De l'enquête à la modélisation rétro-prospective (2001-2015) de la déforestation de la Forêt Classée du Haut Sassandra dans un contexte de conflit armé (Côte d'Ivoire)

Julien Andrieu, Sabas Barima, Diego Moreno, Matthieu Vignal, Roger Zerbo

Université Nice Sophia Antipolis, UMR ESPACE

Introduction

L'Afrique de l'ouest a connu, depuis plus de deux décennies, un certain nombre de conflits armés (Annan, 2014) dont celui en Côte d'Ivoire, du début des années 2000 à l'année 2011. Durant ces conflits, d'importants mouvements de populations fuyant les zones de combat ont été observés dans le Haut Sassandra (UNHCR, 2014). Cette période a également coïncidé avec un afflux de populations des pays voisins (principalement de l'hinterland) vers les zones forestières de la Côte d'Ivoire. Les zones forestières parfois très denses ont été utilisées comme des refuges des populations faces aux assauts des parties en conflit, et comme des espaces propices à la recherche des moyens de substance. Des populations immigrées du Burkina Faso dont le savoir-faire repose essentiellement sur la pratique de l'agriculture ont, en particulier, infiltré la Forêt Classée du Haut-Sassandra (FCHS), en quête de terres propices à la culture de produits d'exportation, principalement du café et du cacao (Babo, 2010).

Avant le début des conflits en Côte d'Ivoire, la Forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS) était l'une des aires protégées pilotes du pays. Celle-ci comportait une mosaïque de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis spp*. et *Triplochitons scleroxylon,* ou à *Aubrevillea kerstingii* et *Khaya grandifoliola* et de savanes (Oszwald, 2005 ; Kouamé, 1998). La périphérie de la FCHS est occupée par des exploitations agricoles provenant des villages et des campements. Les cartes d'occupation du sol par télédétection (Kouakou *et al.*, 2015) permettent d'estimer que la forêt et la savane occupaient 94 % de la FCHS en 2001.

La crise politico-militaire a exacerbé les pressions anthropiques sur les ressources foncières en général et sur les aires protégées en particulier. Les forêts ont connu la plus forte régression en Côte d'Ivoire (Koné et *al*., 2014). Pendant les conflits, le tiers au Nord de la FCHS était situé dans la zone sous contrôle des groupements rebelles quand les deux tiers au sud étaient situés dans la zone tampon et donc hors du contrôle de l'administration gouvernementale (Kouakou *et al*., 2015). La FCHS est restée pendant cette période sans autorité forestière légale et a donc connu une interruption de ses activités de conservation. Un processus d'installation agricole dans cette forêt s'est déroulé durant cette période, il en a résulté une importante déforestation. En effet, les cartes d'occupation du sol par télédétection (Kouakou *et al.*, 2015) permettent d'estimer que la forêt et la savane occupaient 34 % de la FCHS après les conflits.

En une dizaine d'années, la FCHS a connu une déforestation très rapide pour laquelle nous possédons une bonne connaissance spatio-temporelle du changement (Cartes d'occupation du sol bisannuelles de 2001 à 2015). Mais, en parallèle du bon niveau de connaissance et de la relative simplicité de la dynamique paysagère, les processus sociaux qui en sont à l'origine, et la perception de ces changements environnementaux sont complexes. La complexité résulte, d'une part, du contexte des activités agricoles qui se sont développées dans une région où « gouvernement rebelle » qui a l'autorité sur ces zones a instauré probablement une nouvelle gouvernance de l'espace ne serait-ce que de manière sommaires et informelle. D'autre part, la décennie de conflits et la partition de la FCHS entre zone « tampon » et zone « rebelle » n'a pas permis d'études de terrain simultanées au processus nous portant donc à réaliser aujourd'hui une étude rétrospective. Enfin, une grande

complexité résulte de la variété des acteurs en jeu dans et autour de la forêt classée où l'installation de l'agriculture s'inscrit dans un contexte où certains distinguent des populations « autochtones », « allochtones » et « allogènes » dont les perceptions des changements socio-environnementaux varient et conditionnent les jeux d'acteurs et les prises de positions politiques. Tout en prenant un certain recul vis-à-vis de ces catégories qui posent un problème de temporalité des processus migratoires. Il reste cependant ici nécessaire de distinguer les acteurs d'une migration récente liée à l'installation illégale dans la forêt des acteurs plus anciennement et légalement installés autour de la FCHS.

Cette présentation permet de nous interroger sur la plus-value des outils de la modélisation spatiale dans l'exploitation d'enquêtes pour la compréhension du processus de changement socio-environnemental dans un tel contexte de certitude spatiale et d'incertitude sociétale. Le développement d'un modèle couplant Système Multi Agent (SMA) et Automate Cellulaire permet d'évaluer dans quelle mesure des paramètres (quasi) uniquement sociaux peuvent permettre de modéliser le processus spatial et temporel de déforestation. Enfin, nous pourrons pousser la discussion sur les limites du modèle jusqu'à débattre de la mesure dans laquelle les différentes perceptions des changements sont dès lors des biais du modèle, et/ou dans quelle mesure la confrontation des sorties du modèle à la réalité peuvent être des confrontations des perceptions des changements socio-environnementaux à la réalité.

Les données utilisées sont, d'une part, des cartes d'occupation du sol « complètes », réalisées par télédétection en 2001 et 2013 délivrant un état « avant » et « après » le conflit. A ces cartes s'ajoutent des cartes d'occupation du sol « incomplètes » à des dates intermédiaires mais pour lesquelles le satellite LANDSAT présentait de 2003 à 2012 un dysfonctionnement sous forme de données manquantes en « zébrures » permettant tout de même une base de confrontation partielle.

D'autre part, une enquête auprès d'anciens migrants retournés au Burkina Faso a été réalisée par des anthropologues et économistes de l'Institut des Sciences des Sociétés et l'Université de Ouaga-1 Professeur Joseph Ki-Zerbo.

L'objectif principal de l'enquête fut l'analyse de l'impact de la crise politico-militaire sur les conditions de vie de réinsertion socio-économique des populations immigrées burkinabè rapatriées de la Côte d'Ivoire à cause de la crise politico-militaire de 2000 à 2011. Des investigations ont été conduites à Koudougou et à Ouahigouya pendant les mois de mars et septembre 2015. Les enquêtes ont été menées auprès de quatre-vingt anciens propriétaires exploitant le cacao ou exploitant encore le cacao dont onze entretiens approfondis auprès des acteurs qui animent des activités économiques basées sur des produits en provenance de la Côte d'Ivoire (opérateurs économiques, douanes, services sociaux). Combinant les aspects qualitatifs et quantitatifs, les données recueillies auprès des immigrés agricoles ont fait l'objet d'un traitement à base de logiciels *sphinx version 5* et *Excel.*

Sont extraits de cette enquête tous les éléments quantitatifs ou qualitatifs pouvant être intégrés au modèle et qui décrivent le processus d'installation et de mise en culture en Côte d'Ivoire ou celui d'un arrêt de l'exploitation et d'un retour au Burkina. Deux biais majeurs sont issus de l'exploitation de cette enquête à des fins de modélisation de changements environnementaux. Premièrement il s'agit d'une enquête générique sur les migrations en Côte d'Ivoire et pour cette raison, elle ne se focalise pas sur la situation particulière d'une installation illicite en forêt classée, a fortiori pas sur l'espace particulier de cette étude. Deuxièmement, l'enquête nous offre un regard sur une perception particulière de ces changements environnementaux, celle des burkinabés rentrés au pays après une migration. Cette perception diffère forcément de celle de burkinabés actuellement implantés dans la FCHS, de celles des populations autochtones du Haut-Sassandra, des acteurs institutionnels en charge de la FCHS ou des chercheurs du programme.

L'article d'Amani et Touré (2015) et la thèse d'Oswald (2005) constituent une deuxième source nous ayant permis de simuler l'évolution spatio-sédentaire de l'habitat au sein des zones de protection forestières.

Méthode

La modélisation est de type dynamique, désagrégée et individu-centrée. La modélisation par automate cellulaire et / ou système multi-agents relève d'un grand intérêt de par l'aspect dynamique, la description de phénomènes émergents à partir d'action individuelles et la flexibilité de ces modèles. (Torrens, 2010 ; Voiron-Canicio, 2010 ; White, Engelen, Uljee, 1997)

Le modèle mis en place est un système multi-agents couplé à un automate cellulaire. Les différents acteurs en jeu dans la FCHS – villageois, migrants, agents de protections – se présentent sous la forme d'individus qui interagissent entre eux ainsi qu'avec l'environnement physique. La combinaison de ces deux types de modèles est intéressante lorsque l'on considère que l'individu autant que l'espace conditionne l'évolution spatiale du phénomène étudié. Au sein de ce modèle, les agents possèdent la capacité de s'introduire et implanter des cultures de rente dans la forêt, mais ces actions sont conditionnées par le territoire et la connaissance qu'ils possèdent de ce dernier.

Dans l'état des connaissances, nous n'avons attribué aux agents migrants installés dans la FCHS que des activités de cultivateurs et aux agents des villageois des alentours des activités d'extraction des produits forestiers non ligneux. Ainsi, les interactions sociales entre individus de mêmes catégories sont une éventuelle collaboration dans l'activité. Les interactions entre les différents acteurs retranscrivent la concurrence pour les ressources. Cette réduction des comportements à deux groupes, bien que simplificatrice, est suffisante pour décrire la dynamique de l'évolution de l'espace étudié.

La concurrence se manifeste par des différences de perceptions culturelles qu'ils possèdent des zones forestières. Ici, les villageois des alentours de la FCHS percevaient la forêt comme un lieu à forte concentration de ressources non-ligneuses et la perçoivent aujourd'hui comme une spoliation de leurs terres par l'Etat, les migrants installés dans la FCHS la perçoivent comme un espace à défricher pour l'implantation de cultures de rentes et enfin, les agents de protection considèrent la forêt comme un espace à protéger du défrichement.

Les agents migrants se déplacent des villages vers les espaces forestiers afin de défricher une parcelle et devenir exploitants, ou vers les espaces agricoles afin de devenir employés. Les exploitations possèdent un nombre limité d'employés. Lorsqu'un employé est présent depuis une certaine durée dans une exploitation, celui-ci peut décider de partir pour défricher une parcelle dans une zone forestière et devenir à son tour exploitant. Lorsqu'une grande densité de migrants est présente sur un espace éloigné des villages, un nouveau village se crée permettant l'arrivée de nouveaux migrants directement au sein de la FCHS.

Les agents villageois proviennent des villages alentour de la FCHS. Ils se déplacent dans la forêt près de leurs villages afin de récolter des ressources non ligneuses. S'ils se déplacent dans des pixels de forêt alors ils récoltent une quantité de ressources proportionnelles à l'homogénéité du site forestier. En revanche, s'ils se déplacent dans des pixels de zones agricoles alors ils sont dans l'incapacité de récolter des ressources et peuvent décider de contacter les agents de protections pour leur signaler les exploitations illégales.

Ces agents de protections se déplacent en groupe soit sur les pistes qui traversent la FCHS, soit directement au sein de la forêt. Lorsqu'un groupe d'agents de protection rencontre une exploitation illégale, deux possibilités se présentent : si les migrants sont en nombre supérieurs aux agents de protection alors ces derniers sont impuissants. Au contraire, s'ils sont en nombre inférieurs, alors les

agents de protection peuvent parfois détruire les cultures, auquel cas les migrants s reviennent sur leur exploitation agricole après le départ des agents de surveillance.

En plus des arrestations, la rudesse des conditions physiques et sociétales entraîne des départs des migrants de la FCHS. Ces départs laissent des exploitations sans propriétaires. Un enfrichement de ces terres se met alors en place suivant une dynamique naturelle de retour à la forêt.

Résultats

Dans la mesure où nous sommes dans une approche rétro-prospective, et où la sortie de modèle principale est une carte d'occupation du sol, nous possédons une certaine capacité de validation avec les différentes cartes d'occupation du sol.

D'une part, est directement calculé un écart entre les superficies des différentes classes d'occupation du sol issue du modèle et celle issue de télédétection. D'autre part est également calculé, par morphologie mathématique le coefficient de similarité « simil » (Voiron, 1995) pour la correspondance morphologique qui tient compte de la localisation également.

Une petite complication résulte de la discordance temporelle entre la plantation du cacao sous la forêt et l'ouverture de la canopée. En effet la pratique la plus courante consiste à planter sous les arbres et les pratiques agricoles, notamment de brulis au pied des arbres font mourir les grands arbres qui tombent généralement les deuxièmes et troisièmes années après la plantation. Les modélisations de l'importance et de la localisation des plantations en 2011 doivent être comparés à la carte d'occupation du sol de 2013 ou de 2014.

Discussion

Pour prendre en compte l'impact des effets liés à la perception à chaque règle du modèle est attribuée sa source et une indication de la marge de fiabilité. Par ailleurs, nous avons programmé le modèle de telle sorte que la quasi-totalité des règles soient présentes dans l'interface de l'utilisateur avec la capacité de rendre actives ou inactives ou de faire varier les valeurs. Ainsi nous pourrons, au fur et à mesure de l'enrichissement de nos connaissances avec l'avancée du projet de recherche, soit modéliser différemment en fonction des différentes perceptions des changements environnementaux, soit au contraire chercher à s'affranchir de certains filtres liés aux perceptions et tenter de s'approcher d'un modèle le plus objectif possible.

Références bibliographiques :

Annan, N. (2014). Violent Conflicts and Civil Strife in West Africa: Causes, Challenges and Prospects. Stability: International Journal of Security & Development 3(1): 1-16.

Babo, A. (2010). Conflits fonciers, ethnicité politique et guerre en Côte d'Ivoire. Alternative Sud 17: 95-118.

Torrens, P.M. (2010). "Agent-based modeling and the spatial sciences". Geography Compass, 4(5): 428-448 (DOI: 10.1111/j.1749-8198.2009.00311.x)

Koné, M., Kouadio, Y. L., Neuba, D. F. R., Malan, D. F. & Coulibaly, L. (2014). Evolution of the forest cover in Cote d'Ivoire since 1960 to the beginning of the 21st century. International Journal of Innovation and Applied Studies 7(2): 782-794.

Kouakou, A. T. M., Barima, Y. S. S., Kouakou, K. A., Kouamé, N. F., Bogaert, J. & Kouadio, J. Y. (2015). Forest dynamics in the North of the Classified Forest of Haut-Sassandra during the period of armed conflicts in Ivory Coast. American Journal of Life Sciences 3(5): 375-382.

Kouamé, N. F., Tra Bi, H. F., Etien, T. D. & Traoré, D. (1998). Végétation et flore de la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. Revue CAMES 00: 28-35.

Oszwald, J. (2005). Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) - Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. In UFR de Géographie et d'aménagement, Vol. Thèse de doctorat de Géographie. Université des Sciences et Technologies de Lille.

UNHCR (2014).Côte d'Ivoire. In Global Appeal 2014-2015, 1-6.

White R., Engelen G., Uljee I. (1997). "The use of constrained cellular automata for highresolution modelling of urban land-use dynamics", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24(3): 323-343.