

# MULTI ACTEURS, MULTI ACTIVITES : SIMULATIONS MULTI AGENTS POUR LA DETECTION DES CHANGEMENTS DANS L'ORGANISATION SOCIALE DANS LES VILLAGES DE L'OUEST NIGERIEN

M. SAQALLI

Département des sciences du milieu et de  
l'aménagement du territoire  
Université Catholique de Louvain  
Bât. Mendel Place Croix du Sud, 2 boîte 16, 1348  
Louvain-la-Neuve, Belgique  
[saqalli@enge.ucl.ac.be](mailto:saqalli@enge.ucl.ac.be)

**RESUME :** *Notre objectif est de démontrer, au travers de simulations multi agents, l'importance pour un objectif de pérennité de la pluriactivité et de la pluri-décision au sein des familles et ce, en simulant les activités individuelles principales (céréaliculture du mil, migration saisonnière, maraîchage et petit élevage) observées dans les villages du Fakara (région sud-ouest du Niger), mais aussi les conditionnalités sociales et économiques qui en rendent l'accès possible aux différents types de villageois. Deux types d'organisation des familles sont envisagées, l'une unitaire, où les familles restent solidaires, et l'autre non coopérative, où les familles sont mononucléaires. Nos résultats montrent l'impact de ces organisations familiales sur la répartition des revenus et les niveaux de vie moyens de chaque type de villageois. Ils suggèrent également que l'organisation unitaire, prédominante en milieu soudanien, est une version plus « productive » du « système » mais rend celui-ci beaucoup plus fragile aux aléas climatiques. Nous supposons dès lors un basculement historique dans les années 90 d'un mode d'organisation unitaire vers un mode « non coopératif » pour cette région.*

**MOTS-CLES :** *Niger, simulation multi agents, pluri activité, pluri décision, organisation familiale*

## 1 INTRODUCTION

La pacification politique du début du 20<sup>ème</sup> siècle a permis à la population du Niger pluvial de partir à la conquête de son propre espace potentiellement cultivable : 90% des villages du Niger ont moins de 150 ans (Loireau-Delabre, 1998). Le système agraire a évolué pendant ce siècle vers un mode extensif de défrichage généralisé, avec généralisation de la pluriactivité agriculture/élevage. Du fait des coefficients démographiques sur les 30 dernières années (7,1 enfant par femme en moyenne)<sup>1</sup>, cette évolution s'est accélérée durant cette période. Cette extension semble arriver à son terme, avec une saturation progressive de l'espace, visible par la quasi-disparition des jachères pluriannuelles (Mortimore & al. 2001).

Les agences de développement<sup>2</sup>, en souhaitant favoriser par leurs projets une intensification des systèmes agricoles, se sont heurtés dès lors à une réactivité très limitée de la part des sociétés agricoles nigériennes

(Biershenk et al., 2000). Plusieurs hypothèses sous-tendaient ces projets de développement en milieu rural :

1. L'espace local, un terroir villageois ou une petite région<sup>3</sup>, est vu comme un système quasi-fermé, mu par une activité première, la céréaliculture du mil. Les autres activités locales sont des compléments et les activités extérieures comme la migration saisonnière sont des pis-aller, indicateurs de la dégradation des conditions de vie locales. Augmenter la productivité de ces systèmes revient à améliorer les rendements à l'unité de surface, quand, en période de conquête de l'espace agraire, la ressource rare serait plutôt la main d'oeuvre.

2. Les familles sont perçues comme un ensemble cohérent et structuré. Malgré l'accumulation des monographies sociologiques, nombre de projets de développement établissent leur plan d'action sur la base de la famille élargie, modèle mythifié du patriarcat régissant les besoins de la famille et la production agricole.

<sup>1</sup> Source : FAO

<sup>2</sup> Nous désignons ainsi les organisations, de statut variable (coopératives, organisations paysannes, ONGs, agences internationales, etc.), visibles localement (par opposition aux bailleurs de fond), qui réalisent des actions dites « de développement ».

<sup>3</sup> Nous donnons au terroir une définition à la fois géographique (l'ensemble de l'espace aménagé et exploité par une communauté villageoise) et sociale (un espace socialement défini comprenant un ensemble de ressources et de droits associés à ces ressources). C'est donc un territoire décrit géographiquement, mais dont l'origine est sociale : il est le cadre de vie géographique d'une société rurale.

### 1.1 D'une conception centrée sur l'agriculture à un système pluriactif non coopératif

La pluriactivité est cependant une caractéristique originelle et structurelle des sociétés rurales au Niger (Paul & al., 1994). L'association ancienne agriculture/élevage s'inscrit dans une large palette d'activités réalisées localement ou à l'extérieur, étalées dans l'année et fortement discriminées sexuellement. Milleville, (1989) remarquait : "Dans bien des cas, les systèmes de production agricole ne constituent que des composantes de stratégies paysannes ou rurales élargies, qui débordent non seulement de l'activité agricole mais également de la sphère locale". Par conséquent, les logiques qui animent les systèmes de production agricole ne peuvent se comprendre sans référence à un système d'activité, combinant ces productions avec d'autres activités productives du villageois et de sa famille.

Pour autant, toutes les activités ne sont pas accessibles à toutes les familles ou individus d'un village, pour des raisons sociales et/ou économiques<sup>4</sup>. Il n'y pas forcément mise en commun des moyens de production<sup>5</sup>. Or, toutes les enquêtes agro-économiques à la base des projets prennent pour base d'analyse l'unité familiale ou « ménage », qui optimise, maximise ou sécurise sa production (Blaizeau & Dubois, 1990).

Or, la note de Gastellu posait déjà en 1980 cette question : « Mais où sont donc ces unités économiques que nos amis cherchent tant en Afrique ? ». Plusieurs unités furent proposées pour l'Afrique sahélienne, chacune se heurtant aux critères utilisés : critère familial (de résidence, permanente et/ou partielle, ou de consommation, appelée encore « l'unité marmite »), ou économique, avec pour cette dernière, la complexité de l'imbrication des modes de propriété conditionnelle, d'usage (production, consommation, accumulation) et de transmissibilité des moyens de production (Lambert & Sindzingre, 1995). Ces unités se heurtent aussi à la pluralité des objectifs des différents membres de la famille ainsi qu'à la pluralité des activités, agricoles vs extra agricoles, locales vs extérieures. Quelle que soit l'unité prise, elle se heurtera à des exceptions et des incohérences (Vaugelade, 1997). Dans tous les cas, l'unité ne peut être générique pour un pays aussi vaste et aussi divers que le Niger, même réduit à la zone du Sahel, celle de l'agriculture pluviale.

L'idée d'un ensemble de logiques individuelles au sein de la famille, pas obligatoirement cohérentes entre elles mais pas forcément antagonistes non plus, est ici envisagée. D'un point de vue économique, nous nous plaçons ainsi dans le cadre du débat entre modèles

unitaires et modèles collectifs<sup>6</sup> non coopératifs<sup>7</sup> (Radja, 2004).

Enfin, selon Luxereau et Roussel (1997) et nos propres enquêtes, la population rurale du Niger a subi au cours des trente dernières années une onde de désagrégation des unités familiales élargies au profit d'un modèle mononucléaire. Notre hypothèse est que cette évolution est due aux opportunités qu'a offert l'ouverture de l'espace rural et sa conquête mais a aussi pour origine une adaptation « forcée » à des conditions individuellement plus difficiles et plus aléatoires.

Nous nous proposons dès lors d'étudier les deux modèles de famille, à savoir le modèle-type de la famille élargie, de type unitaire, généralisé deux générations plus tôt, et le modèle actuellement le plus observé de la famille mononucléaire, de type non coopératif.

### 1.2 Les modèles multi Agent, des outils pour tester de nouvelles hypothèses

Pour étudier cette complexité, nous nous proposons de modéliser l'organisation des individus dans la structure des villages et l'organisation des activités dans le fonctionnement des individus de ces villages. Différents modèles sont utilisés autour des problématiques sociales et économiques appliquées au monde rural (Lambin et al., 2000). Parmi eux, les Systèmes Multi-Agents (SMA) permettent de représenter des modèles de sociétés fondés sur les interactions entre des unités, appelées agents, où chacun des éléments est autonome mais où aucun n'est conscient des phénomènes au niveau global (Berger, 2001). L'outil utilisé pour cette simulation est un SMA sur une plate-forme CORMAS (acronyme pour « Common Resources Management Agent-based System »<sup>8</sup>) développée par l'équipe GREEN du CIRAD-TERA et conçue pour simuler les relations entre société et environnement et au sein de ces éléments (Bousquet & al., 2001).

## 2 DU TERRAIN AU MODELE

### 2.1 Les villageois du Fakara : risques partagés, activités séparés

La région du Fakara au Niger où se déroule notre recherche se situe à 70 Km au nord-est de la capitale, Niamey<sup>9</sup>, et de la vallée peuplée du fleuve Niger; elle est bordée à l'est par la vallée sèche (appelée « dallol ») du Boboye, également peuplée<sup>10</sup>. Elle est traversée par un réseau de talwegs secs et minces (moins de 5% de la surface totale) où la culture de contre-saison est possible.

<sup>6</sup> par opposition aux modèles unitaires qui abordent l'unité « ménage » producteur - consommateur de manière homogène (Sen, 1983 cité par Meignel, 1993)

<sup>7</sup> le choix d'un modèle collectif non coopératif s'opère de fait : il y a organisation collective mais la coopération au sein des ensembles familiaux ne recherche pas l'efficacité au sens de Pareto : il y a déséquilibre au profit des plus âgés et des hommes.

<sup>8</sup> [www.cormas.cirad.fr](http://www.cormas.cirad.fr)

<sup>9</sup> 707 000 hab. (RGP 2001)

<sup>10</sup> 56, 36 hab. /km<sup>2</sup> (RGP 2001)

<sup>4</sup> ainsi, les femmes ne peuvent socialement partir en exode, etc. (Timera, 2001).

<sup>5</sup> Le père de famille n'a par exemple théoriquement aucun droit sur les troupeaux de sa ou de ses femmes ;

La toposéquence locale s'étend à partir de ces talwegs par une plaine large (75% de la zone) qui constitue la majeure partie des espaces cultivés. Enfin, les 20% restants sont formés de plateaux extrêmement indurés, pratiquement utilisables uniquement pour la pâture (Loireau-Delabre, 1998). La région est peuplée en grande majorité de Zarmas agriculteurs/éleveurs avec une minorité de peuhls initialement transhumants et en voie de sédentarisation venus historiquement du Boboye. Le choix de la zone d'étude posait a priori deux problèmes de représentativité. La proximité de la capitale pouvait laisser supposer une plus grande orientation vers des activités extra-agricoles. La réalisation d'un zonage à dire d'acteurs (Caron, 1996) permet de continger cette influence<sup>11</sup>. La zone a évolué politiquement du fait de nombre de projets ayant passé sur cette zone, toujours du fait de la proximité de Niamey, modifiant les rapports entre autorités villageoises et villageois et entre ceux-ci. Notre choix de 4 villages a donc combiné ces critères.

L'échantillonnage a porté sur une segmentation des individus selon deux critères : le genre est le critère fondamental de discrimination dans l'accès aux activités. Le deuxième critère est le degré de responsabilité, à savoir le nombre de gens qui dépendent de l'individu concerné. Le mode d'enquêtes a consisté en des entretiens semi-directifs autour de l'activité centrale pratiquée par la personne. Nous avons cherché l'adéquation entre les moments des entretiens et les dates critiques liées à ces activités<sup>12</sup>. 126 entretiens ont été menés dans les quatre villages. Le calendrier annuel des activités villageoises est présenté en figure 1.



Figure 1 : calendrier des activités dans la zone du Fataha (Loireau-Delabre, 1998, enquêtes 2004)

L'agriculture en champs non irrigués est l'activité principale en terme d'occupation de l'espace et de force de travail pendant la saison des pluies, de juin à octobre. La céréale principale est le mil (*Pennisetum glaucum* L. R.Br.) souvent associé avec le niébé comme légumineuse (*Vigna unguiculata* L. Walp). Cette agriculture est extensive et anti-risques : Avec une pluviométrie contraignante et aléatoire (de 400 à 650 mm par an) et des sols fragiles et très peu pourvus à la base en éléments minéraux, les agriculteurs défrichent

puis sèment beaucoup plus de surface qu'ils n'en récolteront<sup>13</sup>. La phase de conquête de l'espace qui s'achève a vu chaque paysan chercher à répartir ses parcelles dans l'espace notamment selon la distance au village et la qualité des sols. Cette dispersion permet aussi de diminuer les effets de la variabilité pluviométrique spatiale (Ada & Rockström, 1993). Au-delà du système judiciaire « moderne » (répartition équitable entre descendants et fratrie) et musulman (distribution inéquitable entre descendants et fratrie), le système local reste globalement sur le mode dit « coutumier » où l'aîné mâle hérite de toutes les terres obligeant les autres frères à défricher ailleurs. La transmission reste ainsi limitée aux lignées mâles.

Les transferts financiers des hommes migrants vers le bassin d'emploi du Golfe de Guinée<sup>14</sup> pendant la saison sèche, d'octobre à mai, (dits « exodants ») sont une grande source de revenus pour toute la zone sahéenne (Reardon, 1994). Selon nos propres enquêtes dans 10 villages, le pourcentage des hommes en âge de travailler qui partent en exode, varie de 70 à 90% selon les avantages du village d'origine<sup>15</sup>. Plutôt jeunes (majoritairement dans la tranche des 20-40 ans<sup>16</sup>), ils correspondent majoritairement à des familles zarma qui possèdent déjà des terres agricoles et dont le statut social ne peut être remis en cause par cette émigration partielle. Ces transferts représentent des apports pour les familles restées sur place de l'ordre de 290 € / famille / an (Loireau-Delabre, 1998), soit grossièrement 30 € / hab./an<sup>17</sup>. Ces transferts ne semblent pas avoir entraîné de bouleversement des structures économiques locales<sup>18</sup> et auraient pour fonction essentielle de couvrir les besoins alimentaires que l'agriculture ne couvre plus de manière chronique, d'assurer les dépenses pour les cérémonies (mariages<sup>19</sup> et fêtes religieuses<sup>20</sup>) et de représentation propre aux hommes (cigarettes, lunettes de soleil, etc.). D'autre part, le petit bétail acheté sert de réserve financière durant la saison des pluies à l'abri des

<sup>13</sup> Selon l'arrivée des pluies, les semis peuvent souvent échouer et les villageois peuvent semer jusqu'à cinq fois (Loireau-Delabre, 1998)

<sup>14</sup> Le choix du pays de destination dépend des connaissances du village qui y sont déjà présents, pour 88% de notre échantillon.

<sup>15</sup> La présence de marchés, d'activités de saison sèche offre des opportunités qui permet d'éviter l'expatriation. Nous avons ici négligé cet effet, mais il sera abordé ailleurs.

<sup>16</sup> Une tranche de la population très nombreuse : en 1999, elle constitue 36.7 % des hommes en âge de travailler (moins de 70 ans) sur l'Arrondissement de Dantiandou où se situe notre zone d'étude (Recensement Général de la Population 1999).

<sup>17</sup> Ada et Rockström (1993) donnent pour la région de Ouallam (Zarmaganda central) une estimation d'un revenu de l'exode par unité d'exploitation de l'ordre de 75 à 150 € annuels, soit 8 à 16 € / hab. / an.

<sup>18</sup> Pas d'accroissement significatif d'un élevage sédentaire selon (Loireau-Delabre, 1998), même si on ne dispose pas d'enregistrements des transactions entre acheteurs potentiels de bétail et éleveurs

<sup>19</sup> Chaque mariage, selon nos interlocuteurs peut atteindre 1 150 €, partagé au sein de la collectivité. Le douaire est en sus, à remettre à la famille de la mariée (équivalent à deux bœufs, soit près de 300 €) ! Plusieurs villages étudiés ont vu de graves réunions à ce propos pour tenter de trouver des accords collectifs de lutte contre l'inflation des dépenses de mariage.

<sup>20</sup> La Tabaski est l'occasion d'achats de moutons à des prix 5 à 6 fois plus élevés (jusqu'à 90 000 FCFA au lieu de 15 000 « hors saison »)

<sup>11</sup> Ainsi, la migration saisonnière dans la zone est dirigée vers le golfe de Guinée, à l'instar du reste du pays.

<sup>12</sup> Ainsi, la période propice pour parler de l'exode était à la veille des départs (vers octobre) plutôt qu'en pleine saison de culture.

réclamations de la famille élargie, réserve qui servira à la récolte pour payer le billet de départ en exode. Il est à remarquer que les jeunes célibataires partent régulièrement en exode avant la récolte contrairement aux autres hommes, arguant qu'ils peuvent le faire, attendu qu'il existe encore un responsable dans la famille.

Dans les villages qui disposent de terres cultivables en saison sèche, dans les talwegs où l'eau est accessible par des puits de faible profondeur, certaines femmes empruntent des parcelles de terre pour du maraîchage, ce qui constitue un revenu d'appoint quelque peu équivalent aux revenus masculins de l'exode (52,50 €/femme cultivant / an en moyenne). Cependant, l'accès à ces terres est socialement limité aux femmes mariées, ayant une bonne réputation (combinant ancienneté de la présence au village de la famille et réputation personnelle). Elle est de fait limitée aux femmes ayant des brus ou plusieurs grandes filles, car ce sont celles-ci qui, par devoir d'obéissance, libèrent des lourdes corvées de maison et leur donnent du temps pour cette activité.

## 2.2 Développement d'un modèle multi agents

Il s'agit de replacer les familles et les individus dans le contexte qui est apparu comme étant le plus important : le lien familial. Par conséquent, nous avons généré « naturellement » le réseau des relations en construisant les fonctions de naissance, de mariage et de décès qui génèrent la complexité de ces liens, plutôt que de créer une population moyenne aux entités semblables entre elles. Les agents sont définis comme équivalents, c'est-à-dire ayant les mêmes attributs. Les valeurs de ceux-ci sont variables, définissant individuellement chaque agent. Le raisonnement cognitif des agents est choisi comme étant le plus simple possible. Chaque pas de temps de la simulation représente une semaine. L'organisation du modèle est décrite dans la figure 2.



Figure 2. Architecture UML du modèle « Fakara » : un type d'agent, séparés en deux dimensions

Le choix a été fait de créer en premier lieu un environnement vaste à disposition des Villageois dans lequel ils puissent étendre leurs parcelles cultivées. Il n'y a donc pas aperçu de l'effet d'une transition des systèmes d'activité du fait d'une contrainte en ressources disponibles (Boserup, 1980).

Le terroir est décrit par une carte dynamique (voir figure 3) qui est le support et l'interface de visualisation des interactions. Une couche d'information correspond aux entités physiques, chacune des entités avec un potentiel

de fertilité : la plaine (potentie  $l = 1$ ), le bas-fond (potentie  $l = 2$ ), le village et le plateau (potentie  $l = 0$ ).

Chaque pixel de la carte

correspond à une entité « parcelle » qui peut être appropriée par un Villageois pour y cultiver<sup>21</sup>

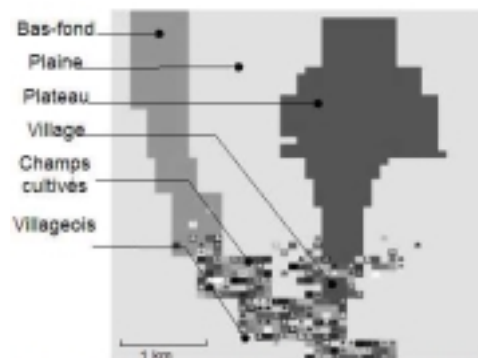


Figure 3. Le terroir d'un village du Fakara, divisé en 4 unités géomorphologiques. Les villageois choisissent leurs premiers champs selon la qualité de la terre et la distance au village ( $t = 1$ )

La simulation du climat sous la forme de  $10 \times 10$  « Blocs Climat ». Chaque bloc est soumis à un même facteur sécheresse établi aléatoirement au début de chaque année pour définir la pluviométrie de l'année à venir<sup>22</sup>. A chaque pas de temps correspond une probabilité d'apparition de pluie et, si pluie il y a, une probabilité de pluviométrie, reproduisant le déroulement des saisons et la distribution des pluies avec une masse en zéro.

Les parcelles ne produisent que si elles ont été appropriées ou empruntées par un Villageois. Leur fertilité est affectée par le cycle de culture et la production<sup>23</sup> à récolter, mais aussi par l'effet des adventices. Celles-ci croissent en fonction de la fertilité de la parcelle et des pluies à chaque pas de temps. Elles affectent également le cycle de la production tant que celle-ci ne les dépasse pas en taille (simulé par un indice de production).

Dans le cas de l'activité « exode », on définit une fonction de gain cumulé par l'activité exode par semaine comme suit :

$$G_i(t+1) = G_i(t) + g_i(t) * (1 + (N_i / 10)) \text{ Avec :}$$

$G_i(t+1)$  et  $G_i(t)$  les gains de l'entité  $i$  au temps  $t+1$  et  $t$ ,

$N_i$  le nombre d'années d'expérience de l'individu  $i$ ,

$g_i(t)$ , le gain hebdomadaire, qui varie sur l'année selon le tableau 1.

Campagnes dans les pays côtiers semaines	Période de récolte du cacao mi-décembre à mi-février	Pas de récolte mi-février à fin juin	Période de récolte du café Début juillet à mi-décembre
$g_i(t)$	15	2	6

Tableau 1.  $g(t)$  le gain hebdomadaire de l'activité « exode »

L'élevage est ici fortement simplifié : il est considéré comme une réserve de fond. Les récoltes de l'année sont ainsi stockées virtuellement avec un facteur dépréciatif : les Villageois achètent des animaux avec le mil obtenu à la récolte, au seul moment où ils en disposent mais aussi

<sup>21</sup> il en a donc la maîtrise de l'utilisation mais cela ne signifie pas qu'il dispose de sa récolte

<sup>22</sup> indice variant entre 80% et 130% de la pluviométrie (500 mm)

<sup>23</sup> mil dans le cas de l'activité « céréaliculture » masculine, produits de contre-saison dans le cas de l'activité « maraîchage » féminine



où le mil est au plus bas (autour de 13,75 €/le sac de 100 kg). Ils vendent des animaux à la soudure pour acheter du grain quand ils n'en ont plus. A cette période de l'année, le prix du grain est au plus haut (en moyenne 27,50 €/le sac). Cette décote, de 50%, peut être considérée comme le prix à payer pour le stockage<sup>24</sup>.

Au retour de l'exode vers mai, l'argent rapporté est converti pour une part en petit bétail qui est engraisé jusqu'à la récolte où il est alors vendu pour fournir le coût du départ en migration suivant. La décote est alors considérée comme compensée par l'engraissement.

Le rang de chaque villageois au sein de sa Famille va affecter l'ensemble de ses accès aux activités économiques et sociales (mariages, possession de terres, redistribution de nourriture et d'argent, céréaliculture et accès à l'exode pour les hommes, accès au maraîchage pour les femmes). Il est fixé pour un Enfant et varie pour les membres adultes de chaque Famille. A chaque pas de temps, il est réactualisé pour tenir compte des majorités, des mariages et des décès. Par défaut, il est égal à 1, le plus haut rang possible, correspondant au chef de Famille ; dès lors, les règles suivantes sont appliquées :

1. Pour les Hommes, le rang augmente d'un point si le père est vivant et d'autant de points qu'il y a de frères aînés vivants.

2. Les Femmes, à leurs mariages, migrent dans la Famille de leur époux. Les Femmes mariées ont le rang de leur mari (mort ou non) auquel on rajoute un point.

3. Pour les Femmes non mariées, soit les sœurs non mariées dans la Famille, le rang est égal au rang du plus jeune mâle adulte de la fratrie auquel on rajoute un point.

4. Les dépendants sont dès lors définis pour chaque Adulte comme tout individu de même Famille, lié par un lien supplémentaire (mariage, progéniture) et de rang inférieur.

Les mariages s'établissent à partir de la majorité et dès lors que l'Homme dispose en propre d'un capital, issu de l'exode : nous n'avons pris en compte que le coût du douaire, qui est le facteur de différenciation, et de retard, dans le mariage. Tout Homme peut se marier jusqu'à quatre fois, selon le droit musulman. Le tri des demandes en mariage par les Hommes mais aussi par les Femmes se fait selon le lignage<sup>25</sup>, le rang dans la Famille et le niveau de richesse propre.

L'accès à la propriété de la terre et par conséquent à la « citoyenneté » est conditionné par le fait d'être marié : Par conséquent, se marier et donc pouvoir payer le douaire est un investissement essentiel pour la pérennité et le maintien d'un jeune homme dans son village.

Les naissances ne peuvent avoir lieu que dans le cadre d'un mariage et si le mari est vivant. La probabilité pour une femme de tomber enceinte à chaque pas de temps est alors fixée<sup>26</sup>. A l'accouchement, un nouveau Villageois

de stade Enfant est ainsi intégré dans la liste des membres de la Famille, du lignage et du village. Une somme équivalente au prix d'un mouton moyen est prélevé sur le solde familial au titre de la cérémonie liée à sa naissance.

Un héritage n'a ici de sens que dans le cas d'un décès d'un propriétaire de terres. Nous avons plutôt suivi une version « brutale » du droit coutumier ancien<sup>27</sup>, qui aboutit à la pérennisation des exploitations familiales. Deux formes d'héritage se succèdent :

1. L'héritage intra familial : tant qu'il existe des adultes au sein de la Famille, il y a forcément un chef de Famille, à savoir celui dont le rang est le meilleur soit 1. La terre en déshérence lui est attribué.

2. L'héritage extra familial : s'il n'y a plus d'adultes dans une Famille, la propriété revient à un chef de Famille choisi comme le plus âgé parmi les chefs de Famille de même lignage dans le village. Les enfants restant de cette Famille sans adultes sont adoptés par l'héritier en question (ils changent simplement de Famille).

À chaque semaine, le Villageois va observer les caractéristiques de ses champs et calculer la main d'œuvre dont il dispose<sup>28</sup>. Il va dès lors hiérarchiser les priorités et choisir celle qui entraîne le moins de réduction de sa production. Ainsi, dans le cas où un Villageois verrait plusieurs parcelles envahies par les adventices et s'il ne dispose pas de toute la main d'œuvre nécessaire, il va choisir de sarcler la parcelle la plus envahie. La main d'œuvre disponible dépend du scénario choisi. Seuls les Hommes cultivent les champs de mil, selon la séquence d'action présentée en figure 4 :



Figure 4. Une séquence d'évaluation et d'action pour chaque étape du cycle agricole

Les Femmes dans leurs cultures de contre-saison suivent une séquence d'action équivalente, mais le maraîchage se fait à la saison sèche. Seules les Femmes ayant des belles-filles peuvent avoir accès au maraîchage ; elles peuvent dès lors mobiliser la main d'œuvre féminine disponible de la même manière qu'un chef de famille pour la céréaliculture.

Seuls les Hommes ont accès à l'activité « exode » et seulement à partir de 16 ans. La contrainte fixe est le

<sup>24</sup> ainsi, les deux bœufs du douaire sont simulées au travers d'une somme payée lors du mariage par l'homme ou, s'il ne possède pas cette somme et qu'il n'est pas encore marié, par le chef de famille, le père.

<sup>25</sup> Une valeur de 1 à 4 attribuée à l'initialisation à tout Homme, correspondant à un des grands groupes d'apparentés dans un village

<sup>26</sup> Calculée à partir des données de fécondité par femme de la FAO et de la base de données de la CIA.

<sup>27</sup> Dans un contexte de mouvements et de conquêtes de l'espace, à l'aîné revenait l'essentiel de l'héritage, les autres (sauf les femmes) recevant selon leurs mérites et appelés à aller conquérir d'autres espaces (Luxereau & Roussel, 1996)

<sup>28</sup> la sienne et celle de ses dépendants dans le scénario « individu », celle de la famille dans le scénario « famille »

prix du billet aller/retour. Une dernière variable aléatoire est introduite au retour d'exode: chaque Homme a 1% de chance de se faire « racketter » par les services douaniers. La décision de départ va dépendre du rang et par conséquent du nombre de dépendants. Enfin, une contrainte au retour existe, liée à des questions de prestige : il n'est pas envisageable socialement de revenir sans un montant minimum<sup>29</sup>.

Chaque Villageois dispose d'un solde qui définit ce dont il dispose pour se nourrir. Si le solde individuel devient négatif, l'entité disparaît.

Pour la redistribution de nourriture au sein de chaque famille, à chaque pas de temps, chaque Adulte hiérarchise les membres dépendants de sa famille présentant des déficits alimentaires selon la distance « sociale » avec lui-même : le chef de famille nourrit dans l'ordre de leurs rangs les hommes, puis sa ou ses femmes, puis les autres femmes mariées, puis les jeunes femmes non mariées (ses filles ou petites-filles adultes !) et enfin les enfants. Conservant une réserve personnelle équivalente à un an de nourriture<sup>30</sup>, il redistribue l'équivalent de ce déficit, pour autant qu'il en dispose. Sinon, il redistribue ce qu'il peut.

### 2.3 Les deux scénarios de simulation : indicateurs & présentation

Les différences entre les deux scénarios sont présentés sur le tableau 2.

	scénario unitaire (SU)	scénario non coopératif (SNC)
Condition de mariage	Le douaire est payé par le chef de famille, en général le père	Le douaire est payé par le jeune homme seul
Redistribution de nourriture	L'ensemble des revenus revient au chef de famille qui, ensuite, les redistribue <sup>31</sup> . Par conséquent, lors de sa mort, le revenu familial disparaît avec lui.	Les revenus sont individualisés mais une part va au « grenier familial », disponible à la demande de chaque membre de la famille <sup>32</sup>
Disponibilité pour l'exode	Le chef de famille définit ses besoins en main d'œuvre pour chaque étape du cycle agricole. Il peut seul alors donner son autorisation à un « jeune » pour un départ précoce en exode	Le « jeune » se donne le droit de partir en exode pendant le cycle agricole dès lors qu'il y a un aîné de plus haut rang.
Extension des champs	Les familles n'explorent pas et les champs s'étendent en fonction des besoins familiaux	La transmission est assurée pour l'héritier direct, les autres ne peuvent qu'aller s'installer ailleurs

Tableau 2. Les hypothèses qui définissent les deux scénarios

40 Villageois sont créés dans l'espace terroir initialement défini, tous adultes, avec un âge compris entre 17 et 55 ans. Chacun se voit attribuer un sexe et un

<sup>29</sup> Au moins le prix de l'aller retour pour l'exode : 2\* 30 000 F CFA.

<sup>30</sup> Cette convention artificielle permet d'éviter la mort incohérente d'adultes ; d'autre part, la commensalité observée dans les villages nous suggèrent qu'il y a une préférence accordée aux éléments productifs les plus forts: les hommes mangent seuls avant les femmes, qui, elles-mêmes, nourrissent les bébés puis laissent le reste aux jeunes.

<sup>31</sup> Ainsi, les revenus du maraîchage dans le cas du modèle collectif reviennent uniquement à la Femme et ses dépendants, quand, dans le modèle unitaire, ces revenus reviennent à l'Homme chef de famille.

<sup>32</sup> La redistribution se limite aux dépendants de chaque actif dans la famille. Mais cela signifie qu'un individu ne pouvant nourrir tous ses dépendants peut alors « faire appel » au chef de famille ou toute personne de rang supérieur dans la famille pour compenser, mais pour ce seul tour uniquement.

lignage<sup>33</sup>, crée une famille à son nom, dont il devient naturellement chef de famille.

Chacun s'approprie une propriété d'un seul tenant, variant aléatoirement pour chaque Villageois entre 3 et 5 parcelles de taille identique. Ce nombre évoluera par la suite en fonction de la main d'œuvre dont dispose le Villageois et peut donc s'étendre en fonction de la taille de la famille.

Nous avons conduit des séries de 15 simulations, chacune correspondant à une période de soixante ans (soit deux générations) soit 3120 pas de temps. Les résultats présentés sont des moyennes avec lissage par élimination des quelques simulations- catastrophes (sécheresses et effondrement de la population, répartition des sexes hors norme). Les observations se feront toutes à deux échelles, celle du village dans son ensemble et au niveau des familles.

## 3 RESULTATS

Ces enquêtes n'ont porté que sur une année, l'année 2005, particulièrement difficile à l'échelle du pays mais particulièrement favorable sur la zone d'étude. Par conséquent, la validation du modèle actuel concerne les résultats à l'échelle du village des deux types de modèles familiaux par rapport au terrain et les résultats des deux types de modèles entre eux, au niveau des individus et du village.

### 3.1 Critères de validité du modèle

Les deux scénarios ont des taux de croissance de population moyens différents, passant en soixante ans de 40 habitants à 472 habitants ( $\pm 240$ ) pour le scénario « unitaire », et à 176 habitants ( $\pm 81$ ) pour le scénario « non coopératif » soit respectivement un taux de croissance moyen de 3,91% / an et de 2,19% / an. Le Recensement Général du Niger (RGPH) nous indique des taux de croissance de 3,44% par an sur la période 1977-1988 et 2,75%/an sur la période 1988-2001 pour la région de Tillabery mais au sein de celle-ci, 2,3% pour le département de Kollo, qui comprend notre zone, sur cette période.

Loireau-Delabre (1998) étant actuellement la référence de l'évolution historique de la zone d'étude, nous comparons l'évolution du rapport brousses - cultures (en éliminant les plateaux, non cultivés), issues d'interpolations de photos aériennes (1950, 1975, 1992) ( $R^2 = 0,79$ ) avec les résultats de simulation de notre modèle, le tableau 3 :

	Données Loireau-Delabre	SNC	SU
Les deux périodes	2,22% par an	2,32% par an	3,68 % par an
1 <sup>ère</sup> période (1950-1972)	3,91% par an	2,45 % par an	3,35 % par an
2 <sup>ème</sup> période (1973-1993)	1,65% par an	2,18% par an	4,03 % par an

Tableau 3. Taux de croissance annuels des surfaces mises en culture entre les deux scénarios et les données interpolées de Loireau-Delabre (1998)

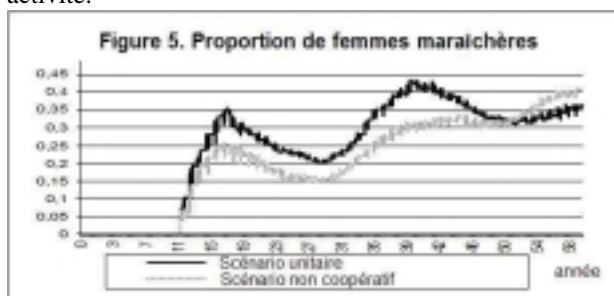
<sup>33</sup> Au hasard pour chaque villageois, ce qui fait qu'au départ d'une simulation, il peut y voir par exemple plus (ou moins) d'hommes que de femmes, ou les lignages peuvent avoir des tailles différentes.

Les données de Loireau-Delabre indiquent une diminution du taux de croissance des surfaces cultivées, à l'instar de nos résultats de simulation du SNC. Le SU indique une croissance des surfaces. Nous pensons qu'il s'agit de deux phénomènes différents : Loireau-Delabre lie cette diminution aux moindres surfaces défrichables disponibles. Dans nos simulations, les villageois disposent encore de beaucoup de place. Le SNC voit sa population diminuer par des contraintes sociales : la disparition de fait de l'aide dans l'établissement des jeunes familles. Cependant, cette règle pour cette simulation est issue d'observations lors de nos enquêtes : elle s'observe dans certains familles particulièrement pauvres en terres et/ou en main d'œuvre ou ayant eu récemment des années (et des récoltes) difficiles. On peut dès lors envisager qu'elles sont les précurseurs d'une situation future, où les contraintes foncières seront généralisées et beaucoup plus fortes, comme le décrit Yamba (2005) pour la région de Maradi.

Le taux de croissance des surfaces mises en culture varie ainsi d'une période à l'autre : les résultats du SU correspondent mieux aux valeurs de Loireau-Delabre pour les premiers 20 ans, alors que le SNC correspond mieux aux résultats de la deuxième période.

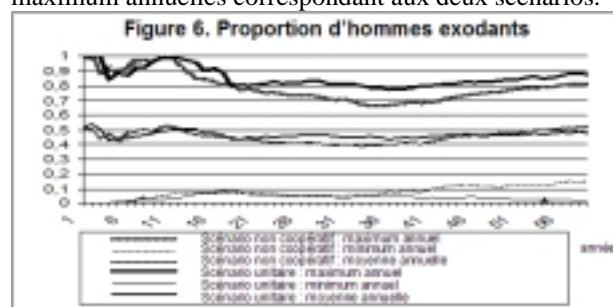
### 3.2 Mil comme base, les autres activités comme nécessaires

La pratique du maraîchage (figure 5) augmente avec les générations : cependant, cette activité est fortement affectée dans les deux scénarios par l'effet générationnel : la nécessité de disposer de main d'œuvre féminine ne rend possible cette activité qu'au bout d'une douzaine d'années. Au-delà de cet aspect générationnel, on peut noter que la pratique de cette activité s'étend moins vite, voire se réduit dans le SU : comme les belles-filles doivent travailler dans le jardin de leurs belles-mères, le nombre de maraîchères se réduit. Dans le SNC, la dispersion de la population en jeunes et petites familles réduit quelque peu l'accessibilité à cette activité.



La proportion d'hommes partis en exode reste à peu près constante, autour de 50% (figure 6). Entre la 20<sup>ème</sup> et la 45<sup>ème</sup> année de simulation, de nombreuses jeunes familles de deuxième génération sont créées mais leurs enfants ne sont pas encore adultes. Dans le SNC, les hommes de ces familles, seuls à travailler dans leurs champs et ne pouvant faire appel à qui que ce soit, doivent rester au village, ce qui explique le creux observé dans la proportion d'hommes en exode pendant

cette période, représentés par les deux courbes de valeur maximum annuelles correspondant aux deux scénarios.



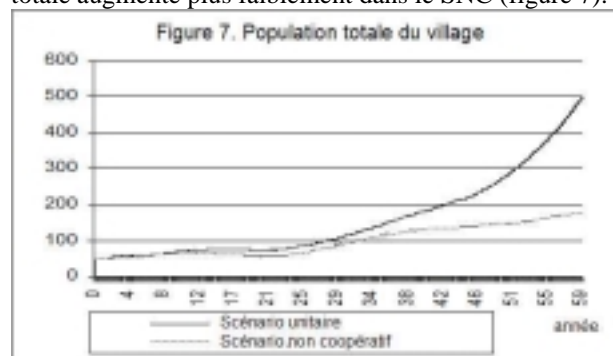
D'autre part, dans les deux scénarios, les courbes de valeur minimum annuelles nous indiquent qu'une certaine partie des hommes restent en exode et ne reviennent pas chaque année, et ce, en particulier dans le SNC (voir \* sur la figure) : il s'agit chaque année du groupe d'hommes, jeunes en général, qui, à la fin de la saison sèche, n'ont pas ramené suffisamment d'argent. Il s'agit d'un enchaînement régulier de circonstances : leurs inexpériences de l'exode et donc leurs plus faibles gains les obligent à rester au moins une fois l'année entière en exode.

Comme condition essentielle d'accès à la terre est le mariage, le nombre d'hommes dont l'exode dépasse la saison s'accroît avec le nombre de jeunes arrivés à l'âge adulte. L'âge moyen au mariage est ainsi de 17,4 ans ( $\pm 0,3$ ) pour le SU, contre 20,6 ans ( $\pm 1,1$ ) pour le SNC. Ainsi, la règle proposée de départ anticipé pendant la saison de culture pour le SNC n'a que peu de force : comme les hommes dans ce scénario prennent rapidement leur indépendance, la relation lâche telle que décrite ne joue que le temps où le jeune n'est pas encore marié car il n'a pas alors accumulé suffisamment d'argent par l'exode. Les hommes mariés partent certes en exode mais ils y restent moins longtemps comme l'indique le tableau 4.

	Hommes mariés	Hommes célibataires
SU	25,4 semaines	38,7 semaines
SNC	31,7 semaines	40,2 semaines

Tableau 4. Temps d'exode selon le groupe social et le scénario

Finalement, vu l'effet retard sur le mariage qu'entraîne l'exode comme seule ressource alternative, la population totale augmente plus faiblement dans le SNC (figure 7).



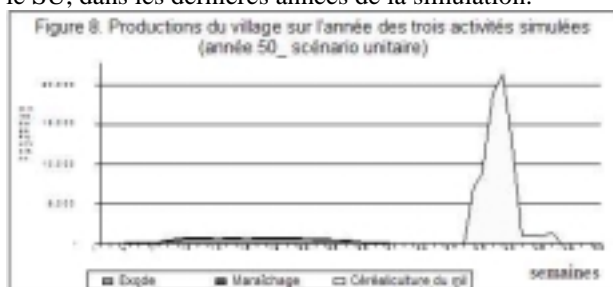
Comme l'indique le tableau 5, les activités simulées ont des parts fort différentes dans la survie des villageois : le modèle unitaire donne quelque peu une part plus

importante à la céréaliculture, vu les règles de départ en exode.

	Céréaliculture	exode	maraîchage
SU	86,2%	11,7%	2,1%
SNC	80,3%	16,9%	2,8%

Tableau 5. Part de chacune des activités simulées dans les revenus villageois

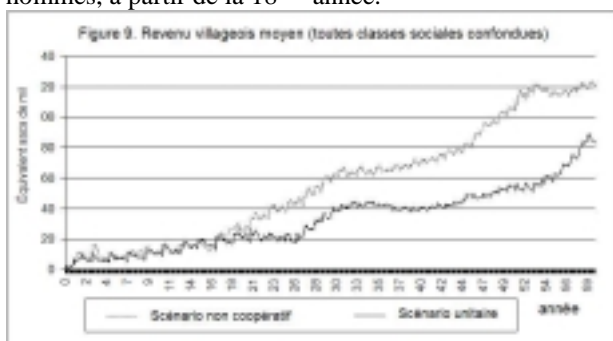
Au niveau annuel, l'organisation séquentielle des activités (maraîchage puis agriculture, suivi en se chevauchant quelque peu de l'exode) est un avantage indéniable pour la survie des populations pour les deux scénarios. La figure 8 présente un exemple de la répartition dans le temps de ces sources de revenus pour le SU, dans les dernières années de la simulation.



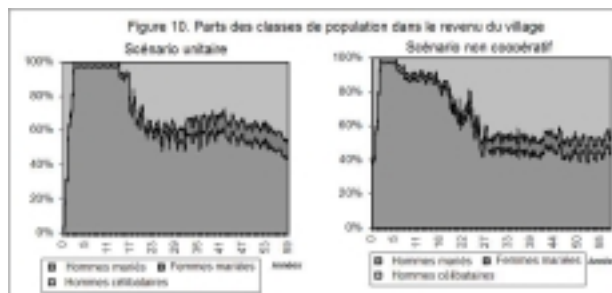
Ainsi, en terme de mise en place des activités économiques, la concentration du pouvoir aux mains du chef de famille, responsable de la céréaliculture, donne à celle-ci une part légèrement plus forte.

### 3.3 Plus de nourriture, mais autant pour chacun

Le solde moyen des villageois dans les deux scénarios est présenté par la figure 9 : les deux scénarios présentent ainsi finalement un niveau de revenu qui se différencie progressivement, avec un avantage pour le SNC, du fait d'une meilleure adéquation entre surface et population et d'un plus long temps en exode des hommes, à partir de la 18<sup>ème</sup> année.



Cependant, les deux scénarios se différencient dans la répartition des revenus sur l'ensemble de la simulation, et ce, selon les quatre groupes stratégiques définis à partir du terrain selon les deux critères sexe et part de responsabilité. La figure 10 nous montre cette organisation du niveau de solde de chacune de ces grandes classes, revenus qui combinent les gains dus aux productions mais aussi les effets des redistributions :



1. La source principale de revenus provient des hommes mariés par l'association céréaliculture - exode. Pour cette classe, c'est bien la céréaliculture la plus grande source de revenus mais cette production n'est pas négociable : elle est destinée entièrement à être consommée.

2. La part des femmes mariées dans le revenu général, avec près de 10% dans les deux scénarios par le fait unique du maraîchage, est loin d'être négligeable. Sans cette activité, elles seraient dans la même situation « instable » que les femmes non mariées. L'apport dans l'année de ce complément est situé « providentiellement » pour la population présente alors au village, à une période de creux, entre avril et juin, juste avant que les hommes ne reviennent de l'exode.

3. La part des jeunes hommes dans ces soldes est artificiellement gonflée : ils accumulent un revenu important pendant l'exode<sup>34</sup>, visible sur le graphe, qu'ils remettent ensuite au compte commun, à savoir le grenier familial pour le SNC ou le solde du chef de famille dans le cas du SU.

4. Enfin, les jeunes femmes non mariées ou les enfants n'y ont théoriquement aucun gain puisqu'elles ne sont pas « productrices »<sup>35</sup> selon ce modèle.

Ainsi, en comparant les deux scénarios sur le plan des activités, la conception unitaire semble plus « productive » car elle permet des mariages plus précoces en moyenne. Cette organisation sociale, en levant certains obstacles sociaux, permet une plus rapide croissance de la population et une plus grande extension des cultures. Elle entraîne cependant en moyenne un niveau de vie moyen plus faible.

### 3.4 Une hypothèse sur un changement des organisations sociales locales

On peut constater que les deux scénarios diffèrent par leurs robustesses aux conditions du milieu : La figure 11 montre ainsi la grande différence entre les deux scénarios quant à la taille moyenne des familles encore présentes dans les simulations.

<sup>34</sup> il faut également noter, que pendant l'exode, ils sont nourris sur place : leurs soldes ne font alors qu'augmenter sans consommation

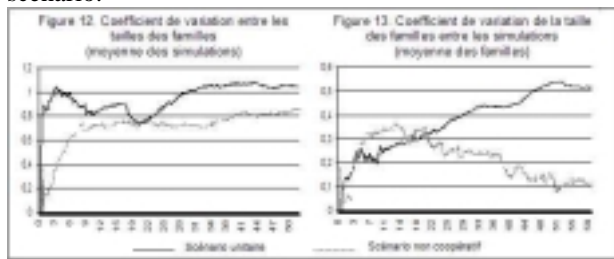
<sup>35</sup> Nous mettons des guillemets non négligeables à ce terme : la part de travail qui leur est imposée est considérable mais nous signifions par là qu'elle n'en tire aucun gain personnel.





Dans le SU, n'avoir que des filles dans une génération pour une famille signifie inéluctablement la disparition de celle-ci. Le village s'organise alors en clans énormes (jusqu'à 420 personnes !) (Figure 12). L'organisation sociale actuelle, décrite par le SNC, suggère ainsi que ce système constitue une protection contre l'absorption et la cristallisation de clans caractéristique du SU.

D'autre part et surtout, le risque de disparition pour une famille, représenté par le coefficient de variation entre les simulations réalisées (figure 13), est bien plus important dans le SU: 1/4 des simulations réalisées voient même une diminution de la population avec ce scénario.



Ainsi, selon les hypothèses envisagées dans notre modélisation, le SU est beaucoup plus risqué :

1. Le phénomène de concentration des familles rend inéluctable l'apparition de grands clans, fragilisés par le faible ratio surfaces agricoles/taille de la famille, ratio issu d'un plus haut taux de croissance démographique, pas assez compensé par l'extension des champs et des revenus de l'exode, tous deux liés au nombre d'hommes présents dans la famille.

2. La concentration du « pouvoir » de redistribution en une main crée une notion de distance entre chaque membre de la famille et le chef de famille, responsable de la distribution, distance définie par le rang de ce membre. Dans le SNC, cette distance n'existe pas. Une mauvaise année, pour des raisons diverses, peut dès lors faire effondrer les édifices familiaux dans le SU.

Nous avons introduit les coefficients de fécondité recensés par le Recensement national 2001 : dès lors, c'est l'organisation sociale du scénario qui définit le taux de croissance démographique. En terme de simulation, la comparaison des deux scénarios nous confirme que l'organisation de chacune est caricaturale<sup>36</sup> : la redistribution alimentaire n'est pas si concentrée. Cette comparaison décrit ainsi des situations extrêmes qui

encadrent la situation observée, dans l'espace et dans le temps :

1. Entre ces deux scénarios, nous pouvons considérer que l'approche unitaire est la version « productiviste » de l'organisation locale : ce type d'organisation centralisée en grands clans est plus courant au fur et à mesure que l'on descend vers le sud de l'Afrique de l'Ouest (Reardon, 1994 ; Raynault et al., 1977). L'organisation décentralisée du SNC peut alors être considérée comme l'organisation sociale certes la moins productive mais la plus robuste aux aléas, plus importants au Sahel.

2. Cette approche suggère que l'hypothèse envisagée d'une organisation décentralisée de la décision au sein des familles n'est valable que pour les années récentes. Comme Loireau-Delabre (1998) le suggérait comme perspective proche pour cette zone, nos enquêtes indiquent des taux d'émigration beaucoup plus forts que dans le passé : nous faisons dès lors l'hypothèse qu'un changement de l'organisation familiale est apparu, d'un mode en général unitaire vers l'état actuel, correspondant plus à un mode non-coopératif. (Luxereau & Roussel, 1997; Mortimore & al., 2001 d'après Raynault et al., 1977) ont décrit ce basculement au cours des années 70 pour la région de Maradi, en lien avec des facteurs que nous avons envisagé (éclatement des revenus) et certains non envisagés (islamisation et capitalisation, densité de population), le choc des grandes sécheresses de 1973 et de 1984 ayant joué le rôle de catalyseur violent. Dès lors, deux possibilités sont envisageables : Soit les règles de comportement définies lors de nos enquêtes ne sont pas valables, soit ce changement est avéré mais aucune donnée extérieure à nos enquêtes n'est disponible encore pour confirmer cette hypothèse.

#### 4 CONCLUSION

En termes scientifiques, l'intérêt de ce type de modèle est d'envisager des situations dans des conditions où l'on ne dispose pas ou peu de données, nécessaires à des modélisations basées sur l'analyse statistique. En aucun cas, les SMA ne peuvent prouver les résultats obtenus issues de simulations. Ils constituent cependant un support pour l'intégration d'informations qualitatives et une interface utile dans la présentation d'enjeux sociaux auprès de décideurs.

Cet outil permet d'envisager des situations familiales plus complexes que les hypothèses basées sur des ménages mononucléaires. Ces approches ont aussi des objectifs d'optimisation à long terme, qu'ils soient à l'échelle macro ou micro, qui ne correspondent pas aux situations observées : nos enquêtes indiquent que les villageois gèrent de fait l'immédiat.

Les deux scénarios indiquent que les activités « exode » et « maraîchage » sont loin d'être négligeables dans les revenus, en particulier dans le cas où les revenus ne reviennent pas directement au chef de famille. Nombre de projets actuellement au Niger, avec la montée de

<sup>36</sup> Il est courant que le père paie le douaire pour le fils, même si celui-ci a quitté le domicile familial. Il arrive également que le jeune ait pris des champs sans avoir à se marier, etc.

l'approche « genre » envisagent le soutien au maraîchage féminin. Dès lors, la même considération doit s'appliquer à l'exode qui ne doit plus être considéré comme un indicateur de la misère locale, mais comme la meilleure opportunité de financements pour l'investissement local.

Cependant, le contact des villages face à des institutions extérieures font apparaître des fractures politiques liées fortement au passé du village, et en particulier les appartenances lignagères définissant des attitudes face à ces nouveaux partenaires. Nos travaux futurs envisagent d'intégrer ces relations avant de mettre en contact population et agences de développement dans une simulation.

## REMERCIEMENTS

L'auteur est reconnaissant à tous les villageois interviewés. Merci au Pr. Gaspard et au Pr. Biolders (UCL) pour leurs commentaires sur le manuscrit et au Dr le Page (CIRAD-TERA) pour ses remarques quant au modèle lui-même. L'auteur remercie le Dr Gérard (ICRISAT) pour son appui scientifique et logistique. L'appui financier provient de la DGCD belge.

## 5 REFERENCES

- Ada L., et Rockström J., *Diagnostic sur le système agraire du Zarmaganda central (Niger)*, DAA, INA-PG, Paris, 1993.
- Berger T., Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis, *Agricultural Economics*, Vol. 25, Issues 2-3, 2001, pp. 245-260
- Blaizeau D. et Dubois J-L., 1990, Le ménage et les unités de collecte, in *Connaître les conditions de vie des ménages dans les pays en développement, tome 2 : Collecter les informations, chap.1 sec. 1, Min. Coop. & Dév., la Documentation française*, Paris, pp. 19-37.
- Biershenk T., Chauveau J.-P. & Olivier de Sardan J.-P., *Courtiers en développement. Les villages africains en quête de projet*. APAD-Karthala, 2000, 328 p.
- Boserup E., Evolution agraire et pression démographique, *Cambridge Geographic Studies*, 1965, 206 p.
- Bousquet F., Lifran R., Tidball M., Thoyer S., Antona M., Agent-based modelling, game theory and natural resource management issues, *JASSS* vol. 4, no. 2, 2001, 6 pp.
- Caron P., *Espaces, Elevage et Dynamique du changement : analyse, niveaux d'organisation et action : Le cas du Nordeste semi-aride du Brésil*, Thèse de Géographie Université Paris 10, 1996.
- Gastellu J.-M., Mais où sont donc ces unités économiques que nos amis cherchent tant en Afrique ? *Note Méthodologique, Cah. O.R.S.T.O.M.*, vol. XVII, nos 1-VI, 1980, 9 p.
- Lambert S. & Sindzingre A., Droits de propriété et modes d'accès à la terre en Afrique : une revue critique, *Cah. éco. & socio. rurales* Vol. 36 III, 1995, pp. 95-128
- Lambin E., Rounsevell M. & Geist H. J., Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 82, Issues 1-3, 2000, pp. 321-331.
- Loireau-Delabre, M., *Espace ressources usages, Spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien, site de Banizoumbou, Niger*, 1998, Thèse de Géographie, Université Paul Valéry Montpellier 2, Montpellier, 245 p.
- Luxereau A. & Roussel B., Changements écologiques et sociaux au Niger, eds. L'Harmattan, *études Africaines*, 1997, 239 p.
- Milleville P., Activités agro-pastorales et aléa climatique en région sahélienne, in Eldin M. & Milleville P. *Le risque en agriculture, INRA Collection A travers champs*, 1989, pp. 233-241
- Mortimore M., Tiffen M. Boubacar Y. & Nelson J., Synthèse sur les évolutions à long terme dans le département de Maradi, Niger, 1960-2000, *Drylands Research, Working Paper* 39f, 2001, 62 p.
- Paul J.-L., Bory A., Bellande A., Garganta E., Fabri A., Quel système de référence pour la prise en compte de la rationalité de l'agriculteur : du système de production agricole au système d'activités, *Cah. Rech. Dév.*, ISSN 0760-579X. 1994, vol. 39, pp. 7-19
- Radja K., *La famille dans l'analyse économique : modélisation et représentations théoriques de la famille*, Université Montesquieu Bordeaux IV – France, Doc. de travail n°25, 18 p.
- Raynault C., Grégoire E., Janin P., Koechlin J., Lavigne-Delville P. & Bradley P., *Sahels, diversité et dynamiques des relations sociétés nature*, GRID SEI Karthala eds. ISBN 2-86537-791-1, 1977, 385 p.
- Reardon T., La diversification des revenus au Sahel et ses liens éventuels avec la gestion des ressources naturelles par les agriculteurs, in, *Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano sahélienne*, Benoit-Cattin M. et al. eds FAO, CTA, CIRAD., 1994, 15 p.
- Timera, M., Les migrations des jeunes Sahéliens : affirmation de soi et émancipation, in Collignon, R. & Diouf, M. eds. *Les jeunes : hantise de l'espace public dans les sociétés du Sud ? Autrepart*, No 18, p., 2001 pp. 37-49
- Vaugelade J., Les unités collectives dans les enquêtes statistiques africaines : pour la traduction et pour l'utilisation du concept de ménage agricole, *Cah. Sci. Hum.* 27 (3-4) 1997, pp. 389-394
- Yamba B., *Observatoire de Maradi-Mayahi-Dakoro, Rapport de caractérisation*, Rép. Du Niger, Min. de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification, 2005, 171 p.