peuvent élaborer une stratégie durable pour leurs exploitations agricoles ? Dans ce cas, quel est le rôle du chercheur ?

Cette question nous mène au cœur de la démarche participative que ce travail contribue à mettre en place au Mali. La gestion des ressources, qu'elle soit conflictuelle ou non, intègre une dimension sociale qui, pensons-nous, rend légitime la démarche d'accompagnement. Comme expliqué précédemment, il existe différentes façons de se représenter la réalité, d'appréhender un problème. Les personnes impliquées évoluent dans un environnement donné, ont une vision limitée dans l'espace et dans le temps, et portent des rôles et des statuts sociaux spécifiques. La force d'une démarche d'accompagnement est qu'elle aide ces personnes à passer par-dessus certains *a priori*, par-dessus certaines conceptions pré-établies. Elle essaie d'ouvrir le champ de vision des individus en apportant un regard extérieur à la situation. En même temps, elle travaille à l'émergence d'une représentation partagée et la recherche de solutions coconstruites.

7.3. Des outils à la frontière entre plusieurs domaines et encore mal maîtrisés

Les outils utilisés dans les démarches participatives doivent permettre de traiter des questions d'ordre social (relations entre individus, représentations, processus de décision) et scientifique (dynamiques des ressources / écologiques). Du point de vue de la démarche participative, ils doivent également constituer un bon support pédagogique et permettre l'expression d'une créativité nécessaire pour trouver des solutions. Du point de vue du chercheur, ces outils doivent en plus permettre d'avancer dans la compréhension du système. Mais la difficulté ne réside pas dans la multitude des domaines concernés, elle réside dans la complexité des interactions entre ces différents domaines, entre des dynamiques sociales et écologiques (J. Weber et E. Lateltin, 2004). Les échelles spatiales et temporelles dans lesquelles se déroulent les processus ne permettent en plus, la plupart du temps, pas l'expérimentation.

Le couple modélisation - JdR apparaît s'avère être un outil adapté pour surmonter ces difficultés. La construction de modèles est une démarche qui oblige à clarifier, simplifier et partager nos représentations et est de ce fait un outil privilégié pour construire une interdisciplinarité. Les modèles peuvent intégrer des dynamiques diverses afin de suivre leurs interactions. L'usage de ceux-ci permet grâce aux simulations, de construire des méthodes pour tester des hypothèses, et conjointement aux JdR d'aider à la recherche de solutions. Ces outils sont cependant récents et leur usage conjoint encore plus. En conséquence, de nombreux points d'interrogation subsistent quant à leur utilisation (conditions, limites, responsabilité), mais également quant à leur évaluation. Les paragraphes suivants proposent une réflexion autour de ces thèmes, en faisant référence à notre étude.

Comme le soulignent Maillard et al. (2005), l'utilisation de modèles pour rendre compte de dynamiques sociales montre ses limites dans des situations où certains acteurs s'appuient sur des éléments externes au système pour modifier la structure et les règles de celui-ci. Dans le cadre d'une démarche participative, l'utilisation du couple modélisation - JdR nécessite également des conditions de travail particulières. Ces outils ne fonctionnent en effet que dans des situations relativement autonomes avec des rapports de force entre les individus relativement explicites et enclins à aller vers une diminution globale des conflits.

Dans le domaine de la gestion des ressources renouvelables, un concept intitulé «démarche patrimoniale» a été créé. Il a pour objet premier de diminuer les conflits à travers la construction d'objectifs à long terme (ce que l'on va transmettre à nos enfants) entre les différentes parties (Weber, 1996). Ces objectifs étant déterminés, la concertation porte alors sur les chemins à suivre pour l'atteindre et les moyens à mettre en œuvre. C'est un aspect important des limites de toute démarche participative : si les parties n'arrivent pas à communiquer, elles n'arriveront pas à « participer ».

Notre contexte est dépourvu de conflit sur l'accès, ou les modes de gestion de la diversité variétale du sorgho (échange gratuit et liberté totale de choix variétal). La démarche participative que nous avons amorcée n'intègre de ce fait pas la construction préalable d'objectifs à long terme. Ceux-ci apparaîtront éventuellement par la suite à travers les sessions de jeux, notamment lors des simulations permettant d'explorer des scénarios sur plus de pas de temps. Curieusement, notre démarche part d'une situation non conflictuelle pour aboutir à l'élaboration d'objectifs communs, tandis que la démarche patrimoniale part de la construction d'objectifs communs pour aboutir à une situation non conflictuelle.

En dehors des questions de rapport de force entre les différentes parties, le système dans lequel ces outils sont utilisés doit répondre à d'autres conditions. L'échelle à laquelle la modélisation du système est pertinente est conditionnée par plusieurs contraintes. Tout d'abord techniques, avec une limite due à la complexité des systèmes. Le nombre de paramètres introduits dans un système complexifie exponentiellement celui-ci. L'échelle de modélisation ne peut par conséquent pas dépasser un certain degré de complexité globale. Lorsque l'on zoome sur les détails d'un système, on se heurte également vite à d'autres problèmes. Celui de la subjectivité des individus est un bon exemple. La description des comportements humains est un travail extrêmement délicat et les outils utilisés dans cette étude ne permettent pas leur formalisation précise. La modélisation du processus de décision des paysans maliens mérite d'être discutée, et elle est spécifiquement traitée dans le chapitre suivant. Pour finir, l'échelle adéquate doit aussi répondre à des contraintes pratiques qui imposent des limites liées au coût financier et au temps que nécessite l'utilisation de ces outils.

Ces outils, parce qu'ils bénéficient de la caution scientifique, peuvent également s'avérer dangereux s'ils sont mal utilisés. La démarche de modélisation d'accompagnement est clairement avancée comme étant une démarche d'amélioration du processus décisionnel et non de proposition de solutions. Le chercheur / modélisateur / animateur ne doit pas donner son opinion à travers des propositions, il doit accompagner les « acteurs » dans la construction de solutions communes. Or celui-ci a sa propre opinion sur les différents problèmes abordés lors de ses travaux. Ici réside une ambiguïté sur la position du chercheur : son honnêteté lui demande d'exposer son point de vue, car celui-ci a inconsciemment orienté la construction du modèle et sa façon d'aborder le problème, mais s'il le fait il risque d'influencer les « acteurs », notamment lors des sessions de JdR. Si nous avions dès le départ émis notre intérêt pour la conservation des variétés locales, nous n'aurions probablement pas observé les mêmes comportements. Le partage de l'opinion du chercheur ainsi que la « neutralité » de l'accompagnateur restent des questions ouvertes qui méritent d'être réfléchies.

Une question importante à ce point est celle du rapport entre le support de réflexion et la réalité. Dans notre JdR, nous avons choisi de faire jouer leur propre rôle aux paysans, car nous ne savions

pas à quel niveau d'abstraction nous pouvions travailler et nous voulions pouvoir interpréter le fonctionnement des joueurs au regard de tout ce que nous savions sur leur exploitation réelle. Le jeu s'est bien déroulé mais il révèle plusieurs points sur lesquels il est important de revenir. Le fait de coller à la réalité implique les joueurs de si près qu'ils peuvent prendre à la lettre ce qui se passe dans le jeu et se sentir blessés ou lésés. Ici encore le chercheur doit assumer sa responsabilité. Dans notre situation, les rendements étaient calculés grâce à des abaques que nous n'avions pas validés (ni socialement avec les paysans, ni scientifiquement par des expérimentations spécifiques). Bien que basés sur un savoir acquis depuis plusieurs années par différents chercheurs, ces abaques peuvent ne pas fonctionner réellement. Or les quelques joueurs n'ayant pas bien réussi leur culture pendant le jeu ont été profondément touchés. S'ils décidaient alors de modifier leurs comportements sur ce point dans la réalité, ils franchiraient une étape que nous n'avions pas envisagé, et nous rendraient ainsi directement responsables de la réussite ou de l'échec de leur culture.

Pour se dégager de tels problèmes, une autre approche existe. Elle consiste à faire jouer les acteurs leur propre rôle dans un environnement proche du leur, mais qui ne permet pas de faire un lien direct avec la réalité. Nous aurions ainsi pu construire un jeu basé sur la gestion de variétés qu'ils ne connaissaient pas (autres noms) ou sur des exploitations ayant des caractéristiques similaires mais non identiques à leur propre exploitation. De cette façon, tout lien direct avec leur propre réalité aurait été impossible. Cela aurait par contre nécessité un travail supplémentaire d'apprentissage au niveau de la gestion de leur exploitation et des variétés, mais qui nécessite du temps additionnel que nous n'aurions probablement pas obtenu. Cette approche est également intéressante dans les situations conflictuelles, car elle interdit l'expression des tensions réelles entre individus, notamment s'il on va jusqu'à intervertir les rôles des joueurs. Le revers de cette abstraction et qu'elle rend plus difficile la remise en question du modèle ou des règles par les joueurs, et de ce fait diminue la possibilité de validation du modèle utilisé.

7.4. Une évaluation qui reste à construire

Tous ces commentaires montrent la nécessité d'un réel suivi et d'une procédure d'évaluation des actions utilisant les outils de modélisation et de JdR. Aucune étude n'a pour l'instant été menée sur le sujet. Ceci est sans doute dû au fait que les apports supposés de ces techniques sont principalement d'ordre cognitif et non matériel. Globalement, il faudra distinguer (1) l'évaluation de la démarche et (2) l'évaluation des conséquences de la mise en oeuvre de cette démarche d'un point de vue participatif.

Au niveau de l'évaluation de la démarche (1), celle-ci devrait tout d'abord porter sur son opérationnalité. Il s'agit ici de construire des indicateurs liés au coût financier et en temps de travail, à la fonctionnalité de la démarche dans tel ou tel contexte. Ces indicateurs devraient apporter des informations quantitatives sur les moyens à mettre en oeuvre et leur coût pour l'utilisation de cette démarche, mais également des informations qualitatives liées à l'utilisation elle-même (difficultés rencontrées). D'autre part, il est nécessaire d'analyser les performances de la démarche. Il s'agit ici de mesurer, à partir d'un état initial, les gains apportés suite à l'utilisation de cette démarche. Il peut s'agir de gains au niveau des données recueillies, (qualité et quantité d'informations nouvelles), mais également au niveau de l'amélioration de l'interprétation et l'intégration des données initiales dans la construction de l'objet théorique. Le couplage de l'opérationnalité avec les performances devrait permettre de mesurer l'efficacité de la démarche.

Au niveau de l'évaluation des conséquences de la mise en oeuvre de cette démarche d'un point de vue participatif (2), celle-ci doit porter à tous les niveaux sur lesquels la démarche est sensée interagir. Elle doit être pensée en fonction des objectifs de départ. On peut par exemple développer un travail d'évaluation au niveau des décideurs généraux (états, organismes internationaux, compagnies privées, etc.) ou locaux (ONG, organismes décentralisés de l'état, etc.). Il faudrait ici déterminer dans quelle mesure la démarche a permis d'améliorer les différentes étapes du processus de décision comme :

- la définition d'une base de connaissances individuelle, puis collective ;
- la construction d'une représentation et d'une problématisation commune ;
- le traitement du problème ;
- le bilan global et la restitution sous forme d'options ainsi que le type de décision pris (réorientation, approfondissement, arrêt du projet)

Au niveau des « acteurs » de terrains, il s'agit de mesurer le degré de prise de conscience de tel ou tel problème, les changements de pratiques, de stratégies ou de réorganisation sociale, l'élaboration de nouvelles formes de gestion, mais aussi des informations quantitatives de terrain (par exemple l'augmentation de la productivité, des rendements, la conservation de la biodiversité, etc.). Enfin, il est également possible de se situer entre les différents niveaux afin de mesurer l'amélioration de la communication entre les différentes personnes ou groupes de personnes impliqués dans la problématique (financeurs - décideurs - scientifique - « acteurs » de terrain etc.).

7.5. « Recommandations » pour la suite du travail

Le projet « Agrobiodiversité du sorgho » est suivi du projet BRG qui vise plus spécifiquement la modélisation des réseaux d'échanges de semences. A la jonction des deux projets, les apports de ce travail doivent guider et orienter la suite de la recherche. Plusieurs leçons peuvent être tirées.

7.5.1. Améliorer le recueil de données

Cette étude révèle certaines lacunes vis-à-vis du recueil de données. Il apparaît en effet que les informations quantitatives récoltées sur le terrain ces quatre dernières années n'intègrent pas suffisamment la dimension sociale relative aux différents types de parcelles (collectives, individuelles H ou F). Or la stratégie de culture des parcelles n'est pas la même lorsque celle-ci sont cultivées collectivement ou individuellement, par les hommes ou par les femmes. Cette distinction détermine les moyens en apport technique et en main d'œuvre, ce qui détermine, d'une part, le type de variétés choisies et, d'autre part, le type de production de semence. La gestion du risque est peut-être différente entre une parcelle individuelle destinée à améliorer l'ordinaire (plus particulièrement les parcelles individuelles des femmes) et une parcelle collective destinée à assurer la sécurité alimentaire de la famille. Cette variable devrait être prise en compte dans l'analyse des stratégies agricoles et éventuellement intégrée dans le modèle. Elle sera cependant difficile à obtenir car relevant de l'organisation sociale de la famille, information fortement interprétable par les personnes enquêtées.

L'échantillonnage souffre de la non considération des femmes, alors qu'elles participent probablement activement à la gestion de la diversité variétale du sorgho au sein du village. À Siramana en tout cas, certaines d'entre elles cultivent sans labour des variétés rustiques pratiquement inexistantes dans les champs collectifs. Une enquête spécifique devrait être menée

durant la campagne agricole 2005 afin de déterminer leur rôle dans la conservation et l'échange de ces variétés. Pour l'instant, leur rôle a été mis en évidence au Sahel dans la gestion des produits forestiers non ligneux (Pasco et al., 1990 ; Lamien et al., 1996 ; Nikiéma, 1997 ; tous dans Butaré, 2003), dans le petit élevage domestique et dans les cultures mineures à défriches de condiments (Koné, 2003). Mais au niveau des cultures communautaires, on ne considère leur rôle qu'au niveau des échanges commerciaux, de la transformation et du conditionnement (Koné, 2003), et non au niveau de l'approvisionnement de semences et au maintien à proprement parler de l'agrobiodiversité, rôle ayant clairement été établi dans d'autres régions du monde, notamment au Guatemala avec la culture du maïs (Vanninayakae, 2004).

7.5.2. Clarifier les objectifs du travail de modélisation

Le travail de modélisation en cours se confronte à la difficulté de construire des humano-types dans la prise de décision. Le processus même de décision des paysans quant au choix des variétés reste et restera une zone floue dans la compréhension du système. Il est possible de déterminer les facteurs influençant la prise de décision, mais leur interrelation et leur hiérarchisation est difficilement appréhendable, et ils sont souvent couplés à un savoir local, à des éléments extérieurs au système étudié ou à l'irrationalité présumée des personnes étudiées. A ce propos, comme l'explique Decoudras (1997), la logique paysanne des pays sub-sahariens ne pousse pas forcément le paysan à optimiser sa production et son revenu contrairement à notre vision du développement qu'il qualifie à juste titre de « technocratique ». Le rapport à la richesse en Afrique sub-saharienne est bien différent de l'éthique protestante de la société occidentale. Le moment privilégié en Afrique est celui de la redistribution, qui contribue à la notoriété et son emprise sur les hommes, tandis que dans le monde occidental, la richesse permet la jouissance solitaire.

Comment, avec une telle différence de rapport à un élément central de la société (la richesse), peut-on espérer comprendre, décrire mais surtout reproduire artificiellement le processus de décision des paysans maliens ? C'est pourquoi, les objectifs mêmes de la construction de modèles doivent être clarifiés, notamment sur le niveau d'objectivité de la modélisation des processus de choix. L'objectif n'est pas de reproduire au plus près le processus de décision dans sa complexité. Il est plutôt de continuer à développer des règles archétypales de choix afin d'explorer différentes dynamiques possibles.

7.5.3. Simplifier le JdR

Le cœur du jeu (assurer la sécurité alimentaire de la famille) est à conserver, car il reflète bien les préoccupations quotidiennes des paysans maliens et nous avons vu qu'il fonctionne. En revanche, certaines modifications doivent être apportées afin d'accélérer les parties de jeu. L'objectif est de pouvoir jouer plus de pas de temps en une seule et même session afin de créer des situations intéressantes utiles à la discussion de la conservation des variétés locales. Cet objectif, ne pourra être atteint que par la simplification du jeu. Cette simplification devrait également permettre d'augmenter le nombre de joueurs, ce qui pourrait améliorer la représentativité des stratégies ou dynamiques observées.

Plusieurs solutions peuvent être envisagées. Tout d'abord, il est possible de réduire le nombre de choix « agronomiques », notamment sur les dates de semis (tous les paysans sèment à la même période après le début des pluies), ou sur le type de sol (plus qu'un seul), ou encore à la proportion maïs / sorgho (plus que le sorgho). Autant d'idées qui permettraient de simplifier les choix que les

paysans doivent prendre et accélérer ainsi le déroulement du jeu. Cela permettrait également de se focaliser sur les questions d'ordre collectif liées à la gestion des variétés du village, car lors de la session de jeu menée avec les paysans, ceux-ci étaient plutôt focalisés sur la question de la maîtrise (au niveau individuel) de la date de semis.

Cependant, les simplifications proposées rendent le jeu plus abstrait. Or pendant la session avec les paysans, nous avons enregistré une demande collective visant à intégrer la culture du coton dans le jeu. Plutôt que de réduire les éléments du jeu, il est possible de simplifier leur forme. On pourrait ainsi utiliser une maille élémentaire des parcelles plus grandes, une taille fixe pour trois types d'exploitation et des familles (grandes, moyennes ou petites), dates de semis (1^{ère}, 2^e, 3^e, et 4^e semaine). Ainsi, les choix fondamentaux resteraient les mêmes, mais la manière de les exprimer serait plus cadrée. La simplification de l'interface du jeu (cartes et feuilles de l'UP) devra être développé en parallèle.

7.5.4. Focaliser les futures sessions de jeu sur un des aspects du système

La poursuite de la démarche passera nécessairement par la mise en place de nouvelles sessions de JdR. Celles-ci vont être mis en œuvre dans le projet BRG. Cette étude montre que la thématique de la gestion de la diversité variétale du sorgho au Mali regroupe différentes sous thématiques, comme les conditions à l'origine du changement de variété, les stratégies de gestion du risque, les processus de choix et d'évaluation des variétés, la forme et le type de réseaux, le choix des fournisseurs de semences, la maîtrise des dates de semis, etc. Ces différents thèmes sont encore mal maîtrisés, et de nombreuses questions restent en suspens. Dès lors, il serait intéressant de se focaliser sur ces différents aspects. Il faudrait alors construire des JdR spécifiques à ces différents aspects. Trois types de jeux sont proposés ci-dessous.

La session de jeu du 21 juin 2005 organisée avec les paysans nous a révélé trois stratégies différentes de gestion du risque. Ce travail n'a pas pu les mettre en valeur. Il serait important d'y revenir, et d'organiser un jeu traitant spécifiquement de la combinaison des variétés cultivées dans la stratégie de gestion du risque. Nous pourrions alors présenter (et peut-être valider) ces stratégies auprès des paysans, puis rechercher quels sont les critères qui font basculer dans telle ou telle stratégie.

Cette session du 21 juin a également soulevé un certain nombre de questions relatives au choix du fournisseur. La dépendance (ou l'indépendance) d'un paysan vis-à-vis de son groupe familial n'est pas encore clairement définie. Quels sont le rôle et l'importance du lien familial dans le choix du fournisseur? Voilà un autre jeu spécifique à un aspect du système qu'il serait possible et intéressant d'organiser.

Finalement, cette session a révélé un vif intérêt des paysans sur la manière dont nous calculions les rendements. La maîtrise de la date de semis est également un aspect spécifique du système et un autre jeu pourrait y référer.

De petits modèles SMA simplifiés à l'image du JdR pourront alors être imaginés afin d'explorer des scénarios avec les paysans par le biais des simulations. L'utilisation conjointe des modèles avec les JdR prend ici tout son sens. Le modèle peut être utilisé pour simuler des scénarios imaginés par les paysans eux-mêmes lors du bilan collectif. Il peut également être utilisé dans le but de reproduire sur beaucoup de pas de temps, les comportements observés pendant le jeu. L'utilisation du modèle

Diva peut ainsi être envisagée dans un JdR traitant spécifiquement des phénomènes d'évaluation des variétés.

Les futures sessions de jeu doivent être menées lors de périodes creuses pour les paysans (saison sèche) et elles pourraient ainsi s'étaler sur plusieurs jours. Leur organisation peut être envisagée de la sorte : une demi journée de jeu le matin, suivie d'un bilan collectif l'après midi. Différents scénarios seront alors envisagés lors de ce bilan. Les simulations du lendemain conduiront à un nouveau bilan qui conduira à son tour à l'expérimentation de nouvelles règles, etc. Itératif, ce processus peut être reproduit autant de fois que voulu. Enfin, des bilans individuels pourront être envisagés afin d'obtenir un retour sur la démarche et les résultats du jeu.

7.6. Perspectives pour la conservation *in situ* de l'agrobiodiversité

Comme le mentionne Brookfield (2001), l'objectif prioritaire de la conservation *in situ* est de favoriser les procédés qui créent la diversité génétique, et non uniquement la protection du matériel existant déjà. Notre étude a été menée dans ce sens, afin de révéler les mécanismes propices au maintien de la diversité, mais également à son émergence. Quels mécanismes ont été traités pendant cette étude et à quel niveau doit-on les favoriser ?

Nous avons déjà mentionné la gestion du risque et l'adaptation à des microenvironnements comme des facteurs expliquant en grande partie l'existence d'une diversité variétale élevée. Mais il s'agit de facteurs très globaux et sur lesquels il est difficile de s'appuyer pour construire une démarche de conservation. Les microenvironnements se maintiennent en effet dès lors que les processus d'intensification ne tendent pas vers une artificialisation du milieu avec un aplanissement des contraintes locales, et les risques tendent à augmenter ce qui devrait théoriquement favoriser l'agrobiodiversité. Il faut donc travailler à une moindre échelle pour déterminer des facteurs plus clairs favorisant l'agrobiodiversité, et déterminer sur lesquels il est possible de mener une action concrète.

Une étude sur la gestion dynamique de la diversité variétale des ignames cultivés au Bénin a montré que plusieurs facteurs, autres que les deux précédents, pouvaient intervenir (Baco et al., 2004). Il s'agit de la sélection, de l'ancien statut social, de l'exode rural, de la commercialisation et de la distinction sociale. En enlevant les facteurs liés au contexte de l'étude, les facteurs pouvant être généralisés à d'autres situations sont la sélection et la distinction sociale. Cette dernière confère au paysan détenant plusieurs variétés un certain prestige dans le village. Bien qu'existant encore (les enquêtes de 2005 à Kagnan nous l'ont montré), il semblerait qu'au Mali ce facteur tend à disparaître avec la désacralisation de l'agriculture et l'uniformisation des coutumes.

Le facteur de sélection correspond à la façon dont les paysans gèrent leurs semences. La gestion des semences est d'ordre individuel car soumise à des critères de choix qui peuvent être différents d'une personne à une autre. Ce mode de gestion est totalement différent du mode de gestion occidentale, où les variétés sont créées puis fixées selon des critères universels appliqués dans toute démarche de sélection. Lors d'un travail de sélection participative au champ, un paysan choisit une panicule de sorgho n'ayant pas de grains (Vaksmann, com. pers.). Lorsque le chercheur étonné lui demanda pourquoi il avait choisit une panicule sans grains, alors qu'il y avait de grosses panicules bien fournies partout autour, celui-ci répondit que s'il n'avait plus de grains, c'est parce qu'ils avaient été mangés par les oiseaux, et devaient par conséquent être encore plus appétissants que sur les autres panicules. L'agrobiodiversité résulte de ce type de comportements qui peuvent nous

paraître de premier abord totalement irrationnels, mais sont en fait la preuve d'une très bonne connaissance des situations de cultures et d'une grande ingéniosité de la part des paysans et sur lesquels une intervention extérieure n'est pas souhaitable.

Alors que le maintien de la diversité variétale de l'igname passe entre autres par sa commercialisation (Baco et al., 2004), nous observons exactement l'inverse pour le sorgho. Il semblerait que la gratuité des échanges soit un facteur important du maintien de la diversité. En effet, couplée à une gestion individuelle des semences, la gratuité des échanges permet la diffusion rapide des variétés et accélère ainsi le brassage génétique et la création de nouvelles variétés. Elle peut cependant aussi provoquer des dommages irréparables lorsque les variétés introduites sont systématiquement adoptées. Maintenir la gratuité des échanges est une question importante qui mérite d'être traitée dans le futur, car bien que la société africaine ait ses propres modes de fonctionnement, l'évolution de celle-ci suit néanmoins un chemin quelque peu « occidentalisé » dans lequel les échanges tendent tous à devenir marchands.

Enfin, un autre aspect favorisant la diversité variétale est la diversité des systèmes d'exploitation. Tandis que dans les pays occidentaux la quasi-totalité des exploitations sont construites autour du même schéma de production, l'agriculture malienne est composée d'une grande diversité de situations allant de la production intensive en zone irriguée, à l'agriculture de subsistance dans la majeure partie du pays. Les exploitations familiales sont également de taille très diverse, en surface et en nombre d'individus, ce dernier pouvant varier de quelques-uns à plus d'une centaine dans les grandes familles. Reconnaître et prendre en compte cette diversité contribuera à favoriser l'agrobiodiversité.

8. Conclusion

L'agrobiodiversité est une ressource commune dont la gestion doit être envisagée sur différents plans. Elle doit tout d'abord être abordée sur le plan temporel de la durabilité, autant au niveau du maintien des écosystèmes et des cultures que de la réponse aux besoins futurs des communautés humaines. Elle doit ensuite être envisagée sur le plan social. Résultant d'une multitude de situations et stratégies individuelles et collectives, la gestion de l'agrobiodiversité doit se construire en commun à différents niveaux d'organisation sociale. Enfin, elle doit être envisagée d'un point de vue spatial. L'organisation et la répartition de cette ressource dans l'espace conditionnent en effet les moyens à mettre en œuvre pour sa bonne gestion.

Cette étude s'inscrit clairement sur le second plan, bien qu'elle intègre des objectifs de long terme (le maintien de la diversité). Elle tente d'apporter certaines réponses sur : 1) pourquoi maintenir l'agrobiodiversité, 2) qui est à même de la gérer et 3) comment amener la ou les personnes concernées à se positionner sur la question et comment lui permettre d'y parvenir. Reste la question relative à la forme de gestion à laquelle nous ne sommes pas en mesure et ne voulons pas répondre.

Pour revenir à notre problématique, 90 % des surfaces cultivées en sorgho au Mali sont semées avec des variétés traditionnelles, contre 10 % avec des variétés améliorées de la recherche. C'est donc le système informel (traditionnel) qui gère (inconsciemment) la diversité variétale du sorgho. Or celui-ci montre aujourd'hui ses limites, avec une perte de la diversité variétale allant jusqu'à 60 % dans le Mali-sud ces vingt cinq dernières années. De nouvelles formes de gestion doivent donc être envisagées pour contrer cette évolution fortement négative. Pour différentes raisons évoquées tout au long de ce travail, ces formes de gestion doivent émaner d'un travail collectif chez les paysans rassemblant les différents intéressés. L'utilisation des organisations paysannes comme relais entre les individus et la collectivité a été évoquée par les paysans et c'est un chemin à explorer. Les OP peuvent aider les paysans à se décentrer de leur exploitation afin de prendre suffisamment de recul pour évaluer la diversité variétale de leur village. Ils intégreront alors peut-être, dans leurs choix individuels, des critères collectifs de gestion.

L'accompagnement de ce processus a été amorcé à travers une démarche participative utilisant le couple JdR – SMA. Les résultats obtenus encouragent son utilisation pour les prochaines phases du projet, notamment celles ayant attiré à l'élaboration de formes de gestion alternatives. Cette phase a d'ors et déjà été initiée, d'une manière informelle, lors de rencontres entre paysans et représentants des organisations paysannes qui ont émis quelques propositions intéressantes, comme la création de « greniers de diversité » dans lesquels les différentes variétés du village seraient accessibles pour tout un chacun. Ces propositions laissent présager une réelle prise en main, par les populations locales, de la gestion de leurs ressources agrobiologiques.

Références

- ALLAYA, M., J.-M. ATTONATY, et al. (2004). MEDTER Jeu de simulation pour l'aide à la décision en agriculture. Montpellier, CIHEAM IAM.
- BACO, N. M., T. S., et al. (2004). "Gestion dynamique de la diversité variétale des ignames cultivées (*Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata*) dans la commune de Sinendé au nord Bénin." *Plant Genetic Resources Newsletter*(139): 18-24.
- BARRETEAU, O. (2003). "The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of association." *Jasss*: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/3.html>.
- BAZILE, D., M. SOUMARE, et al. (2003). Conserver l'agro-biodiversité pour la stabilité de la production agricole. La biodiversité agricole en Afrique de l'Ouest, situation actuelle, expériences et perspectives, Bamako, Mali.
- BAZILE, D. and M. SOUMARE (2004). "Pratiques paysannes de gestion de la diversité variétale en réponse à la diversité écosystémique. Le cas du sorgho [*Sorghum bicolor* (L) Moench] au Mali. Étude Originale." *Cahiers Agricultures* 13: 480-487.
- BELIERES, J.-F., P.-M. BOSC, et al. (2002). "Quel avenir pour les agricultures familiales d'Afrique de l'Ouest dans un contexte libéralisé?" *IIED-Programme Zones Arides Dossier n°113*: 1-46.
- BOCQUIER, P. and T. DIARRA (1999). *Population et société au Mali*. Paris, L'Harmattan.
- BOUSQUET, F. and C. L. PAGE (2004). "Multi-agent simulations and ecosystem management: a review." *Ecological Modelling* 176: 313-332.
- BROOKFIELD, H., Ed. (2001). *Exploring agrodiversity. Issues, Cases, and Methods in Biodiversity Conservation Series*. New York (USA), Columbia University Press.
- BUTARE, I. (2003). *La biodiversité en Afrique de l'Ouest: Leçons apprises et perspectives. La biodiversité agricole en Afrique de l'Ouest, situation actuelle, expériences et perspectives*, Bamako, Mali, FAO.
- CHANTEREAU, J. and R. NICOU (1991). *Origine et diffusion - Les races de sorgho. Le sorgho*. R. Coste. Paris (F), Maisonneuve & Larose: 28-34.
- CRIADO, A. (2002). *La pénétration du maïs dans les systèmes de cultures céréalières mil-sorgho de la zone Mali sud : analyse en terme de coût d'opportunité et impact sur la sécurité alimentaire*. DESS Economie agricole internationale. Paris, DESS Economie agricole internationale, Université Paris Sud XI: 109.
- DARE, W. (2005). *Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité : indépendance ou correspondance ? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation*. Sciences de l'Environnement. Paris, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts: 383.

DECOUDRAS, P.-M. (1997). Logiques paysannes. A la recherche des logiques paysannes. Paris: 23-26.

DIOP, M. (1996). "A propos de la longueur de la saison des pluies au Sénégal." *Sécheresse* (7): 7-15.

EDLIN, M. and P. MILLEVILLE (1989). *Le risque en agriculture*. Paris, ORSTOM.

ETIENNE, M. (2003). "{SYLVOPAST}: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* [online] 6(2): [\url{http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/5.html}](http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/5.html).

FAO (1999). *The state of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (PGRFA)*. Rome (I), FAO.

FAO (2005). *Annuaire statistique de la FAO*, www.faostat.fao.org

GIGOT, G. (2002). Contribution au développement d'un jeu de rôle, basé sur un modèle de Simulation Multi-Agents, appliqué à la gestion des roselières et à la conservation du Butor étoilé (*Botaurus stellaris*). INA-PG: 74.

GIRAUDY, F., J. GIGOU, et al. (1997). *Le sorgho et les autres céréales dans les systèmes de culture de la zone Mali-sud. Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre.*, Bamako (Mali), CIRAD/ICRISAT.

HOFFMANN, G., P. MARNOTTE, et al. (1997). Tests d'utilisation d'herbicides pour la lutte contre *Stiga hermonthica*. Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre, Bamako, Mali.

HOUNDÉNOU, C. and K. HERNANDEZ (1998). "Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990). Un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (Afrique occidentale)." *Sécheresse*(9(1)): 23-34.

KAUFMANN, J.-C. (1996). *L'entretien compréhensif*, Armand Colin.

KONE, B. (2003). Importance de la diversité biologique agricole et principales contraintes dans les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. *La biodiversité agricole en Afrique de l'Ouest, Situation actuelle, expériences et perspectives*, Bamako, Mali.

KOURESSY, M. (2002). 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. Bamako (Mali), Université du Mali / ISFRA: 55.

KOURESSY, M., D. BAZILE, et al. (2003). La dynamique des agroécosystèmes : un facteur explicatif de l'érosion variétale du sorgho. Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. Umr Sagert, Cnarc., Montpellier, CNEARC/CIRAD/ENGREF, UMR SAGERT.

L'HÔTE, Y. and G. MAHÉ (1996). Carte des précipitations moyennes annuelles de l'Afrique de l'ouest et centrale. Période 1951-1989. Montpellier, ORSTOM.

LE PAGE, C., P. D'AQUINO, et al. (2004). Processus participatifs de conception et d'usage de simulations multi-agents. Systèmes multi-agents, défis scientifiques et nouveaux usages. O. Boissier and Z. Guessoum, Hermes Science: 13.

LÉVY, J. and M. LUSSAULT (2003). Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. Paris.

MAILLARD, M., F. AMBLARD, et al. (2005). Modélisation multi-agents pour la formalisation de théories sociologiques : Le cas de la sociologie de l'action organisée appliquée à l'étude de la dynamique du pays Quercy Rouergue. CABM-HEMA-SMAGET, Bourg St-Maurice, France.

MATLON, P. J. (1985). Analyse critique des méthodes, objectifs et progrès accomplis à ce jour dans l'amélioration du mil et du sorgho: une étude de cas de l'ICRISAT/Burkina Faso, in Herbert W. Ohm et Joseph G. Nagy (ed) Technologie pour les paysans des zones semi arides de l'Afrique de l'ouest. USA, Université de Perdue.

MAZOYER, M. and L. ROUDART (2002). Préface. Histoire des agricultures du monde: Du néolithique à la crise contemporaine: 14-37.

NAZMUN, N., A. DRAY, et al. (2005). Innovation Diffusion, Social Networks and Strategic Marketing: Revisiting Medical Innovation with Agents. HEMA / SMAGET, Bourg St. Maurice.

OLADIPO, E. O. and J. D. T. A. C. KYARI (1993). "Fluctuations in the onset, termination and length of the growing season in northern Nigeria." *Theor Appl Climatol* (347): 241-50.

OUATTARA, M. (1996). Savoirs paysans et prise en compte des risques climatiques dans la production du sorgho. Choix variétal et calage des cycles de culture. Cas des paysans de la zone de Loulouni. DEA Population Environnement. Bamako (Mali), Université du Mali / ISFRA: 40.

LE PAGE, C. L., F. BOUSQUET, et al. (2001). "CORMAS : une plateforme de simulation multi-agents dédiée à la gestion des ressources naturelles." *Technique et sciences informatiques X*: 1-20.

ROBERT, T., A. LUXEREAU, et al. (2004). Gestion de la diversité en milieu paysan : influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) dans deux localités du Niger. Actes de l'atelier "Diversité, Conservation et Valorisation des ressources génétiques des mils". ICRISAT, Niamey (Niger), 28-29 mai 2002", IRD, Paris (F).

ROUW, A. D. (2004). "Improving yields and reducing risks in pearl millet farming in the African Sahel." *Agricultural Systems* 81: 73-93.

SIVAKUMAR, M. V. K., M. KONATE, et al. (1984). Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : le Mali. Bulletin d'information n°19. Patancheru, ICRISAT.

- SOUMARE, M. (2004). Contribution à la prévision de l'aire de diffusion de variétés de sorgho au Mali. Couplage entre Modèle de Croissance des Cultures et Système d'Information Géographique. Paris X, Université de Nanterre: 92.
- SUBEDI, A., P. CHAUDHARY, et al. (2003). "Who Maintains Crop Genetic Diversity and How : Implications for On-farm Conservation and Utilization." *Culture & Agriculture* 25(2): 41-50.
- TRAORE, S. B., F.-N. REYNIERS, et al. (2000). "Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos du Mali." *Sécheresse* 11(4): 227-237.
- VAKSMANN, M., S. B. TRAORE, et al. (1996). "Le photopériodisme des sorghos africains." *Agriculture et Développement* 9: 13-18.
- VANNINAYAKAE, M. (2004). Women and biodiversity: the core of existence. Women and environment. UNEP, Nairobi, Kenya.
- WEBER, J. (1996). Conservation, développement et coordination : Peut-on gérer biologiquement le social ? Gestion communautaire des ressources naturelles renouvelables et développement durable, Harare.
- WEBER, J. and E. LATELTIN (2004). Sciences sociales et biodiversité. Colloque de prospective INSU "Sociétés et environnements", Paris, 5 et 6 février 2004, INSU-CNRS.
- WOOLDRIDGE, M. (1999). Intelligent Agents. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Multiagent systems. G. Weiss., MIT Press: 27--77.
- YAPI, A. M. and S. K. DEBRAH (1997). Evaluation de l'impact des recherches variétales de sorgho et de mil en Afrique de l'Ouest et du Centre. Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre, Bamako, Mali.

Annexes

Annexe 1. Résultats de l'enquête de 2004 sur les villages de Siramana et de Kagnan.

variétés que les paysans sèment et connaissent

	Nb Variétés semées	Nb Total variétés connues	Nb fournisseurs connus	Nb Variétés abandonnées	Nb Variétés déjà cultivées	Nb Var connues en + semis
35 exploitations à Kagnan						
moyenne	1.80	3.77	2.57	0.57	2.37	1.97
coefficient de variation %	52	54	59	88	40	100

variétés que les paysans sèment et connaissent

	Nb Variétés semées	Nb Total variétés connues	Nb fournisseurs connus	Nb Variétés abandonnées	Nb Variétés déjà cultivées	Nb Var connues en + semis
45 exploitations à Siramana						
moyenne	1.03	3.51	1.71	0.74	1.77	2.49
coefficient de variation %	35	44	62	83	40	63

critères importants dans les variétés que les paysans sèment

critères normatifs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
	cycle	consommation	conservation	productivité	qualité du grain	résistance	sol	transformation	végétation	marché
35 exploitations à Kagnan										
Total	64	63	18	100	34	21	2	12	1	26

critères importants dans les variétés que les paysans sèment

critères normatifs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
	cycle	consommation	conservation	productivité	qualité du grain	résistance	sol	transformation	végétation	marché
45 exploitations à Siramana										
total	100	15	1	89	27	37	1	4	39	3

critères importants dans les autres variétés qu'ils connaissent

critères normatifs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
	cycle	consommation	conservation	productivité	qualité du grain	résistance	sol	transformation	végétation	marché
35 exploitations à Kagnan										
Total	46	100	14	72	33	38	2	0	17	13

critères importants dans les autres variétés qu'ils connaissent

critères normatifs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
	cycle	consommation	conservation	productivité	qualité du grain	résistance	sol	transformation	végétation	marché
45 exploitations à Siramana										
total	79	47	5	100	7	24	6	14	10	11

% de paysans qui connaissent un fournisseur pour les variétés qu'ils plantent	86
% des paysans qui connaissent un fournisseur pour les autres variétés qu'ils connaissent	59

% de paysans qui connaissent un fournisseur pour les variétés qu'ils plantent	83
% des paysans qui connaissent un fournisseur pour les autres variétés qu'ils connaissent	35

Annexe 2. Questionnaire utilisé lors de l'enquête de 2005 sur les villages de Siramana et de Kagnan.

Choix des variétés de sorgho dans l'exploitation agricole

Date :

Code UP :

Village :

Nom Prénom :

1. Qu'est ce que le paysan attend de la culture de ses variétés de sorgho ?

Quels sont les critères les plus importants sur toutes vos variétés semées et pourquoi?

Précocité	
Consommation	
Conservation	
Productivité	
Qualité des grains	
Résistance	
Sol	
Transformation	
Végétation	
Marché	
Autre	

Les variétés présentées (les siennes sans les noms) répondent-elles à ces critères ?

--

En sachant que se sont vos variétés y a-t-il une contradiction ?

--

Ces critères importants pour vous sont-ils les mêmes que ceux de l'assemblée villageoise, sinon comment expliquez-vous la différence ?

Quelle importance accordez-vous aux variétés familiales ?

Quels aspects culturels et sociaux sont importants (rite, mariage, fête, tabou) ?

2. Quelles raisons pourraient conduire à tester une nouvelle variété ?

Quelles situations ou conditions justifient dans votre exploitation l'introduction d'une nouvelle variété dans votre exploitation ?

Quelle était la conjoncture lors des expérimentations que vous avez déjà réalisées pour les variétés introduites dans votre exploitation et dont vous vous souvenez ?

Comment s'effectue le test d'une nouvelle variété ?

Modifiez-vous la surface de sorgho de votre exploitation ?.....
Quelle sera la surface consacrée à la nouvelle variété la 1ère année ?.....
Quelle sera la surface consacrée à la nouvelle variété la 2ème année ?.....
Quelle sera la surface consacrée à la nouvelle variété la 3ème année ?.....
Si vous remplacez complètement l'ancienne variété au champ, est-ce que vous conservez l'ancienne au grenier ? Si oui, pendant combien d'années ?.....
Après combien d'années décidez vous de complètement abandonner l'ancienne variété ?.....

3. Comment s'effectue le choix pour tester une nouvelle variété ?

Parmi toutes les variétés du villages (sans nom) y en a-t-il une que vous voudriez tester et sur quels critères ? Sinon pourquoi ?

Une fois le nom de la variété connu, êtes-vous êtes toujours intéressé pour la tester, sinon pourquoi ?

Chez quel fournisseur allez-vous chercher les semences et pourquoi ?

Ce choix va-t-il modifier votre stratégie de test ?

Annexe 3. Résultats des entretiens de 2005 à Siramana

Code UP	type (4)	nb variétés cultivées	1.1. Critères les plus importants sur vos variétés ?										1.2. Reconnaissance de la variété ?	1.3. Explication des divergences de points de vue (perso /AV)										1.4. Importance variétés familiales et utilisation traditionnelle?			
			1 productivité	2 précocité	3 phtopériodisme	4 consommation	5 qualité du grain	6 résistance au Striga	7 végétation	8 transformation	9 conservation		oui = 1	n'était pas présent lors de l'AV	influence certains paysans lors de l'AV	depend de l'environnement physique de culture (sol)	depend des soins culturaux	date de semis	depend de la sélection de semences	depend du stade de récolte	appréciation individuel	par rapport à quoi on compare	chance , aspcet mystique	fillançaile, mariage, décès	accouchement (digestion et travail pliage)	dolo	médecine traditionnelle
16 exploitations																											
3020	1	1	1	1		1					1	1				1						1					
3008	1	1			1			1	1		1	1					1										
3005	2	2			1	1					1	1		1	1	1						1					
3016	2	1	1		1		1					1			1						1						
3037	2	1	1	1		1	1																				
3009	3	1	1	1		1	1					1									1						
3051	3	1	1	1		1	1					1		1					1				1		1		
3002	3	1	1		1		1	1				1			1												
3045	3	1	1	1		1										1					1						
3007	4	1	1	1			1		1	1	1	1			1												
3021	4	1	1			1			1			1			1												
3022	4	1	1		1	1	1	1									1	1						1	1		
3001	4	1					1	1		1		1				1					1						
3036	4	1	1		1		1					1									1				1	1	
3017	4	1	1		1	1																1					
3030	4	1	1		1			1				1		1	1		1					1					
total			13	6	8	9	9	5	3	2	7	12		2	2	6	3	3	1	1	5	2	2	1	1	3	1

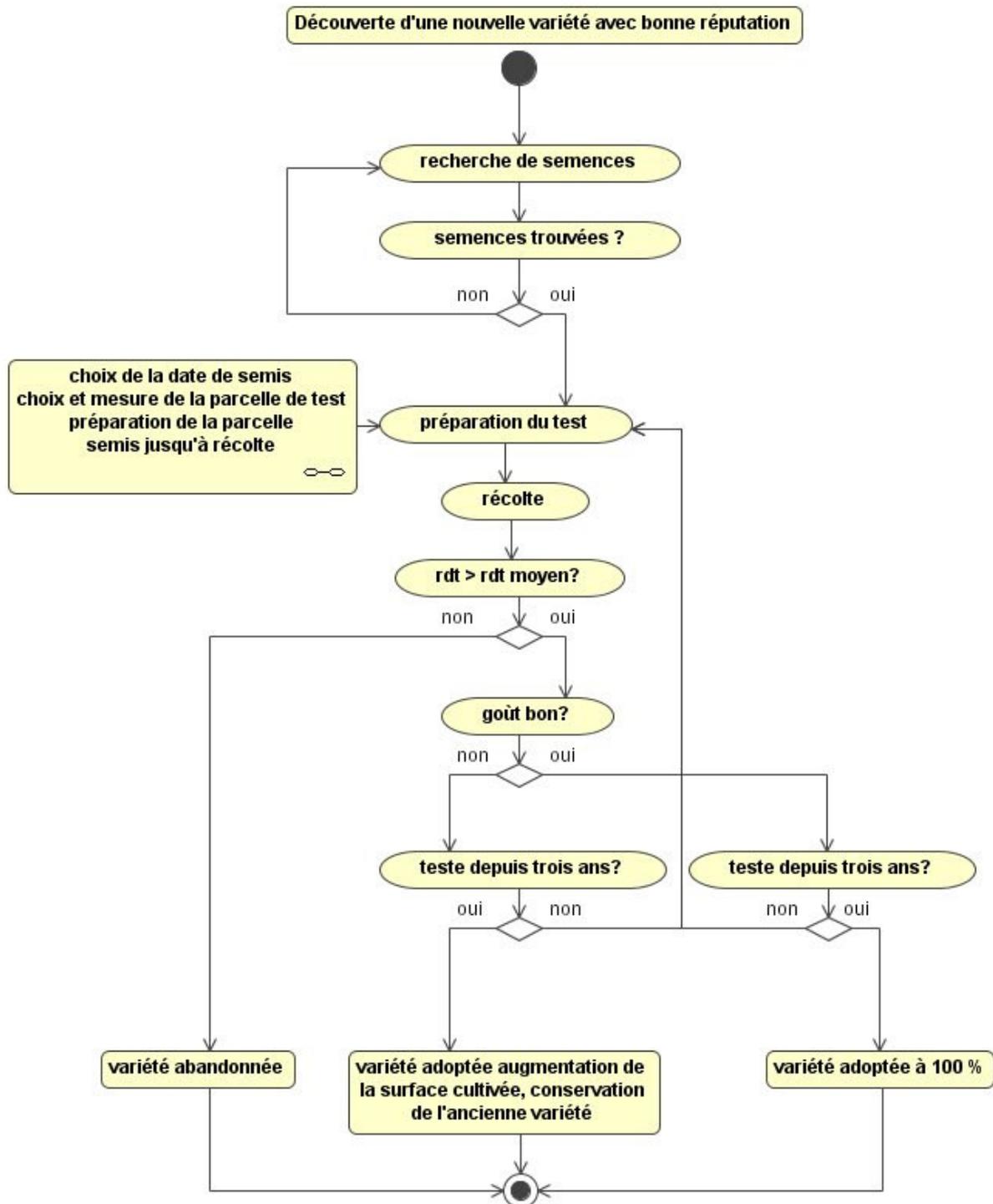
2.1. Situations induisant un changement sur le type de variété planté	2.2.) Organisation test	3.1.) Choix variété	3.2.) toujours intéressé	3.3.) Type de fournisseur	Autres infos: comment le paysan découvre une nouvelle variété	
17) areas climatiques, sécurité alimentaire 2.1.) augmentation surface sorgho 2.2.) changements climatiques continus 2.3.) Striga / pauvreté des ols 3) curiosité et chercheurs	changement total de la parcelle modification surface totale sorgho cultivée? oui = 1 surface nouvelle variété 1ère année sur 1 surface nouvelle variété 2ème année surface nouvelle variété 3ème année ans conservation ancienne variété au grenier ? abandon total de l'ancienne variété	variété choisie critère	oui = 1	Fournisseur connu? oui = 1 famille voisins peuls femme le vieux la recherche	rumeur du village (voisins) récolte dans la famille recherche voyage	
1	1	0	1	3E somme	connaît déjà	1
1	1	1	1	3E somme	connaît déjà	1
1 1 1	1 1 2 2 1 3 1 1 1 1 in situ	3E conservation 3D grain, précocité	1 1	pas de M.O.	1 1 1	1 1
1 1 1	0.5 0.5 0.5 in situ 0.5 0.5 0.5 in situ	3D somme 3I rend, précocité	1 1	1 1	1 1	1 1
1 1 1	1 0 1 1 0 1	3E rend, conso 3I rend, précocité	1 1	1 1 1	1	1
1 1 1	0.6 0.6 0.25 in situ 1 0.25 0.5 0.99 in situ	3I somme 3I somme	1 1	1 1 1 1	1 1 1	1 1 1
1 1 1	0.06 0.13 0.13 1 0.5 0.7 0.8 2 5	3I somme 3E somme	1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
1 1 1	0 1 0 1	3J striga	1	1 1	1	1
1 1 1	0.25 1 1 0 2 0 1	3H rend, précocité 3I somme	1 1	mauvaise rumeur 1 1	1	1
5 2 4 3 6			12	7 3 2 1 2 1 1	9 5 4 4	4

Annexe 4. Résultats des entretiens de 2005 à Kagnan

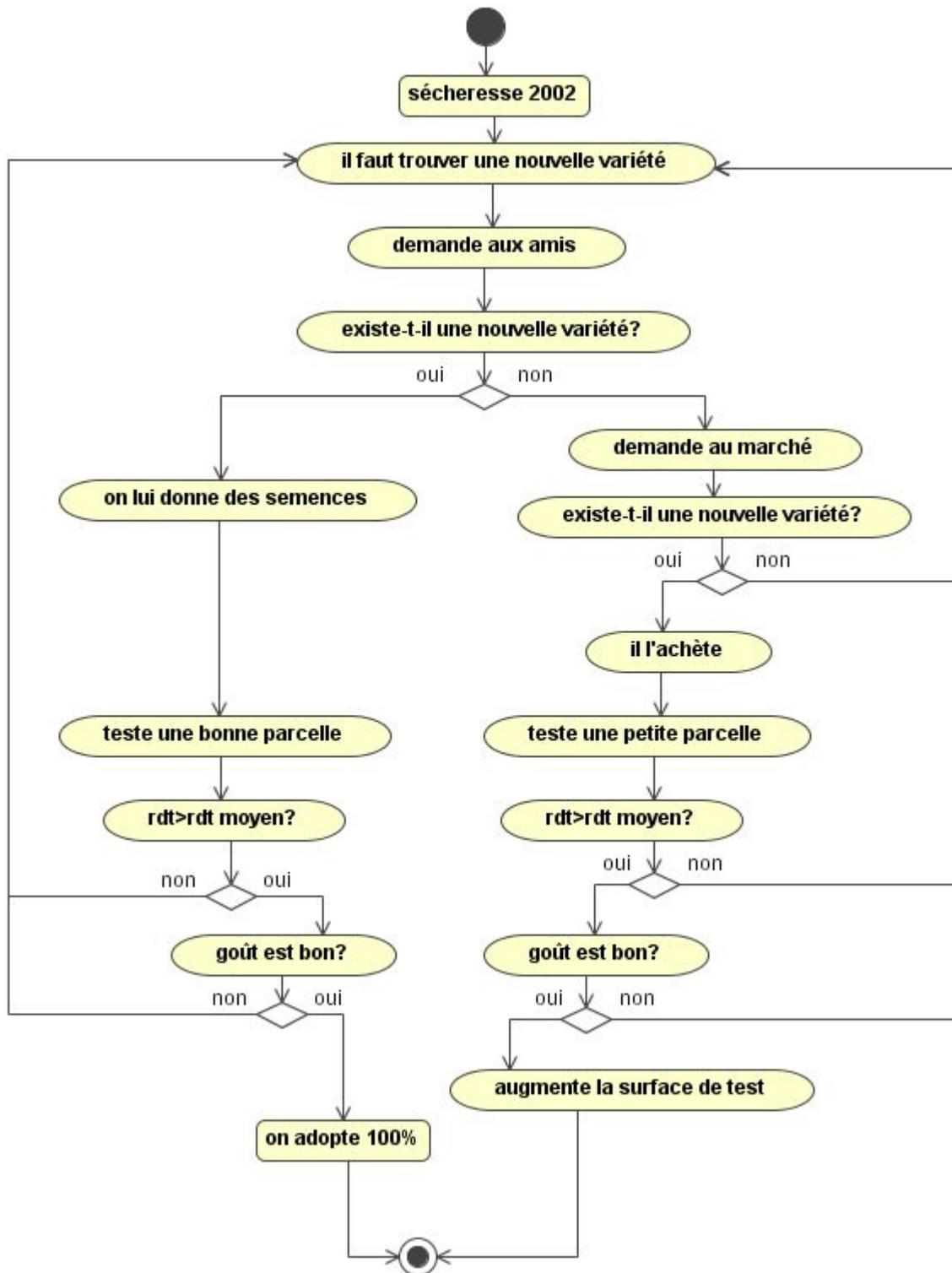
Code UP	type (4)	nb variétés cultivées	1.1. Critères les plus importants sur vos variétés ?	1.2. Reconnaissance de la variété ?		1.4. Importance variétés familiales et utilisation traditionnelle du sorgho?
16 exploitations			2 précocité 3 consommation 1 productivité 9 conservation 8 transformation 4 qualité du grain 6 résistance au Striga marché 7 végétation	oui = 1	influence certains paysans lors de l'AV depend de l'environnement physique de culture (sol) depend des soins culturaux date de semis depend du stade de récolte appréciation individuel dépend de la pluviométrie existe différentes sous variétés langage utilisé	héritage des parents important filiançaille, mariage, décès offrande fétiches dolo médecine traditionnelle
1008	1	1	1 1	1	1	1 1
1016	1	7	1 1 1	1	1 1 1 1	1 1
1024	1	2	1 1 1 1	1	1 1	
1034	1	2	1 1 1 1	1	1 1	1
1013	2	1	1 1 1	1		1
1017	2	1	1 1 1	1	1 1	1
1020	2	1	1 1 1 1	1		
1028	2	2	1 1 1 1	1	1 1	1 1 1
1029	2	1	1 1 1 1 1	1	1	1
1037	2	1	1 1 1 1 1 1	1	1	1 1 1 1
1002	3	1	1 1 1	1		1
1019	3	1	1 1 1	1		1 1
1022	3	1	1 1 1	1	1	
1027	3	3	1 1 1 1 1 1	1	1	1 1
1001	4	2	1 1	1	1	1
1035	4	1	1 1 1 1 1	1		1 1 1
total			16 14 10 6 4 4 3 3 1	15	2 6 1 1 4 7 2 3 1	9 3 4 5 1

2.1. Situations induisant un changement sur le type de variété planté	2.2.) Organisation test	3.1.) Choix variété	3.2.) toujours intéressé	3.3.) Type de fournisseur	Autres infos: comment le paysan découvre une nouvelle variété
1) aléas climatique, sécurité alimentaire 2.1.) augmentation surface sorgho 2.2.) changements climatiques continus 2.3.) Striga / pauvreté des ols 3) curiosité et chercheurs	changement total de la parcelle modification surface totale sorgho cultivée? oui = 1 surface nouvelle variété 1ère année ramené sur 1 surface nouvelle variété 2ème année surface nouvelle variété 3ème année ans conservation ancienne variété au grenier ? abandon total de l'ancienne variété	variété choisie critère	oui = 1	Fournisseur connu? oui = 1 famille voisins village voisin	rumeur du village (voisins) récolte dans la famille recherche association villageoise marché
1 1 1 1	1 0,5 0,66 1 3 3 0,1 0,2 0,3 0,07 0,14 0,3 1 0,25 1 2 2	IC préc. prod. - a les meilleures connaît tout	1	1 1	1 1
1 1 1 1 1	0,5 0,99 0,99 1 0,3 0,5 0,5 0,5 1 0,33 0,99 0,13 1 0 2 1 0,66 0,66	1I conservation IB somme 1C précocité 1C prod, conserv connaît tout 1H prod, conserv	connaît déjà il le plante déjà!! 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1
1 1 1	1 0,25 0,6 1 0,5 1 0 2 1 1 1 0 1 0,05 0,66	IE 1B prod, conso 1C préc, conso, prod connaît tout	connaît déjà 1 1 si les pluies sont bonnes	1 1 1	
1 1	0,03 0,5 0,5 0,25 0,25	- connaît tout 1H prod, conserv	- mauvaise rumeur		
3 0 16 1 0			5	3 1 3	1 1 2 2

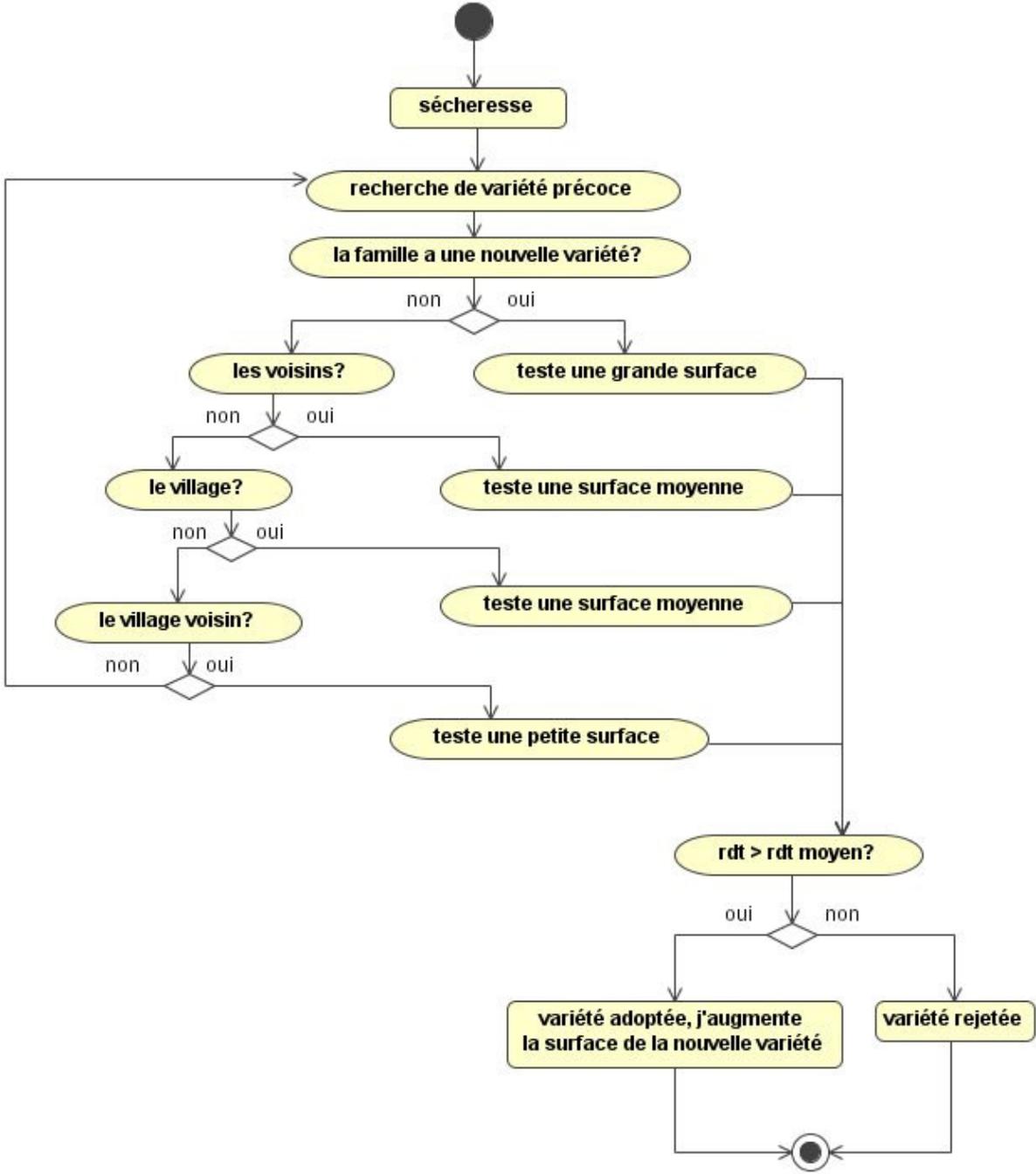
Annexe 5. Diagramme d'activité construit avec les paysans portant sur la découverte d'une nouvelle variété avec bonne « réputation » obtenu pendant l'enquête de 2005 à Siramana.



Annexe 6. Diagramme d'activité construit avec les paysans portant sur la recherche d'une nouvelle variété après un événement de sécheresse obtenu pendant l'enquête de 2005 à Kagnan.



Annexe 7. Diagramme d'activité construit avec les paysans portant sur la recherche d'une nouvelle variété après un événement de sécheresse obtenu pendant l'enquête de 2005 à Kagnan.



Annexe 8. Différentes cartes et fiches conçues pour le JdR. Celles utilisées pour la session avec les paysans étaient écrites en bambara.

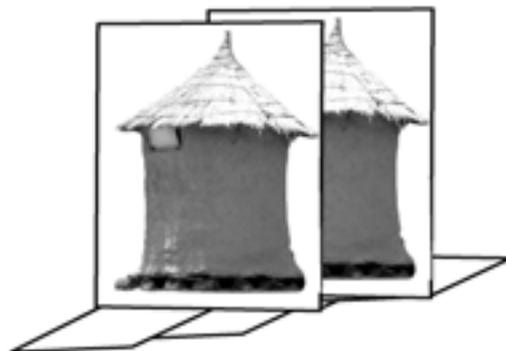
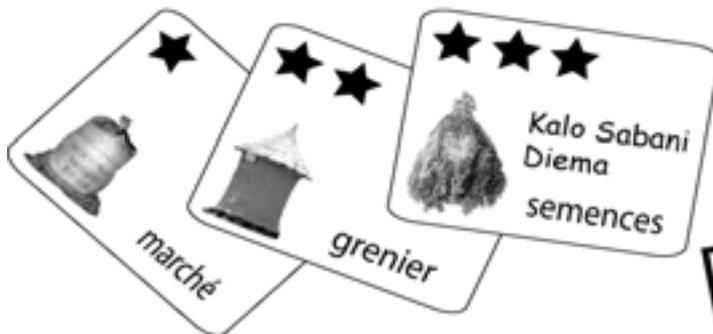
Fiche de description de l'UP

Nom		Prénom	
taille famille  <input type="text"/>		nombre de sacs pour nourrir la famille  <input type="text"/>	
superficie des types de sols <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		sac de grain obtenus par la vente de mangues <input type="text"/>	
bele tientien bogo		superficie totale en céréale <input type="text"/>	



Carte satisfaction

Cartes semences

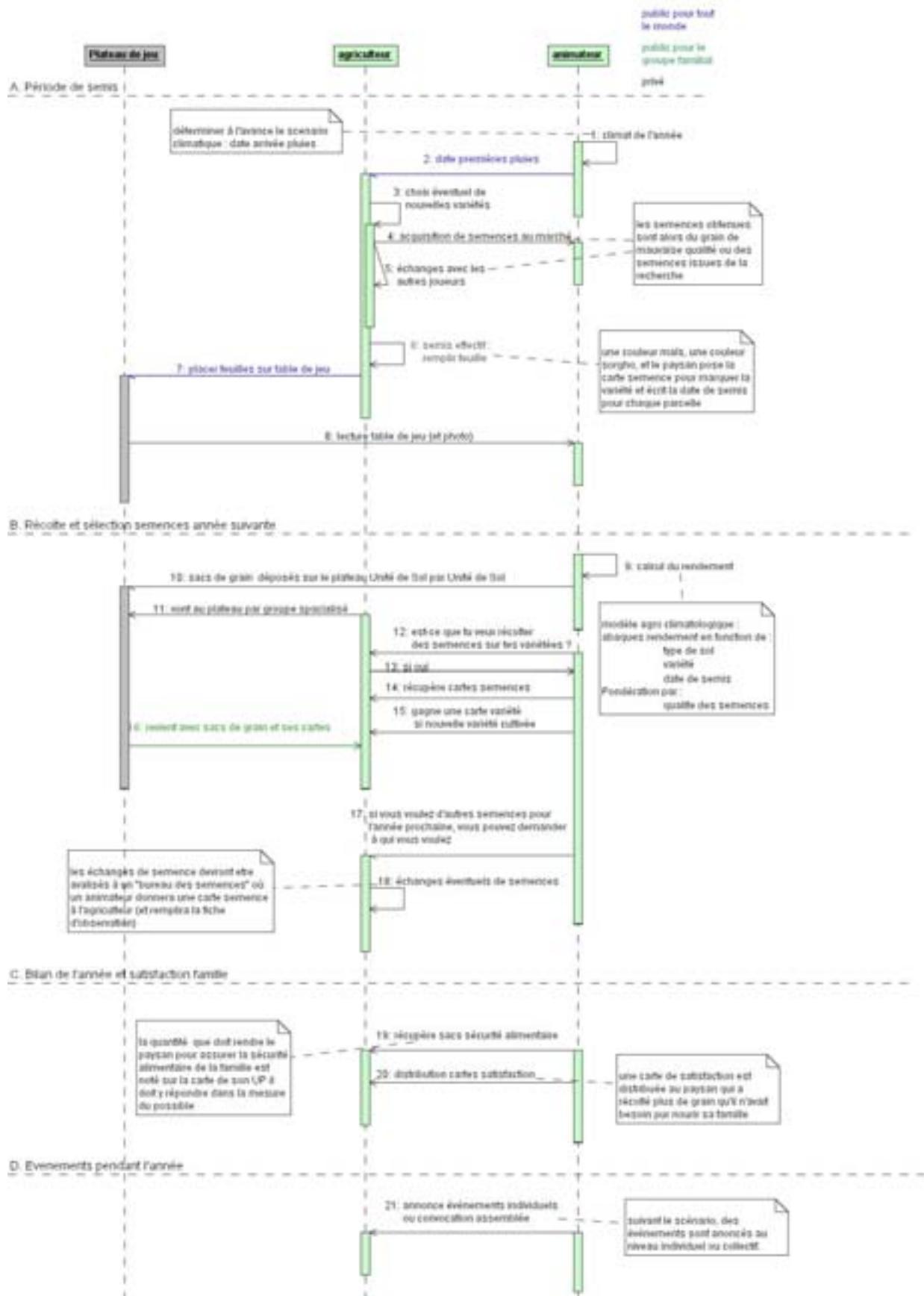


Grenier = 1000 kg de grain

kalo sabani diema		A	etana blema		D
	sörö			sörö	
	kalo	3 - 4		kalo	4 - 5
	dundala			dundala	
	kisè cogo			cogo	
	sègè			sègè	
	furaburu hakè			furaburu hakè	
	ba yèlémali			ba yèlémali	
	marali			marali	
	...			...	

Cartes de description des variétés

Annexe 9. Diagramme de séquence d'un pas de temps du JdR allant du semis au bilan des récoltes.



Annexe 10. Description de la plateforme de modélisation Cormas.

CORMAS¹⁹ est une plateforme de programmation développée par l'équipe GREEN du CIRAD-TERA. Elle est consacrée à la gestion des ressources naturelles (Le Page, 2001). CORMAS est développé en langage orienté objet sur Smalltalk : VisualWorks. Cincom, la compagnie commercialisant ce produit, autorise le téléchargement d'une version gratuite à des fins d'éducation et de recherche. Les systèmes multi-agents construits à partir de CORMAS permettent de simuler des usages multiples et concurrentiels d'une même ressource.

La construction d'un modèle avec CORMAS passe par différentes étapes (Gigot, 2002). Il est tout d'abord nécessaire d'identifier les différentes entités (composants) qui vont le constituer. Elles permettront de définir la structure du système, ainsi que les différents agents, ressources et autres éléments intervenant dans celui-ci. Il s'agit d'entités informatiques caractérisées par un état interne. Mais ces entités contiennent également des méthodes capables de faire évoluer leur état ou celui d'autres entités du système. La construction des méthodes correspond à déterminer les règles de fonctionnement des entités, mais aussi les liens entre ces entités. L'étape suivante concerne la définition d'un contrôle et d'un ordonnancement des activités de ces entités. Une méthode de contrôle globale, automatiquement exécutée à chaque pas de temps est ainsi construite pour organiser la dynamique du système en hiérarchisant toutes les méthodes d'évolution de chacune des entités du modèle au cours d'un pas temps. L'état initial du système au premier pas de temps doit également être fixé. Cette étape correspond à l'initialisation du modèle. Enfin, la dernière étape consiste à définir les "points de vue" sur les entités qui permettront d'observer le déroulement et les résultats des simulations. On peut ainsi obtenir l'affichage d'une grille spatiale colorée, d'un ensemble de graphiques ou bien d'une représentation des envois de messages entre agents.

Annexe 11. Observation des simulations

Différents points de vue sur l'espace (figure 30) ont été construits afin de suivre, en temps réel, l'évolution du système lors des simulations, ainsi que de repérer certaines données. Ceux-ci portent sur les différents types de variété de sorgho, sur les propriétaires des parcelles, sur les GF, et enfin sur les différentes stratégies des paysans.

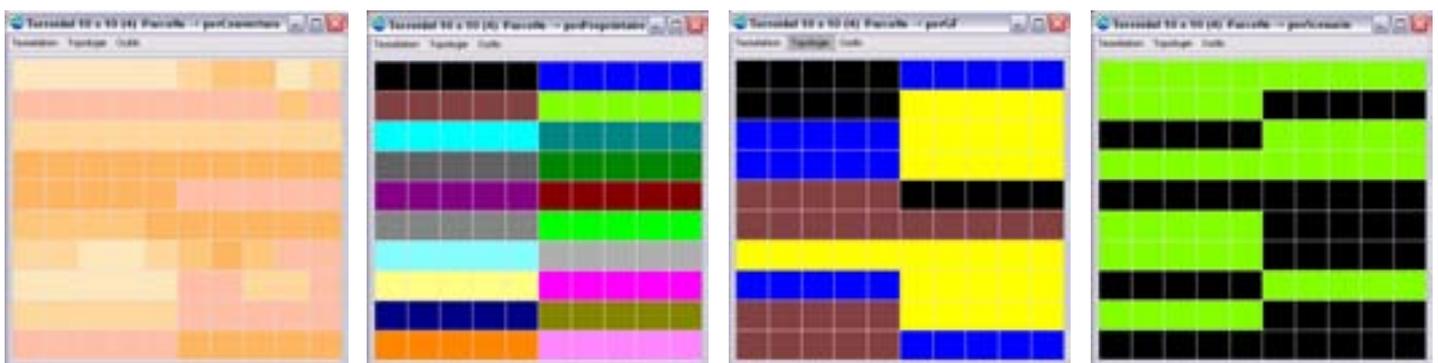


Figure 30. Différents points de vues sur l'espace, de gauche à droite respectivement sur les variétés semées, sur le propriétaire des parcelles, sur le groupe familial ainsi que sur la stratégie du paysan.

¹⁹ Common-pool Resources and Multi-Agents Systems. Il est possible de télécharger gratuitement CORMAS sur <http://CORMAS.cirad.fr>.

Des sondes permettant d'obtenir la valeur d'une variable à chaque pas de temps ont également été créées, afin de suivre et mesurer l'évolution des simulations et d'effectuer ainsi des analyses de sensibilité du modèle. Au niveau global, des sondes ont été construites sur le nombre de parcelles cultivées pour chaque variété, sur le rendement moyen de chaque variété et sur le nombre moyen de variétés cultivées sur l'ensemble des paysans. Au niveau local d'autres sondes portent sur le nombre de variétés pour chaque paysan et sur le rendement moyen de chaque paysan.

Annexe 12. Vérification de la méthode de production des variétés. La variabilité interparcelle crée un bruit de fond sur les rendements. Les variétés avec les plus grands rendements maximaux sont bien celles avec une plus forte variabilité.

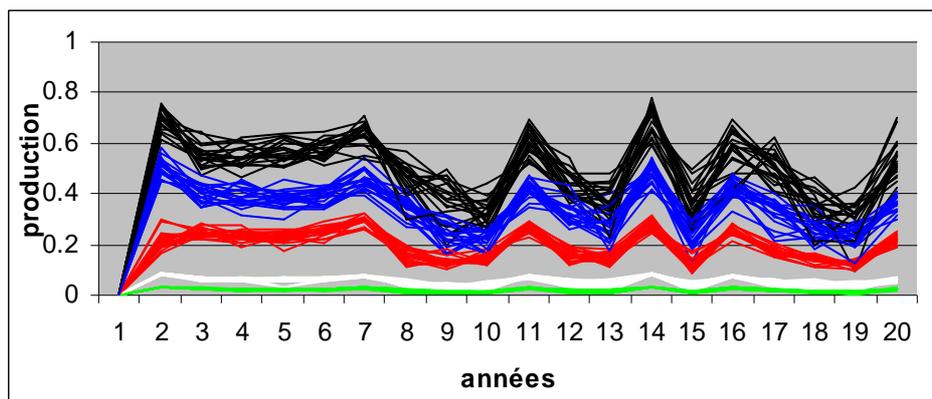


Figure 31. Rendement moyen des 5 variétés sur 20 pas de temps obtenus sur 20 simulations suivant la même série climatique.

Annexe 13. Test de l'effet du climat sur les simulations avec la méthode active d'évaluation. Chaque variété a une trajectoire propre. La répartition au hasard du nombre de parcelle initial pour chaque variété n'influence donc pas la trajectoire de celle-ci.

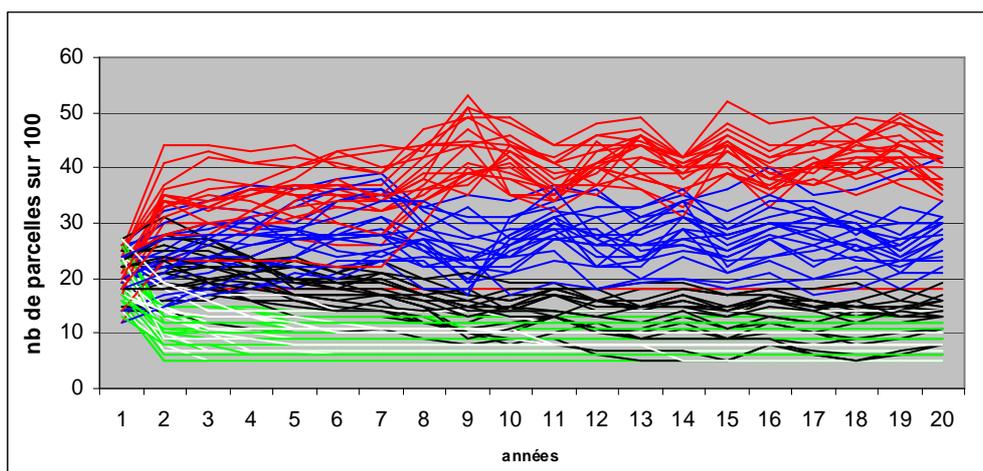


Figure 32. Nombre de parcelles cultivées pour les 5 variétés sur 20 pas de temps obtenu sur 20 simulations suivant la même série climatique.

Annexe 14. Test de l'effet du climat sur les simulations avec la méthode active d'évaluation. 3 séries climatiques différentes ont été testées. On observe que les trajectoires sont identiques. L'évolution des variétés n'est donc pas conditionnée par la série climatique. La répartition initiale semble déterminer la hauteur à laquelle se stabilise la variété.

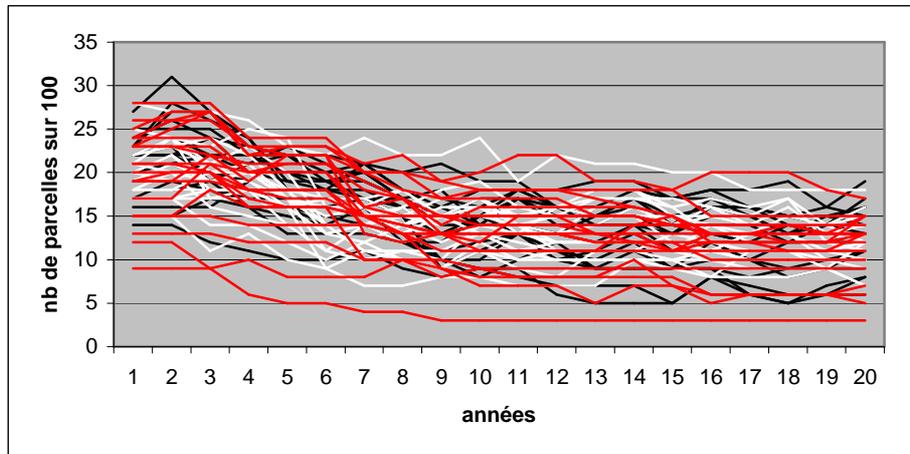


Figure 33. Nombre de parcelles cultivées pour une variété sur 20 pas de temps obtenu sur 60 simulations, 20 pour chacune des 3 séries climatique.

Annexe 15. Test de la méthode active d'évaluation. Théoriquement, la variété 3 totalise pour dix paysans le plus grand poids. Elle est théoriquement préférée par 7 d'entre eux (tableau 2). Lors des simulations illustrées par la figure 2, c'est effectivement la variétés la plus cultivée (séries rouges, environ 40 %).

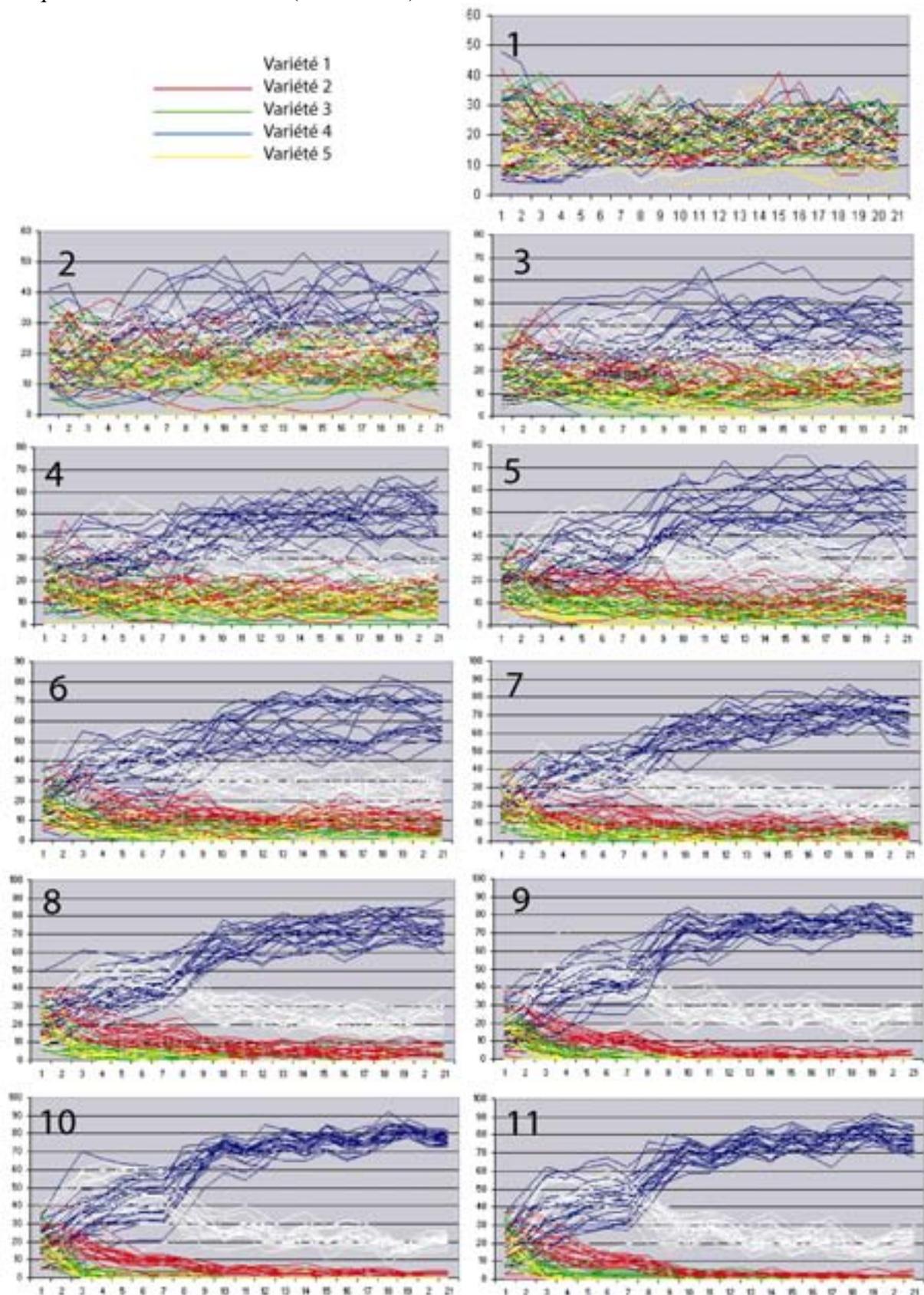
attributs	cara1	cara2	cara3	cara4	maxRdt	somme
Variete1	0.0040662	0.632945	0.0117282	0.222552	0.797457	1.6687484
Variete2	0.394534	0.287514	0.94436	0.412019	0.0888848	2.1273118
Variete3	0.908943	0.378226	0.942615	0.387512	0.376003	2.993299
Variete4	0.626735	0.148903	0.176445	0.574525	0.0328539	1.5594619
Variete5	0.9692	0.252672	0.362303	0.57762	0.626735	2.78853

Tableau 1 Valeurs attribuées au hasard pour chaque variété pour la session de simulation.

Paysan	Poids Var1	Poids Var2	Poids Var3	Poids Var4	Poids Var5	variété préférée
1	0.89814713	0.76687293	1.33252974	0.81870895	1.38615529	5
2	0.62089426	0.55074748	0.82678568	0.38052531	0.80584072	3
3	0.84279554	1.04231535	1.35772008	0.78278901	1.2004022	3
4	0.40796494	0.64982014	1.08726093	0.62975415	1.05324865	3
5	0.96965427	1.05054393	1.43921248	0.55410335	1.33502257	3
6	0.73689423	1.41625489	2.02647226	0.89968609	1.61806519	3
7	0.60871811	1.00546369	1.39023762	0.81023305	1.29469143	3
8	1.24558879	0.77021903	1.18871534	0.7624422	1.49637722	5
9	0.78089652	0.93481373	1.35887109	0.46892265	1.11207046	3
10	0.42319103	0.50574754	0.69085125	0.60732894	0.79017105	5
somme	7.53474484	8.69279871	12.6986565	6.71449369	12.0920448	

Tableau 2. Calcule pour chaque paysan du poids attribué à chaque variété en fonction de ses préférences (somme du produit des caractéristiques d'une variété avec les préférences du paysan). Plus le poids est grand, plus il préfère ladite variété.

Annexe 16. Graphiques issus de l'analyse de sensibilité des différents scénarios. Numéroté de 1 à 11 ils contiennent chacun les résultats de 20 simulations pour chacun des 11 scénarios. Pour chaque simulation est illustré le nombre de parcelles (en ordonnée) cultivées pour chaque variété sur 20 années (en abscisse).



Résumé

Au Mali, l'évolution des stratégies paysannes et la baisse de la pluviométrie ont conduit à une perte importante de la diversité variétale du sorgho. Différents projets ont vu le jour afin de contrer cette perte et favoriser le maintien des dynamiques créant cette diversité. Le présent travail a contribué à la conception et à la mise en place d'une nouvelle démarche participative avec les paysans maliens pour favoriser l'émergence de formes de gestions alternative.

En s'inspirant de la démarche de modélisation d'accompagnement, un travail itératif de recherche a été développé, passant du travail de terrain avec les paysans au travail de modélisation. Une première enquête de terrain dans deux villages du Mali a permis de formaliser notre représentation du système. Un Jeu de Rôle (JdR) a ensuite été créé et deux sessions de jeu ont été organisées, dont une avec des paysans maliens. Nous avons ainsi pu partager et valider notre représentation de l'environnement des paysans, améliorer nos connaissances sur la dynamique du système, notamment en caractérisant un certain nombre de stratégies de gestion du risque, et amorcé une réflexion collective sur la gestion de la diversité variétale. Un travail de modélisation a ensuite été mené et des stratégies fictives des paysans ont été simulées dans un modèle multi agents (SMA) simple. L'utilisation des résultats de ces simulations est à envisager lors de futures sessions de jeu dans lesquelles les paysans pourront explorer différents scénarios.

Abstract

In Mali, farming strategy evolution and pluviometry decrease has led to an important loss of diversity of sorghum's variety. Various projects were developed in order to cease this loss and to favour the maintain of the dynamics that create such diversity. The present study has contributed to the conception and the establishment of a new participative process with Malian farmers to further the emergence of alternative forms of management.

Referring to the participatory modelling processes, an iterative study going from field work with farmers to modelling was developed. A first field survey in tow Malian villages led us to formalize our representation of the system. A role playing game (RpG) was next created and two games were organized, one with Malian farmers. We thus shared and ratified our representation of the farmer's environment, improved our knowledge of the system's dynamics such as farmer's mangement strategies of risks, and initiated a common thought towards varietal diversity management. A modelling work was then led, and fictive farmers' strategies were simulated into a simple multi agent based model (MAS). The use of the simulation results have to be considered in some future RpG sessions, in witch farmers will be able to investigate different scenarios.