



Universiteit
Leiden
The Netherlands

SMALL Savannah : an information system for the integrated analysis of land use change in the Far North of Cameroon

Fotsing, E.

Citation

Fotsing, E. (2009, December 8). *SMALL Savannah : an information system for the integrated analysis of land use change in the Far North of Cameroon*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/14619>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/14619>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).



Photo 2. Une scène de pêche dans la plaine d'inondation du Logone, entre le lac de Maga et le fleuve Logone, en novembre au moment du retrait des eaux.

Chapitre 2. Théories et concepts pour l'analyse intégrée des changements d'utilisation de l'espace

Résumé

Les systèmes agraires sont des écosystèmes modifiés par les activités humaines, liées à différentes formes d'utilisation de l'espace, conduisant ainsi à des systèmes plus ouverts, et donc plus complexes. La complexité de ces systèmes émerge des dynamiques spatio-temporelles, du nombre important d'interactions entre ses composantes et de l'imbrication des échelles auxquelles opèrent les processus. La compréhension de ces liens interactifs et dynamiques est une priorité pour le développement durable des communautés rurales. C'est une étape préalable pour le développement des outils de gestion et d'aide à la décision. L'espace en tant que support des activités humaines et des processus naturels, est au centre des interactions au sein des systèmes d'utilisation de l'espace. Les concepts liés à ce sujet sont souvent ambigus d'une discipline à une autre ou d'un courant de pensée à un autre. Les approches existantes n'intègrent pas toujours explicitement les aspects spatiaux et sont influencées par les traditions disciplinaires qui ne permettent pas toujours de considérer l'influence de toutes les composantes du système et fournir une compréhension plus complète. Cette thèse propose une démarche interdisciplinaire et intégrée qui est appliquée à l'analyse des dynamiques d'utilisation de l'espace dans la région de l'Extrême Nord du Cameroun. La démarche qui s'articule autour des approches d'analyse spatiale, d'analyse systémique et de modélisation dynamique vise à prendre en compte les propriétés complexes des systèmes d'utilisation de l'espace. Ce chapitre est consacré à une description des concepts et théories relatives aux changements d'utilisation de l'espace et une présentation des principes de cette démarche.

Mots clés : dynamique des systèmes agraires, interaction, échelle et hiérarchie, occupation du sol/utilisation de l'espace, théorie des systèmes, analyse intégrée.

Abstract

Agroecosystems are ecosystems modified by human activities for a variety of land use purpose, and leading to more open and more complex systems. The complexity of these systems stems from the existence of spatial and temporal dynamics, in combination with a large number of interactions and cross-scale processes. A better understanding of these interactive linkages is of great importance for the sustainable development of rural communities. This is a preliminary step in the development of management and decision support tools. Land, which supports both human activities and natural processes, constitutes the backbone of the interactions within land use systems. The main concepts related to this subject are ambiguous depending on the discipline or scientific thought. Existing approaches for analysing land use are not always spatial explicit and are influenced by traditions in disciplines which do not always allow to consider the influence of all the system components in order to provide a more complete explanation. This thesis proposes an interdisciplinary and integrated approach which is applied for the analysis of land use change in the far north region of Cameroon. The approach appropriately combines spatial analysis techniques and system theories with modelling in order to capture key characteristics and the complex nature of agroecosystems. This chapter describes concepts and theories related to land use change and presents the principles of this approach.

Key words: agroecosystem dynamics, interaction, scale and hierarchy, land use/cover, system theory, integrated analysis.

2.1. Introduction

Les principales préoccupations dans l'analyse ou la gestion des questions environnementales en Afrique sont le plus souvent liées aux changements d'utilisation de l'espace comme la déforestation, l'érosion ou la dégradation des sols, la perte de la biodiversité, l'intensification agricole, etc (Bilsborrow, 1992). Ces changements affectent les conditions sociale, économique et écologique des zones concernées. Les effets sociaux comprennent le changement du niveau de vie, d'éducation et des conditions de santé (Turner et al., 1995). Les répercussions économiques des changements d'utilisation de l'espace incluent le changement des revenus des ménages et des prix des biens et services (O'Neill et al., 1993). Sur le plan écologique, les processus de changements d'utilisation de l'espace affectent directement l'occupation du sol qui a de nombreuses implications relatives à la biodiversité, à la désertification et aux changements climatiques (Turner et al., 1997). La compréhension de ces changements présente donc un double enjeu : celui du développement des communautés rurales concernées et celui de la communauté scientifique mondiale travaillant dans le domaine des changements environnementaux. L'objectif général dans ce domaine est de contribuer à améliorer notre compréhension sur les causes et les conséquences des dynamiques d'utilisation de l'espace à différentes échelles spatiales et temporelles. Une attention particulière est portée sur l'amélioration de notre capacité à modéliser et projeter de tels changements. Cet objectif se traduit dans le programme scientifique du groupe LUCC¹ (Land Use and Cover Change) par cinq grandes questions qui orientent les recherches dans ce domaine : 1) comment l'occupation du sol a-t-elle évoluée sous l'influence de l'utilisation humaine au cours des années antérieures ? 2) quelles sont les principales causes sociales de ces changements d'utilisation de l'espace dans les différents contextes géographiques et historiques ? 3) comment les changements d'utilisation de l'espace pourront-ils affecter l'occupation du sol dans les années à venir ? 4) comment les dynamiques humaines et biophysiques affectent-elles la durabilité d'utilisations spécifiques de l'espace ? 5) comment les changements climatiques globaux affectent-ils l'occupation du sol et l'utilisation de l'espace et inversement ? Le projet LUCC est un programme international et interdisciplinaire visant à améliorer la compréhension des dynamiques de changement d'occupation du sol et d'utilisation de l'espace et leur relation avec les changements environnementaux et globaux. Les réponses à ces grandes questions, contribueraient significativement à améliorer notre compréhension des facteurs déterminant les changements d'utilisation de l'espace (variables exogènes), les conséquences des utilisations de l'espace sur l'occupation du sol, la variabilité temporelle et spatiale des changements d'occupation et d'utilisation de l'espace, les modèles régionaux et globaux ainsi que les projections des changements.

Pendant plusieurs décennies, les travaux visant à comprendre les changements d'utilisation de l'espace se sont basés sur des approches très simplifiées. Ces dernières étant influencées par les traditions disciplinaires, examinent le plus souvent les effets socioéconomiques et écologiques de façon indépendante ou alors se focalisent sur une échelle à priori. Dans cette même perspective, plusieurs chercheurs notamment en sciences naturelles supposent que la projection des changements d'utilisation de l'espace dans le futur est facile. Dans ces cas, les changements considérés sont principalement la conversion des forêts pour l'utilisation agricole ou la destruction de la végétation naturelle suite au surpâturage, conduisant aux conditions désertiques. Ces conversions sont supposées irréversibles,

¹ Le projet LUCC est une composante des grands programmes IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) et IHDP (International Human Dimensions on Global Environmental Change)

homogènes dans l'espace, et évoluer de façon linéaire. La croissance de la population et dans une moindre mesure l'augmentation des besoins de consommation, sont considérées comme les seuls facteurs déterminant l'utilisation de l'espace. Ces approches et modèles, qui ont été développés pour répondre à des questions spécifiques, ne sont pas donc appropriés lorsqu'on veut comprendre le comportement du système de façon plus complète (Kok, 2001; Riebsame et al., 1994).

Les recherches récentes réfutent ces simplifications et présentent les systèmes d'utilisation de l'espace comme des systèmes assez complexes qui sont soumises à l'influence combinée d'un nombre important de facteurs qui agissent à différentes échelles spatiales et temporelles (Lambin et al., 2003 ; Parker et al., 2003). La compréhension des causes et conséquences des changements d'utilisation l'espace exige donc de développer des méthodes d'analyse et des modèles intégrés qui prennent en compte les caractéristiques complexes de ces systèmes. Face à ce défi, la nécessité d'une approche interdisciplinaire est de plus en plus reconnue par la communauté scientifique qui travaille sur les changements environnementaux (Turner et al., 1995). Le travail effectué dans le cadre de la présente thèse rejoint cette préoccupation scientifique. Il porte à cet effet sur la spécification et le développement d'un Système d'Information pour l'analyse et la modélisation intégrée des changements d'utilisation de l'espace dans la région de l'Extrême Nord du Cameroun. L'objectif spécifique de ce chapitre est de clarifier les concepts liés aux systèmes d'utilisation de l'espace et de faire un aperçu des théories prises en compte dans la démarche interdisciplinaire qui a été suivie dans cette thèse pour analyser les dynamiques agraires dans la zone d'étude. Le contenu du chapitre est structuré en six sections comme suit. La section suivante clarifie les concepts de base qui sont ensuite utilisés pour décrire un modèle de représentation de la structure des systèmes agraires. La section 3 introduit les concepts de dynamique et de changement appliqués aux systèmes agraires. La section 4 fait aperçu de quelques théories qui sont utilisées comme cadre conceptuel pour l'analyse et la modélisation des changements agraires. La section 5 fait une synthèse des approches d'analyse et de modélisation dynamique existantes et justifie les choix qui ont été opérés dans le cadre de cette étude.

2.2. Concepts et modèle de représentation des systèmes d'utilisation de l'espace

2.2. 1. Concepts d'occupation du sol et d'utilisation de l'espace

On distingue deux principales approches d'analyse des systèmes agraires : l'une partant de l'occupation du sol à l'échelle régionale vers les processus de changement d'utilisation de l'espace et l'autre abordant directement des relations entre acteurs et formes d'utilisation de l'espace à l'échelle locale (Turner et al., 1995). La démarche adoptée dans cette thèse part de la structure d'occupation du sol pour dériver les informations sur les processus de changement d'utilisation de l'espace aux échelles régionales et locales (chapitre 3). Ces informations spatiales sont ensuite combinées à celles fournies par les approches partant d'enquêtes socio-économiques et historiques où l'accent est mis sur les acteurs, leurs décisions et leurs stratégies de mise en valeur de l'espace (chapitres 7 et 8). L'occupation du sol ou l'utilisation de l'espace et leurs changements sont donc des indicateurs pertinents de la nature du système agricole surtout lorsque la différence socio-économique des producteurs se traduit dans l'espace sur le mode de mise en valeur. Cette sous-section est consacrée à la clarification des concepts de base qui sont ensuite utilisés pour décrire la structure, le fonctionnement et les dynamiques des

systèmes agraires. Il s'agit des concepts d'espace, d'occupation du sol, d'utilisation de l'espace et l'échelle.

Espace

L'espace n'est pas à l'origine un terme réservé à la géographie. Il est défini très simplement comme le lieu plus ou moins délimité où peut se situer quelque chose (Dictionnaire Robert). Cette définition renvoie toutefois à la notion géographique d'espace ou à la conception géométrique de l'espace qui le considère comme le cadre de référence défini par un système de coordonnées dans lequel on localise les objets dont on parle. Le lieu est un point repérable en plusieurs coordonnées (longitude, latitude, altitude et temps). Il permet de répondre à la question géographique : « où ? ». Les figures 2.1a et 2.1b donnent respectivement une représentation en coordonnées rectangulaires et cartésiennes de l'espace absolu. Dans les études sur les systèmes agraires l'espace ne représente pas seulement un ensemble de lieux mais inclut également les éléments de caractérisation. Ainsi, l'espace recouvre les notions de paysage, région ou territoire qui se réfèrent respectivement à la nature ou la composition de l'espace, une unité homogène de l'espace d'un point de vue et une étendue de l'espace appropriée par une communauté. La carte est un bon exemple de représentation de cet espace géographique fait à la fois de coordonnées, de distance, de surfaces, mais aussi de forêts, de routes, de surfaces bâties et de diverses propriétés (Bailly et Begin, 1996). Cette définition de la notion d'espace permet de mieux clarifier les concepts d'occupation du sol et d'utilisation de l'espace, de préciser les liens qui existent entre eux et de mieux comprendre leur pertinence dans le cadre de cette étude. En effet, l'espace en tant que support de toutes les activités rurales et des processus naturels, est au centre des différentes interactions des composantes du système agricole notamment les changements d'occupation du sol et de ses formes d'utilisation.

Occupation du sol

L'occupation du sol peut être tout simplement rattachée à la notion d'espace pour désigner ces éléments de caractérisation ou propriétés qui occupent l'espace. Certains auteurs préfèrent parler d'occupation de l'espace mais nous la désignerons plus simplement par occupation du sol pour des raisons de commodité. En conclusion, l'occupation du sol qui correspond dans la littérature anglaise à « land cover » est strictement considérée dans cette thèse comme l'état biophysique de la surface de la terre ou de la sous surface immédiate. Elle rend compte de la physionomie d'un espace et concerne entre autre la forêt, la savane, les cultures, les zones humides ou les zones d'habitations (Turner et al., 1995). L'occupation du sol n'est qu'un aspect du paysage qui est un concept plus complexe et souvent difficile à cerner. Plusieurs définitions du paysage ont été données en fonction des disciplines scientifiques. Pour les écologistes, le paysage est un ensemble d'éléments biophysiques et socio-économiques dont les interactions déterminent les possibilités de vie et s'inscrivent dans l'espace. Pour les géographes, le paysage sous un angle statique est une portion de l'espace terrestre vue sous un certain point d'observation. De ce point de vue, le paysage n'est que la manifestation visible des faits qui sont inscrits dans l'espace et qui sont de plus visibles par un observateur (Loireau, 1998). Le dictionnaire de géographie de Levy et Lussault, (2003) considère que c'est un agencement d'espace naturel et social tel qu'appréhendé visuellement, de manière horizontale ou oblique par un observateur. C'est le produit visible du milieu aménagé par l'homme ou encore l'expression spatiale des pratiques sociales (Bailly et Ferras, 1997). En se référant à la hiérarchie des composantes du

système agraire présentée à la figure 2.4, nous considérons le paysage agraire comme un autre niveau du système agraire qui peut être situé entre l'espace agraire et les formes d'occupation. Cela signifie que c'est un système composé de sous systèmes de niveaux inférieurs (occupation du sol) et des caractéristiques qui émergent de leurs interactions telles que le flux des eaux souterraines, les métapopulations, les interactions entre écotopes, etc.

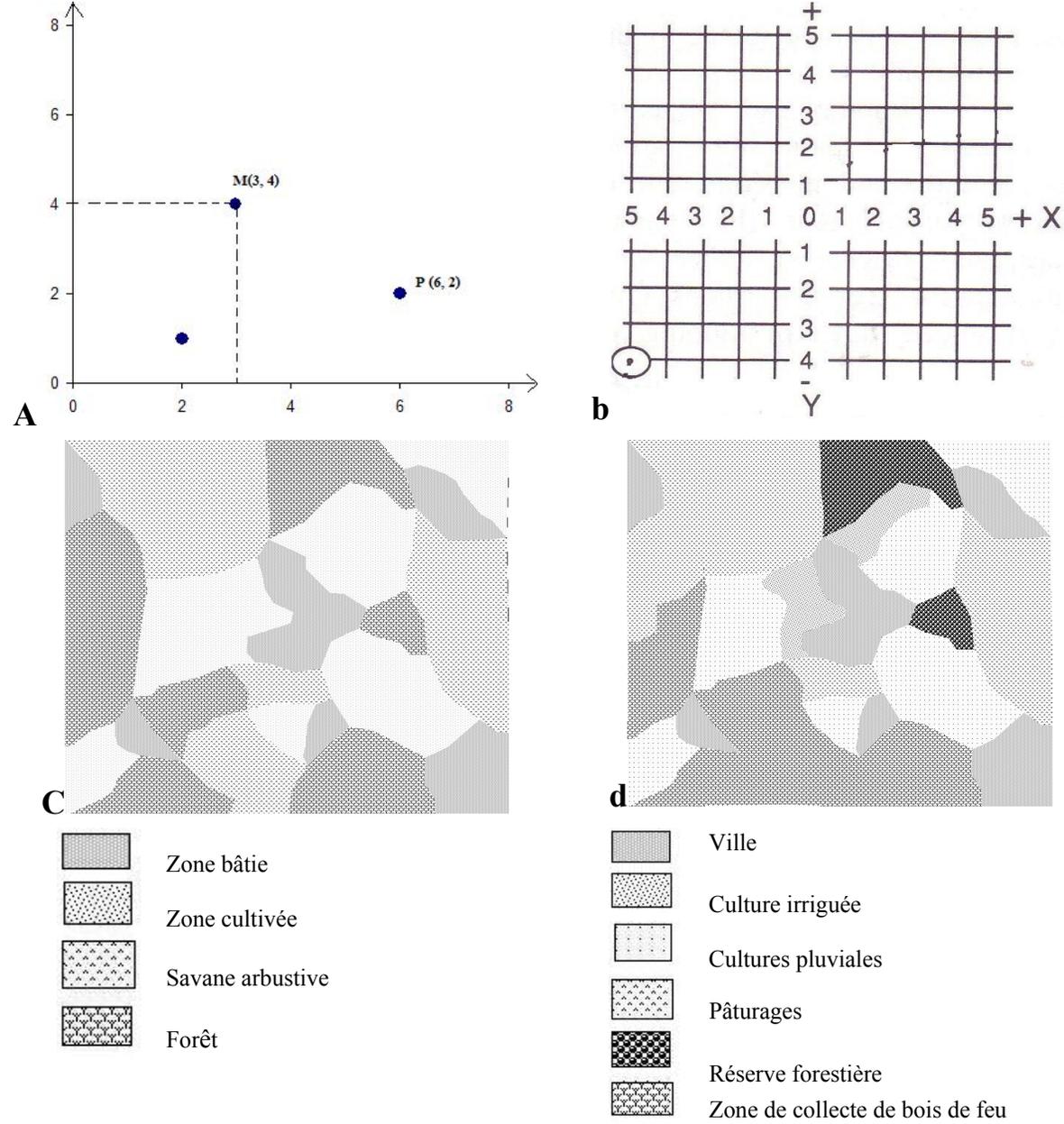


Figure 2.1 : Illustration de la différence entre les concepts d'espace (a, b), d'occupation du sol (c) et d'utilisation de l'espace (d).

Utilisation de l'espace

Le terme «occupation du sol» est le plus souvent utilisé dans la littérature française pour signifier l'occupation et l'utilisation. Dans ce cas, la différence pourtant indispensable dans l'étude des transformations des paysages, n'est pas explicite entre l'occupation de l'espace et l'utilisation qui en est faite (Burel et Baudry, 2003). Si la traduction du terme anglais «land cover» en français pose relativement moins de problèmes, il faut toutefois reconnaître que la traduction du terme «land use» est assez ambiguë. Mot à mot, on obtiendrait occupation des terres pour «land cover» et utilisation des terres pour «land use». Certains auteurs utilisent indifféremment les termes utilisation des terres ou utilisation du sol pour signifier «land use». Ce concept est désigné dans cette thèse par utilisation de l'espace pour éliminer toute ambiguïté avec les acceptations françaises des mots «terre» et «sol» qui renvoient plus naturellement aux potentialités du milieu ou aux types de sol et sont plus restrictifs que l'acceptation anglaise de «land use». L'utilisation de l'espace se réfère aussi bien à la manière dont les différents attributs biophysiques de l'environnement sont manipulés, qu'à l'intention ou la finalité pour laquelle ces attributs sont exploités (Turner et al., 1995). La production du bois, l'élevage, la pêche, l'agriculture et la conservation de la biodiversité sont des exemples de finalité. La manipulation biophysique se réfère à la pratique, le procédé spécifique par lequel l'homme transforme les attributs tels que l'eau, la végétation ou le sol pour atteindre la finalité en question. L'agriculture itinérante sur brûlis, l'utilisation des engrais ou des pesticides, l'irrigation pour l'agriculture dans les zones arides ou humides sont des formes d'utilisation de l'espace. On peut remarquer qu'une seule utilisation de l'espace peut correspondre à plusieurs occupations différentes et réciproquement (figure 2.1). L'agriculture qui est une forme d'utilisation de l'espace intègre par exemple les jachères longues issues de l'agriculture itinérante sur brûlis, les zones irriguées annuellement avec chacune une dynamique différente, les zones cultivées intensivement en association avec les parcs arborés et les sols nus.

Concepts d'échelle

Les concepts d'échelle sont très importants dans l'étude des processus de changement d'utilisation de l'espace. Toutefois la signification qui est donnée à la notion d'échelle varie en fonction des différentes disciplines ou des contextes dans lesquels elle est utilisée (Bian, 1997). Ainsi, les termes comme échelle, résolution, étendue et niveau sont le plus souvent utilisés les uns à la place des autres. Les besoins d'une approche interdisciplinaire et intégrée exige une clarification et un minimum de compréhension commune des concepts et problèmes d'échelle. **L'échelle** est un terme qui fait référence aux dimensions spatiale, temporelle, quantitative ou analytique utilisées par les scientifiques pour mesurer et étudier des objets ou processus. On parle souvent d'échelle géographique ou spatiale, d'échelle temporelle ou d'échelle d'opération d'un processus. Elle peut être par exemple la taille d'une entité ou la fréquence d'un processus. L'échelle d'observation correspond aux dimensions temporelle, spatiale ou analytique auxquelles un phénomène est observé. La notion d'échelle recouvre donc en réalité les trois notions complémentaires suivantes : l'étendue, la résolution et le niveau d'organisation (figure 2.2). **L'étendue** est la taille spatiale, temporelle, quantitative ou analytique d'une échelle. L'étendue est la superficie ou la durée totale pour laquelle les observations sont faites. La notion d'étendue est désignée par la notion de domaine dans la littérature écologique. **La résolution** représente la précision de la mesure d'un phénomène. C'est le plus petit intervalle spatial ou temporel dans un ensemble d'observations. Elle représente la taille de la plus petite entité distinguable dans un jeu de données spatiales. Les écologistes utilisent la notion de grain qui est une mesure de la taille des entités (patches) dans un paysage fragmenté

en habitats discrets. En informatique les notions de pixel ou cellule sont utilisées pour la représentation des images. **Le niveau** par contre est une caractéristique d'un système organisé ou hiérarchisé. C'est une unité d'analyse située à une position donnée dans une échelle. Elle peut donc correspondre à un niveau d'organisation biologique, social, de l'espace ou du territoire. A titre d'exemple, les huit principaux niveaux d'organisation le plus souvent utilisés en écologie sont : le cellule, l'organisme, la population, la communauté, l'écosystème, le paysage, le biome et la biosphère. Les niveaux d'organisation du territoire utilisés dans cette thèse incluent : l'exploitation agricole, le village et la région. Ces niveaux se situent sur une échelle spatiale et traduisent la taille du phénomène étudié.

La hiérarchie est une représentation du système d'interactions ou des relations de causalité entre des objets ou des processus le long d'une échelle analytique. Les niveaux de la hiérarchie d'un système peuvent être définis à partir des relations et des différences spatio-temporelles des processus en terme de flux d'information, d'interaction entre les composantes (commande et contrôle). C'est pourquoi on dira que des sous-systèmes qui ont des flux ou interactions similaires occupent le même niveau dans un système hiérarchique (Allen et Robert, 1997). On distingue grossièrement trois types de hiérarchie des systèmes : 1) les hiérarchies nom imbriquées où les entités de niveau inférieur de la hiérarchie ne sont pas contenues ou des subdivisions des entités de niveau supérieur; 2) les hiérarchies imbriquées de type inclusive où les entités de niveau inférieur de la hiérarchie sont contenues ou des subdivisions des entités de niveau supérieur; 3) Les hiérarchies imbriquées de type constitutive où les entités de niveau inférieur sont combinées en de nouvelles entités qui ont une nouvelle organisation, de nouvelles fonctions et des propriétés émergentes (Gibson et al., 2000).

Il existe un nombre important de variantes, d'usage et de relations entre les différents concepts d'échelle qui expliquent les confusions usuelles (Allen et Hoekstra, 1990). Nous clarifions quelques unes de ces relations et variantes du concept d'échelle qui sont importantes pour comprendre la manière dont l'échelle est prise en compte dans la démarche suivie dans cette thèse. **L'étendue et la résolution** peuvent donc être considérées comme des échelles de mesure ou d'observation d'un phénomène donné. La résolution utilisée pour observer un phénomène dépend de l'étendue. Si on s'intéresse à un processus sur une très vaste étendue, la résolution sera plus grande que si l'on s'intéresse à une plus petite étendue. Dans cette thèse on parlera de l'échelle locale pour signifier une petite étendue ou une faible résolution, ce qui est bien conforme à la perception intuitive de la notion d'échelle mais contraire à la perception de l'échelle par le cartographe. Pour ce dernier, l'échelle représente le ratio entre la distance mesurée sur la carte et la distance mesurée sur le terrain. Pour une grandeur de restitution fixée, une carte à grande échelle fournit des informations plus détaillées et couvrira une petite étendue géographique alors qu'une carte à petite échelle couvrira une grande étendue géographique et aura le plus souvent moins d'informations détaillées pour des besoins de lisibilité.

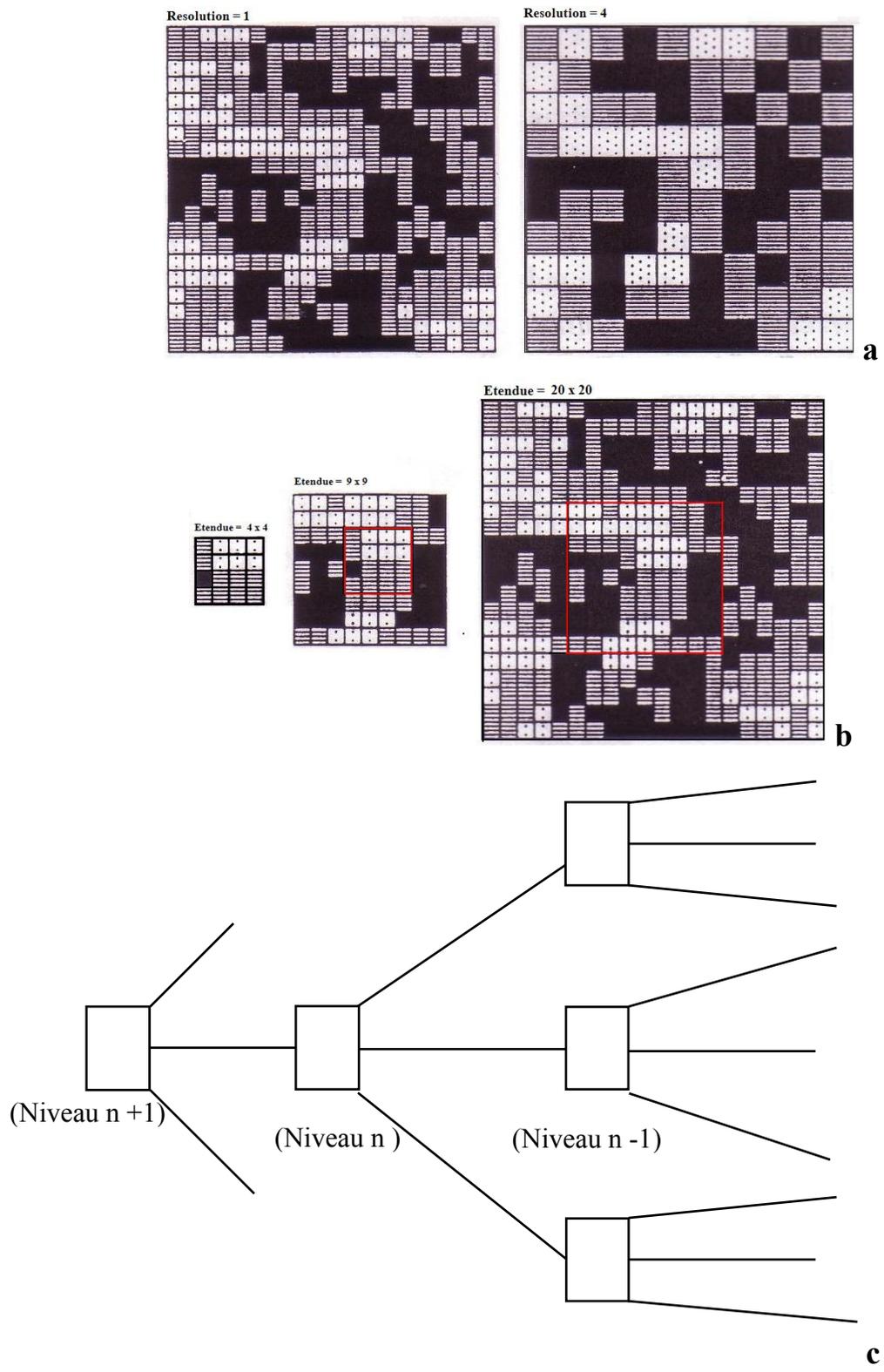


Figure 2.2. Illustration des trois variantes de la notion d'échelle. a) effets du changement de résolution b) effets du changement d'étendue c) hiérarchie des niveaux d'organisation (adapté de Gibson et al., 2000).

Un niveau d'organisation est souvent considéré à tort comme une échelle. Toutefois, il peut le plus souvent être associé à une échelle. Ainsi, on peut parler de l'échelle spatiale d'un niveau d'organisation pour indiquer l'étendue ou la taille du grain sur lequel opèrent les processus définissant le système à ce niveau. L'échelle temporelle du niveau d'organisation caractérise le rythme d'évolution des processus à ce niveau du système. A titre d'exemple un village c'est-à-dire une entité réelle associée au niveau d'organisation d'une communauté ou d'un territoire est caractérisé par sa taille qui peut être définie en terme de population ou d'étendue spatiale qu'elle occupe. **Les hiérarchies non imbriquées** sont souvent caractéristiques des systèmes où les interactions entre niveaux portent principalement sur les contrôles ou commandes. C'est le cas par exemple de la structure représentant les autorités en charge de la gestion du système d'utilisation de l'espace dans la zone d'étude qui comprend le gouverneur, les délégués provinciaux, les délégués départementaux etc. (chapitre 5). Toutefois il existe des hiérarchies non imbriquées ou le concept de commande et de contrôle est absent. C'est le cas par exemple du système représentant la chaîne alimentaire entre les plantes, herbivores et carnivores. La plupart des processus de changements d'utilisation de l'espace sont liés sous forme **d'une hiérarchie imbriquée de type constitutive**. Les acteurs individuels impliqués dans l'utilisation et la gestion de l'espace appartiennent à des groupes d'acteurs organisés ou non, qui sont à leur tour contenus dans des communautés villageoises. Ces communautés rurales font également partie d'un système ville-campagne qui forme le niveau régional. Ce système agricole régional est également une composante d'un système de filière agricole au niveau national ou international. Dans un tel système, les processus qui se déroulent à un niveau affectent les processus des niveaux inférieur et supérieur. L'analyse des changements d'utilisation de l'espace devrait donc se faire à ces différents niveaux si on veut avoir une compréhension complète des mécanismes en jeu. Lorsque nous observons le monde réel, les entités que nous discernons, les structures des phénomènes et les relations entre elles sont déterminées par l'échelle à laquelle nous observons, aussi bien l'étendue spatiale que la résolution. Quand on change par exemple l'échelle d'observation (résolution ou étendue), on effectue un déplacement à travers une discontinuité d'échelle et ceci peut entraîner l'émergence à la perception de nouvelles relations ou interactions et le changement ou la disparition de l'organisation hiérarchique (Levin, 1992). Avec le changement d'échelle, les processus dominants changent. Ce ne sont pas seulement les entités qui deviennent grandes ou petites, les phénomènes et les dynamiques changent également. Les systèmes instables peuvent devenir plus stables et les contrôles ascendants peuvent devenir descendants. Cette remarque sur la modification de la structure et de la dynamique des systèmes est à la base de la théorie de la hiérarchie qui s'est développée comme une solution à la difficulté de prédire le comportement des systèmes complexes (Peterson, 2000).

2.2.2. Modèle de représentation des systèmes agraires

Concepts de la systémique appliqués à la définition des systèmes agraires

Les systèmes agraires peuvent tout simplement être considérés comme des écosystèmes spécifiques. Or, un écosystème est défini comme un ensemble complexe et dynamique composé de plante, des communautés d'animaux et leur environnement non vivant interagissant comme une unité fonctionnelle (Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique). Les systèmes agraires sont des écosystèmes soumises à des transformations par les activités humaines afin de produire les aliments, les fibres et d'autres produits dérivés de l'agriculture ou de l'élevage, conduisant ainsi à des systèmes plus ouverts dans la mesure où ils

reçoivent et communiquent des flux divers sous forme de produits ou d'informations à travers des actions de gestion (Convey, 1987). Les systèmes agraires présentent donc à priori un degré plus important de complexité qui émerge des dynamiques spatio-temporelles, du nombre important d'interactions entre ses composantes et de l'imbrication des échelles auxquelles opèrent les processus.

Plusieurs travaux en écologie se sont appuyés sur les approches systémiques et les théories des systèmes complexes pour mettre en évidence les propriétés des écosystèmes. Les notions de hiérarchie et d'échelle, de résilience et d'adaptabilité sont des concepts clés lorsqu'on analyse la structure et la dynamique d'un écosystème (Allen et Roberts, 1997). Les travaux sur les systèmes agraires dans le domaine de la géographie mettent l'accent sur les paysages et les structures agraires considérées comme l'ensemble des éléments dont l'interaction et le fonctionnement concourent à l'activité dans le secteur agricole. Ce sont notamment le système de culture, les modes de propriété, les modes de faire valoir et les dimensions des exploitations (Levy et Lussault, 2003). En agronomie, les travaux s'intéressent en priorité aux facteurs, techniques et processus de production agricole (Blanc-Pamard et Lericollais, 1991).

La science des systèmes encore appelée systémique, a pour finalité d'analyser des phénomènes complexes et proposer des modèles à des fins de compréhension d'anticipation et d'éventuelles interventions (Nancy et al., 1992). La combinaison des concepts de système avec les théories de l'écologie du paysage (Verburg et al., 1999; Burel et Baudry, 2003) fournit un cadre conceptuel qui peut être utilisé pour représenter ou décrire les systèmes agraires et leur dynamique. Cette sous-section utilise les concepts présentés à la sous-section précédente pour décrire un modèle de représentation du système agricole. Le concept de système véhicule trois idées clés : la complexité, le rôle essentiel des interactions et l'organisation. Le concept de complexité organisée qui est à la base de la pensée systémique se fonde à son tour sur deux couples d'idées : l'émergence et la hiérarchie, la communication et le contrôle. Un système est un ensemble d'éléments en interaction, une totalité organisée, plus ou moins ouverte sur l'environnement (Dauphiné, 2003). Un système est défini par la connaissance de sa structure, son fonctionnement / évolution et son environnement. La structure est définie par les caractéristiques des composantes ou sous-systèmes et par leurs interactions. Le système possède également des caractéristiques émergentes, c'est à dire nées de l'interaction de ses composantes. Un système est donc plus que la somme de ses composants. La fonction du système est définie par le processus par lequel l'interaction des différentes parties du système transforme les intrants en produits. Les principaux éléments fonctionnels sont par exemple les flux d'énergie, de matière et d'information et les vannes qui contrôlent ces flux. Les vannes peuvent être considérées comme des centres de décision, des délais résultant des frictions à l'intérieure du système et des mécanismes de rétroaction ou feed-back pouvant être positifs ou négatifs. Le plus souvent, ces éléments confèrent au système des mécanismes d'autorégulation lui permettant de maintenir sa propre cohérence et de préserver cette cohérence face aux forces internes ou externes de changement (Hal, 1994). L'environnement d'un système comprend tout ce qui est autour du système et interagit avec celui-ci (Le Moigne, 1977).

Représentation des interactions et hiérarchie entre les composantes du système agricole

Dans le contexte spécifique des savanes d'Afrique centrale où on note une très forte intégration entre l'agriculture et les autres activités rurales comme l'élevage, la pêche et la sylviculture, il est difficile dans une étude des systèmes agraires de restreindre le qualificatif agricole essentiellement aux activités agricoles.

Par conséquent, nous proposons une représentation plus large qui considère un système agricole comme un ensemble composé de l'espace rural utilisé par une communauté humaine, de l'ensemble des activités que cette communauté mène afin de subvenir à ses besoins en aliments, bois de feu ou fibres, ainsi que l'ensemble des interactions entre ces éléments. Dans ce sens, le système agricole est un sous système du système rural comprenant deux composantes essentielles : 1) l'espace agricole considéré comme support de l'occupation du sol et des paysages et 2) le sous-système d'utilisation de l'espace qui traduit les finalités et les modes de mise en valeur par les populations ou les gestionnaires. Ces deux composantes sont en interaction et sont soumises à l'influence du sous système social et du sous-système écologique qui forment l'environnement du système (Figure 2.3).

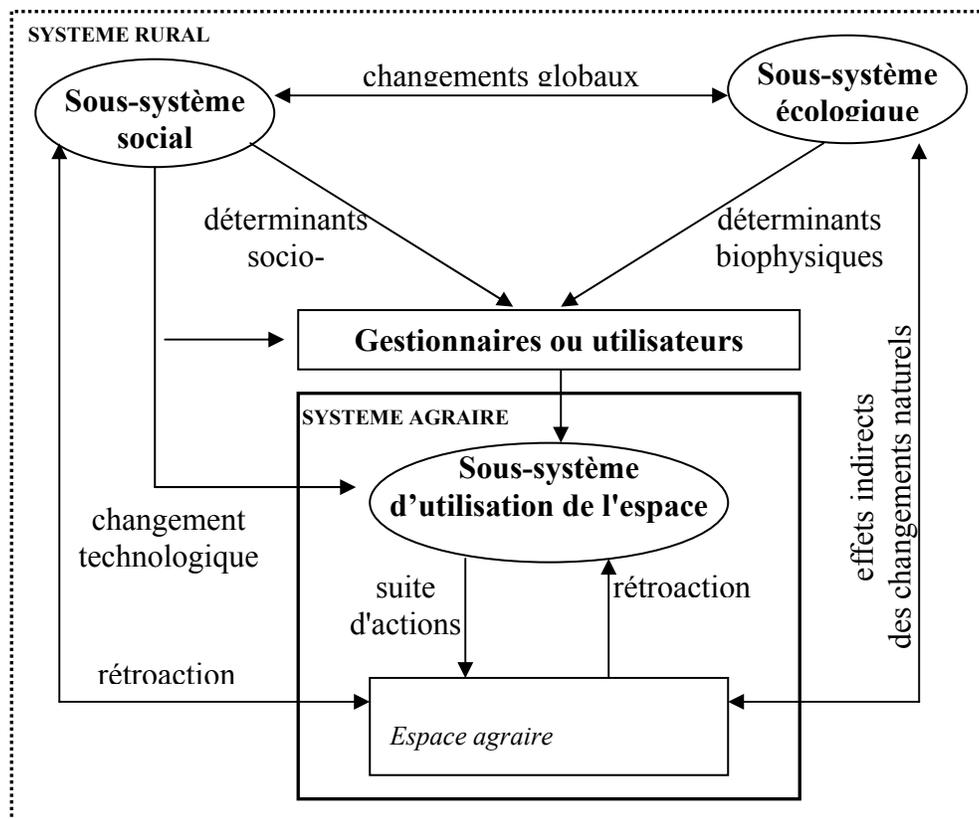


Figure 2.3. : Interactions entre les composantes du système agricole et du système rural.

La définition et la représentation du système agricole mettent en exergue un nombre important d'interactions entre ses composantes et son environnement (figure 2.3). De plus, ces interactions forment un cycle caractérisé par de nombreuses relations d'action et de rétroaction. En effet, les activités humaines et les facteurs d'ordre socioéconomiques ou politique déterminent les formes d'utilisation de l'espace et les pratiques associées. Les différents types d'occupation du sol et les changements qui les affectent sont la conséquence directe des différentes utilisations de l'espace. Les changements d'occupation du sol sont à leur tour susceptibles d'être à la source des flux de matière et d'énergie qui sont à la base des grands cycles de la nature. De nombreux travaux dans le domaine des sciences naturelles et physiques sur l'état et les flux de la biosphère montrent que les dynamiques d'occupation du sol et d'utilisation de l'espace ont des effets importants sur les processus et les systèmes écologiques et sur la dynamique terre-atmosphère

(Turner et al., 1997). Les changements globaux que ces flux induisent affectent directement ou indirectement certains facteurs du milieu physique et peuvent conduire à des mutations dans l'environnement socio-économique. Les réponses humaines à cette suite de rétroactions se traduisent par des changements des formes d'utilisation de l'espace.

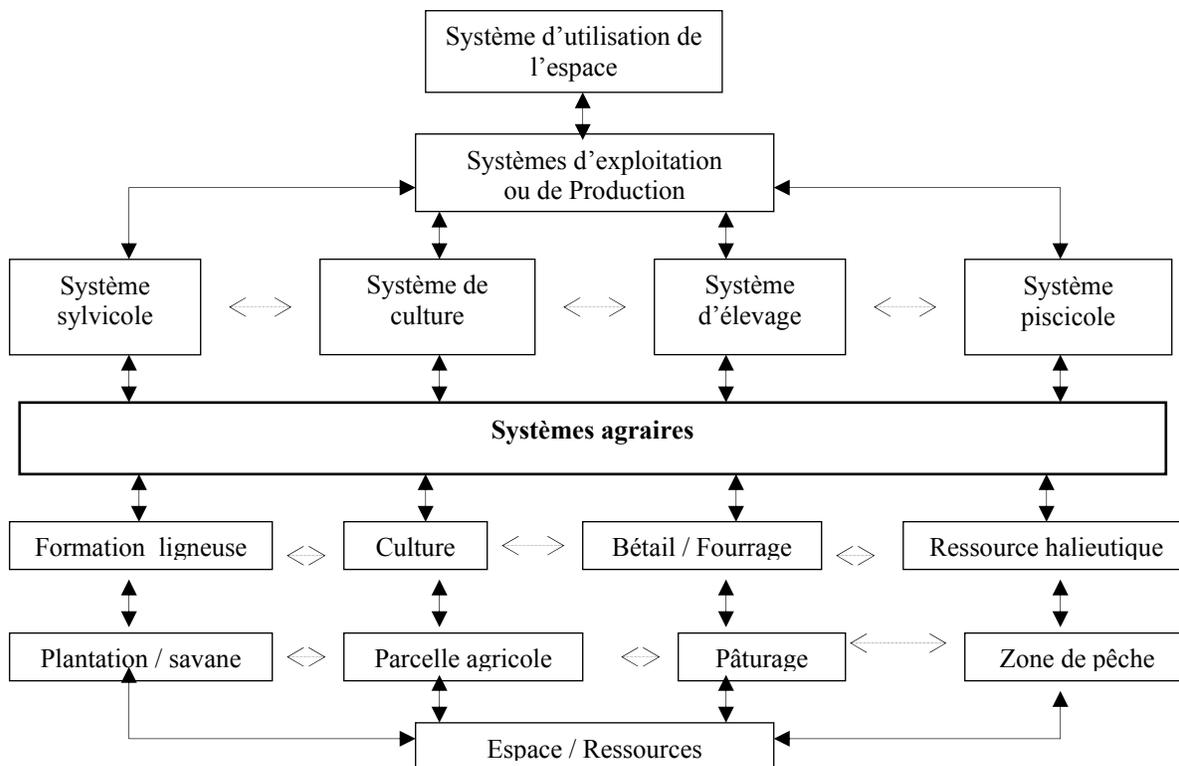


Figure 2.4 : Hiérarchie et interaction entre les composantes du système agraire. Les flèches en trait continu représentent les interactions liées à l'organisation hiérarchique et ceux en traits pointillés représentent les interactions spatiales (horizontales) entre les occupations, les utilisations ou les processus de changement.

Chacune des interactions décrites s'effectue à différentes plages d'échelles temporelles et spatiales. Sur le plan spatial, le système agraire peut être vu comme une hiérarchie de sous-système allant de la cellule aux organes de plante, en passant par la plante, la culture, le champ, l'exploitation, le village, le terroir, la région agricole (Hal, 1994). L'espace agraire en particulier est une composante du système agraire se trouvant à un niveau supérieur, et donc qui peut être décomposé en systèmes de niveaux inférieurs (formations ligneuses, cultures, fourrage ou ressources halieutiques). Le système agraire devient la résultante des interactions entre les éléments composant l'espace agraire et les éléments composant les systèmes de mise en valeur. Les Figures 2.3 et 2.4 montrent que le système agraire se trouve à l'interface entre l'espace agraire et les systèmes de mise en valeur (utilisation de l'espace) et constitue ainsi une hiérarchie de sous-systèmes. Dans cette hiérarchie, les sous-systèmes de niveau supérieur sont composés de sous-systèmes de niveau inférieur (composants) et des caractéristiques propres qui émergent des interactions et des structures définies par les composants.

2.3. Concepts et modèles d'explication des dynamiques d'utilisation de l'espace

La compréhension des changements présente donc un double enjeu : celui du développement des communautés rurales concernées et celui de la communauté scientifique mondiale travaillant dans le domaine des changements environnementaux. L'objectif général dans ce domaine est de contribuer à améliorer notre compréhension sur les causes et les conséquences des dynamiques d'utilisation de l'espace à différentes échelles spatiales et temporelles. Une attention particulière est portée sur l'amélioration de notre capacité à modéliser et projeter de tels changements. Dans cette section, nous présentons les concepts de dynamique des systèmes agraires et les modèles explicatifs existants. Les notions plus spécifiques de changement qui y sont associés telles que la conversion, la modification ou transformation évolution, mutation, et transition sont définies avec des références à l'occupation du sol et l'utilisation de l'espace.

2.3.1. Concepts de dynamique des systèmes agraires

Notions de dynamique et changement

La dynamique est considérée comme la partie de la science qui étudie les objets dans leur mouvement, leur devenir. Ce terme est également utilisé pour décrire les variations d'un phénomène dans le temps, en identifiant les processus qui sont à l'origine. La caractéristique dynamique d'un système au sens général est définie par la manière dont la sortie évolue au cours du temps pour aller d'un état d'équilibre vers un autre état d'équilibre. Cette notion se traduit tout simplement par la notion de processus qui est un ensemble de phénomènes conçus comme actifs et organisés dans le temps (Petit robert). Le mot dynamique en géomatique, recouvre également une très large gamme de termes dont les sens ont été précisés par Cheylan et al. (1999) qui proposent un lexique des mots les plus utilisés pour représenter et traiter l'information spatio-temporelle. En géographie, cette notion essentiellement temporelle est de plus en plus associée à la description de processus ou d'entités spatiaux. Lorsqu'on étudie la dynamique d'un système, on est amené à identifier les changements qui surviennent et mieux, analyser les trajectoires possibles de ces changements.

Un changement se produit si et seulement si, il existe une proposition P et des instants distincts t et t', tels que P est vraie à t, mais fausse à t'. P peut être par exemple de la forme suivante : la nature de l'occupation du sol est de type forestier sur un espace donné ou encore l'utilisation est de type agricole sur un espace donné. Les changements d'occupation du sol se traduisent par la conversion ou la modification qui sont deux processus bien différents. Le passage de la forêt à la culture est une conversion alors que la diminution de la densité d'arbre d'une forêt est une modification. La définition des changements d'occupation du sol selon la FAO permet d'illustrer cette différence : si la forêt est considérée comme toutes les occupations du sol avec un recouvrement en arbre supérieur ou égale à 10%, alors, les changements entre 100% et 10% sont des modifications de l'occupation du sol. Les changements qui vont conduire le recouvrement en deçà du seuil de 10% sont des conversions de la forêt en d'autres types d'occupation. Les changements d'occupation du sol incluent également la qualité du sol, la diversité biotique, la capacité de production actuelle ou potentielle. Un changement d'utilisation de l'espace peut consister en un changement de forme d'utilisation ou une modification de l'intensité d'usage qui peut par exemple se traduire par une augmentation de la pression de pâturage, une suppression ou un apport de la

fertilisation organique ou minérale, une nouvelle forme d'intégration entre agriculture, élevage ou pêche (Turner et al., 1995 ; Burel et Baudry, 2003).

Notions d'évolution, mutation et transition

Le terme de changement est assez vague et très englobant. Il peut renvoyer aux notions plus précises d'évolution, de mutation et de transition. L'évolution est un changement graduel qualitatif ou quantitatif dans le temps alors que la mutation et la transition sont des changements discrets c'est à dire entre deux états. Une analyse de l'évolution d'un système à long terme peut mettre en exergue des mutations ou des transitions à court terme. Dans ce cas il est intéressant d'étudier la notion de trajectoire du système qui est explicitée dans la section suivante. La mutation est un changement entre deux états stables, où on s'intéresse aux états et non au passage de l'un à l'autre contrairement à la transition qui est considérée comme le passage d'un état à un autre, structurellement différent et stable. On étudie soit le processus du changement qui aboutit à ce nouvel état, soit la période de transition qui correspond, en général dans les exemples classiques en géographie, à une échelle de temps longue. Le sens physique de transition de phase peut être associé à celui du terme bifurcation qui est le plus souvent utilisé en géographie (Cheylan et al., 1999). Dans l'étude du comportement des systèmes complexes, la transition représente une phase d'évolution instable du système qui se trouve intermédiaire entre deux phases en équilibre (Kok, 2001). La transition agraire est un concept qui traduit le fait que le système d'utilisation de l'espace d'une communauté change rapidement d'une situation non durable à un développement durable sous l'influence d'un accroissement de la densité de la population. Plusieurs exemples de ce phénomène de transition agricole sont décrits dans De Groot et Kamminga (1996). Un exemple bien connu est celui des transformations spectaculaires observées dans le district du Machakos au Kenya (Tiffen et al., 1994). Dans les années 40, cette région était dans un état de pauvreté désespérée et les terres faisaient place à un désert rocheux, de pierres et de sable. Dans les années 90, la densité de la population a triplé mais, le revenu moyen par habitant a également triplé grâce à d'importants investissements pour la construction des terrasses et la gestion de l'eau, la gestion de la matière organique, les plantations d'arbre et de fourrage.

Notion de trajectoire des changements agraires

La notion de trajectoire dans les systèmes agraires revêt plusieurs significations. La trajectoire peut être considérée comme une séquence type de changement d'occupation du sol ou d'utilisation de l'espace (forêt—champs sur brûlis--savane—etc.). Dans un système agraire où l'on pratique la rotation des cultures associée à la jachère, on pourra parler de la trajectoire d'une parcelle agricole pour indiquer la succession des différentes formes d'utilisation ou d'occupation de la parcelle au cours du temps. On pourra également parler de trajectoire d'une formation végétale de savanes soumise à des actions anthropiques pour indiquer les successions dans le temps, entre une savane boisée et un sol nul dégradé en passant par des états intermédiaires (Ntoupka, 1999). L'analyse des changements survenus dans l'ensemble du système agraire sur une longue période peut être effectuée tout simplement sous la forme d'une chronique qui est une liste d'événements ou d'états datés, rapportés dans l'ordre de leur succession sans faire aucune hypothèse sur les processus. En effet, l'analyse du changement pose successivement les problèmes de son identification (observation), de sa structuration et de sa modélisation. La modélisation peut donner lieu à la constitution de trajectoires. La trajectoire est dans ce cas vue comme une vision continue et extrapolée d'une chronique (Cheylan et al., 1999). C'est cette notion de trajectoire qui est abordée explicitement dans les paragraphes

suivants et qui est considérée dans cette thèse pour l'analyse des dynamiques du système agricole de la région de l'Extrême Nord du Cameroun (chapitre 5).

Pour mieux représenter la trajectoire du système agricole, on va supposer que son évolution est caractérisée par un ensemble de phases. Au cours de toute phase, le système subit des changements et passe d'un état à un autre sous l'action des processus successifs. Au cours d'un processus, la mesure du changement d'état du système se fait en général par le biais d'une variable comme la productivité du système, l'étendue de l'espace exploité ou la rentabilité économique. On pourra donc distinguer deux types de transitions entre les processus d'évolution du système agricole qui peuvent affecter les techniques de production (pratiques) ou les états du milieu (espaces et ressources) en fonction de leur impact sur la dynamique du système : les transitions progressives et les transitions se traduisant par contre par des effets de seuils plus ou moins marqués qui vont faire passer le système d'une phase à une autre. Ainsi, les phases successives correspondant à des configurations techniques caractéristiques et/ou à des combinaisons spécifiques des facteurs de production. Une phase est une période au cours de laquelle le système peut évoluer progressivement sous l'influence des facteurs naturels ou humains (croissance démographique, augmentation de la force de travail, changement climatique etc.) en passant par des états successifs, sans que sa durabilité ne soit affectée (Milleville et Serpenté, 1994). Une phase correspond en effet à une configuration technique donnée et est caractérisée par un état final que l'on qualifie de point de blocage. Cet état est un seuil à partir duquel l'évolution du système dans des conditions durables exige une nouvelle configuration technique. Dans le cas où ce changement technique ne se réalise pas, une crise affecte le système et met en péril sa durabilité : le système bascule alors dans une phase critique. En cas de changement technique ou institutionnel, le système passe à une autre phase d'évolution. Ce type de changement du système agricole peut être qualifié de bifurcation. La bifurcation est une notion issue de l'analyse systémique, décrivant une situation où, sous l'effet d'une légère perturbation extérieure ou d'une légère variation de la situation initiale ou encore d'un petit changement dans la valeur d'un paramètre, l'attracteur du système change de nature. Par extension on a tendance à utiliser le terme bifurcation quant un changement peu important dans la situation initiale ou dans l'environnement du système conduit à un changement qualitatif profond de sa dynamique (Cheylan et al., 1999).

Lorsqu'on s'intéresse par exemple à la dynamique du système de production agricole, une mesure du changement peut être la productivité agricole, déterminée par le facteur quantité de travail également déterminé par le facteur population. Au cours d'une phase du développement agricole, l'accroissement de la population induit une augmentation de la quantité du travail qui peut à son tour déclencher une augmentation progressive de la productivité. A partir d'un certain seuil, la croissance de la production ne pourrait plus résulter de la simple augmentation de la quantité de travail mais exigera un nouveau type de combinaison de facteurs de production (Milleville et Serpenté, 1994). L'accroissement de la population tant qu'elle ne s'accompagnera pas de changement technique significatif ne pourra qu'induire une saturation progressive de l'espace agricole, une pression grandissante sur le milieu, une amplification des mouvements migratoires et éventuellement déboucher sur une dégradation profonde des ressources productives. Par contre, le passage d'une agriculture manuelle à une culture attelée ou motorisée, la création d'un aménagement hydro-agricole, l'introduction d'une nouvelle culture dans l'assolement créeront des ruptures de ratio des surfaces cultivées par actif, dans la nature et les principes de fonctionnement des systèmes de culture, dans l'organisation de l'espace agricole et de l'exploitation

agricole. Les changements survenus dans le système agraire des plaines d'inondation du Logone dans la région de l'Extrême Nord du Cameroun montrent comment les travaux d'aménagement hydro-agricole ont contribué à une transformation importante du système agraire en modifiant complètement l'organisation de l'espace agraire et le système de production (IUCN, 1996 ; Mouafo et al., 2002).

2.3.2. Modèles théoriques explicatifs des changements agraires

La dynamique qui résulte des interactions entre les différentes composantes du système agraire (sociales et environnementales) est le plus souvent gouvernée par des processus faisant intervenir de multiples variables sociales et physiques, d'importantes rétroactions, d'effets interactifs et des réponses non linéaires (Homer-Dixon, 1999). Compte tenu de la complexité qui en découle, l'analyse de la dynamique des systèmes agraires peut être ouverte à plusieurs interprétations. Pour comprendre les multiples interactions entre systèmes sociaux et environnementaux, l'analyste doit le plus souvent tracer et mettre en exergue des chaînes de cause à effet très longues et enchevêtrées. Une représentation graphique peut être utilisée pour expliciter le fonctionnement des processus et décrire les trajectoires du système. La représentation sous forme de diagramme aide à identifier les interactions clés entre les processus qui opèrent simultanément, à spécifier les variables intervenant et interagissant, à identifier les liens de cause à effet entre les différents processus ou variables. Il est par exemple difficile de prétendre débattre de l'évolution des modes de mise en valeur agricole en Afrique sans faire explicitement référence aux thèses de Boserup et de Malthus qui relient les changements agraires à la pression démographique. Cette section fait un aperçu de ces théories qui sont utilisées dans cette thèse comme cadre conceptuel pour l'analyse et la modélisation des changements agraires.

Thèses de Boserup et Malthus

Les théories de Boserup et de Malthus sont le revers l'une de l'autre dans la mesure où la démographie passe du statut de variable à expliquer à celui de variable explicative. Elles pourraient donc se compléter pour interpréter certaines évolutions agraires. Dans la plupart des situations agraires, l'augmentation de la population amène la société à obtenir plus de ressources sur un même espace et peut conduire à une crise de subsistance (figure 2.5). La population rencontre dans cette phase d'adaptation difficile des périodes transitoires instables et des blocages. Deux voies possibles peuvent être mises à profit pour atteindre les objectifs de production : la mise en place d'un système de production extensif (extension des surfaces cultivées par exemple) ou le changement des méthodes de culture qui deviennent plus intensives et plus exigeantes en travail à l'unité de surface (Milleville et Serpantié, 1994.). Dans le premier cas, on assiste à une dégradation continue du milieu productif qui peut à son tour provoquer les famines et l'exode. Ce chemin correspond à la vision néo-Malthusienne, vision pessimiste, le plus souvent soutenue par les biologistes ou écologistes qui pensent que les ressources naturelles sont finies et déterminent des limites strictes de croissance démographique et de consommation régionale ou globale. Ils estiment que si ces limites sont dépassées, alors la pauvreté et le déclin social surviennent. Dans le second cas, par contre les crises de subsistance multiplient les tentatives innovatrices qui peuvent déboucher sur une intensification des systèmes de production. Ce chemin correspond à la thèse de Boserup qui est une vision optimiste, le plus souvent soutenue par les économistes qui pensent que très peu sinon presque aucune société ne présente des limites strictes de population ou de consommation. Boserup prenant en quelque sorte le contre pied de la théorie Malthusienne, estime que la croissance démographique constitue un moteur de l'intensification dans la mesure où elle pousse les sociétés agraires à accroître la production agricole

alimentaire pour répondre à l'augmentation de leurs besoins. La particularité ou l'élément spécial de la thèse de Boserup et des autres optimistes c'est que l'augmentation de la population peut constituer un facteur positif dans la mesure elle peut induire une réduction des coûts de transaction et stimuler ainsi l'innovation (Boserup, 1965). Le développement et une meilleure organisation des marchés peuvent par exemple fournir des motivations qui encouragent la conservation des ressources, le développement de nouvelles ressources rares et des innovations technologiques. Les facteurs physiques, technologiques, économiques et sociaux se combinent ainsi pour permettre une grande résilience, variabilité et adaptabilité des systèmes sociaux environnementaux. Les scénarios d'évolution des changements d'utilisation de l'espace formulés et explorés pour la zone d'étude reposent sur ces deux théories (chapitres 5 et 10).

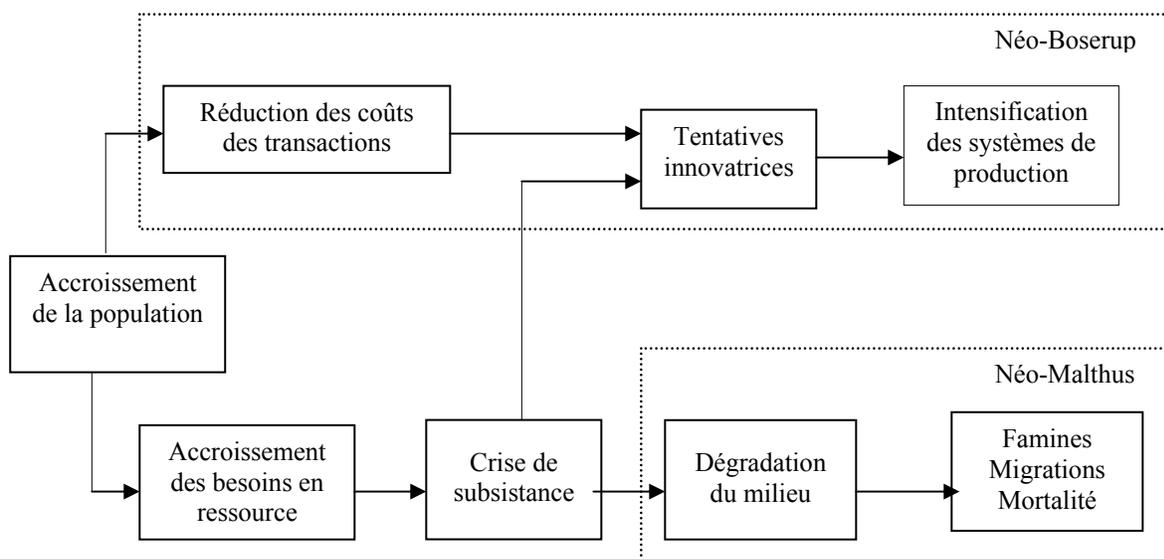


Figure 2.5 : Trajectoires des changements agraires selon les théories de Boserup et de Mathus

Modèle de synthèse des différentes théories sur les changements agraires

En plus des théories de Malthus et de Boserup on peut noter de nouveaux courants de pensée qui se superposent pour alimenter le très long débat sur l'évolution des systèmes agraires et sociaux qui dure depuis plus de deux siècles. La principale contribution de Homer-Dixon (1999) à ce long débat porte sur la manière dont la rareté environnementale peut perturber l'émergence de l'ingéniosité et l'adaptation au sein d'une société. Il reconnaît que la dégradation des ressources et les conflits sociaux qu'elle génère, même les plus violents ne sont pas toujours négatifs car comme le pensent les optimistes économistes, ils peuvent stimuler l'innovation technologique ou conduire à des changements utiles dans la distribution des terres, dans l'organisation institutionnelle et dans le processus de bonne gouvernance. Toutefois, il soutient que dans les pays en voie de développement, les efforts nécessaires à produire des changements constructifs sont submergés par un processus de dégradation environnemental rapide et complexe, réduisant ainsi les chances de produire des réformes. Dans ce cas, la dégradation environnementale conduit ces sociétés dans une spirale de violence, de disfonctionnement et de fragmentation sociale qui se renforce (figure 2.6). Les travaux de Mazzucato et Niemeijer (1996, 2000) montrent que les innovations ne portent pas seulement sur les pratiques d'utilisation de l'espace mais également sur les institutions. Tout comme les optimistes économistes, la vision distributionniste souligne en quoi les arrangements institutionnels et sociaux, mais

pas la disponibilité des ressources naturelles, sont des facteurs clé déterminant le développement des sociétés rurales. Ils se focalisent sur les inégalités dans la distribution des richesses et du pouvoir, soutenant ainsi que les facteurs sociaux et politiques sont des éléments essentiels de toute explication qui se veut complète de la relation qui existe entre la croissance démographique, la rareté des ressources et la prospérité sociale.

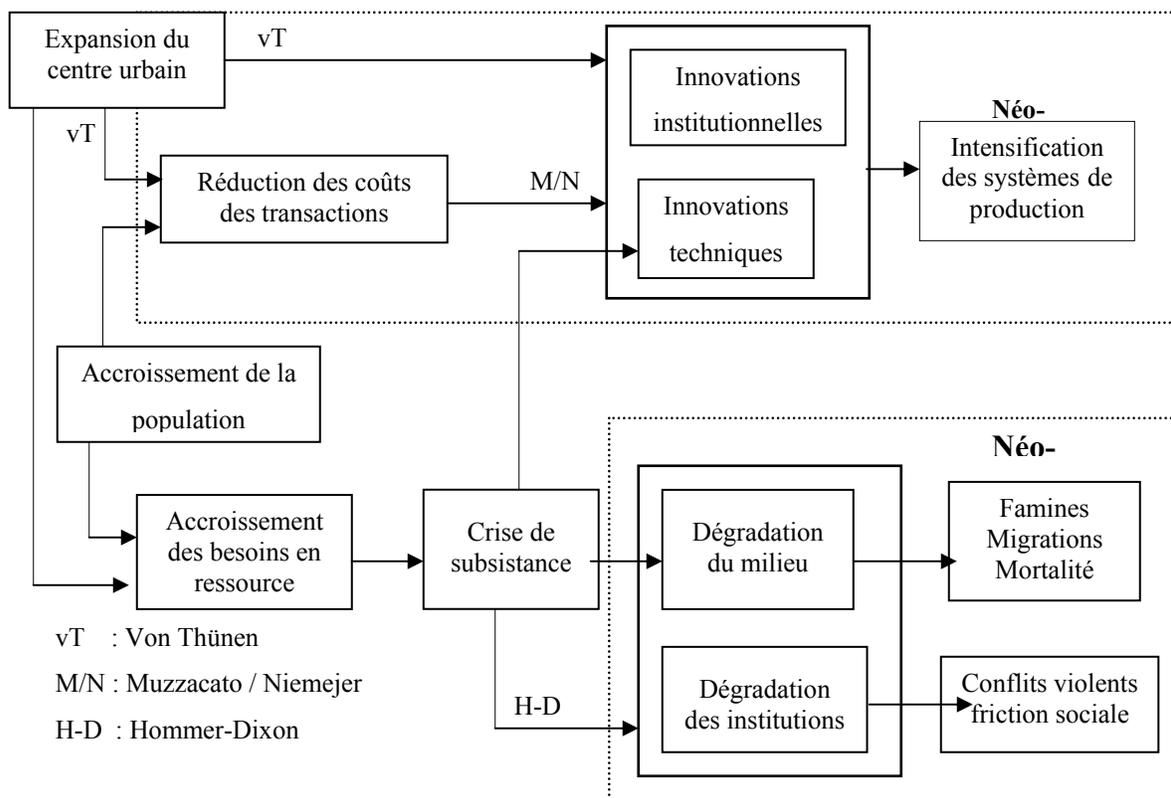


Figure 2.6 : Modèle de synthèse des différentes théories relatives aux dynamiques agraires.

La théorie de Von Thünen est un modèle qui est spécifiquement approprié pour analyser le rôle des centres urbains dans l'évolution du système agraire (Von Thünen 1826; Lambin, 1994 ; O'Kelly et Bryan, 1996). On considère une grande ville au centre d'une plaine qui n'est traversée par aucune rivière navigable et dont les sols d'un niveau de fertilité uniforme sont exploités pour la production agricole. L'importante étendue de la plaine autour de la ville coupe toute communication entre cet état et le monde extérieure (isolated state). Cette ville qui est unique dans cette plaine doit approvisionner la zone rurale en produits manufacturés et obtenir en retour toutes ses provisions des zones rurales environnantes. En supposant que la production se fait de façon absolument rationnelle, l'hypothèse qui soutient cette théorie de Von Thünen est que la distance au centre ville est un facteur qui va affecter le système de production des différentes localités. Ainsi, en s'éloignant de la ville, l'espace sera progressivement alloué aux produits dont le coût de transport est moins élevé en relation avec leur prix. Il est évident que la proche périphérie sera exploitée pour les produits difficiles à transporter (poids ou volume important) et dont le coût de transport est tellement élevé que les localités les plus éloignées ne seraient pas à mesure de les fournir. On verra ainsi, qu'autour de la ville, se dessinent des auréoles concentriques bien différenciées et caractérisées

chacune par ses propres productions de base et des formes de mise en valeur spécifiques (Figure 2.7, adaptée de Rhind et Hudson (1980)).

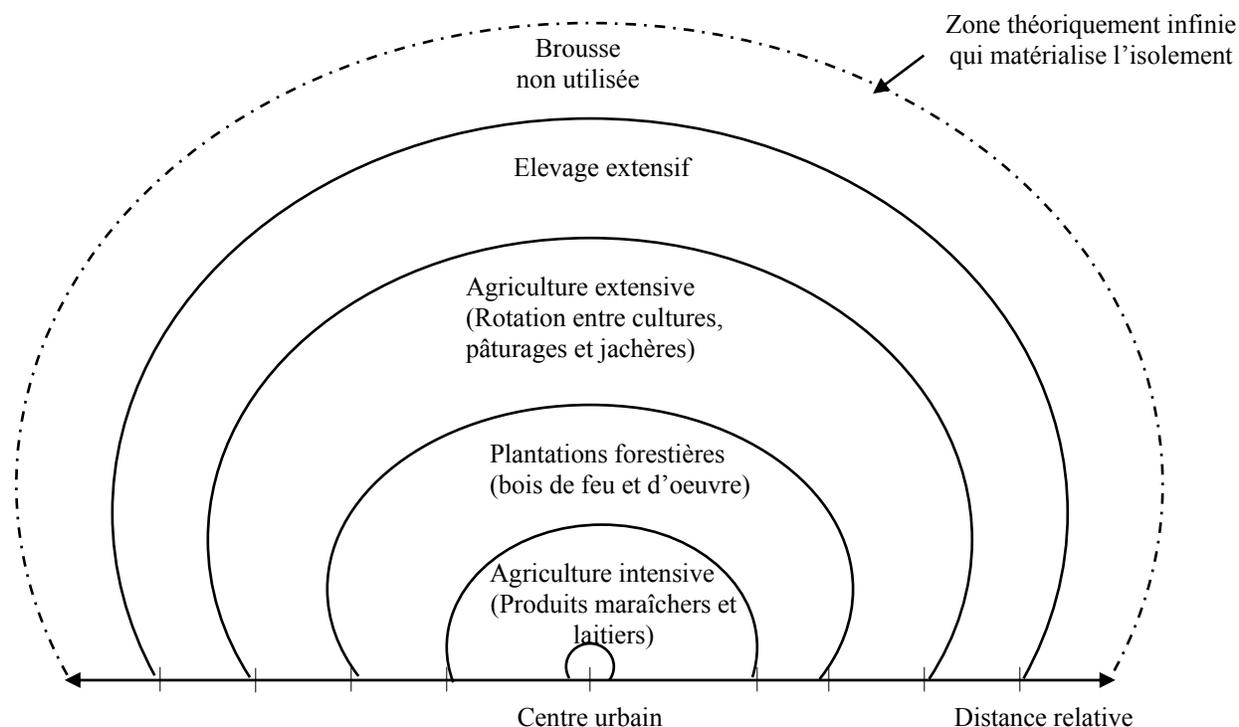


Figure 2.7 : Modèle d'organisation concentrique de l'utilisation de l'espace d'après Von Thünen

Lorsque le centre urbain s'étend et que les marchés se développent, chaque auréole va s'étendre vers la périphérie, résultant en un changement de l'utilisation de l'espace et des systèmes agricoles ou pastoraux à l'échelle régionale. Des zones vont basculer avec le temps d'une utilisation extensive à une utilisation plus intensive. De Groot (2000) a ainsi décrit un zonage de l'espace autour du centre urbain où on distingue principalement quatre zones : une zone naturelle, une zone d'extraction, une zone d'agriculture et d'élevage extensif et une zone d'agriculture et d'élevage intensif. Ces quatre zones définissant trois frontières mobiles : la frontière d'extraction, agricole et d'intensification. En s'appuyant sur l'analyse de l'évolution de la forêt de Sierra Madre aux Philippines, l'auteur soutient l'apparition d'une quatrième frontière consacrée à la protection de la nature dans les zones rurales. Le modèle de Von Thünen, a été exploité pour relier empiriquement la croissance urbaine à la déforestation périurbaine en utilisant les données de télédétection (Lambin, 1994). Toutefois, la déforestation périurbaine ne se diffuse pas toujours sous formes d'auréoles mais procède en fronts disjoints déterminés par le réseau routier ou les variations locales de certains facteurs physiques comme le relief, les types de sols ou les rivières. Ces observations ont donc donné lieu à de nouvelles versions qui incluent une plus grande diversité de systèmes d'utilisation de l'espace et mettent un accent sur les aspects dynamiques et leurs facteurs déterminants (routes, population, importance du marché etc.). Dans le cadre de cette thèse, la localisation du principal centre urbain de la zone d'étude et la croissance urbaine récente suggèrent l'hypothèse d'une organisation de l'utilisation l'espace et de dynamiques obéissant à ce modèle. Le choix approprié des sites d'études

(chapitre 4) et l'analyse quantitative des facteurs déterminants l'utilisation de l'espace effectué au chapitre 9 ont permis de tester cette hypothèse.

Pendant de nombreuses décennies, les scientifiques regardaient les systèmes environnementaux comme des systèmes relativement résilients et stables face aux interactions humaines. Mais pendant les deux à trois dernières décennies, les perceptions des scientifiques ont basculé et ils comprennent que les relations de cause à effet dans les systèmes environnementaux sont souvent mieux représentées par des fonctions mathématiques non linéaires. Ces systèmes peuvent pendant un long moment répondre très lentement et de façon incrémentale aux interventions humaines et changer subitement de caractère. En d'autres termes ces systèmes présentent des effets de seuil : on peut observer de façon continue une faible variation d'une propriété pendant un long moment sans impact notable sur le reste du système. Toutefois, le système peut atteindre un état où un petit changement de la même propriété fait basculer le système au-delà d'un seuil et précipite une transition rapide vers un nouvel état ou équilibre. La théorie des systèmes souligne l'influence des propriétés de seuils, d'interdépendance et interactivité sur la dynamique des systèmes environnementaux (Homer-Dixon, 1999). La modélisation par les systèmes multi-agents se trouve appropriée pour étudier ces propriétés du système agricole (Bakam, 2003 ; Parker et al., 2002 ; Bousquet et al., 1998).

2.4. Approches et démarches d'analyse des changements agricoles

Les facteurs déterminants les changements agricoles sont de nature et de source variées. On peut distinguer trois groupes de facteurs qui correspondent aux interactions entre le système agricole et son environnement. Les facteurs socio-économiques concernent par exemple le marché, la croissance démographique, la culture et les connaissances des systèmes et pratiques traditionnels, les facteurs biophysiques comprennent la variation des précipitations, la fertilité des sols, etc., et les facteurs liés à la gestion de l'espace se réfèrent notamment aux causes immédiates ou stratégies de gestion de l'espace comme la décision de développement de l'infrastructure routière (Verburg et al., 1999). En général, lorsqu'on modélise la dynamique de l'occupation du sol ou de l'utilisation de l'espace, on doit également prendre en compte les institutions ou la macro politique qui peuvent être représentés par les facteurs sociaux (Turner et al., 1995). Certains facteurs qualifiés d'endogènes sont des facteurs proches du paysan ou du système local d'utilisation de l'espace comme les prix, la densité de population, le savoir paysan ou la culture. D'autres facteurs qualifiés d'exogènes sont des facteurs extérieurs qui agissent sur de très grandes distances comme la croissance de la population ou le marché régional.

Comprendre comment ces facteurs se combinent pour conduire à des changements est une question centrale qui intéresse les décideurs et les acteurs impliqués dans la gestion de l'espace, mais reste un problème difficile à aborder dans les études sur les changements agricoles. La plupart des approches et modèles qui ont été développés pour répondre à des questions spécifiques, ne sont pas appropriés lorsqu'on veut comprendre le comportement du système de façon plus complète. La nécessité d'une approche interdisciplinaire et intégrée pour résoudre ce problème est de plus en plus reconnue par la communauté scientifique qui travaille sur les changements environnementaux. Les sciences sociales, la géographie et l'informatique à travers les possibilités de développement de modèles dynamiques sont naturellement transversales à plusieurs disciplines et se présentent de ce fait comme des moyens

appropriés pour mettre en œuvre la démarche interdisciplinaire qui est requise dans ce type de situation. Dans cette dernière section, nous décrivons les principales caractéristiques de chacune des approches d'analyse des changements agraires en justifiant la démarche qui a été retenue dans le cadre de cette étude.

2.4.1. Approches sociologiques d'analyse des changements agraires

Les approches d'étude des changements agraires ont été regroupées dans Harriss (1982) en trois grandes catégories qui intègrent plus ou moins les principes de recherche disciplinaire dans les différents domaines des sciences environnementales (sociales, anthropologiques, économiques etc.) : les approches structurées/historiques, les approches systémiques et les approches basées sur les modèles orientés vers la prise de décision. Les approches structurées et historiques commencent par un examen du processus de production et sont concernées par les relations entre les hommes et l'environnement naturel, et par les relations des hommes dans le processus de production. Ces approches placent les concepts de propriété et de contrôle des ressources au centre des analyses et essaient de montrer que ceux-ci déterminent les systèmes d'utilisation de l'espace (Pellissier, 1995). Les approches systémiques incluent les études qui essaient d'utiliser rigoureusement la théorie générale des systèmes dans l'analyse du secteur agricole et les efforts de modéliser les sociétés rurales comme des éléments socio-économiques interdépendants. Les approches systémiques ont été suivies pour caractériser les systèmes agraires par des propriétés similaires à celles des écosystèmes naturels tel que leur productivité, stabilité et résilience (Conway, 1987). Dans cette catégorie d'approche, sont citées les études qui intègrent les facteurs environnementaux, technologiques et cherchent à expliquer leurs interrelations dans le système agricole. La thèse de Boserup (1965) et les études que celle-ci a inspirées sont des illustrations de ces approches. Les approches basées sur les modèles orientés vers la prise de décision concernent les études de l'économie paysanne qui s'intéressent à l'allocation des ressources dans les exploitations et aux réponses paysannes aux marchés et aux innovations. Ces études essaient de mettre en place des modèles dans lesquels les individus font des choix à propos de leurs valeurs et de leurs actions et changent ainsi leurs sociétés. Ce type d'études permet de bien expliquer l'échec ou le succès de l'individu dans le système, mais le système en soi est laissé en dehors de l'analyse.

2.4.2. Approches géographiques d'analyse des changements d'utilisation de l'espace

Nous distinguerons deux principales catégories d'approches correspondant à deux visions différentes et complémentaires de la géographie : celle regroupant les approches basées sur une vision classique de la géographie reposant sur les faits et celle composée des approches basées sur une vision néopositiviste reposant sur la construction des modèles (Bailly, 1996). Ces deux approches ont été combinées dans le cadre de cette thèse. Les résultats de la démarche géographique classique sont présentés aux chapitres 5, 7 et 8 qui fournissent des éléments pour la mise en œuvre des modèles dont les résultats sont présentés aux chapitres 9 et 10.

La vision néoclassique de la géographie privilégie la description des faits pour atteindre l'explication par une démarche inductive basée sur l'exploration. Cette démarche peut se résumer en trois étapes : l'observation analytique d'une aire donnée par collecte de données variées (milieu naturel et humain), le classement et cartographie des morphologies de répartition des observations et la détection des liaisons entre phénomènes en vue de l'explication des répartitions par recherche des causalités directes dans l'aire

délimitée (chapitres 5, 7 et 8). Les approches d'analyse des changements d'utilisation de l'espace qui abordent les questions « où et quoi », appartiennent à cette classe. Ces approches utilisent des observations directes provenant d'une grande variété de sources comme les satellites de télédétection, les statistiques nationales, les inventaires de l'occupation du sol et les mesures de terrain. Les observations fournissent des données sur la distribution spatiale des changements d'occupation et permettent de générer des informations complémentaires pour analyser : les relations spatiales entre les changements d'utilisation et d'occupation, la fragmentation de l'occupation du sol et du paysage, les tendances de diffusion spatiale des changements d'occupation et d'utilisation, d'autres dynamiques spatiales spécifiques. Ces approches permettent de mieux comprendre les dynamiques étudiées et sont parfois des préalables pour les approches reposant sur la modélisation.

La vision néopositiviste privilégie la théorie pour atteindre des règles générales d'explication par une démarche déductive qui insiste sur la rigueur scientifique et utilise l'observation pour tester la théorie. Contrairement à la démarche inductive des approches classiques, la démarche déductive ne part pas des faits observés dans le monde pour ensuite les mettre en relation et les comprendre. Elle élabore une construction théorique des processus qu'elle présume explicative du monde réel et elle la confronte ensuite avec la réalité étudiée afin d'en vérifier la validité. Quelques exemples qui illustrent cette démarche dans la littérature sont la théorie des lieux centraux du géographe allemand Christaller (1933) appliquée à l'organisation des réseaux urbains, la théorie de rente Von Thünen (1826) appliquée à l'utilisation de l'espace périurbain ou encore la théorie de Weber appliquée à la localisation industrielle. Ces démarches se résument dans les étapes suivantes : choix d'une problématique et des faits à étudier, formulation d'hypothèse de travail et élaboration d'une explication théorique des faits, confrontation des hypothèses et de la réalité observée, conclusion par rejet, non-rejet ou modification des hypothèses et de la théorie les soutenant. La démarche globale suivie dans cette thèse inclut des aspects de cette approche déductive. En effet, la modélisation est considérée comme un outil permettant d'anticiper les réponses aux différentes options de gestion; Elle fournit des moyens par lesquels notre compréhension actuelle des processus peut être testée. Les réponses de la modélisation à ce test peuvent mettre en exergue le manque de connaissance et fournir une logique pour établir la priorité entre les domaines de recherche spécifiques qui sont identifiés à l'issue du diagnostic (Toxopeus, 1996).

2.4.3. Approche interdisciplinaire pour l'analyse et la modélisation des dynamiques agraires

La démarche suivie dans cette thèse pour analyser les dynamiques agraires correspond à une approche interdisciplinaire qui combine les éléments des approches sociologique et géographique en s'appuyant sur les outils informatiques d'analyse spatiale et de modélisation dynamique. Les principales spécificités sont le rôle de l'espace, la prise en compte explicite de l'échelle et la manière dont les processus d'utilisation de l'espace s'expliquent. Nous avons montré à la section 2.2 de ce chapitre, le rôle de l'espace dans la définition et dans les approches d'analyse des systèmes agraires. L'importance de la question d'échelle a été également reconnue dans plusieurs recherches sur les systèmes agraires dans différentes disciplines (Fresco, 1995 et De koning, 1999). Ces travaux décrivent les différents niveaux hiérarchiques dans les systèmes d'utilisation de l'espace mais indiquent que l'intégration des variables biophysiques et socio-économiques aux échelles appropriées reste un défi majeur. Les approches d'analyses existantes diffèrent le plus souvent en fonction des objectifs, des échelles, des questions et des thèmes abordés. A chaque approche correspond des méthodes et outils adaptés pour leur mise en œuvre (Turner et al., 1995 ; Lambin

et al., 1999). Deux principaux types d'approches sont reconnus par la communauté scientifique internationale pour aborder les questions de changement d'utilisation de l'espace. Ces deux types d'approches se distinguent par la manière dont l'espace et l'échelle d'analyse sont pris en compte et correspondent à deux courants de pensée.

Le premier type d'approches correspond à celles qui considèrent que la compréhension des dynamiques nécessite d'abord une meilleure connaissance de l'utilisation de l'espace à l'échelle locale. L'élément central est l'acteur ou un agent qui effectue des actions spécifiques en fonction de ses propres calculs et de ses règles de décision qui déterminent les changements d'occupation du sol. Ces approches essaient d'abord de comprendre les décisions liées à l'utilisation de l'espace avant de chercher à les lier aux processus régionaux ou globaux (process to pattern). Les approches correspondant à ce courant de pensée mettent l'accent sur la compréhension des relations entre les acteurs et l'utilisation de l'espace à l'échelle locale. Dans ce premier cas, un nombre de sites de recherche en général de petite étendue (terroir ou village), est sélectionné pour analyser les facteurs déterminant les changements d'utilisation de l'espace à travers des enquêtes socio-économiques ou historiques et des analyses comparatives. Plusieurs travaux de recherche dans la zone d'étude ont abordé l'analyse des dynamiques agraires en s'orientant vers la première approche (Njomaha, 2004 ; Réounodji, 2003 et AnkoGuy-Mpoko, 2002). Ces approches fournissent la compréhension locale qui est déterminante pour la compréhension globale. L'inconvénient de telles études c'est le caractère narratif et le manque de généralité permettant de développer des modèles à un niveau hiérarchique supérieur.

Le deuxième courant de pensées correspond aux approches qui considèrent que l'analyse locale des systèmes de mise en valeur de l'espace ne peut prendre un sens que si elle est reliée à des dynamiques spatiales régionales. Ceux-ci pensent que les connaissances actuelles des dynamiques d'occupation du sol sont insuffisantes du fait que l'on ne dispose pas de mesures de son taux d'évolution, de son extension géographique et de la délimitation de ses structures spatiales. Les approches correspondant à ce courant de pensées sont centrées sur l'analyse des changements d'occupation du sol effectuée sur la base des observations directes et des modèles de diagnostic au niveau régional (Turner et al 1995). Dans ce cas l'occupation du sol est un indicateur important des changements d'utilisation de l'espace et donc des dynamiques agraires. Une attention est donc portée sur les questions relatives au taux de changement d'occupation du sol, à la localisation des changements actuels et futurs, ainsi que les facteurs environnementaux qui expliquent ces changements. Dans ce cas un site d'étude plus large est choisi afin d'analyser la structure et les changements d'occupation du sol en les reliant aux données sur facteurs biophysiques et socio-économiques dans la perspective de dériver et expliquer les processus en cours. Les études empiriques menées ailleurs (Trébuil, 1994 ; Mapedza, 2003) et dans la zone d'étude (Triboulet, 1995) ont montré qu'il y a une bonne corrélation entre les structures observées par télédétection et certaines caractéristiques importantes des systèmes agraires. La télédétection peut donc aider à mettre en exergue les modes d'organisation des territoires et les transformations des paysages. Les paysages agraires étant considérés comme une expression des pratiques sociales et le produit du milieu aménagé par l'homme (Bailly et Ferras, 1997). La priorité de ce type d'approche consiste d'abord à identifier des espaces et périodes de temps nécessaires aux observations qui pourront être reliées aux données d'enquêtes sur les facteurs socio-économiques ou institutionnels qui influencent les changements d'occupation du sol. Des études détaillées peuvent ensuite être menées sur des zones sélectionnées afin d'identifier les

trajectoires génériques et les processus de changement qu'on peut prudemment généraliser dans le cadre d'un modèle dynamique qui représente les relations de cause à effet. (From pattern to process). Les inconvénients de ce type d'approche portent sur : le caractère très fastidieux de l'analyse, du nombre assez important de détails et son faible pouvoir explicatif. De plus certains changements du système agricole sont visibles à travers les paysages alors que certains ne le sont pas, encore moins par télédétection.

La démarche suivie dans cette thèse a privilégié le deuxième type d'approche tout en explorant les possibilités d'intégration des données et informations issues de la première approche. De cette façon on arrive à relier les facteurs déterminants identifiés dans les études locales avec les changements d'occupation du sol identifiés au niveau régional. Réciproquement, les modèles élaborés au niveau régional établissent des bases de projection des changements en se référant aux changements des causes ou des facteurs déterminants. Ces modèles intègrent les variables et des règles d'évolution dérivées des études faites au niveau local afin de générer des résultats temporels et spatiaux explicites utilisables par des modèles globaux.

2.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit un modèle de représentation des systèmes d'utilisation de l'espace qui met en exergue les propriétés complexes qui caractérisent les systèmes environnementaux. Nous avons également fait une revue des théories qui ont été développées pour expliquer les dynamiques de ces systèmes. Chaque théorie fournit des explications complémentaires à celles fournies par d'autres pour la compréhension de la diversité des processus étudiés. Il apparaît également que les démarches traditionnelles d'analyse des systèmes d'utilisation de l'espace sont le plus souvent dominées par des traditions disciplinaires (sciences sociales, géographie, agronomie, foresterie, etc.). Ce qui conduit le plus souvent à des explications incomplètes des processus étudiés. L'approche la plus appropriée pour l'analyse des systèmes d'utilisation de l'espace devrait par conséquent être interdisciplinaire et prendre en compte les propriétés complexes qui caractérisent les systèmes environnementaux. La démarche suivie dans cette thèse pour le développement du Système d'Information sur l'Environnement SMALL Savannah est fondée à cet effet sur une approche intégrée qui s'articule autour des outils d'analyse spatiale, d'analyse systémique et de modélisation dynamique. Une telle démarche garantit la compréhension qui est nécessaire pour la conception et l'implémentation du SIE. Le chapitre suivant décrit l'ensemble des méthodes et outils qui ont été mis en œuvre dans le cadre de cette démarche.

