

L'APPORT DE LA CARTOGRAPHIE PARTICIPATIVE POUR REPRESENTER LES TERROIRS AGRICOLES AU MALI

par Souleymane Traoré

Département de Géographie, Faculté d'Histoire et de Géographie, USSGB, Bamako, Mali,
Institut d'Economie Rurale (IER), Laboratoire Sol, Eau, Plantes. BP 262 CRRA Sotuba, Bamako, Mali.
sstraore@yahoo.fr

et Marjorie Le Bars

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR GRED, Université Paul-Valéry Site Saint-Charles UMR
GRED Route de Mende 34199 Montpellier Cedex 5 France.
marjorie.le-bars@ird.fr

Les connaissances des terroirs villageois et des types d'occupation des terres sont primordiales pour comprendre les dynamiques spatiales et permettre une gestion concertée des ressources. Pour avoir une vision partagée du terroir et de son évolution, il est nécessaire de construire cette représentation avec les acteurs locaux. Dans de nombreux cas, la carte est construite au préalable sans interaction avec les acteurs concernés. Dans cet article, nous présenterons une démarche de co-construction cartographique pour la conception d'un modèle de simulation dynamique pour une gestion concertée des ressources villageoises. Ce travail est basé sur la cartographie participative afin de faire ressortir les éléments constituant le terroir. A partir d'un jeu d'acteurs ce travail a permis de représenter la dynamique agricole en zone cotonnière au Mali en tenant compte des choix des cultures, du type de sol et de la rotation culturale. Les résultats issus de la cartographie participative et du jeu d'acteurs ont été combinés aux images Landsat pour établir une carte d'occupation finale du terroir en utilisant la méthode d'interprétation visuelle à l'écran.

Introduction

Les connaissances des terroirs villageois et des types d'occupation des terres sont primordiales pour comprendre les dynamiques spatiales et permettre une gestion concertée des ressources. La carte apparaît donc comme un outil de premier choix pour une discussion entre acteurs car elle permet de représenter un environnement en un temps donné. Depuis des décennies la carte est utilisée par les chercheurs comme un moyen de discussion avec les acteurs locaux pour les questions de gestion des ressources partagées. Ainsi, dans le souci d'avoir une vision partagée du terroir et de son évolution, il est nécessaire de construire cette représentation avec les acteurs locaux. Traditionnellement la carte est construite sans interaction préalable avec les acteurs concernés.

Dans un contexte de gestion communautaire des ressources, la cartographie participative apparaît comme un outil de facilitation et de discussion avec les acteurs de différents horizons. Une cartographie participative est un type particulier de cartographie qui, réalisée par les communautés locales, permet une

représentation de leur territoire et permet ainsi de faire émerger les savoirs traditionnels et certaines questions qui échappent aux enquêtes traditionnelles (Burini 2008).

Aussi, le jeu de rôles est un outil qui va aider à obtenir la représentation des parties prenantes. Cet outil a été utilisé par beaucoup d'auteurs pour comprendre les prises de décisions individuelles ou collectives autour d'une ressource partagée (Barreteau *et al.* 2001; Castella *et al.* 2005; Ayadi *et al.* 2014). Il permet surtout de faire ressortir les règles qui régissent les décisions individuelles et collectives en observant les comportements des joueurs (Bousquet *et al.* 2002).

A partir du jeu de rôles, il est ensuite possible de modéliser les comportements observés et les stratégies retenues par la modélisation multi-agents. Cette approche de modélisation à base d'agents a apporté une vision innovante de la modélisation et de la simulation aux sciences de l'environnement en offrant l'opportunité de représenter directement les individus, leurs comportements et leurs interactions simultanément (Ferber 1995) dans leur environnement.

Dans cet article, nous explorons la synergie entre les cartes des acteurs et les cartes des « spécialistes » jusqu'à obtenir un modèle à partir duquel nous avons envisagé des simulations dynamiques, ceci pour une meilleure cartographie des ressources villageoises à travers le couplage de plusieurs techniques comme la cartographie participative et le jeu de rôles.

Matériel et méthodes

Zone d'étude : terroir de Ziguéna en zone sud du Mali

Ce travail a été effectué dans le terroir de Ziguéna en zone soudanienne du Mali. Le terroir est situé entre les longitudes 5°50'' et 5°55'' Ouest et les latitudes 11°35'' et 11°41'' Nord avec une surface de 69 km² (fig. 1). Son climat est de type soudanien avec des moyennes annuelles de pluie oscillant autour de 922 mm (Ballo *et al.* 2009). Son relief est relativement accidenté avec des plateaux cuirassés principalement dans la partie sud-ouest du terroir. Sa végétation naturelle est dominée par les savanes et riche en essences floristiques. Le terroir est drainé par deux rivières qui alimentent un important bas-fond d'inondation dans la partie nord du terroir. Le village de Ziguéna abritait une population de 1221 habitants selon les résultats du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH 2009). Cette population est majoritairement composée de Senoufo, Minianka, Bobo (agriculteurs), et Peulh (éleveurs). L'agriculture qui porte en grande partie sur le coton, le mil, le maïs, le riz et la pomme de terre constitue l'activité dominante de la population.

La démarche adoptée a consisté à faire un diagnostic territorial à travers (i) une cartographie participative du terroir et des ressources, (ii) une collecte des données socio-économiques lors d'une enquête exhaustive, (iii) le développement d'un jeu de rôles pour comprendre les prises de décisions des acteurs et enfin (iv) le développement d'un modèle multi-agents pour représenter et simuler les dynamiques du terroir agricole en fonction des différents choix des agriculteurs et des contraintes identifiées lors du jeu de rôles.

Elaboration de la carte des ressources

L'élaboration de la carte du terroir a favorisé la représentation du milieu de vie des communautés locales. Les populations ont commencé à tracer les voies d'accès (routes et pistes) et aussi les cours d'eau qui traversent le terroir (fig. 2). Ces éléments constituent des facteurs d'orientation. Ce travail a aussi permis de dégager le terroir villageois, d'identifier et de cartographier les ressources. L'animation des discussions était assurée par l'équipe de chercheurs et un membre de la communauté locale a procédé à la matérialisation des éléments sur un tableau utilisé à cet effet. Le papier affiché sur un tableau permet de montrer avec précision des points cardinaux devant tous les participants. Le terroir est ensuite divisé en unités homogènes en fonction de leurs connaissances et des usages. Les caractéristiques de chaque unité: types de sols, aptitudes culturelles, les contraintes, les usages culturels, les principales cultures et le calendrier d'utilisation sont discutés. Enfin une visite de terrain a complété le travail. Durant cette opération les limites exactes du terroir ont été matérialisées au GPS.

Enquêtes socio-économiques

Les données socio-économiques proviennent de l'enquête exhaustive conduite dans le village en 2015. A cet effet un questionnaire avec divers paramètres à informer sur la structure de la famille, les moyens de productions et les ressources a été adressé à chacun des 66 chefs d'exploitation que compte le village. Les résultats ont été saisis dans une base de données et analysés à l'aide des méthodes de statistiques descriptives.

Développement d'un jeu de rôle

Dans le but de comprendre la décision individuelle et collective afin d'introduire la dynamique dans la zone de culture, une session de jeu de rôles a été initiée en octobre 2016 à Ziguéna. Pour cet exercice, les acteurs ont été regroupés en fonction des trois types définis selon la typologie. Le tableau 1 montre les caractéristiques socio-économiques des trois types d'exploitations identifiées.

Type	Nbre Personnes	Superficie moyenne en ha					UBT	Revenu moyen (CFA)	
		Coton	Maïs	Sorgho	Mil	Jachère*		Global	Actif
1	33	11,4	6,1	2,3	0,8	1,8	39,5	5 714 632	255 215
2	17	4,0	3,2	1,6	0,8	1,6	9,0	2 356 892	231 292
3	9	0,5	1,4	1,3	0,2	0,8	3,8	885 738	154 181

* Jachère ici inclut les superficies des autres cultures de l'exploitation autres que celles énumérées dans le tableau, UBT : Unité Bétail Tropical

Tableau 1 : Typologie des acteurs et leurs attributs

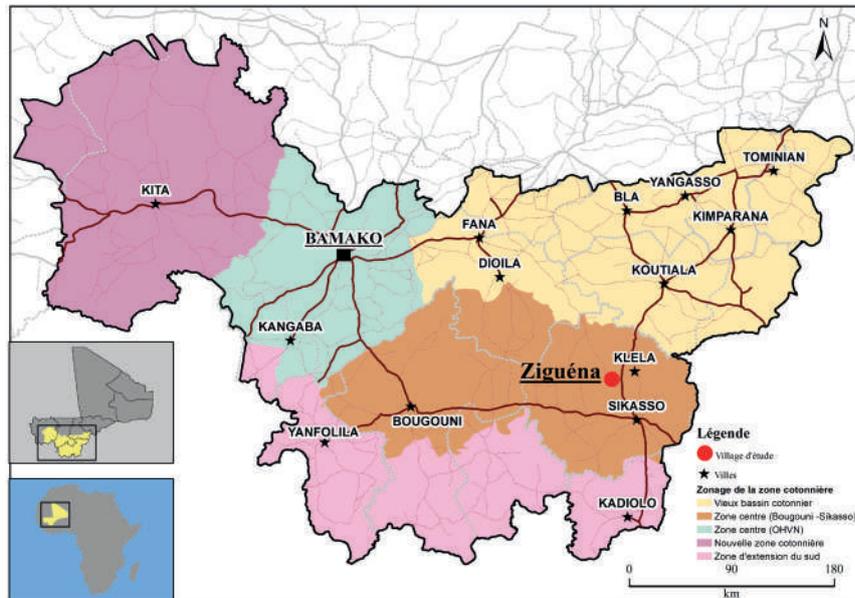


Figure 1: Localisation du site d'étude (d'après Ballo et al. 2016)



Figure 2 : Séance d'élaboration de la carte des ressources : (A) un participant dessinant la carte et (B) les participants à la session

Situation du climat et Fertilité	Impact sur le rendement
Climat bon + Fertilité 1	Pas d'augmentation
Climat bon + Fertilité 2	Augmente de 200 kg/ha
Climat bon + Fertilité 3	Augmente de 500 kg/ha
Moyen + Fertilité 1	Situation stable
Moyen + Fertilité 2	Augmente de 100 kg/ha
Moyen + Fertilité 3	Augmente de 200 kg/ha
Mauvais + Fertilité 1	Diminue de 400 kg/ha
Mauvais + Fertilité 2	Diminue de 200 kg/ha
Mauvais + Fertilité 3	Pas de diminution

Tableau 2 : Attributs des cultures en fonction du climat et de la fertilité

La figure 3 montre la table de jeu et les participants lors de cette session. Sur la représentation schématique du terroir, chaque groupe selon les types a placé librement les parcelles et ensuite chaque groupe d'agriculteurs a choisi ses cultures et disposé celles-ci sur le plateau. Chaque type avait pour objectif de reproduire le système cultural du village sur les différentes saisons culturales (hivernage, contre-saison froide, contre-saison chaude).

Variation des attributs des cultures en fonction du climat et de la fertilité

Le climat est présenté comme un phénomène aléatoire qui a un impact sur la productivité de la parcelle. Le Tableau 2 présente les variations de production des parcelles en fonction du climat. Par exemple un bon climat avec un niveau de fertilité permet d'augmenter le rendement moyen à l'hectare de 500 kg tandis qu'un mauvais climat avec le même niveau de fertilité n'a pas d'impact sur le rendement moyen du champ.

La modélisation multi-agents comme outil de création de la dynamique

La dynamique dans la parcelle de ce présent travail est implantée sur la plateforme Netlogo. La figure 4 montre le diagramme de classe qui décrit la structure du système c'est-à-dire les classes et leurs relations. Dans le cadre de ce travail les différentes classes définies ont été regroupées en trois (3) compartiments: « processus climatique », « gestion individuelle », « gestion communautaire ». Le terroir est représenté par un ensemble de parcelles qui sont couvertes de végétation, de cours d'eau ou de cultures. Le terroir a aussi des caractéristiques physiques qui sont les types de sol et les unités de toposéquence qui peuvent plus ou moins influencer la décision des communautés locales dans la mise en cultures de parcelles ou l'installation d'une culture spécifique (processus biophysique). Le terroir est soumis à l'exploitation des communautés locales qui ont des modes d'utilisations individuels (gestion individuelle) qui sont souvent différents et influencés par des facteurs endogènes ou exogènes surtout climatiques (processus climatique). Le chef de village est le « *propriétaire des terres* » du terroir, de ce fait il peut réguler certaines actions infidèles par son pouvoir comme interdire d'installer les parcelles de cultures sur des parcours, etc.

Résultats

La carte de terroir villageois, révélateur des usages

La construction de la carte du terroir avec les agriculteurs a été un des moments les plus forts des

travaux de terrain. Les agriculteurs ont commencé à formaliser leur terroir à travers les voies d'accès (routes et pistes) et les cours d'eau qui traversent le terroir. Ces éléments constituent des facteurs d'orientation. Ce travail couplé aux données spatialisées dont nous disposons sur le village a permis de dégager les limites du terroir et de dresser la carte des ressources. La carte de la figure 5 montre l'étendue spatiale des différences qui sont la savane boisée, la savane arborée, la forêt galerie, la savane arbustive ou bowal, la zone agricole pluviale, la zone agricole de bas-fonds, la mare.

Si la carte participative se présente comme étant le fruit d'une concertation de tous les acteurs du village, il faut quand même savoir que tous les participants n'ont pas le même niveau d'implication dans son élaboration comme le soulignent Cormier-Salem et Sané 2017. Les participants invités à participer au processus étaient constitués d'hommes et de femmes, de tous âges et de toutes catégories sociales en plus des chercheurs. La présence de ces derniers a permis de prendre en compte aussi les aspirations des groupes qui sont jusque-là marginalisés du fait de leur statut social. Ce qui a permis d'avoir un consensus pour l'élaboration de la carte finale.

Les acteurs et la gestion des ressources

Les focus de discussion en groupe ont permis d'identifier quatre types d'acteurs dans le terroir de Ziguéna. Il s'agit principalement du chef de village, des autochtones, des allochtones et des femmes. Ces quatre types ont des rôles différents dans la gestion des ressources. Le chef de village exerce un droit de propriété sur toutes les terres du village. Il donne et refuse la terre aux autres acteurs en fonctions de critères coutumiers dont il est le seul garant. L'autochtone est la seconde catégorie d'acteur qui aussi exerce un droit de propriété sur le domaine qui lui est attribué par le propriétaire terrien mais qui est soumis au respect des critères coutumiers. L'allochtone est la troisième catégorie qui a des droits limités sur les ressources. L'allochtone accède à la terre par l'intermédiaire d'un autochtone qui peut lui prêter une portion de sa surface ou auprès du propriétaire terrien. Dans tous les cas ce dernier ne peut léguer cette terre à ses descendants, ni planter un arbre et est soumis au respect des règles coutumières du village. Les femmes constituent le dernier acteur. Comme les allochtones, les femmes n'ont aucun droit sur les ressources et sont obligées d'emprunter des terres à leurs maris pour les champs de condiments. D'une manière générale et dans le village, les emprunts de terres sont possibles entre autochtones, dans la mesure où l'emprunteur n'a pas le droit de planter des arbres sur la parcelle de terre empruntée. Ces transactions se font toujours sous la tutelle du chef de village en vue de prévenir les problèmes dans l'avenir.

Les acteurs et leurs parcelles de cultures

Afin de représenter la dynamique dans les parcelles pour modéliser les prises de décision individuelles et collectives, les acteurs ont été placés dans leurs champs individuels. La taille des champs de chaque individu correspond au champ initial issu des résultats d'enquêtes. La figure 6 montre les exploitations dans leurs champs (A) et les cultures (B) dans les parcelles au moment de l'initialisation. En rappel seules quatre cultures (coton, sorgho, mil et maïs) sont considérées. Le système de rotation et les techniques agricoles de tel ou tel exploitant permettent d'augmenter ou de diminuer la fertilité du champ et agit sur la production de l'année suivante.

La performance des revenus

La performance des types d'agriculteurs est testée en utilisant deux scénarios : le scénario non climatique et le scénario climatique. Dans le scénario climatique, le climat a un impact sur la production. La figure 7 montre l'évolution de revenus simulés sur 10 ans. Il peut être constaté que le type 1 est le plus performant en terme de revenu moyen par personne dans le ménage. Le revenu moyen par personne varie entre 140 000 FCFA (214 euros) et 180 000 FCFA (275 euros) sur la durée de la simulation. Le revenu moyen par personne varie beaucoup plus pour les types 2 et 3 et fluctue entre 80 000 FCFA (122 euros) et 160 000 FCA (244 euros) selon les années pour le type 3 et entre 80 000 FCFA (122 euros) et 140 000 FCFA (214 euros) pour le type 2.

La figure 8 montre la performance des types d'agriculteurs dans le scénario climatique à travers l'évolution des revenus globaux sur quatre campagnes. Les paysans du type 3 se montrent plus performants secondés par ceux du type 2 durant la durée de la simulation. Les paysans du type 3 sont moins performants et très sensibles à un choc climatique comparé aux deux autres. Ce phénomène a été déjà remarqué par les communautés locales elles-mêmes qui évoquent plusieurs raisons comme l'étendue non contrôlée des champs et la précarité des saisons.

Conclusion

Cette communication présente la démarche de cartographie des acteurs aux spécialistes. Le travail a utilisé plusieurs méthodes afin de reproduire le terroir, représenter les ressources jusqu'à la création de la dynamique dans les parcelles agricoles. Les résultats ainsi présentés montrent l'efficacité de la méthode retenue pour favoriser les discussions entre différents acteurs spécialistes et non spécialistes de la carte. Ceci a permis de mieux représenter le terroir avec ses différentes composantes telles que les ressources et leurs utilisations que la cartographie classique aurait probablement omis. Les résultats ont aussi permis d'ouvrir un débat entre différents acteurs après la simulation des revenus des acteurs en comparant leurs performances à travers le scénario climatique et le scénario non climatique. Des recherches complémentaires dans ce domaine sont donc nécessaires pour clarifier cette situation.

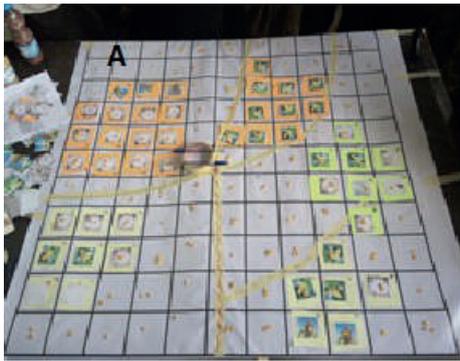


Figure 3 : Table de jeu (A), participants à la session du jeu de rôles à Ziguéna (B)

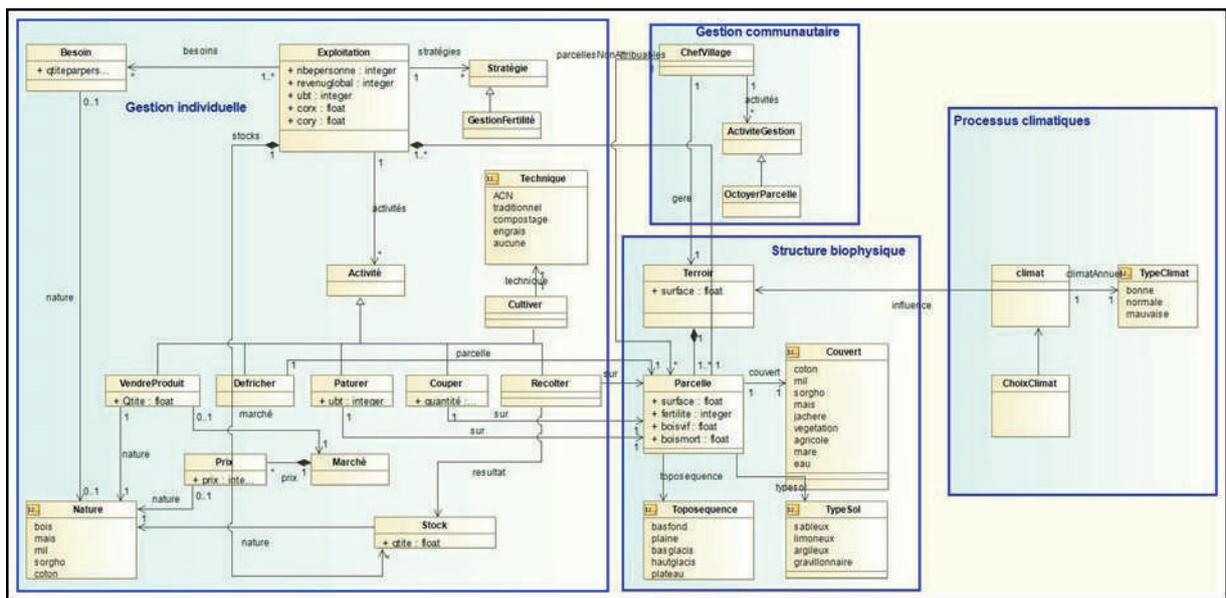


Figure 4 : Diagramme de classes

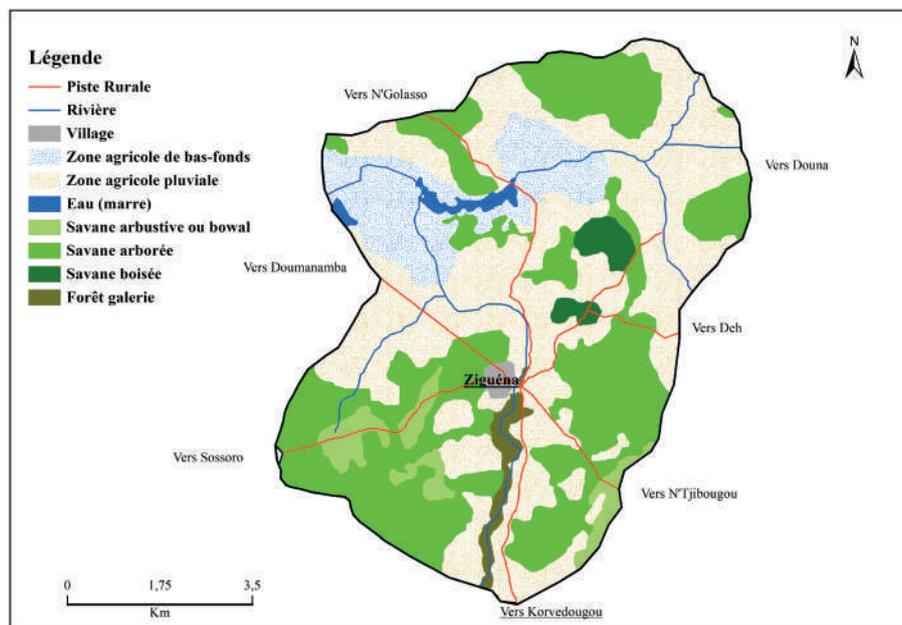


Figure 5 : Carte des ressources de Ziguéna

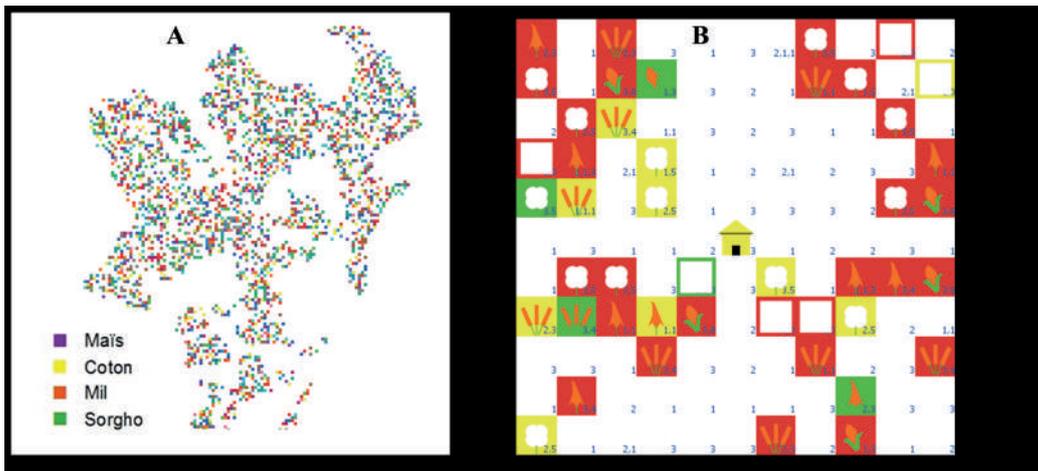


Figure 6 : Les exploitants dans leurs champs (A) et les cultures dans les parcelles vues de près (B)

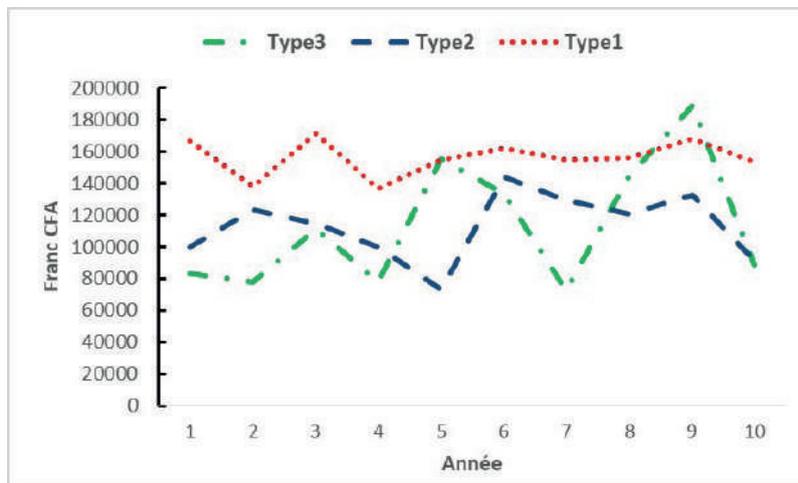


Figure 7 : Evolution des revenus pour les trois types d'agriculteurs (scénario non climatique)

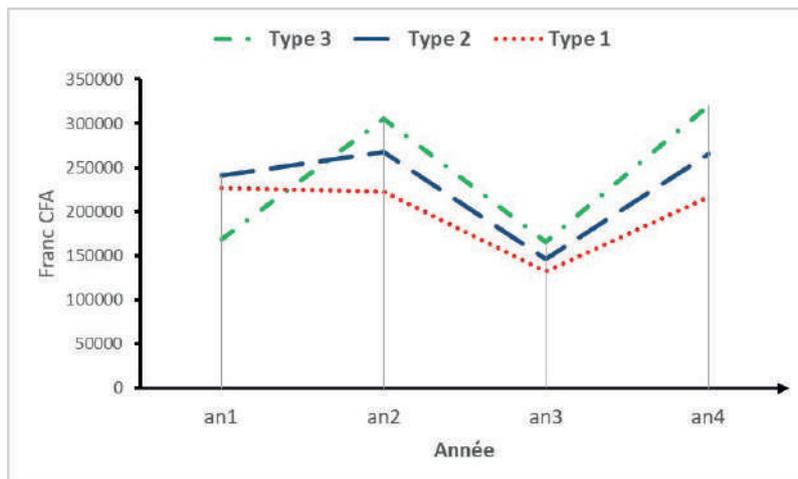


Figure 8 : Evolution des revenus pour les trois types d'agriculteurs (scénario climatique)

Bibliographie

- Ayadi H., Le Bars M., Le Grusse Ph., Mandart E., *et al.*, 2014, « SimPhy: a simulation game to lessen the impact of phytosanitaires on health and the environment-the case of Merja Zerga in Morocco », *Environmental Science and Pollution Research*, n°21, p.4950-4963.
- Ballo A., Traoré S.S., Coulibaly B., Dembélé S., *et al.* 2016, « Pressions anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le terroir de Ziguéna, zone cotonnière du Mali », *European Scientific Journal*, vol.12, n°5, p90-99.
- Barreteau O., Bousquet F., Attonaty J.-M., 2001, « Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation.*, vol 4, n°2 . <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/4/2/5.html>>
- Bousquet F., Barreteau O., d'Aquino P., Etienne M., *et al.*, 2002, « Multi-agent systems and role games: an approach for ecosystem co-management », dans Janssen M. A. (éd), *Complexity and ecosystem management: the theory and practice of multi-agent systems*, Arizona State University, p 248-285.
- Burini F., 2008, La cartographie participative et la pratique du terrain dans la coopération environnementale: la restitution des savoirs traditionnels des villages de l'Afrique subsaharienne. A travers l'espace de la méthode: les dimensions du terrain en géographie , Thèse de Doctorat, Université d'Arras, France.
- Castella J.-C., Trung T. N., Boissau S., 2005, « Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system », *Ecology and Society*, vol. 10, n°1, 27.
- Cormier-Salem M.-C., Sané T., 2017, « Définir un cadre méthodologique commun en cartographie participative », *Revue d'ethnoécologie*, 19p.
- Ferber J., 1995, *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*. Paris, Inter-Editions.
- Girard M., 1995, « Apport de l'interprétation visuelle des images satellitaires pour l'analyse spatiale des sols, un exemple de la région de Lodève », *Etude et Gestion des Sols*, vol 2, n°1, p.7-24.
- RGPH, 2009, 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Résultats Définitifs Tome 0 : Répertoire des villages, INSTAT-Mali, 318p. http://www.instat-mali.org/contenu/rgph/repvil09_rgph.pdf