



Faculté des Lettres, Arts et
Sciences Humaines
(FLASH)

Université d'Abomey-Calavi
(UAC)



Chaire Unesco Science,
Technologie et Environnement
(CUSTE)

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espaces, Cultures et Développement" (EDP)

Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)

Option : Géosciences de l'Environnement et Aménagement du Territoire

N° d'enregistrement/ /EDP/GEN

**CARTOGRAPHIE ET MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DES
PARCOURS NATURELS DES TROUPEAUX TRANSHUMANTS
DANS LES COMMUNES DE BANIKOARA ET DE KARIMAMA
(NORD-BENIN)**

Présenté par :

Nourou TOKO ISSIAKA

Sous la direction de :

Dr Brice TENTE

Maître de Conférences

DGAT/FLASH/UAC

Soutenu, le 16 mai 2014 devant le jury composé de :

Président :	Madjidou OUMOROU	Maître de Conférences à l'UAC
Rapporteur :	Brice TENTE	Maître de Conférences à l'UAC
Examineur :	Omer THOMAS	Maître-Assistant à l'UAC

Mention : Très bien

Sommaire

Sigles et abréviations.....	3
Dédicace	4
Remerciements	5
Résumé	6
Abstract	7
Introduction	8
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE	10
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	30
CHAPITRE III : RESULTATS.....	42
CHAPITRE IV : DISCUSSION	63
Conclusion.....	68
Références bibliographiques	70
Annexes	82
Liste des tableaux	97
Listes des figures	97
Table des matières	98

Sigles et abréviations

ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

BIDOC : Bibliothèque Documentaire

CAP: Community Analysis Package

DGAI : Direction Générale des Affaires Intérieures

EDP : Ecole Doctorale Pluridisciplinaire

ETM : Enhanced Thematic Mapper

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FLASH : Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines

IGN : Institut Géographique National

INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique

LaCarto : Laboratoire de Cartographie

LCM : Land Change Modeler

LULCC: Land Use and Land Cover Changes

LULC: Land Use and Land Cover

MDP3C : Cartographie et Modélisation de la Dynamique des Parcours Naturels et Gestion de la Transhumance dans un Contexte de Changement Climatique

MNT : Modèle Numérique de Terrain

OLI : Operational Land Imager

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

PDC : Plan de Développement Communal

PNW : Parc National du W

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SNV : Organisation Néerlandaise pour le Développement

UAC: Université d'Abomey-Calavi

TM : Thematic Mapper

Dédicace

A tous ceux qui œuvrent pour la promotion des jeunes chercheurs ;

A mon épouse Mahroufath BAKARI pour son soutien et sa compréhension.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier du Programme Fonds Compétitifs de Recherche (PFCR2) dans le cadre du projet MDP3C.

Ma reconnaissance et mes sincères remerciements au Professeur Brice TENTE, Maître de Conférences, Chef de Département de Géographie et Aménagement du Territoire de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines de l'Université d'Abomey-Calavi pour avoir accepté superviser ce travail pour lequel il s'est personnellement investi.

Je tiens à remercier tout particulièrement le Professeur Bénéôit N'NBESSA, Coordonnateur du Programme MDP3C et les autres membres du programme MDP3C pour leur disponibilité, leurs conseils utiles et instructifs.

Je témoigne ma profonde reconnaissance au Dr Omer THOMAS, Maître-Assistant, Directeur du Laboratoire de Cartographie (LaCarto), pour sa disponibilité et ses conseils instructifs.

Je remercie très sincèrement le Dr Ismaïla TOKO, Maître-Assistant, Directeur Adjoint du Laboratoire de Cartographie (LaCarto) et le Dr Ibrahim TOKO, Maître-Assistant à la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou pour leurs conseils instructifs et leur soutien financier.

J'exprime ma profonde gratitude au Dr Ousséni AROUNA, Dr Mama DJAUGA, M. Soufouyane ZAKARI, M. Inoussa TOKO, Paolo LESSE, Saliou RACHIDI, M. Saliou BOUKARI, M. Saïd TOKO pour leur disponibilité et leurs conseils instructifs.

Je remercie également tous les collègues du LaCarto en particulier M. Erick SOGBOSSI, M. Abib G. SABI OROU BOGO, Housérou DJIBRIL, Idrissou BIO SANNOU et mes amis Talahatou TABOU, Roufaï SALE, Aimé SAMBA pour leur sollicitude.

Mes sentiments de remerciement à tous les enseignants de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP) qui ont contribué à notre formation.

Je remercie aussi tous mes frères, sœurs, cousins, cousines, oncles, tantes, parents, amis et amies qui trouveront dans ce mémoire la consécration de tous leurs sacrifices.

Résumé

La cartographie et la modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants ont été étudiées dans les Communes de Banikoara et de Karimama au Nord-Bénin. La classification hiérarchique des relevés phytosociologiques effectués dans les parcours naturels sur la base de la présence-absence des espèces a permis d'individualiser quatre types de pâturage. La caractérisation de la structure de ces pâturages a montré la prédominance des individus de circonférences comprises entre 30 et 60 cm. Les familles les plus représentées sont les *Leguminosae* et les *Combretaceae*. Les phanérophytes et les thérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes alors que sur le plan chorologique, ce sont les espèces soudaniennes et les espèces soudano-zambéziennes qui sont les plus représentées. L'indice de diversité de Shannon varie de 2,38 à 4,07 bits et l'équitabilité de Pielou varie de 0,81 à 0,92 d'un pâturage à un autre.

Les techniques de la télédétection satellitale notamment l'interprétation et la classification des images Landsat 7 ETM+ de 2000 et Landsat 8 OLI de 2013 avec les outils de simulation (Land Change Modeler d'IDRISI Selva) ont permis d'analyser les changements intervenus et de faire des projections à l'horizon 2030. La cartographie de la dynamique des parcours naturels a montré que la superficie des forêts galeries et des forêts claires et savanes boisées est passée respectivement de 1,88 % et 12,8 % en 2000 à 1,83 % et 6,04 % en 2013. Alors que les savanes arborées et arbustives ont connu une évolution progressive de leur superficie qui est passée de 37,89 % 2000 à 40,87 % en 2013. Par ailleurs, les mosaïques de champs et jachères qui servent d'aires de pâturage en saison sèche ont connu une augmentation sensible de leur superficie qui est passée de 47,43 % en 2000 à 51,25 % en 2013. La modélisation prédictive des parcours naturels à l'horizon 2030 a révélé que les savanes arborées et arbustives occuperont 87,71 % de la superficie totale des parcours naturels des Communes de Banikoara et de Karimama si les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles sont maintenues. Ces savanes arborées et arbustives seront donc les formations végétales des parcours naturels les plus importantes. Au cours de la même période, les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées connaîtront une régression de leur superficie et occuperont respectivement 4,73 % et 7,56 % de l'ensemble des superficies des parcours naturels. Le devenir des parcours naturels dans ces Communes reste alors préoccupant si la tendance actuelle est maintenue.

Mots clés : Cartographie, changements spatio-temporels, modélisation, parcours naturels, Banikoara, Karimama.

Abstract

The mapping and the modelling of the space-time changes of the natural courses of the herds transhumants were studied in the Districts of Banikoara and Karimama, North of Benin. The hierarchical classification of the phytosociological readings taken in the natural courses on the basis of presence-absence of the species made it possible to individualize four pasture types. The characterization of the structure of these pastures showed the prevalence of the individuals of circumferences ranging between 30 and 60 cm. The families most represented are *Leguminosae* and *Combretaceae*. The phanerophytes and the therophytes are the most abundant and dominant forms of life whereas on the plan chorologic, they are the sudanian species and the zambezian species which are represented. The Shannon diversity index varies from 2.38 to 4.07 bits and the equitability of Pielou varies from 0.81 to 0.92 of a pasture with another.

The techniques of the remote sensing satellitale in particular the interpretation and the classification of the images Landsat 7 ETM+ of 2000 and Landsat 8 OLI of 2013 with the tools for simulation (Land Changes To model IDRISI Selva) made it possible to analyze the changes occurred and to make projections by 2030. The mapping of land cover dynamics of the natural courses showed that the surface of the forests galleries and the clear forests and wooded savannas passed respectively from 1.88 % and 12.8 % in 2000 to 1.83 % and 6.04 % in 2013. Whereas tree and shrub savannas knew a progressive evolution of their surface which passed from 37.89 % 2000 to 40.87 % in 2013. In addition, the mosaics of fields and fallows which are used as surfaces of pasture in season dries knew an appreciable increase in their surface which passed from 47.43 % in 2000 to 51.25 % in 2013. The predictive modeling of the natural courses by 2030 revealed that free and shrub savannas will occupy 87.71 % of the total surface of the natural courses of the Districts of Banikoara and Karimama if the current practices of the exploitation of the natural resources are maintained. These raised and shrubby savannas will be thus the vegetable formations of the natural courses most significant. During the same period, the clear forests galleries and forests and wooded savannas will know a regression of their surface and will respectively occupy 4.73 % and 7.56 % of the whole of the surfaces of the natural courses. To become natural courses in these Common remains alarming then if the current tendency is maintained.

Key words: Mapping, time-space changes, modelling, courses natural, Banikoara, Karimama.

Introduction

L'élevage est la seconde activité économique après l'agriculture au Bénin et particulièrement dans les Départements de l'Alibori et du Borgou (Djèntonin *et al.*, 2003). L'élevage des bovins et des petits ruminants dans cette région repose sur les pâturages naturels et les résidus de récolte. Les animaux s'alimentent essentiellement sur les parcours naturels logés dans différents types de formations végétales, lesquelles formations végétales, se trouvant dans les substrats intimement liés au relief de la zone concernée (Toko, 2008). Les « terroirs d'attache » des éleveurs et les parcours habituels de la transhumance sont confrontés actuellement à une raréfaction et à une dégradation de leurs ressources naturelles (Convers, 2002). Ce processus est le fruit d'une crise environnementale qui sévit dans la région ouest africaine depuis les épisodes de grave sécheresse des années 70 et qui se perpétue depuis avec l'augmentation de la densité démographique, en présence de populations dont le mode de vie a toujours largement reposé sur le libre accès aux ressources naturelles et à leur exploitation (Benoit, 1998). Ces sécheresses ont accentué à cet effet le phénomène de la transhumance transfrontalière.

Selon Lhoste *et al.* (1993), la transhumance est définie, comme « un système de production animale caractérisé par des mouvements saisonniers de caractères cycliques, d'amplitude variable. Ces mouvements s'effectuent entre des zones écologiques complémentaires, sous la garde de quelques personnes, la plus grande partie du groupe restant sédentaire ». Les transhumants partent lorsque l'environnement ou les conditions de subsistance des troupeaux deviennent drastiques. Les troupeaux transhumants partent généralement d'environnement en déséquilibre et où le pâturage est une denrée rare vers de zones considérées comme encore bien fournies en pâturage (DGAI, 2013). Dans ce contexte, la transhumance peut être considérée comme une forme d'adaptation à ces environnements et de valorisation des complémentarités écologiques entre zones sahéliennes et régions soudaniennes. Les «terroirs d'attache» des éleveurs et les parcours habituels de la transhumance sont confrontés actuellement à une raréfaction et à une dégradation de leurs ressources naturelles (Convers, 2002). En effet, pour assurer une complémentarité écologique et répondre aux besoins en ressources pastorales du bétail, les pasteurs des pays sahéliens frontaliers au Bénin effectuent des descentes saisonnières et massives sur la terre béninoise, devenue une zone de passage et d'accueil pour les animaux. A la recherche de cet équilibre en ressources pastorales, les éleveurs transhumants du Niger et du Burkina Faso ont le Bénin comme terre de prédilection. Ainsi, plusieurs régions du Bénin et plus particulièrement le Nord-Bénin sont devenues des

zones d'accueil/de passage. C'est le cas des Communes de Banikoara et de Karimama qui constituent le secteur étude. En effet, l'élevage dans ces Communes est caractérisé par le semi-nomadisme et la transhumance avec un système alimentaire de type pastoral, c'est-à-dire l'utilisation exclusive des parcours naturels et de quelques résidus de récolte. La surexploitation de ces parcours, l'extension continue des surfaces cultivées et la croissance du cheptel bovin entraînent une évolution régressive de la flore et du potentiel fourrager dont les impacts sur le devenir du couvert végétal de la région méritent d'être investigués de façon approfondie.

La présente étude qui vise à cartographier et à modéliser la dynamique des parcours naturels des troupeaux transhumants se structure en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré aux cadres théorique et géographique. Le deuxième chapitre présente la méthodologie utilisée au cours de ce travail. Le troisième chapitre expose les résultats de l'étude et enfin le quatrième chapitre est consacré à la discussion des résultats.

CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE

Ce chapitre présente la problématique, les objectifs, les hypothèses, la définition des concepts et les aspects physiques et humains de la présente étude.

1.1 Cadre théorique

1.1.1 Problématique

Dans toutes les régions tropicales, l'environnement végétal fait l'objet de pressions permanentes liées à diverses activités (agriculture, coupe de bois et élevage) dont les conséquences prennent une allure catastrophique, surtout pour les écosystèmes fragiles (Djèntonin, 2010). En Afrique subsaharienne, l'élevage occupe une place de choix dans l'économie des pays par sa contribution d'environ 10 à 20 % au PIB et 50 à 80 % du PIB agricole (Faye & Alary, 2001). Cet élevage, traditionnel majoritairement, est extensif et transhumant. L'élevage des ruminants en général se base sur l'utilisation extensive des pâturages naturels (Sinsin & Saïdou, 1998). Selon Rivière (1977), l'alimentation des ruminants dans les pays tropicaux est assurée à plus de 90 % par les parcours naturels. Les parcours naturels désignent les zones de végétation spontanée et post-culturale et qui constituent les aires de parcours du bétail (Ludwig & Bastin, 2008). L'exploitation de ces parcours naturels par les éleveurs est basée sur une adaptation continue, guidée alors par l'offre fourragère potentielle et les besoins des troupeaux. En effet, les facteurs d'influence des parcours naturels exploités par les troupeaux bovins sont les grandes variabilités climatiques (Sinsin, 1993 ; Fournier, 1996 ; Wall *et al.*, 1999) et la forte utilisation des terres par les humains. Ces deux facteurs rendent les écosystèmes des parcours naturels plus susceptibles de se dégénérer rapidement (Parton *et al.*, 1996). Selon Squires et Bennett (2004), cité par Toko (2008), la productivité des écosystèmes est étroitement dépendante de la pluviosité, de la texture et de la profondeur du sol. Ainsi, la biomasse herbacée varie dans le temps suivant les conditions pluviométriques et dans l'espace suivant la nature du substrat édaphique liée à la situation topographique (Sinsin, 1993 ; Toko, 2005).

D'une manière générale, la transhumance transfrontalière dans les écosystèmes protégés d'Afrique soudano-sahélienne a pris de l'importance au lendemain des grandes sécheresses des années soixante dix et quatre-vingt. Les pays sahéliens comme le Niger et le Burkina-Faso représentent alors les zones de départ tandis que les pays côtiers que sont le Bénin et le Togo sont considérés comme des zones d'accueil. Mais, ce canevas est faussé dorénavant par le front agricole qui tend à réduire les zones pastorales au profit de la culture de coton (Tamou,

2002). Les mouvements et les déplacements des éleveurs d'une contrée à une autre, sont gouvernés par l'existence de pâturages naturels de valeur pastorale plus élevée. Ces mouvements sont aussi sous-tendus par la possibilité de constituer des parcours continus ou bien moins fragmentés.

Le Bénin à l'instar des autres pays africains, connaît les mêmes problèmes. Le Bénin est de nos jours une terre d'accueil des troupeaux transhumants transfrontaliers. L'élevage est la seconde activité économique après l'agriculture au Bénin, particulièrement dans les Départements de l'Alibori et du Borgou (Djènantin, 2010). Le Bénin dispose de vastes étendues de pâturages naturels estimés entre 7 et 8 millions d'hectares, essentiellement localisés dans les régions septentrionales et centrales. Selon Paris (2002), il suffisait auparavant pour un éleveur de prendre la direction des « zones d'accueil » qui bénéficiaient d'une pluviosité plus précoce et plus prononcée, en suivant des axes de transhumance, le long desquels des ressources pastorales suffisantes permettaient d'effectuer le trajet en toute sécurité. Cela n'est plus guère le cas aujourd'hui. Car, les « terroirs d'attache » des éleveurs et les parcours habituels de la transhumance sont confrontés actuellement à une raréfaction et à une dégradation de leurs ressources naturelles (Convers, 2002). Au Bénin, la pression agropastorale sur les écosystèmes a été étudiée par Djènantin (2005), Houinato (2001) et Sinsin (2000). Pour ces auteurs, les écosystèmes naturels subissent de fortes dégradations du fait des activités agropastorales. Ces parcours sont soumis particulièrement à des pressions anthropiques comme la coupe du bois et l'extension des superficies des cultures de coton et d'igname (Djènantin *et al.*, 2004 ; Djènantin, 2005). C'est le cas par exemple de la Commune de Banikoara, première Commune productrice du coton au Bénin où la dégradation de l'environnement est alarmante du fait de la culture du coton. Par ailleurs, l'effet du climat est manifeste sur les parcours naturels avec la productivité de biomasse dont dépend l'offre fourragère (Sinsin, 1993). Il est donc impérieux de s'interroger sur le devenir des parcours naturels des troupeaux transhumants au Bénin en général et dans les Communes de Banikoara et de Karimama en particulier car, ces Communes ont connu une forte pression agropastorale ces dernières années. Ainsi, les questions suivantes méritent d'être posées :

- quelle est la tendance évolutive des formations végétales des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama ?
- quel est l'état actuel et futur de la végétation des parcours naturels dans ces Communes?

C'est pour répondre à ces questions que la présente étude intitulée : "Cartographie et modélisation de la dynamique des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les Communes de Banikoara et de Karimama (Nord-Bénin) » a été initiée.

1.1.2 Objectifs

1.1.2.1 Objectif général

L'objectif général de cette étude est de cartographier et de modéliser les changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les Communes de Banikoara et de Karimama.

1.1.2.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'est agi de :

- ✓ caractériser les pâturages des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama ;
- ✓ cartographier les changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants dans ces Communes ;
- ✓ modéliser la dynamique des parcours naturels des troupeaux transhumants.

1.1.3 Hypothèses

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses ci-après ont été formulées :

- ❖ les types de pâturages diffèrent d'un parcours à un autre ;
- ❖ les parcours naturels des troupeaux transhumants connaissent une évolution régressive du fait des pressions agropastorales et des variabilités climatiques ;
- ❖ le devenir des parcours naturels sera marqué de plus en plus par la régression des formations végétales naturelles au profit des formations anthropiques.

1.1.4 Définitions opératoires

Les concepts définis permettent une meilleure compréhension des termes utilisés.

Aire de pâturage

Espace qui est traditionnellement réservé aux pâturages. Cet espace est généralement délimité par les agents techniques et les représentants des éleveurs et agriculteurs. C'est dans le but de faciliter une organisation pacifique de la transhumance que ces espaces sont délimités. Dans le secteur d'étude (Communes de Banikoara et de Karimama), les aires de pâturage sont quasi-inexistants.

Cartographie : Selon l'Association Cartographique Internationale (1966), la cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation en vue de l'élaboration de cartes, plans et autres modes d'expression ainsi que dans leur utilisation.

Dans le cadre du présent travail, la cartographie permet mieux comprendre l'espace et le paysage du secteur de l'étude, grâce aux analyses multicritères réalisées sur les différents phénomènes physiques, humains et socio-économiques étudiés.

Conversion des formations végétales

C'est la transformation totale des formations végétales en d'autres formations végétales ou autres unités d'occupation du sol entre deux dates (Arouna, 2012). Dans le cadre de la présente étude, il s'agit de la conversion entre les unités telles que : forêts galeries, forêts claires et savanes boisées, savanes arborées et arbustives, champs et jachères.

Dégradation du couvert végétal

C'est la diminution ou la disparition progressive de la couverture végétale du fait de l'utilisation des terres et/ou d'autres facteurs naturels et de leurs interrelations (Lambin *et al.*, 2001 ; Arouna, 2012). Dans le cadre de cette étude, le concept de dégradation renvoie à l'état de destruction des pâturages et qui par conséquent, précise le fait qu'ils soient de moins en moins abondants ou rares. Cette dégradation s'observe dans les parcours naturels.

Détection des changements

C'est la mise en œuvre des techniques ayant pour but de repérer, de mettre en évidence et de quantifier l'évolution temporelle ou le changement d'état des unités d'occupation du sol ou des formations végétales à partir d'une série d'images satellites multidates (Arouna, 2012).

Dynamisme de la végétation

Le dynamisme de la végétation est le phénomène par lequel différentes plantes se succèdent à un même endroit au cours du temps, en fonction des conditions du milieu, et notamment du type de sol ; c'est alors une tendance naturelle des groupements végétaux à se rapprocher du climax (Ozenda, 1982).

Formation végétale

Unité de végétation physionomiquement homogène et d'aspect uniforme par l'assemblage en proportion relativement identique des mêmes types morphologiques ayant une évolution saisonnière semblable (Godron, 1984).

Groupement végétal

Unité de végétation correspondant à une composition floristique et à des conditions écologiques stationnelles définie statistiquement à partir de proportions concrètes du couvert végétal choisi pour leur représentativité (Daget & Godron, 1979).

Indice

Un indice est un indicateur composite calculé sur la base de plusieurs paramètres pour mesurer l'état d'un phénomène ou l'évolution d'un processus (Arouna, 2012).

Matrice de transition

La matrice de transition est un tableau synthétique qui récapitule en termes de superficies, les différentes transformations subies par les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol entre deux dates (Arouna, 2012).

Modèles explicatif et prédictif

Dans les études relatives aux changements spatio-temporelles de la végétation, la modélisation vise généralement l'explication et la prédiction (Brown *et al.*, 2006). On est ainsi parvenu aux concepts de modèles explicatif et prédictif. Le modèle explicatif cherche à comprendre les changements spatio-temporels de la végétation en fonction des facteurs naturels et anthropiques tout en évaluant la part de chaque facteur. Le modèle prédictif est un outil d'analyse spatiale qui permet de simuler spatialement le devenir de la végétation à court, moyen ou long terme sur la base de ses changements passés et actuels (Arouna, 2012). Dans le cadre de la présente étude, la simulation a été faite à l'horizon 2030.

Modélisation

C'est la conception d'un modèle qui est une représentation simplifiée d'un ensemble d'éléments complexes à partir des règles rationnelles. La modélisation est donc une technique qui permet d'établir les règles d'évolution d'un phénomène ou comportement en recensant les variables ou facteurs explicatifs et l'importance relative de chacune de ces variables (Vigneau, 2013).

Nomadisme

Le nomadisme peut être défini comme « un mouvement qui a lieu au sein d'une région, qui est non prévisible et lié aux aléas » (Barraud *et al.*, 2001).

Occupation du sol

C'est la couverture biophysique de la surface de la terre incluant la végétation, les cours et plans d'eau, les champs, les jachères et les installations humaines à un instant « t ». L'occupation du sol peut être donc succinctement définie comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées (Vigneau, 2013).

Parcours naturels

Les parcours naturels désignent les zones de végétation spontanée et post-culturale et qui constituent les aires de parcours du bétail (Ludwig & Bastin, 2008). Dans le cadre de la présente étude, les parcours naturels désignent les espaces de végétation spontanée qui constituent des aires de parcours pour les éleveurs transhumants ; les aires protégées et les formations anthropisées y sont exclues.

Régression

Dans le domaine de l'étude de la dynamique de l'occupation du sol, la régression d'une formation végétale est sa conversion vers une autre formation végétale moins boisée ou vers d'autres unités anthropiques (Arouna, 2012). C'est la réduction d'une superficie occupée par un type de formation donnée entre deux dates.

Transhumance

La transhumance est définie selon Lhoste *et al.* (1993), cité par Kagoné (2004) comme « un système de production animale caractérisé par des mouvements saisonniers de caractères cycliques, d'amplitude variable. Ces mouvements s'effectuent entre des zones écologiques complémentaires, sous la garde de quelques personnes, la plus grande partie du groupe restant sédentaire ». Les transhumants partent lorsque l'environnement ou les conditions de subsistance des troupeaux deviennent drastiques. Dans ce contexte, la transhumance peut être considérée comme une forme d'adaptation à ces environnements et de valorisation des complémentarités écologiques entre zones sahéliennes et régions soudaniennes.

En effet, on distingue en fonction de la nationalité des troupeaux, la transhumance nationale et transfrontalière : la transhumance nationale au Bénin concerne uniquement les troupeaux nationaux et occasionne des dégâts de moindre importance, qui sont pour la plupart du temps réglés à l'amiable tandis que la transhumance transfrontalière est caractérisée par le déplacement des troupeaux en provenance des pays frontaliers tels que le Niger, le Burkina-Faso et la République Fédérale du Nigeria. Cette catégorie de transhumance cause le plus de

dégâts au Bénin, malgré les dispositions prises en la matière par le Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité et des Cultes). La grande transhumance a lieu généralement durant la saison sèche, en direction du sud, afin de répondre aux manques de pâture et d'eau de la région d'origine des troupeaux. Elle répond à un schéma rigide dans ses modalités, son organisation et sa fréquence. La petite transhumance a lieu généralement durant la saison des pluies car elle a pour but d'éviter les dommages causés dans les champs par la divagation durant les récoltes. La durée et l'éloignement par rapport à la ferme sont très limités comparé à la grande transhumance (Bierschenk & Le Meur, 1997).

1.2 Cadre géographique

Il présente la localisation, les caractéristiques biophysiques et socio-économiques du cadre de l'étude.

1.2.1 Localisation

La présente étude a pour cadre les Communes de Banikoara (4383 km² dont 50 % d'aires protégées) et de Karimama (6102 km² dont les 75 % sont occupées par le Parc National W). Elles sont situées au nord-ouest du Département de l'Alibori et couvrent une superficie de 10485 km² soit, 39,4 % de la superficie totale du Département de l'Alibori. Situé entre 10°56' et 12°24' de latitude nord, et entre 2° et 3°16' de longitude est, cet espace géographique est limité au nord par la République du Niger, au sud par la Commune de Kérou (Département de l'Atacora) et la Commune de Gogounou, à l'est par les Communes de Kandi et de Malanville et à l'ouest par la République du Burkina-Faso (figure 1).

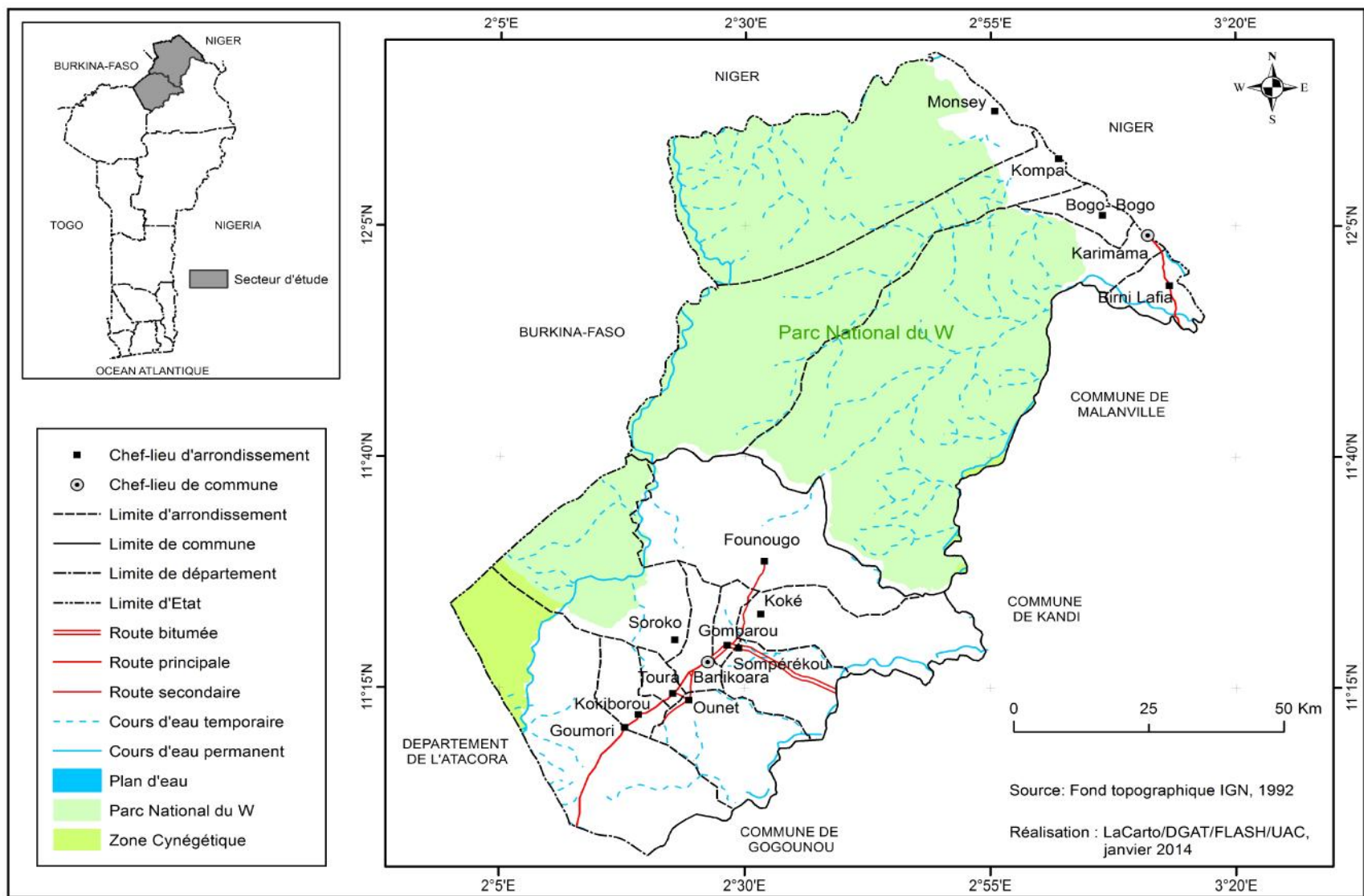


Figure 1 : Situation géographique des Communes de Banikoara et de Karimama

1.2.2 Présentation des parcours naturels et des axes de transhumance transfrontalière

Le Bénin accueille de nombreux éleveurs étrangers dans les différentes zones de pâturage, en particulier dans le Département de l'Alibori. Les Communes de Banikoara et de Karimama constituent des zones de transit des troupeaux étrangers venant du Niger, du Burkina-Faso et parfois du Nigeria. Plusieurs itinéraires sont empruntés par les éleveurs transhumants (figure 2). Le choix du parcours se fait préalablement dans la zone d'attache mais le berger dispose d'une marge de manœuvre pour orienter son déplacement en fonction des disponibilités en eau et en pâturage sur les axes de transhumance. Il oriente également son déplacement en évitant les champs et les zones à haut risque épidémiologique. Les éleveurs transhumants transfrontaliers ne remplissent généralement aucune formalité lors de leur déplacement, mais ils s'annoncent aux chefs Peulh de la zone de passage/d'accueil. Ceci dans le but que l'accès aux ressources pastorales leur soit facilité. Quant aux éleveurs transhumants nationaux, ils s'annoncent le plus souvent aux autorités locales lorsqu'ils se déplacent de village en village. La figure 2 présente les parcours naturels et les axes empruntés par les troupeaux transhumants, les portes d'entrée et quelques points d'eau.

L'analyse de cette figure, montre que dans le secteur d'étude, les parcours naturels sont constitués de galerie forestière, de forêt claire et savane boisée et de savanes arborées et arbustives. De même, il existe trois principales portes d'entrée par lesquelles les éleveurs transhumants font leur entrée sur le territoire des Communes de Banikoara et de Karimama. Les éleveurs burkinabé y entrent par Guimbagou (Commune de Banikoara) et les éleveurs nigériens par Pékinga et Birni-Lafia (Commune de Karimama).

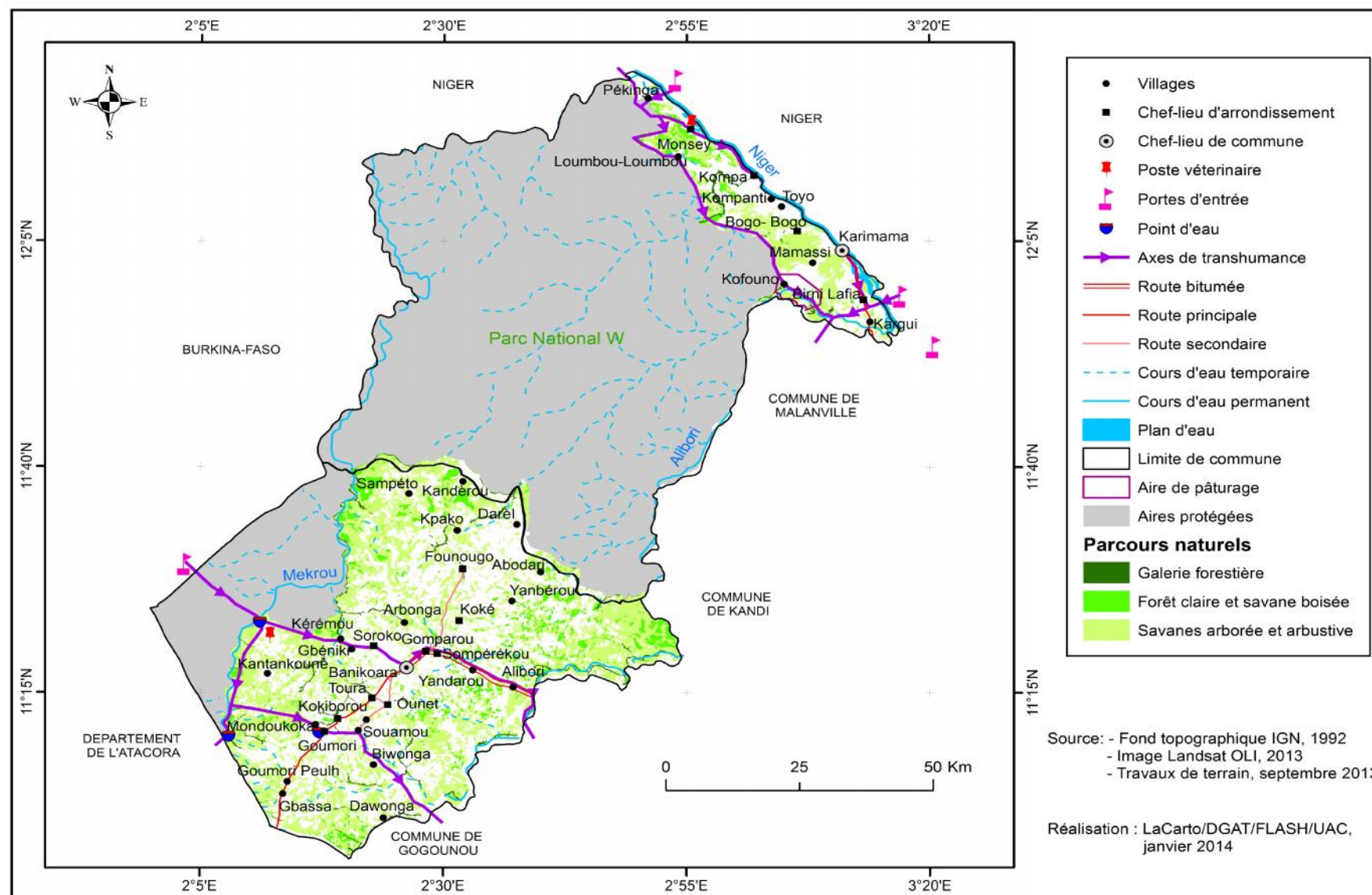


Figure 2 : Parcours naturels et axes de transhumance transfrontalière

1.2.3 Milieu physique

Le milieu physique rend compte des données sur le climat, les formations géologiques, les données pédologiques, les formations végétales, le relief et l'hydrographie.

1.2.3.1 Climat

La Commune de Banikoara bénéficie d'un climat de type soudanien avec une pluviosité moyenne annuelle comprise entre 850 et 1000 mm. Par contre dans la Commune de Karimama, le climat est de type soudanien sec avec une pluviosité moyenne qui oscille autour de 600 mm par an. Il règne dans ces Communes un régime pluviométrique uni-modal avec une saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. (ASECNA, 2011).

1.2.3.1.1 Evapotranspiration potentielle, précipitations et température

La figure 3 présente le diagramme climatique de Franquin (1969) montrant la variation de la pluviométrie et de l'évapotranspiration potentielle. La construction sur une même figure des courbes de pluviométrie (P) et de l'évapotranspiration (ETP) détermine la position de deux événements de nature purement climatique (Franquin, 1969).

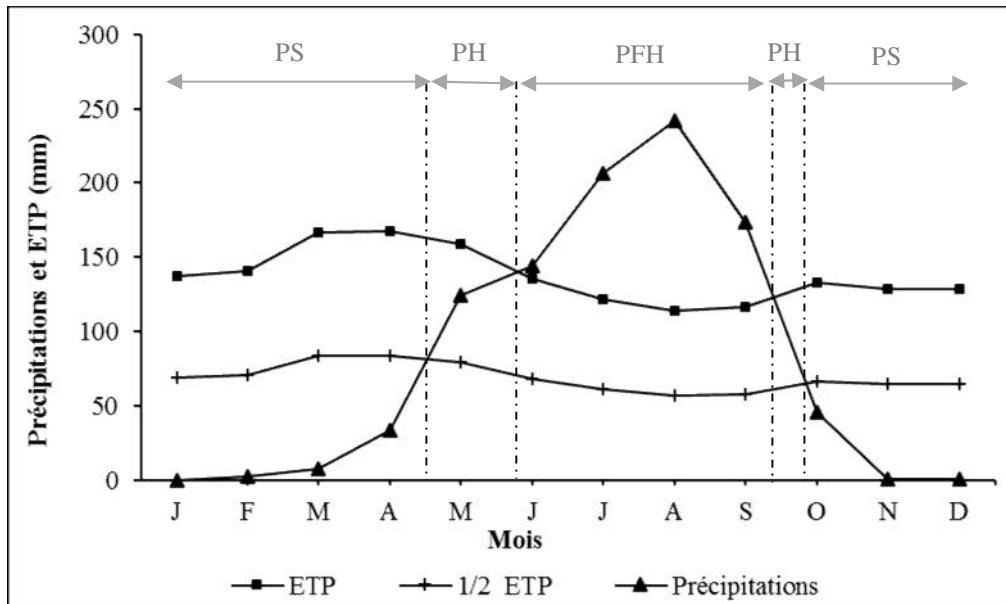


Figure 3 : Diagramme climatique de Kandi (1982-2012)

Source : ASECNA, 2013

PS : Période sèche, PH : Période humide, PFH : Période franchement humide.

Ce diagramme climatique permet de scinder l'année en des périodes d'événements bioclimatiques successifs, donc susceptibles de rendre compte des activités pastorales tout au

long de l'année. Selon Akoègninou (1994) cité par Gaoué (2000), la connaissance de la répartition des pluies dans l'année est importante puisqu'elle permet de connaître les périodes pendant lesquelles les animaux sont confrontés aux problèmes de déficit en eau.

L'analyse de la figure 3 révèle que :

- La période pré-humide s'étend de mi-avril à juin et de mi-septembre à octobre ($\frac{1}{2}$ ETP < P < ETP).
- La période humide s'étend de mi-avril à octobre (P > $\frac{1}{2}$ ETP). Cette phase correspond à la période de remplissage des retenues d'eau et des mares asséchées ou complètement taries au cours de la saison précédente. C'est un moment de soulagement pour les animaux, l'eau étant disponible même au niveau des cuvettes formées sur les cuirasses latéritiques. Les fourrages sont aussi abondants, dans les domaines non encore colonisés par les agriculteurs.
- La période franchement humide s'étend de juin à mi-septembre (P > ETP). Durant cette période, la végétation ne souffre d'aucune limite pour son alimentation hydrique et minérale. Cette période est la plus pluvieuse et le pic des précipitations est atteint dans le mois d'août. Pendant cette période les points d'abreuvement sont également rechargés.
- La saison sèche s'étend d'octobre à mi-avril ; période pendant laquelle la pluviosité est pratiquement nulle (P < $\frac{1}{2}$ ETP). Elle est marquée par la rareté des ressources pastorales. En effet les cours d'eau temporaires tarissent, les feux de végétation tardifs dévastent les herbes et arbustes. Les animaux doivent parcourir de grande distance à la recherche de ressources fourragère et de points d'eau. Elle correspond à la période de transhumance; période pendant laquelle les retenues d'eau reçoivent une plus grande quantité de bovins de la région et aussi ceux du Niger, du Nigeria et du Burkina-Faso. C'est également à cette période que les aires protégées sont assiégées par le bétail domestique (Tamou, 2002). Durant cette période sèche, l'évapotranspiration est forte, le niveau de l'eau baisse dans les cours d'eau permanents et parfois leur lit ne présente que l'aspect d'un chapelet de rigoles.

La température moyenne est environ de 27,7°C à la station de Kandi. Les périodes les plus chaudes de l'année se situent entre mars et avril avec une température journalière maximale de 38,6°C. Cette hausse de température entre mars et avril favorise le tarissement des points d'eau. Cet état de choses rend l'élevage très difficile pour les éleveurs. Les mois les plus frais se situent entre décembre et janvier, période au cours de laquelle souffle l'harmattan.

1.2.3.1.2 Humidité relative, insolation et vents

L'humidité relative de l'air est maximale entre mai et octobre (saison pluvieuse) et minimale entre novembre et février (saison sèche). Les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient entre 26 % et 81 %. De décembre à avril, l'humidité relative moyenne est inférieure à 50 %, le pouvoir évaporant de l'air est alors fort. C'est le moment du début de dessèchement des herbacées et de la perte des feuilles par les fourrages ligneux.

La durée annuelle de l'insolation est en moyenne de 3000 heures. Elle est maximale en novembre (286 h) et minimale en août (184 h). Elle représente le paramètre essentiel du rayonnement global et joue à ce titre un rôle important à la fin de l'hivernage en intensifiant le pouvoir évaporant de l'air (Sinsin, 1993). Elle est à l'origine de la dégradation des formations végétales. Par contre, la lumière est le facteur principal de la photosynthèse et donc favorise la production de biomasse.

Le secteur d'étude est soumis à deux types de vents : l'alizé maritime et l'harmattan. L'alizé maritime souffle d'avril à novembre suivant une direction sud-ouest. Sa vitesse moyenne décroît de 3 m/s en avril à 2 m/s en novembre. Sa vitesse maximale atteint 30 m/s en mai. L'harmattan, est un vent sec et froid qui souffle de novembre à mars suivant une direction nord-est. Sa vitesse moyenne est de 2 m/s. Sa vitesse maximale atteint 14 m/s. Il augmente le déficit de saturation de l'air et accentue les conditions d'aridité de la saison sèche. Les vents sont un agent de dissémination des diaspores de certaines espèces, accentuent la propagation des feux de végétation et l'érosion éolienne.

1.2.3.2 Formations géologiques

Les formations qui composent le substratum géologique du secteur d'étude sont disposées en longues bandes de direction NNE–SSO (Szaniawsky, 1982). Ces formations sont constituées d'un ensemble de roches très variées :

- la série du Buem est formée de grès, de quartzites, de jaspes et de schistes. Elle affleure suivant une bande étroite parallèle à la bordure nord-ouest de la chaîne de l'Atacora, où elle est suivie par la Mékrou. Elle est caractérisée par l'existence d'une série de collines étroites et allongées, formées de quartzites et de jaspes ;
- l'Atacorien est formé de quartzites de teinte claire à muscovite et de schistes et micaschistes moins abondants. Il constitue la chaîne de quartzites de l'Atacora. Il est bordé au nord-ouest par la série du Buem, tandis qu'à l'est, il est constamment en contact avec le Dahomeyen, sur lequel il est discordant ;

- le Dahomeyen est formé d'un certain nombre de groupes pétrographiques fortement métamorphiques, comprenant des gneiss (para ou ortho), des amphibolites, des pyroxénites et des quartzites. On note l'existence d'une série de migmatites formée aux dépens d'une partie des formations précédentes. Il constitue le substratum le plus ancien des séries attribuées au précambrien ;
- le groupe de Djougou comprend les gneiss à deux micas dans la région sud-ouest et dans la vallée de l'Alibori. La région de l'Alibori est très fortement faillée et les roches qui la composent ont été souvent transformées en mylonites d'aspect plus ou moins schisteux ;
- le groupe de Kandi a des affleurements assez abondants et les formations les plus répandues sont des gneiss plagioclassiques à biotite et amphibole ;
- le groupe de Kouandé se trouve aux abords de l'Alibori sous forme de massif relativement étendu d'un gneiss à faciès assez particulier de couleur verdâtre, bien lité, très dur, à grain plus fin que ceux précédemment cités.

1.2.3.3 Données pédologiques

Les sols dépendent du substratum géologique. Or, le secteur appartient au plateau cristallin avec une prédominance de pénéplaines. Ce substratum géologique a donné naissance à divers types de sols essentiellement de type ferrugineux tropical (figure 4). Selon Viennot (1978), on rencontre dans ce secteur :

- les sols ferrugineux tropicaux pauvres et fortement concrétionnés en surface. Ils abritent généralement une savane arbustive et une strate herbacée victime des feux de végétation annuels qui minéralisent les couches supérieures. Ces sols sont dominants dans la zone et leur faible niveau de fertilité explique l'utilisation intense d'engrais chimiques pour les cultures telles que le coton, le maïs, le sorgho, etc. ;
- les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions occupés par une végétation arborée. Ils sont formés sur grès du crétacé ou conglomérat du crétacé ;
- les sols ferrugineux tropicaux hydromorphes rencontrés dans les lieux périodiquement ou en permanence inondés. Ils sont formés sur conglomérat du crétacé et sont généralement composés de sable argileux ou d'argile plus le limon. De couleur grise noire, ces sols épais et d'une fertilité importante favorisent une végétation plus ou moins dense et fermée, mais sont faiblement représentés dans la zone d'étude. Ils sont rencontrés le long des cours d'eau au niveau des zones de dépression, aux abords et dans le lit des mares temporaires.

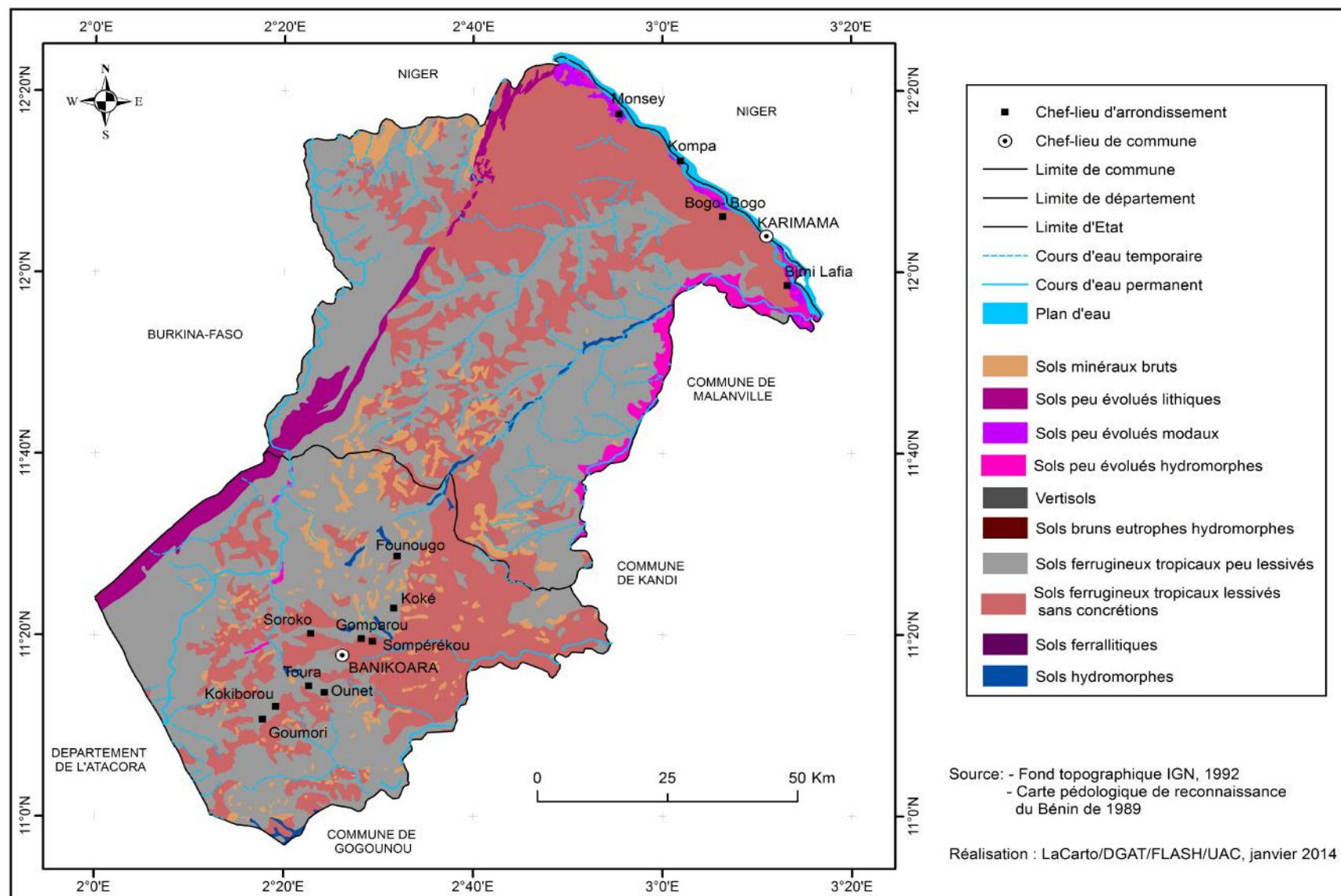


Figure 4 : Pédologie des Communes de Banikoara et de Karimama

1.2.3.4 Relief et hydrographie

Le relief est constitué d'une vaste pénéplaine granito-gneissique interrompue par des collines d'altitude modeste (figure 5), de l'extension de la chaîne de l'Atacora d'où s'étendent des régions plates (la plaine du Borgou à l'est et celle de Gourma à l'ouest), de falaises des chutes de Koudou et des rapides de Barou, de la Gorge de la Mékrou et de quelques microfaciès érigés par les dongas (Toko & Sinsin 2008).

Le réseau hydrographique est constitué essentiellement par les rivières Mékrou (410 Km) et Alibori (338 Km). La Mékrou a un régime régulier. Par contre, l'Alibori a un régime intermittent et forme des chapelets de mares le long de son lit mineur entre février et avril. A ces deux grandes rivières, s'ajoute un tissu réticulé de petites rivières qui leur sont raccordées en maints endroits de leur cours. Les plus importantes sont : Pako, Kompa Gorou, Bédarou, Mali Gorou, Kokodiangou, Konékoga (Tamou, 2002). Ces cours d'eau permettent le charriage et le transport des particules de sols découpés entraînant de ce fait le comblement de leur lit. Ces cours d'eau jouent un rôle primordial dans l'abreuvement et la fourniture de fourrage aux troupeaux, surtout en saison sèche où les points d'eau temporaires s'assèchent et les plaines alluviales et d'inondation permettent encore le développement de l'herbe fraîche très appréciée.

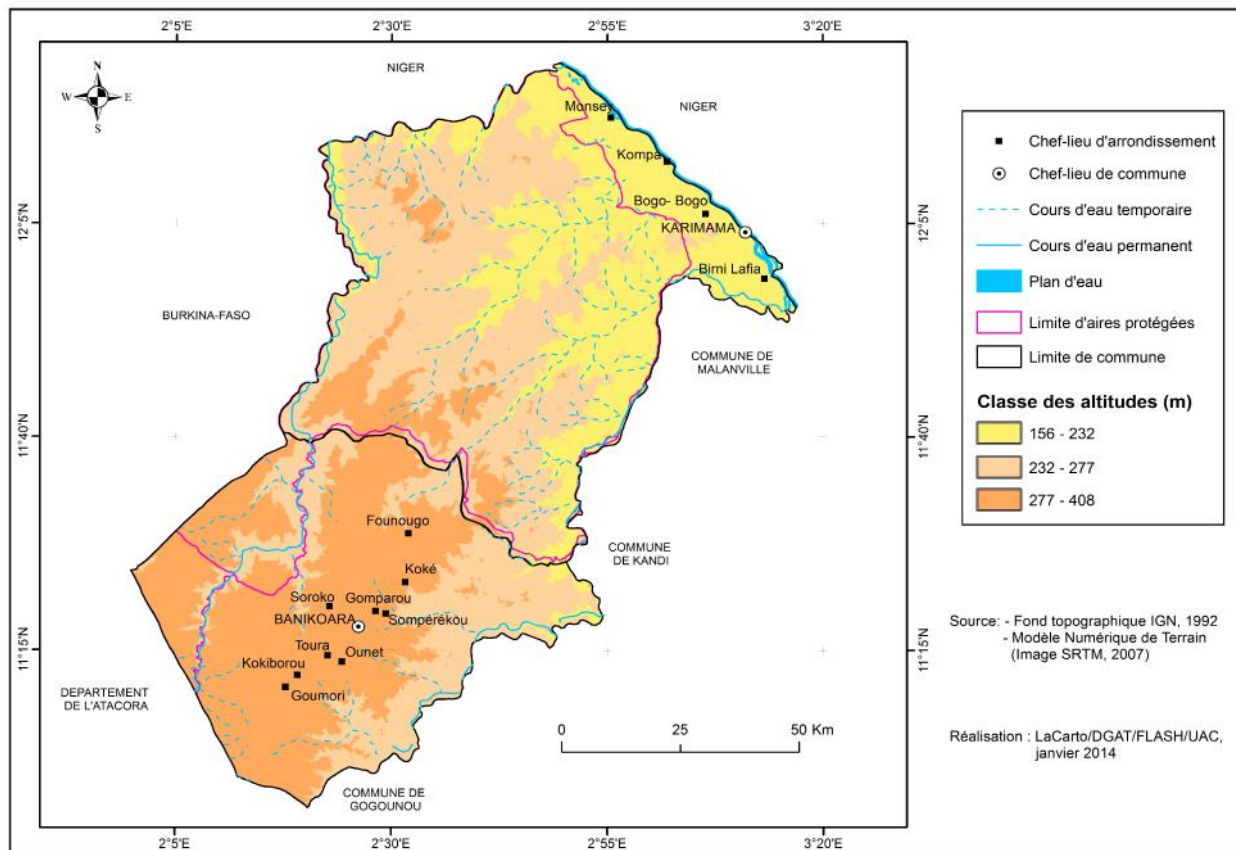


Figure 5 : Relief des communes de Banikoara et de Karimama

1.2.3.5 Végétation

Les rudes conditions écologiques du milieu caractérisées par l'avancée du Sahel associées aux pratiques annuelles des feux de végétation ont favorisé la prépondérance des savanes arbustive et herbeuse (Toko & Sinsin, 2008). Dans ces savanes, les feux consomment tout le fourrage disponible créant de ce fait un sérieux problème à l'alimentation des herbivores en saison sèche. Les principaux types de formations végétales dans le secteur d'étude rencontrées correspondent aux formations savanicoles et de forêts.

❖ Forêts ripicoles

Ce sont des éléments linéaires constitués d'arbres et d'arbustes sur les berges des cours d'eau. Les espèces fréquemment rencontrées sont : *Cola laurifolia*, *Syzygium guineense*, *Morelia senegalensis*, *Pterocarpus santalinoides*, *Combretum lecardii*, *Crateva religiosa*, *Vitex chrysocarpa*. Les forêts ripicoles sont présentes sur les berges de la Mékrou et de l'Alibori. Leur sous-bois est constitué de bosquets impénétrables d'*Acacia ataxacantha* (Toko, 2005).

❖ Galeries forestières

Elles sont constituées d'arbres et d'arbustes plus compacts sur les rives des rivières. Les espèces les plus rencontrées sont *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Kigelia africana*, etc (Toko, 2005).

❖ Forêts claires

C'est un peuplement ouvert avec des arbres de petites et moyennes tailles (8 à 16 m), dont les cimes sont plus ou moins jointives (80 % de recouvrement). Les espèces fréquemment rencontrées sont : *Daniellia oliveri*, *Ficus sycomorus*, *Lannea microcarpa*, *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Kigelia africana*, *Tamarindus indica*, *Borassus aethiopum*, *Celtis integrifolia*, *Sclerocarya birrea*, *Isobertinia doka* (Toko, 2005). La strate graminéenne n'est ni haute ni dense.

❖ Savanes boisées

Elles sont constituées d'arbres de densité importante (35 à 60 %) mais dont le couvert n'est pas continu. Leur hauteur est de 8 à 16 m. La strate herbacée est abondante. Les feux de végétation la parcourent pendant la saison sèche. Les espèces fréquemment rencontrées sont : *Daniellia oliveri*, *Anogeissus leiocarpa*, *Terminalia glaucescens*, *Vitellaria paradoxa*, *Isobertinia tomentosa*, *Azelia africana* (Toko, 2005). Les savanes boisées sont rares dans le secteur d'étude.

❖ Savanes arborées et arbustives

Ce sont les formations qui couvrent la majeure partie du secteur d'étude. Les savanes arborées et les savanes arbustives sont de composition floristique similaire mais elles diffèrent dans la densité et la hauteur de la strate arborescente. Dans les savanes arborées, le couvert des arbres varie de 5 à 35 % alors que dans les savanes arbustives, ce couvert n'excède pas 5 %. Les arbustes, avec une couverture de 5 à 60 % sont plus abondants que dans les savanes boisées. Les espèces communément rencontrées sont : *Crossopteryx febrifuga*, *Combretum collinum*, *Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans*, *Gardenia erubescens*, *Acacia seyal*, *Acacia hebecladoides*, *Acacia macrostachya*, *Acacia senegal*, *Acacia gourmaensis*, *Dichrostachys cinerea*, *Strychnos spinosa*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Sclerocarya birrea*, *Commiphora africana*, *Guiera senegalensis*, *Cissus quadrangularis*, *Adansonia digitata*, *Ximenia americana*, *Capparis corymbosa*, *Piliostigma thonningii*, *Terminalia avicennioides*, *Terminalia laxiflora*, *Maytenus senegalensis*, *Vitellaria paradoxa* (Toko, 2005).

❖ Savanes herbeuses

Elles sont observées dans les dépressions et sont constituées d'un tapis graminéen. Les espèces dominantes sont : *Paspalum scrobiculatum*, *Loudetiopsis ambiens*, *Sorghastrum bipennatum*, *Fuirena ciliaris*, *Setaria sphacellata*, *Hyparrhenia rufa*, *Schizachyrium sanguineum*, *Schizachyrium schweinfurthii* etc (Toko, 2005).

1.2.4 Milieu humain

1.2.4.1 Groupes socioculturels

Il existe plusieurs groupes socioculturels dans la Commune de Banikoara dont les plus importants sont : les Baatombu qui sont majoritaires et qui représentent environ (70 %) de la population ; viennent ensuite les Fulbé (23 %), les Dendi (1,6 %), les Yoruba (1,3 %), les Fon (0,8 %) et les autres (3,3 %). Les religions pratiquées par les populations sont : l'islam (51,7 %), la religion traditionnelle (34,4 %), le christianisme (8,1 %) (INSAE, 2002).

Dans la Commune de Karimama, plusieurs groupes socioculturels se côtoient. Il s'agit des Dendi (63,8 %) qui sont majoritaires, des Fulbé (18,3%), des Gourmantché (9 %) et autres (7,1 %) composés de Haoussa, de Yoruba, de Baatombou et de fon. Les religions pratiquées par les populations sont : l'islam (91,3 %), le christianisme (1,5 %), le protestantisme (0,1 %) et autres (3,5 %) (INSAE, 2002).

Ces différents groupes socioculturels adoptent un habitat groupé à l'exception des Peulh qui préfèrent un habitat dispersé en raison de leur mode d'élevage extensif.

1.2.4.2 Caractéristiques démographiques

Les Communes de Banikoara et de Karimama connaissent un taux d'accroissement relativement important. La figure 6 montre l'évolution démographique de ces Communes.

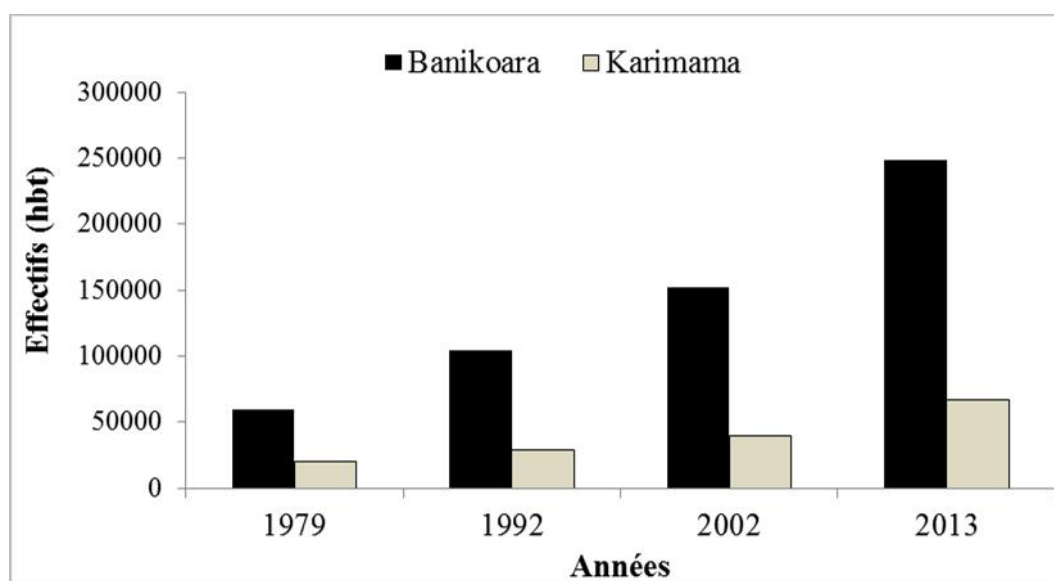


Figure 6 : Evolution démographique des Communes de Banikoara et de Karimama

Source : INSAE, 1979 ; 1992 ; 2002 ; 2013

D'après les résultats du premier Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH₁, 1979), les Communes de Banikoara et de Karimama comptaient respectivement 60131 habitants et 19834 habitants en 1979. En 1992, ces Communes sont passées respectivement à 104038 habitants et 29071 habitants, soit un taux d'accroissement de 3,73 % pour Banikoara et 2,77 % pour Karimama. En 2002, les Communes de Banikoara et de Karimama comptaient respectivement 152028 habitants et 39579 habitants, soit un taux d'accroissement moyen respectif de 3,87 % et 3,13 %. Cet effectif est passé à 248621 habitants à Banikoara et 66675 habitants à Karimama en 2013, soit un taux de croissance moyen respectif de 4,47 % et 4,74 %.

La population de ces Communes est essentiellement rurale (80 % environ) et est composée d'environ 70 % de jeunes de moins de 45 ans.

1.2.4.3 Activités socio-économiques

Les principales activités économiques menées dans les Communes de Banikoara et de Karimama sont l'agriculture, l'élevage et la pêche.

➤ **Agriculture**

Elle est la principale source de revenus dans les Communes de Banikoara et de Karimama. L'agriculture pratiquée dans ces communes est de type traditionnel basé sur des moyens de productions rudimentaires. C'est une agriculture itinérante sur brûlis qui entraîne une expansion des superficies emblavées au détriment des aires protégées de la région. L'adoption de la culture attelée favorise la culture cotonnière notamment dans la Commune de Banikoara (première Commune productrice du Bénin). Les principales cultures sont : le coton, le maïs, le sorgho, le mil, l'arachide, le manioc, le riz. En plus de ces cultures, l'oignon et la pomme de terre sont cultivées dans la Commune de Karimama. L'augmentation des superficies emblavées entraîne l'augmentation des pressions exercées sur les écosystèmes de la réserve. Cette pression se traduit par l'empiétement des limites du Parc National du W et les cultures retrouvées à l'intérieur même de cette réserve.

➤ **Elevage**

L'élevage est la principale activité des Peulh et fait l'objet d'épargne traditionnelle chez les agriculteurs (Djènonatin, 2010). Cet élevage est de type extensif et concerne surtout les bovins, les caprins, les ovins et les volailles. La Commune de Banikoara vient en tête de cette activité, ce qui confirme le développement de la culture attelée. La forte présence du bétail dans cette région est due à la proximité du Parc National du W. La richesse de cette réserve en fourrage et en points d'eau en période sèche constitue un attrait pour les éleveurs riverains et les transhumants transfrontaliers.

➤ **Pêche**

La pêche est de type fluvial et se pratique illicitement dans les cours d'eau du Parc National du W. Les pêcheurs utilisent souvent des techniques et engins de pêche prohibés comme les filets à mailles fines. Ces derniers mettent en danger la survie de la faune aquatique et terrestre.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Ce chapitre présente la recherche documentaire, le matériel de collecte des données et les méthodes utilisées par objectif spécifique.

2.1 Recherche documentaire

La recherche documentaire a consisté à faire l'inventaire des différents documents (cartes, rapports de missions, articles scientifiques, thèses, mémoires, etc.) disponibles sur cette thématique. Cet inventaire a été fait au Centre National de Télédétection et de suivi écologique (CENATEL), à l'Institut Géographique National (IGN), au Centre National de Gestion des Réserves de Faune (CENAGREF), dans les centres de documentation de la FSA, de la FLASH, de la Direction de l'Élevage, de la SNV, des mairies de Banikoara et de Karimama, dans les Laboratoires spécialisés de l'Université d'Abomey-Calavi notamment le Laboratoire de Cartographie (LaCarto) et sur les sites internet.

2.2 Matériel et méthode liés à la caractérisation des pâturages des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama

2.2.1 Matériel

Le matériel utilisé est composé de :

- GPS (Global Positioning System) pour le géo-localisation des placeaux ;
- compas forestier pour mesurer le diamètre des arbres ;
- piquets pour matérialiser les limites des placeaux ;
- pentadécamètre (ruban de 50 m de long) pour le dimensionnement des placeaux ;
- un sécateur de jardinier pour le prélèvement des échantillons botaniques ;
- papiers journaux pour l'herborisation des échantillons récoltés ;
- clinomètre de SUUNTO pour mesurer la hauteur des arbres ;
- appareil photo numérique pour fixer quelques images.

2.2.2 Méthode de collecte des données phytosociologiques

Les relevés phytosociologiques ont été effectués suivant la méthode de Braun-Blanquet (1932) utilisée dans les zones soudaniennes et soudano-guinéennes par Sinsin (1993), Houinato (2001), Oumorou (2003), Toko (2008). La dimension des placeaux de relevés est de 30 m × 30 m pour la strate ligneuse et de 10 m × 10 m pour la strate herbacée. Les placettes ont été choisies à l'intérieure des placeaux. Le tableau I présente le nombre de relevés effectués par type de formation végétale et par position topographique. Cette méthode est basée sur le principe d'homogénéité floristique de la surface étudiée. Au niveau de chaque

placeau, les espèces sont inventoriées, et affectées de coefficients d'abondance-dominance, qui est l'expression de l'espace relatif occupé par l'ensemble des individus de chaque espèce. L'échelle d'abondance/dominance utilisée est celle de Braun-Blanquet (1932).

5 : espèce recouvrant 75 à 100 % de la surface du relevé : RM = 87,5 %

4 : espèce recouvrant 50 à 75 % de la surface du relevé : RM = 62,5 %

3 : espèce recouvrant 25 à 50 % de la surface du relevé : RM = 37,5 %

2 : espèce recouvrant 5 à 25 % de la surface du relevé : RM = 15 %

1 : espèce recouvrant 1 à 5 % de la surface du relevé : RM = 3 %

+ : espèce recouvrant moins de 1 % de la surface du relevé : RM = 0,5 %

Avec RM = Recouvrement Moyen

Tableau I : Nombre de relevés phytosociologiques par type de formation et par position topographique

Formations végétales	Topographie			Total
	Mi-versant	Bas de versant	Sommets	
Savane arbustive	18	5	1	24
Savane arborée	3	6	0	9
Savane boisée	0	2	0	2
Total	21	13	1	35

Au total, 35 placeaux de relevés phytosociologiques ont été installés dans les parcours naturels (axes de transhumance et aires de pâturage) du secteur d'étude. La distance entre les placeaux est d'environ 2 km. Le choix du site des placeaux se justifie par le fait que ces parcours constituent les itinéraires suivis par les éleveurs transhumants.

2.2.3 Identification des espèces

Elle est faite soit directement sur le terrain, soit à partir des spécimens récoltés et comparés à ceux de l'herbier National du Bénin ou à partir des flores (Arbonnier, 2002 ; Akoegninou *et al*, 2006 ; de Souza, 2008).

2.2.4 Méthode de relevés dendrométriques

Les données dendrométriques sont collectées dans les placeaux de 30 m × 30 m. Elles ont concerné le nombre d'individus de chaque espèce, la circonférence des ligneux de dbh > 10 cm, et la hauteur de l'arbre le plus haut des strates arborescentes. La circonférence des ligneux de dbh < 30 cm est mesurée à 1,30 m au dessus du sol à l'aide du décimètre. La hauteur du

plus grand arbre est obtenue à l'aide du clinomètre SUUNTO. Les espèces identifiées ont servi par la suite à l'établissement des spectres biologiques, phytogéographiques et à l'identification des pâturages.

2.2.4.1 Détermination des spectres biologiques

Les spectres biologiques ont été déterminés à partir des formes de vie ou types biologiques. Pour chaque pâturage, un spectre brut reflétant la présence et un spectre pondéré qui prend en compte les coefficients de recouvrement moyen ont été calculés. Les formes de vie ont été établies selon les définitions des travaux de Raunkiaer (1934) qui prennent en compte essentiellement la position des bourgeons et la taille de l'individu. Ainsi, cinq types biologiques ont été recensés.

➤ Types biologiques

Ils concernent :

• Phanérophytes (Ph)

Les différentes formes de phanérophytes sont :

- les mégaphanérophytes (Mph), arbres de plus de 30 m de haut ;
 - les mésophanérophytes (mph), arbres de 10 à 30 m de haut ;
 - les microphanérophytes (mph), arbres de 2 à 10 m de haut ;
 - les nanophanérophytes (nph), arbustes de 0,4 à 2 m de haut ;
 - les phanérophytes lianescentes (Lph), plantes volubiles à vrille, à racines crampons, rampantes et ou étayées.
- **Chaméphytes (Ch)** : ce sont des espèces dont l'organe de reproduction est situé entre 0 et 40 m.
 - **Géophytes (Ge)** : il s'agit des espèces qui ont des bourgeons cachés dans le sol. L'organe de reproduction est en dessous du sol.
 - **Thérophytes (Th)** : ils désignent les plantes à cycles courts. Ce sont des espèces qui ont besoin de leur graine pour se reproduire.
 - **Hémicryptophytes (Hc)** : ils regroupent les espèces dont les bourgeons se situent au niveau de la surface du sol ou à demi-caché. L'organe de reproduction est situé au ras du sol. En Afrique c'est surtout les espèces graminéennes qui sont dans cette catégorie.

2.2.4.2 Détermination des spectres phytogéographiques

Les spectres phytogéographiques ont été déterminés à partir des types phytogéographiques. Ces spectres, en mettant en évidence la répartition des espèces selon leur aire de distribution

permettent de juger de la spécificité ou non d'un groupement végétal. Pour chaque groupement, un spectre brut reflétant la présence et un spectre pondéré prenant en compte les coefficients de recouvrement moyen des espèces ont été calculés. Les types phytogéographiques utilisés proviennent des subdivisions chorologiques de White (1983). Ainsi, on distingue :

- **Espèces à large distribution géographique :**
 - Cosmopolites (Cos) : espèces réparties dans le monde entier.
 - Pantropicales (Pan) : espèces réparties dans toutes les régions tropicales.
 - Paléotropicales (Pal) : espèces présentes en Afrique tropicale, en Asie tropicale, à Madagascar et en Australie.
 - Afro-américaines (AA) : espèces réparties en Afrique et en Amérique tropicale.
- **Espèces à distribution continentale :**
 - Afro-malgache (AM) : espèces réparties en Afrique et à Madagascar.
 - Afro-tropicales (AT) : espèces réparties dans toute l'Afrique tropicale.
 - Plurirégionales africaines (PRA) : espèces réparties dans plusieurs régions d'Afrique.
 - Soudano-zambiennes (SZ) : espèces présentes à la fois dans la zone soudanienne et dans la zone zambienne.
 - Soudano-guinéennes (SG) : espèces réparties dans les zones soudanienne et guinéenne.
 - Guinéo-congolaises (GC) : espèces réparties dans la zone guinéenne et le bassin du Congo.
- **Espèces de l'élément-base**

Ce sont des espèces largement distribuées dans un centre régional d'endémisme dans le secteur d'étude. L'élément-base est le soudanien (S) et regroupe les espèces largement distribuées dans le Centre Régional d'Endémisme Soudanien.

2.2.5 Traitement des données phytosociologiques

2.2.5.1 Individualisation des pâturages

L'ensemble des relevés phytoécologiques est soumis à une classification hiérarchique à l'aide du logiciel CAP (Community Analysis Package). Ce programme comporte la méthode de Ward qui permet la classification hiérarchique des relevés phytoécologiques en fonction de la présence-absence des espèces. Le dendrogramme ainsi obtenu a permis d'individualiser les différents pâturages.

2.2.5.2 Détermination des espèces caractéristiques des pâturages

Les espèces caractéristiques sont des espèces qui permettent de nommer un pâturage et sont définies comme les espèces les plus caractéristiques de chaque pâturage, trouvées principalement dans un pâturage unique de la typologie et présentes dans la majorité des sites appartenant à ce pâturage (Ouédraogo, 2006). Les types de pâturage individualisés ont été analysés par le module Indicator Species Analysis du logiciel PC ORD 5.10 dans le souci de déterminer les espèces caractéristiques de chaque pâturage.

2.2.6 Traitement des données floristiques

Diversité spécifique

Trois paramètres sont étudiés au niveau de chaque placeau :

- La richesse spécifique (R) : c'est le nombre d'espèces recensées par placeau ;
- L'indice de diversité de Shannon (H) ;

$$H = - \sum Pi \log_2 Pi$$

Pi = (ni/N) est la fréquence relative des individus de l'espèce (i) ; (ni) est le nombre d'individu (s) de l'espèce (i) ; (N) est le nombre total d'individus recensés.

Cet indice varie généralement en moyenne de 0 à 5 bits. Les valeurs élevées de H traduisent les conditions favorables du milieu pour l'installation de nombreuses espèces. Par contre les valeurs faibles de H traduisent les conditions défavorables du milieu pour l'installation des espèces.

- L'équitabilité de Pielou (E).

$$E = H / \log_2 R$$

H représente l'indice de diversité de Shannon ;

$\log_2 R$ est la valeur théorique de la diversité maximale pouvant être atteinte dans chaque groupement ; elle correspond à un état de répartition égale de tous les individus entre toutes les espèces du groupement ; R est la richesse spécifique.

Cette équitabilité varie de 0 à 1. Les valeurs proches de 1 témoignent d'une régulière distribution des individus entre les espèces. Par contre, les valeurs proches de 0 correspondent à la présence d'un nombre élevé d'espèces rares ou d'un petit nombre d'espèces dominantes.

2.2.7 Traitement des données dendrométriques

Deux paramètres sont calculés : la densité et la surface terrière moyenne.

- La densité (D) ; $D = N \times 10000 / S$

N est le nombre de tiges ayant au moins 2 m de hauteur ; S est la superficie inventoriée rapportée à l'hectare ; D est le nombre de tiges par hectare

- La surface terrière moyenne (G_i)

$$G_i = \frac{C^2 \times 10000}{4 S}$$

C'est la circonférence à 1,30 m du sol (m) ; S est la superficie inventoriée rapportée à l'hectare ; G_i est en m^2/ha .

Le tableur Excel et le logiciel Minitable ont été utilisés respectivement pour la répartition par classe de circonférence et pour la réalisation de l'ajustement de Weibull.

2.3 Matériel et méthode relatifs à la cartographie des changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants

2.3.1 Données utilisées

Dans cette étude, les données utilisées sont composées de :

- carte topographique, au 1/200 000, feuille de Kandi ;
- image Landsat ETM+, scène (P192 et R052) du 26 octobre 2000 ;
- image Landsat 8 OLI/TIRS, même scène (P192 et R052) du 07 novembre 2013.

Ces différentes images ont été téléchargées sur le site de earthexplorer.usgs.gov au format GEOTIFF. Il s'agit des images ayant subi des corrections géométriques (géoréférencement, corrections des distorsions).

2.3.2 Matériel

Le matériel utilisé est composé de :

- Logiciels Idrisi Selva 17.0 pour le traitement numérique des images satellitaires Landsat et la simulation des changements d'occupation et d'utilisation des sols (LULCC) ;
- ArcGIS 10.1 pour les travaux de cartographie et analyses SIG ;
- Le tableur Excel pour le traitement des données statistiques.

2.3.3 Traitement numérique des images satellitaires et cartographie

2.3.3.1 Composition colorée

La composition colorée permet de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Elle sert avant tout à distinguer les différents objets présents dans les images et ainsi faciliter l'interprétation des images. Dans ce traitement, les bandes 4, 5, 3 de Landsat 7 ETM+ et 5, 4, 3 de Landsat 8 ont été respectivement utilisées.

2.3.3.2 Choix des aires d'entraînement

Les aires d'entraînement sont des sites représentatifs des caractéristiques numériques des classes qui permettent de définir les signatures spectrales de chaque unité paysagère. Les aires d'entraînement ont été délimitées loin des zones de transition afin d'éviter d'inclure des pixels mixtes, c'est-à-dire des pixels qui pourraient être classés dans deux classes distinctes. Sur les images, les aires d'entraînement sont tracées au pixel près et, bien dispersées sur l'ensemble du secteur d'étude, représentatives de la diversité de chaque classe d'unité paysagère. Le nombre d'aires d'entraînement sera d'autant plus grand que la classe est hétérogène. La taille de l'aire d'entraînement doit être supérieure à l'erreur de localisation et inférieure à l'objet à détecter (Kioko & Okello, 2010). Elle peut être estimée de la façon suivante : $A = P (1+2L)$ (Arouna, 2012) ; avec A = la superficie de l'aire d'entraînement ; P = dimension du pixel en mètre ; L = précision de la localisation en mètre.

2.3.3.3 Classification supervisée par maximum de vraisemblance

Dans la classification supervisée, l'analyste d'image supervise le processus de catégorisation des pixels en spécifiant à l'algorithme informatique des descripteurs numériques de divers types d'occupation du sol présents dans la scène. Ainsi, des échantillons représentatifs des sites connus dans l'occupation du sol (parcelles d'entraînement) ont été utilisés pour établir une caractéristique numérique clé pouvant décrire au mieux les attributs spectraux pour chaque type de classes. Dans ce cas, l'algorithme paramétrique choisi est le maximum de vraisemblance. Au total, six classes communes d'occupation du sol ont été identifiées sur les deux images retenues (celle de 2000 et de 2013). Il s'agit de : SAA : Savanes arborée et arbustive ; FCSB : Forêt claire et savane boisée; FG : Forêt galerie ; CJ : Champs et jachères; PE : Plan d'eau et autres (Agglomération, sol nu).

2.3.3.4 Evaluation de la qualité de la classification et vectorisation

Les résultats présentés dans cette section découlent de la classification supervisée de l'image Landsat ETM+, scène (P192 et R052) du 26 octobre 2000 et de l'image Landsat 8 OLI/TIRS de la même scène (P192 et R052) datant du 07 novembre 2013, suivant la technique du maximum de ressemblance (Maximum Likelihood). Les matrices de confusion (annexes III.1 et III.2) calculées pour l'évaluation de la précision de la classification de chacune des images ont fourni des indices de Kappa de 0,9364 et 0,9537 respectivement pour l'image de 2000 et de 2013. Dans une étude de l'occupation du sol, lorsque l'indice de Kappa évalué dans les opérations de classification est supérieur à 75 %, la classification adoptée est valable et les résultats peuvent être judicieusement utilisés (Pontius, 2000). La matrice de confusion est un

moyen effectif de décrire la précision attributaire des données géospatiales. Ainsi, les erreurs de commission sont issues de rajout ou de surplus de classification tandis que les erreurs d'omission proviennent d'un déficit ou exclusion de quantité dans la classification.

2.3.4 Analyse statistique des changements d'état de la végétation

2.3.4.1 Taux moyen annuel d'exploitation spatiale (T)

Le taux moyen annuel d'exploitation spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement. Il est calculé à partir de la formule tirée de Bernier (1992) et adoptée par Oloukoï *et al.* (2006), Arouna *et al.* (2009).

$$T = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

S_1 et S_2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t_1 et t_2 respectivement ; $t_2 - t_1$: Nombre d'année d'évolution ; \ln : Logarithme népérien ; e : Base du logarithme népérien ($e = 2,71828$).

2.3.4.2 Matrice de transition

La matrice de transition permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux années (2000 et 2013). Elle est constituée de x lignes et de y colonnes. Le nombre x de lignes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères présentes en 2000 tandis que le nombre y de colonnes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères converties en 2013. Quant à la diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées. Dans cette matrice, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères sont calculées à partir du croisement des cartes de végétation de 2000 et de 2013 à l'aide de la fonction « Intersect » de l'interface « Arctoolbox » du logiciel ArcGis 10.1.

2.3.4.3 Taux de conversion

Le taux de conversion d'une classe d'unité d'occupation du sol correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes (Arouna, 2012). C'est donc la quantité de changements observés au niveau d'une unité d'occupation du sol entre 2000 et 2013. Il permettra ainsi de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités d'occupation du sol. Il s'obtiendra à partir de la matrice de transition suivant la formule :

$$T_c = \frac{S_{it} - S_{is}}{S_{it}} \times 100$$

S_{it} : Superficie de l'unité paysagère i à la date initiale t ; S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1 .

2.4 Méthode liée à la modélisation prédictive des parcours naturels

La modélisation spatiale de l'évolution de la végétation requiert l'utilisation d'un logiciel capable de prendre en compte l'analyse des tendances évolutives non linéaires en y intégrant les facteurs de changement. Elle vise à déterminer comment les formations seront sur le plan physiologique.

2.4.1 Principe de la modélisation prédictive

Il existe plusieurs méthodes et outils de modélisation, parmi les plus utilisées et/ou diffusées on : CA_MARKOV sur IDRISI (Eastman, 2009), CLUE-S (Verburg et al., 2002 ; Orekan, 2007 ; Verburg et Overmars, 2009), Dinamica EGO (Soares-Filho et al., 2002, 2006, 2009), Land Change Modeler utilisé sous ArcGIS (Arouna, 2012) et Land Change Modeler disponible sur IDRISI (Vigneau, 2013). Dans le cadre de la présente étude, c'est le Land Change Modeler (LCM) d'IDRISI Selva qui a été utilisé.

L'analyse bibliographique des travaux reposant sur des outils de simulation (Briassoulis, 2000 ; Kanevski et Maignan, 2004 ; Mas et al., 2004 ; Wainwright et Mulligan, 2004 ; Houet et Hubert-Moy, 2006 ; Paegelow et Olmedo, 2005, 2008 ; Pontius et al., 2007 ; Camacho Olmedo et al., 2010), indique qu'ils reposent tous sur un processus commun de modélisation des changements des modes d'occupation et d'utilisation des sols. Il se décline en quatre étapes relatives au fonctionnement des modèles :

- une procédure non spatiale qui estime les quantités de chaque transition ;
- une procédure spatiale qui détermine la probabilité de changements ;
- une composante spatiale qui distribue les changements dans l'espace ;
- éventuellement un module spatial chargé de reproduire les caractéristiques du paysage.

2.4.2 Présentation et fonctionnement du modèle

Le modèle prédictif travaille avec deux cartes d'occupation du sol, une carte actuelle et une carte antérieure. Dans le cas de la présente étude, il s'agit des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2013. Une étude comparative de ces deux dates a permis de déterminer les transitions, quantifier les surfaces concernées par chaque type de transition et localiser ces changements. Les matrices de transition ainsi calculées seront utilisées pour calculer les changements potentiels futurs. Chaque type de transition peut être expliqué par des facteurs connus, quantifiables et cartographiables. Le modèle va ensuite combiner les différents

facteurs en leur assignant des poids plus ou moins forts afin d'expliquer les transitions qu'il a détecté entre les deux cartes d'occupation du sol fournies au début. Grâce à la mise en relation et la combinaison des facteurs explicatifs et des changements survenus entre les deux cartes d'occupation du sol d'origine, le modèle va réaliser via une méthode statistique des cartes de probabilité aux changements. Ces cartes de probabilité correspondent aux transitions retenues. Le nombre de carte de probabilité est fonction du nombre de transition isolé. Ce sont alors les premières cartes fournies par le modèle. Ensuite, le modèle va produire une carte d'occupation du sol prospective pour une date t_n en se basant sur les cartes de probabilité précédemment réalisées (figure 7). Cette étape réalisée grâce à un automate cellulaire simule les changements précédemment identifiés et les allouent dans l'espace.

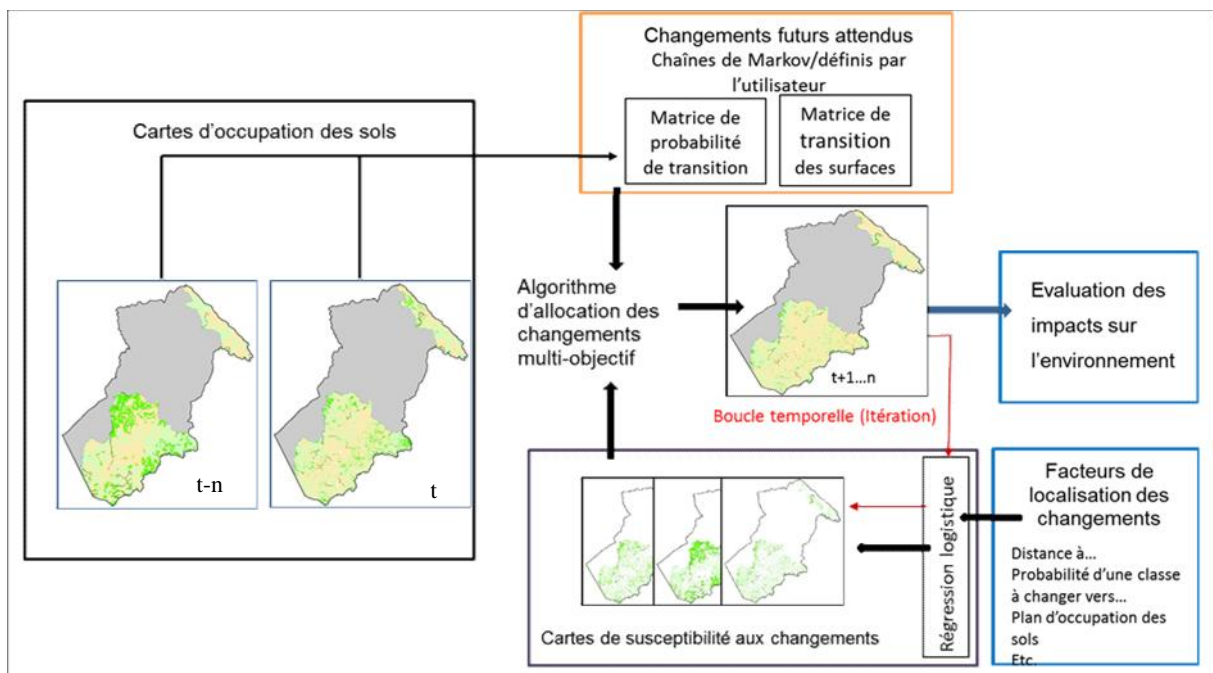


Figure 7: Fonctionnement du modèle LCM (Aguejdad et Houet, 2008)

2.4.3 Inputs de la modélisation

La carte de végétation de 2000 et celle de 2013 sont les inputs fondamentaux pris en compte pour modéliser l'évolution de la végétation des parcours naturels. Les variables utilisées sont : distance par rapport aux aires protégées, distance par rapport aux cours et points d'eau ont été pris en compte.

2.4.4 Estimation de la quantité de changement

Avec Land Change Modeler (LCM), la quantité de changement est calculée à l'aide de la chaîne de Markov, synthétisée sous forme d'une matrice de transition, généralement obtenue par la comparaison de cartes d'occupation et d'utilisation des sols à deux dates différentes. La matrice de transition entre 2000 et 2013 obtenue en superposant les deux cartes d'occupation

des sols, indique la surface (ou le nombre de pixels) pour chaque transition. Cette matrice a été transformée en une matrice de probabilité de transition qui a permis de réaliser les projections sur 2030. Le nombre d'itérations obtenu est de 10000 avec une précision 84 %. Les probabilités de transition annuelle sont obtenues par une simple correction linéaire des probabilités de transition. Cette correction consiste à réduire les probabilités les plus élevées (probabilités supérieures ou égales à celles des transitions de permanence) proportionnellement à l'erreur et à modifier les autres valeurs de probabilités afin que la somme des colonnes soit égale à 1.

2.4.5 Evaluation de la probabilité de changement

La probabilité de changement dépend de la distribution des variables biophysiques et socio-économiques qui influencent les LULCC. Les variables les plus couramment utilisés sont la pente, la distance aux voies de communication et aux agglomérations, les types de sols (Pontius et *al.*, 2008). La probabilité d'occurrence d'un type de transition donnée (LULC_X vers LULC_Y) peut être définie à travers deux approches légèrement différentes : la détermination de l'aptitude d'un site pour un type d'occupation et d'utilisation du sol ou le calcul de la probabilité des types de transitions. Le modèle LCM calcule la probabilité de chaque transition. Ces données restituées sous forme de cartes sont produites à partir de la relation entre les variables explicatives et les transitions observées entre 2000 et 2013. Cette carte illustre l'importance et la localisation de ces transitions. Ainsi, elle servira à l'élaboration de la carte prédictive.

2.4.6 Procédures d'allocation spatiale des changements

L'attribution du changement est un processus de décision qui sélectionne les pixels qui connaîtront un changement à partir des cartes de probabilité de changement ou cartes d'aptitude. Considérant que ce sont les sites les plus susceptibles de changer qui changent effectivement, LCM sélectionne les pixels qui présentent les valeurs de probabilité les plus fortes. Comme il y a généralement une concurrence entre les différentes transitions (le même site peut être un candidat à différentes transitions), LCM utilise une procédure d'affectation multi-objectif basée sur les probabilités des différents types d'occupation du sol et la quantité de changement calculée précédemment.

2.4.7 Simulation des dynamiques spatiales et temporelles des changements d'occupation et d'utilisation des sols

La simple sélection des pixels avec une probabilité de changement plus élevée (sans automate cellulaire) ne conduit pas à la reproduction de patrons spatiaux vraisemblables. LCM tend à favoriser les zones à proximité directe de la route pour le LULC 2 et celles étant à la même altitude pour le LULC 3. Pour la classe LULC 2, on observe très nettement l'effet issu de l'utilisation de variables continues pour caractériser l'influence de la distance à la route. CLUE présente un résultat semblable mais favorise les LULCC à LULC 3 en altitude due à la régression logistique. L'utilisation de zones de restriction ou d'incitation permet d'ajuster la probabilité de changement à certaines politiques de gestion qui ne peuvent être dérivés à partir des variables explicatives. LCM permet l'utilisation de zones de restriction ou d'incitation à un ou plusieurs pas de temps défini (s) par l'utilisateur durant la simulation.

2.4.8 Evaluation des simulations

En général, l'évaluation des modèles est basée sur la comparaison entre la carte simulée et une carte de la situation réelle observée (carte réelle). L'évaluation peut concerner la ou les carte(s) de probabilité de changement (appelée aussi « soft classification ») ou les cartes des futures occupations et utilisations des sols. Dans le premier cas, la carte des probabilités de changement (valeurs continues) est comparée avec la carte réelle (valeurs catégorielles). Dans le second cas, les cartes simulée et réelle sont comparées. IDRISI offre un moyen d'évaluer les résultats de la simulation pour chaque cas : 1) la méthode ROC (Relative Operating Characteristics) (Pontius, 2000 ; Pontius & Schneider, 2001) ; 2) l'indice Kappa (Ponce, 2000). Mais l'évaluation de l'analyse de régression logistique est généralement basée sur une analyse ROC réalisée dans un autre logiciel.

Il faut remarquer que les méthodes d'évaluation sont toutes orientées sur l'évaluation de la coïncidence spatiale entre les changements simulés et les changements observés. Cette approche peut biaiser les évaluations vers une surévaluation des méthodes qui affectent les changements aux pixels qui présentent les valeurs plus élevées de probabilités de changements. En effet, la reproduction des patrons spatiaux du paysage se fait au dépend de la coïncidence spatiale. Pour les applications dans lesquelles la simulation des patrons spatiaux des paysages est importante, il est recommandé d'évaluer cet aspect, par exemple à l'aide d'indices de fragmentation (Mas *et al.*, 2010). IDRISI permet de calculer différents indices.

CHAPITRE III : RESULTATS

Les résultats obtenus sont présentés en grands trois points : la caractérisation des pâturages des parcours naturels, la cartographie de la dynamique des parcours naturels de 2000 à 2013 et la modélisation des parcours naturels.

3.1 Caractérisation des pâturages des parcours naturels

3.1.1 Typologie des pâturages

Les 35 relevés phytosociologiques (figure 8) effectués dans les parcours de transhumance ont été soumis à une Classification Hiérarchique Ascendante à l'aide du logiciel CAP (Community Analysis Package) avec la méthode Ward. Les résultats de cette analyse ont permis de distinguer, à 52 % de dissemblance, 4 grands types de pâturage (figure 9).

- Le premier type de pâturage (P₁) est constitué de 14 relevés effectués dans les savanes boisées, les savanes arborées et arbustives et correspond au pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia* ;
- Le deuxième type de pâturage (P₂) est composé de 9 relevés effectués dans les savanes arborées et arbustives et correspond au pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens* ;
- Le troisième type de pâturage (P₃) regroupe 8 relevés effectués dans les savanes arbustives et correspond au pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana*;
- Enfin, le quatrième type de pâturage (P₄) est constitué de 4 relevés effectués dans les savanes arbustives et correspond au pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*.

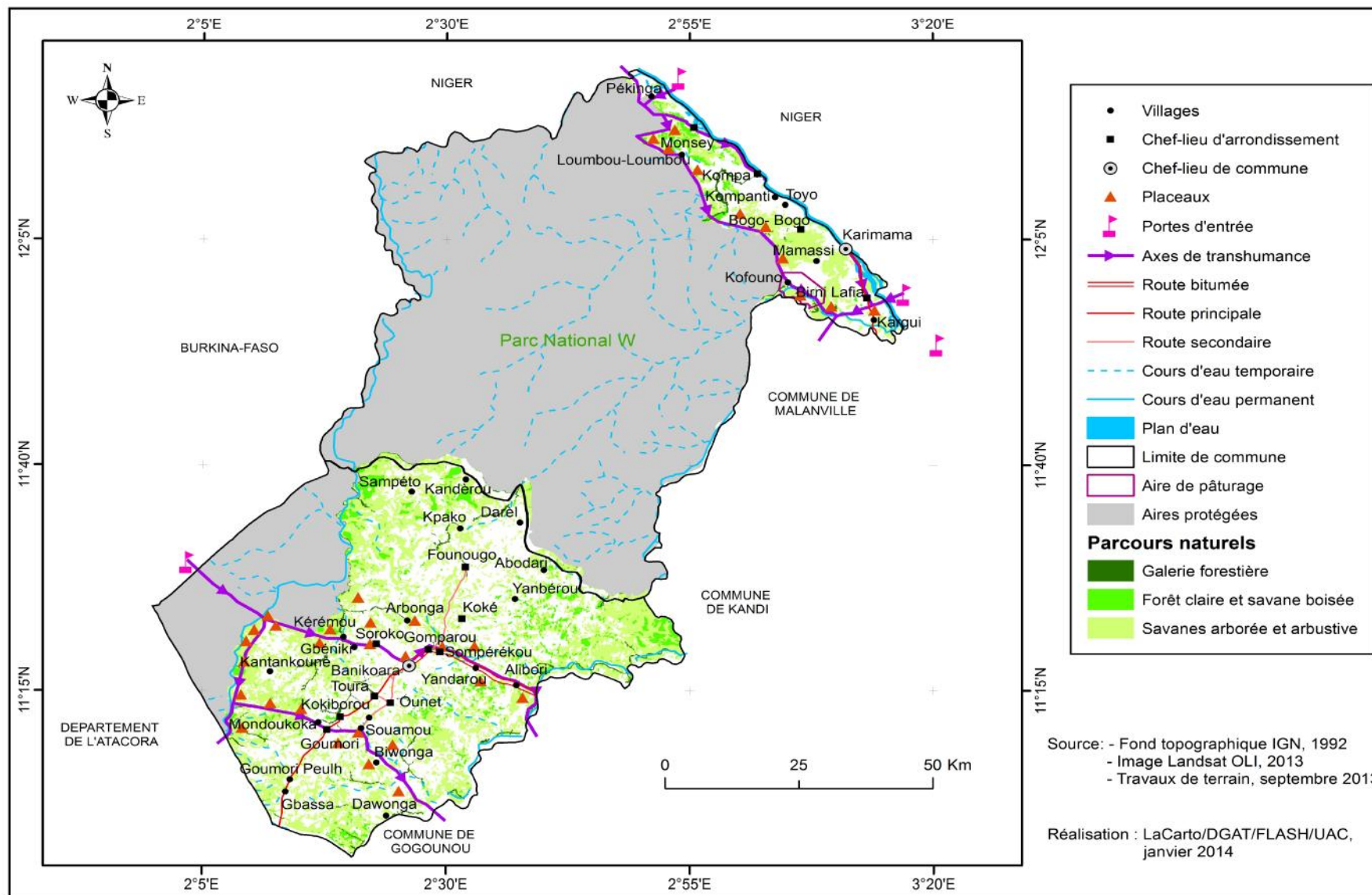


Figure 8 : Répartition des relevés phytosociologiques dans le secteur d'étude

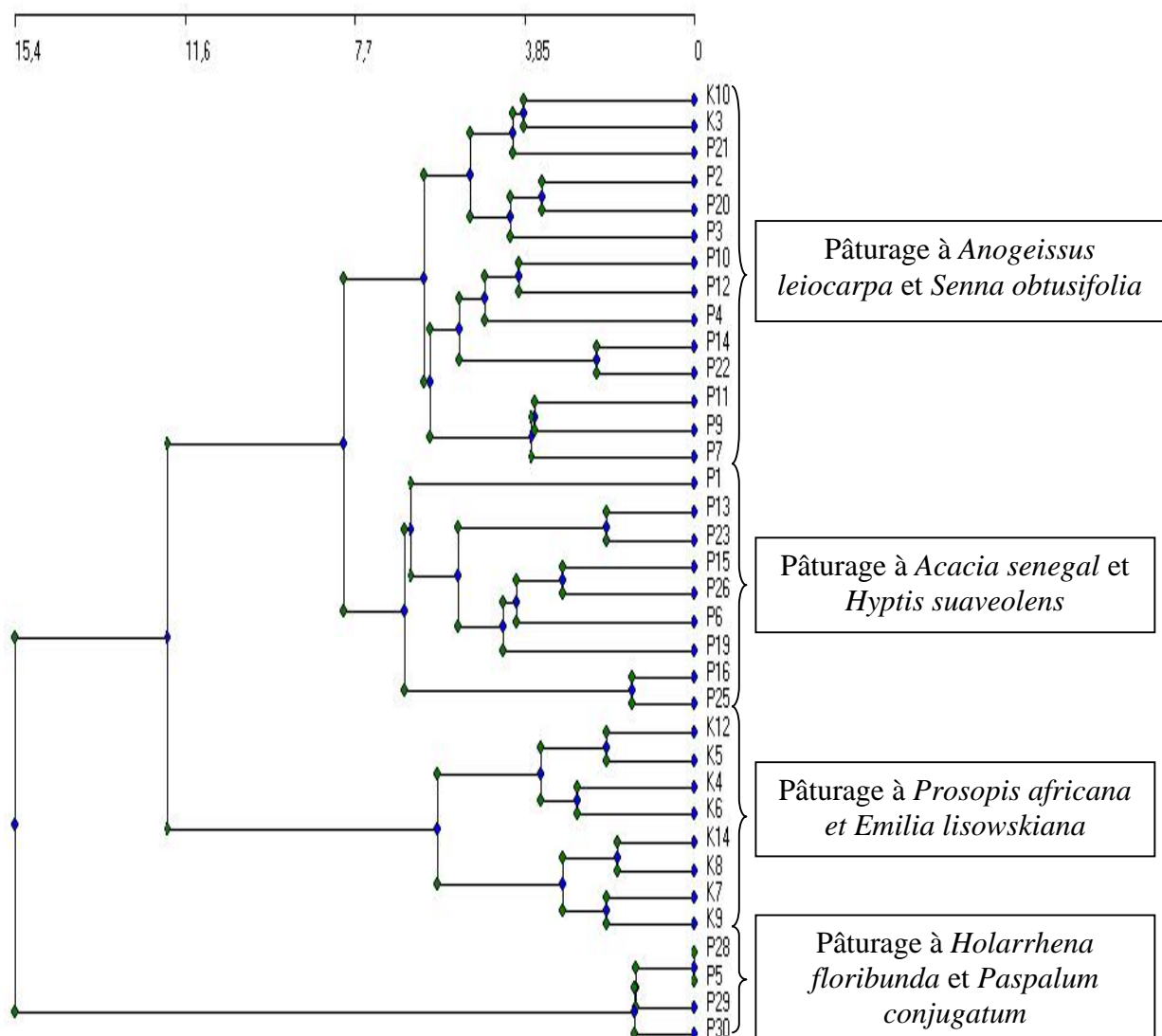


Figure 9 : Dendrogramme des types de pâturage

3.1.2 Caractéristiques du pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia*

Ce pâturage est présent dans les savanes boisées, les savanes arborées et arbustives et se rencontre au niveau de plusieurs facettes topographiques (bas de versant, mi-versant) sur des sols à texture sablo-graveleuse, gravelo-sableuse, argilo-graveleuse, limono-sableuse.

3.1.2.1 Composition floristique et diversité spécifique

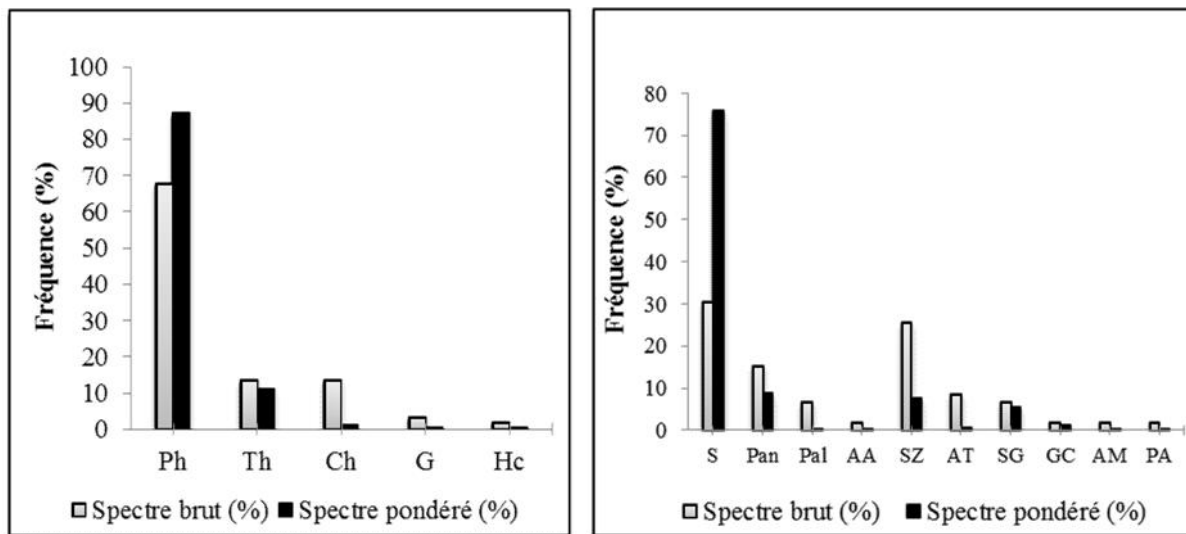
Le pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia* est constitué de 59 espèces dont 40 espèces ligneuses et 19 espèces herbacées réparties en 52 genres et 27 familles sur la base de 14 relevés (annexe II.1). Les genres les plus représentés sont *Acacia* et *Combretum* et les familles les plus représentées sont : *Combretaceae* (13,55 %), *Leguminosae-Mimosoideae* (11,86 %) *Leguminosae-Papilionoideae* (11,86 %) et *Leguminosae-Caesalpinoideae* (10,16%). Les dix premières espèces caractéristiques de ce pâturage sont : *Anogeissus*

leiocarpa, *Senna obtusifolia*, *Dioscorea abyssinica*, *Vigna reticulata*, *Flueggea virosa*, *Diospyros mespiliformis*, *Ipomoea eriocarpa*, *Isoberlinia doka*, *Alysicarpus glumaceus* (annexe I).

La richesse spécifique varie de 10 à 24 espèces/placeau. L'indice de diversité de Shannon est de $4,07 \pm 0,28$ bits avec une équitabilité de Pielou de 0,81. On peut en conclure que le pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia* est très diversifié.

3.1.2.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques

La figure 10 présente les spectres des types biologiques et phytogéographiques.



(a) Types biologiques

(b) Types phytogéographiques

Figure 10 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia*

L'examen de la figure 10a révèle que les phanérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes (67,79 % ; 87,39 %) suivies des thérophytes (13,56 % ; 10,89 %) et des chaméphytes qui ont un faible recouvrement au sol (13,55 % ; 1,11 %). Les géophytes et les hémicryptophytes sont quasi-inexistantes. La faible proportion des hémicryptophytes témoigne de la forte pression pastorales sur les graminées pérennes.

L'analyse des types phytogéographiques (figure 10b) révèle que les espèces de l'élément base soudanien (S) sont les plus abondantes et dominantes (30,50 % ; 75,96 %), ensuite viennent les espèces soudano-zambéziennes (25,42 % et 7,65 %) et pantropicales (15,25 % et 8,85 %). Les autres formes de vie sont faiblement représentées.

3.1.2.3 Caractéristiques structurales

✓ Structure par classes de circonférence

La figure 11 présente la structure par classes de circonférence du pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia* des savanes arborées et arbustives. La structure des arbres de ce pâturage présente une allure en "J renversée", avec un paramètre de forme « c » de la distribution de Weibull de l'ordre de 0,69. Ceci est caractéristique d'un peuplement multispécifique.

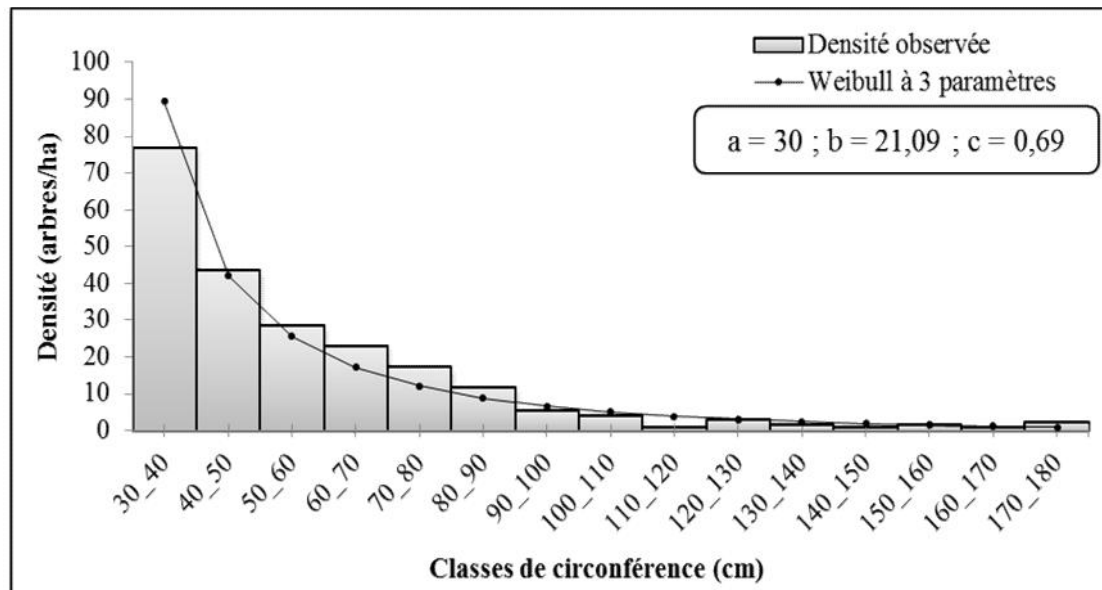


Figure 11 : Structure par classes de circonférence des arbres du pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia*

L'analyse de la figure 11 montre que les individus de circonférence comprises entre 30 cm et 70 cm sont les plus abondants. Les espèces les plus rencontrées dans ces classes de circonférence sont *Anogeissus leiocarpa*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum adenogonium*, *Balanites aegyptiaca* etc. Les individus dont les circonférences sont comprises entre 70 cm et 100 cm y sont présents mais en de très faibles proportions. De même, les individus de circonférence supérieure à 110 cm sont quasi-absents du pâturage. Il s'agit notamment des individus de *Anogeissus leiocarpa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Ficus glumosa*, *Isobertlinia doka*, etc.

✓ Densité et surface terrière

La densité moyenne des individus de circonférence $C \geq 30$ cm du pâturage est de 222 ± 99 individus/ha. La surface terrière est de $6,68 \pm 4,13$ m²/ha. La faible valeur de la surface terrière confirme que les individus de grosses circonférences sont peu représentés.

3.1.3 Caractéristiques du pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens*

Ce type de pâturage est présent dans les savanes arborées et arbustives et se rencontre au niveau de plusieurs facettes topographiques (bas de versant, mi-versant) sur des sols à texture sablo-graveleuse et limono-sableuse.

3.1.3.1 Composition floristique et diversité spécifique

Le pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens* est constitué de 52 espèces dont 33 espèces ligneuses et 19 espèces herbacées réparties en 46 genres et 24 familles sur la base de 9 relevés (annexe II.2). Les genres les plus représentés sont *Acacia* et *Combretum* et les familles les plus représentées sont : *Leguminosae-Papilionoideae* (15,38 %), *Combretaceae* (11,53 %), et *Leguminosae-Caesalpinoideae* (10,16 %). Les dix premières espèces caractéristiques de ce pâturage sont : *Acacia senegal*, *Hyptis suaveolens*, *Piliostigma thonningii*, *Gardenia aqualla*, *Terminalia avicennioides*, *Entada africana*, *Detarium microcarpum*, *Annona senegalensis*, *Euphorbia macrophylla*, *Parkia biglobosa* (annexe I).

La richesse spécifique varie de 12 à 29 espèces/placeau. L'indice de diversité de Shannon est de $3,98 \pm 0,33$ bits avec une équitabilité de Pielou de 0,85. On peut en conclure que le pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens* est diversifié.

3.1.3.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques

La figure 12 présente les spectres des types biologiques et phytogéographiques.

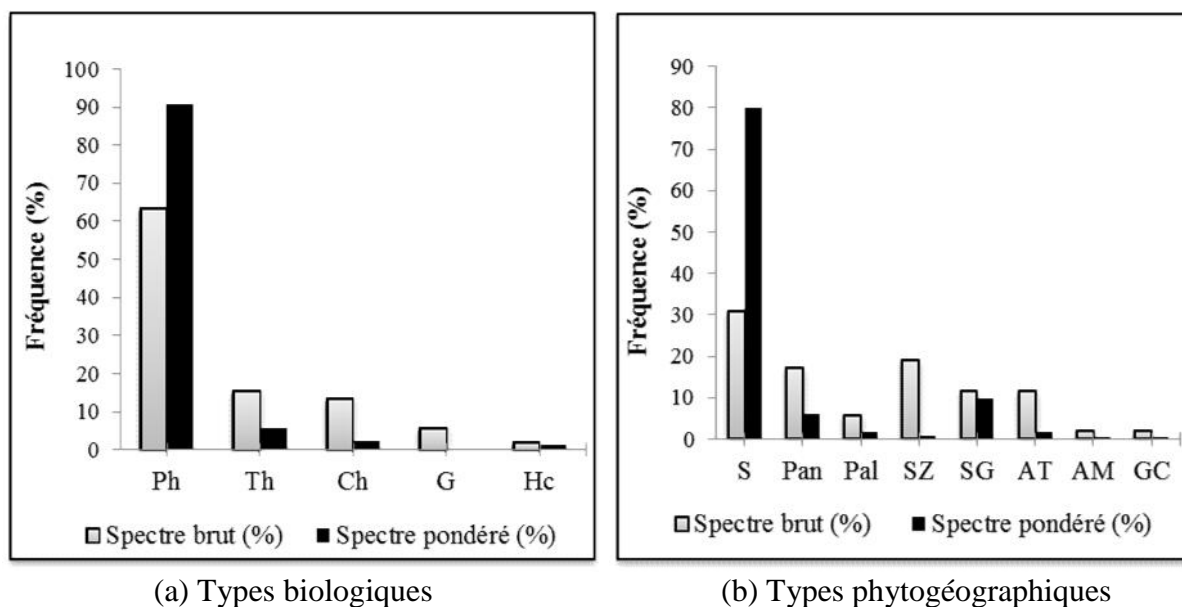


Figure 12 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens*

L'examen de la figure 12a révèle que les phanérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes (63,46 % ; 90,84 %) suivies des thérophytes (15,38 % ; 5,68 %), les chaméphytes viennent en 3^{ème} position (13,46 % ; 2,06 %). Les géophytes et les hémicryptophytes sont quasi-inexistantes. La faible proportion des hémicryptophytes témoigne de la forte pression pastorale sur les graminées pérennes.

L'analyse des types phytogéographiques (figure 12b) révèle que les espèces de l'élément base soudanien (S) sont abondantes et dominantes (30,76 % ; 79,90 %), ensuite viennent les espèces soudano-zambéziennes (19,23 % et 0,85 %) et pantropicales (17,30 % et 6,04 %). Les autres formes de vie sont faiblement représentées.

3.1.3.3 Caractéristiques structurales

✓ Structure par classes de circonférence

La figure 13 présente la structure par classes de circonférence du pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens* des savanes arborées et arbustives. La structure de ce pâturage présente une allure en "J renversée", avec un paramètre de forme « c » de la distribution de Weibull de l'ordre de 0,78. Ceci est caractéristique d'un peuplement multispécifique.

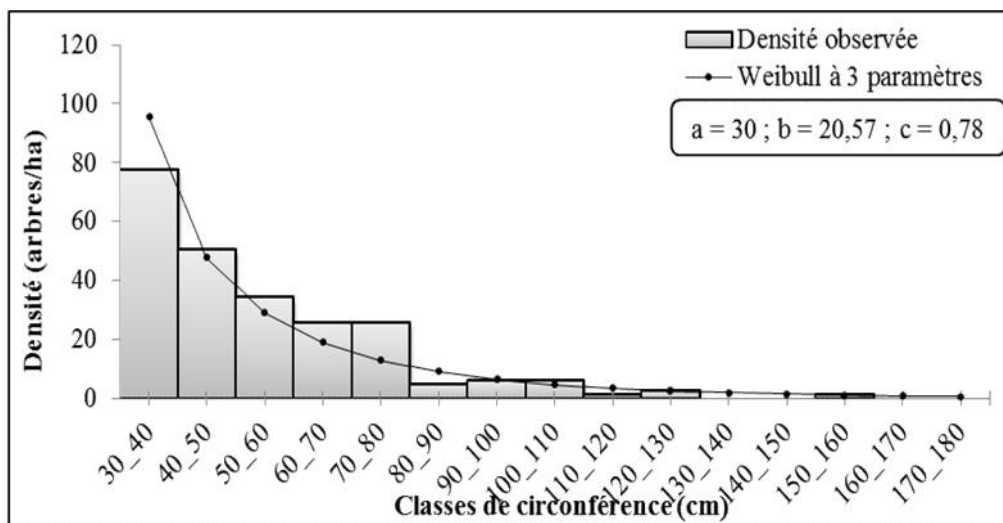


Figure 13 : Structure par classes de circonférences des arbres du pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens*

L'examen de la figure 13 a montré que les individus de circonférences comprises entre 30 cm et 80 cm sont les plus abondants. Les espèces les plus rencontrées dans ces classes de circonférence sont *Combretum glutinosum*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum adenogonium*, *Balanites aegyptiaca*. Les individus dont les circonférences sont comprises entre 80 cm et 110 cm y sont présents mais en de très faibles proportions. De même, les individus de

circonférence supérieure à 110 cm sont quasi-absents du pâturage. Il s'agit notamment des individus de *Pterocarpus erinaceus*, *Vitellaria paradoxa* et *Prosopis africana*.

✓ Densité et surface terrière

La densité moyenne des individus de circonférence C > 30 cm du groupement est de 237 ± 95 individus/ha. La surface terrière est de $6,04 \pm 3,73$ m²/ha ; cette faible valeur confirme que les individus de grosses circonférences sont peu représentés.

3.1.4 Caractéristiques du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana*

Ce pâturage est présent dans les savanes arborées et arbustives et se rencontre au niveau de plusieurs facettes topographiques (bas de versant, mi-versant) sur des sols à texture sablo-graveleuse.

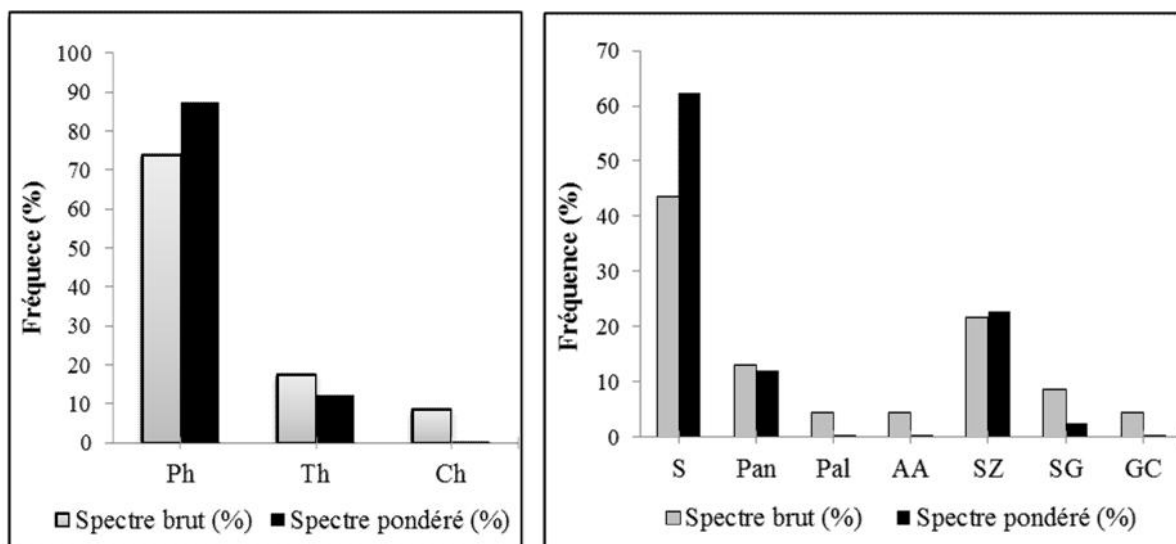
3.1.4.1 Composition floristique et diversité spécifique

Le cortège floristique du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana* obtenu à partir de 8 relevés est constitué de 23 espèces (annexe II.3) dont 17 espèces ligneuses et 6 espèces herbacées réparties en 20 genres et 12 familles. Les genres les plus représentés sont *Acacia* et *Combretum* et les familles les plus représentées sont les *Combretaceae* (26,08 %) et les *Leguminosae-Mimosoideae* (13,04 %). Les espèces caractéristiques de ce pâturage sont : *Prosopis africana*, *Emilia lisowskiana*, *Crossopteryx febrifuga*, *Combretum nigricans*, *Combretum glutinosum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Combretum adenogonium*, *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma thonningii*, *Grewia cissoides* (annexe II.3).

La richesse spécifique varie de 8 à 15 espèces/placeau. L'indice de diversité de Shannon est de $3,03 \pm 0,3$ bits avec une équitabilité de Pielou de 0,84. On peut en conclure que le pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana* est diversifié.

3.1.4.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques

La figure 14 présente les spectres des types biologiques et phytogéographiques.



(a) Types biologiques

(b) Types phytogéographiques

Figure 14 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana*

L'analyse de la figure 14a révèle que les phanérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes (73,91 % ; 87,56 %) suivies des thérophytes (17,39 % ; 12,18 %) et des chaméphytes faiblement représentées (8,69 % ; 0,24 %). Les géophytes et les hémicriptophytes sont inexistantes. Cela témoigne de la forte pression pastorales sur les graminées pérennes.

L'analyse des types phytogéographiques (figure 14b) révèle que les espèces de l'élément base soudanien (S) sont dominantes et abondantes (43,47 % ; 62,38 %), ensuite viennent les espèces soudano-zambézienne (21,73 % et 22,63 %) et pantropicales (13,04 % et 12 %). Les autres formes de vie sont faiblement représentées.

3.1.4.3 Caractéristiques structurales

✓ Structure par classes de circonférence

La figure 15 présente la structure par classes de circonférence du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana* des savanes arbustives. La structure en diamètre des arbres de ce groupement présente une allure en "J renversée", avec un paramètre de forme « c » de la distribution de Weibull de l'ordre de 1,11. Avec $C > 0$, la distribution est asymétrique, caractéristique d'un peuplement monospécifique avec une prédominance des individus jeunes.

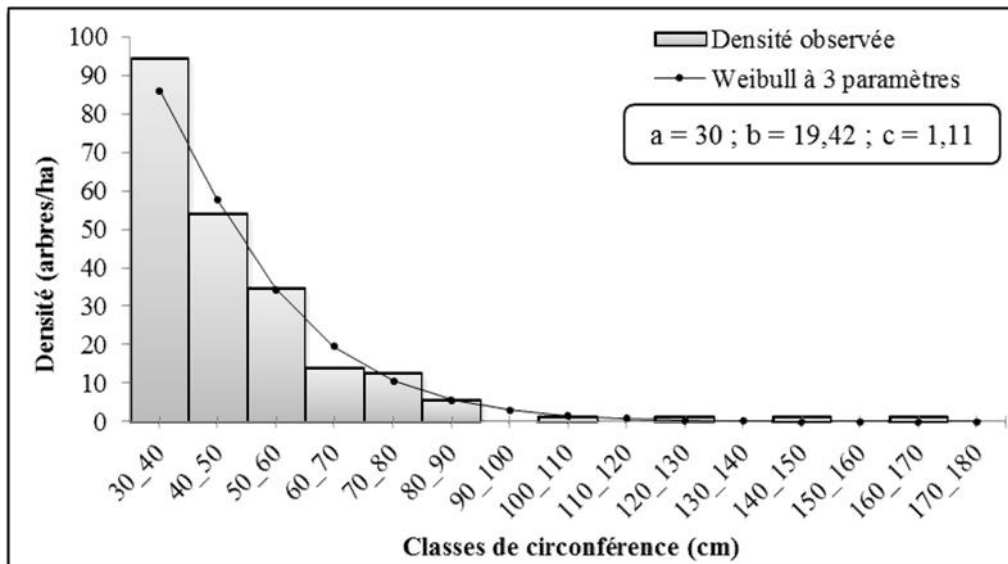


Figure 15 : Structure par classes de circonférence des arbres du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana*

L'examen de la figure 15 montre que les individus de circonférences comprises entre 30 cm et 60 cm sont les plus abondants. Les espèces les plus rencontrées dans ces classes de circonférence sont *Combretum glutinosum*, *Crossopteryx febrifuga*, *Combretum nigricans* etc. Les individus dont les circonférences sont comprises entre 60 cm et 90 cm y sont présents mais en de faibles proportions. De même, les individus de circonférences supérieures à 90 cm sont quasi-absents du pâturage. Il s'agit notamment des individus de *Pterocarpus erinaceus*, *Prosopis africana* et *Vitellaria paradoxa*.

✓ Densité et surface terrière

La densité moyenne des individus de circonférence $C \geq 30$ cm du groupement est de 221 ± 111 arbres/ha. La surface terrière est de $4,53 \pm 2,83$ m²/ha ; cette faible valeur indique la faible représentativité des individus de grosses circonférences dans ce pâturage.

3.1.5 Caractéristiques du pâturage végétal à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*

Ce pâturage est présent dans les savanes arbustives et se rencontre au niveau des mi-versants sur des sols à texture sablo-graveleuse.

3.1.5.1 Composition floristique et diversité spécifique

Le pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum* est constitué de 15 espèces dont 9 espèces ligneuses et 6 espèces herbacées réparties en 14 genres et 11 familles obtenu à partir de 4 relevés (annexe II.4). Compte tenu du nombre de relevés faible, ce type de

pâturage est considéré comme un faciès. Les genres les plus représentés sont *Acacia* et *Combretum* et les familles les plus représentées sont les *Combretaceae* (13,33 %), les *Leguminosae-Mimosoideae* (13,33 %), les *Leguminosae-Papilionoideae* (13,33 %), et les *Tiliaceae* (13,33 %). Les dix premières espèces caractéristiques de ce pâturage sont : *Holarrhena floribunda*, *Paspalum conjugatum*, *Waltheria indica*, *Sterculia setigera*, *Combretum molle*, *Desmodium velutinum*, *Sida acuta*, *Acacia polyacantha*, *Acacia ataxacantha*, *Stylochaeton hypogaeus*. (annexe II.4).

La richesse spécifique varie de 14 à 15 espèces/placeau. L'indice de diversité de Shannon est de $2,38 \pm 0,4$ bits avec une équitabilité de Pielou de 0,92. On peut conclure que le pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum* est relativement diversifié.

3.1.5.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques

La figure 16 présente les spectres des types biologiques et phytogéographiques.

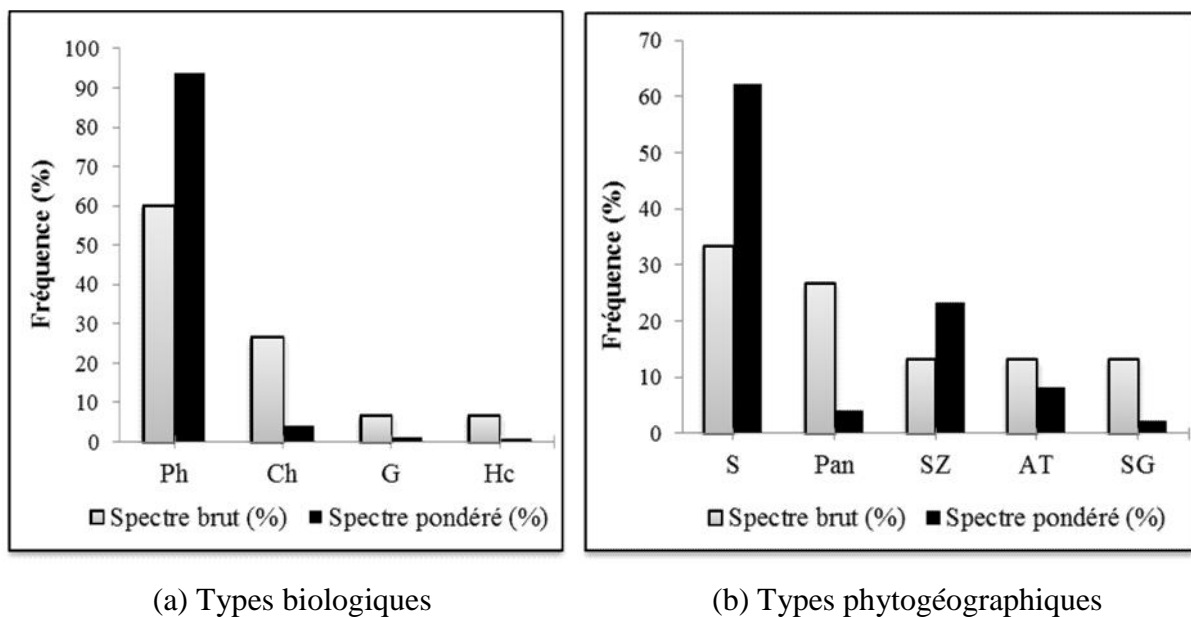


Figure 16 : Spectres bruts et pondérés des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*

L'analyse de la figure 16a révèle que les phanérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes (60 % ; 93,75 %). Les chaméphytes (26,66 % ; 4,26 %), les géophytes (6,66 % ; 1,13 %) et les hémicryptophytes (6,66 % ; 0,85 %) sont faiblement représentées. Les thérophytes sont absents dans ce pâturage, ce qui prouve que le milieu est peu perturbé. La faible représentativité des hémicryptophytes est due au type de formation végétale dans ce milieu.

L'analyse des types phytogéographiques (figure 16b) révèle que les espèces de l'élément base soudanien (S) sont abondantes et dominantes (33,33 % ; 62,21 %), ensuite viennent les espèces pantropicales (26,66 % et 3,97 %) et les espèces soudano-zambéziennes (13,33 % et 23,29 %). Les autres formes de vie sont faiblement représentées.

3.1.5.3 Caractéristiques structurales

✓ Structure par classes de circonférence

La figure 17 présente la structure par classes de circonférence du pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum* des savanes arbustives. La structure de ce pâturage présente une allure en "demi-cloche", avec un paramètre de forme « c » de la distribution de Weibull de l'ordre de 1,35. Ceci est caractéristique d'un peuplement monospécifique avec une prédominance d'individus jeunes.

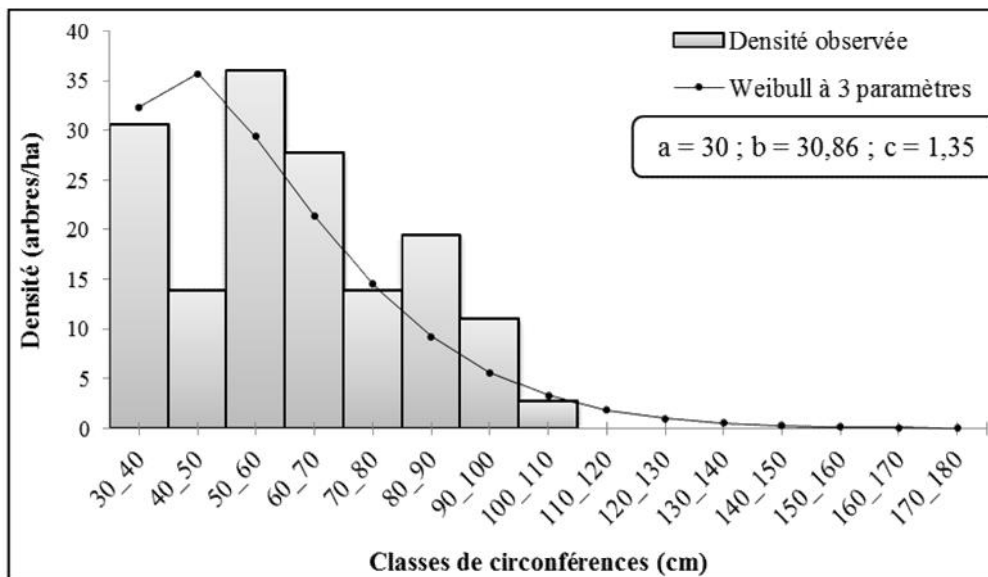


Figure 17 : Structure par classe de circonférence des arbres du pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*

L'analyse de cette figure 17 montre que les individus de circonférences comprises entre 30 cm et 40 cm puis entre 50 cm et 70 cm sont les plus abondants. Les espèces les plus rencontrées dans ces classes de circonférence sont *Combretum molle*, *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia polyacantha* etc. Les individus dont les circonférences sont comprises entre 100 cm et 110 cm y sont présents mais en de faibles proportions. De même, les individus de circonférences supérieures à 110 cm sont absents du pâturage.

✓ Densité et surface terrière

La densité moyenne des individus de circonférence $C \geq 30$ cm de ce pâturage est de 156 ± 33 individus/ha. La surface terrière est de $4,80 \pm 1,27$ m²/ha ; cette faible valeur indique la faible représentativité des individus de grosses circonférences dans ce type de pâturage.

3.2 Cartographie de la dynamique des parcours naturels

La cartographie de la dynamique des parcours naturels a été analysée à travers les cartes de végétation de 2000 et de 2013. L'évolution des formations végétales des parcours naturels entre ces deux dates a été ensuite évaluée à travers les taux globaux d'évolution, la matrice de transition, les taux de variation, et les taux moyens annuels d'expansion spatiale.

3.2.1 Etat des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères en 2000 et en 2013

En 2000, la physionomie de la végétation des parcours naturels était dominée par les savanes arborées et arbustives et les forêts claires et savanes boisées, qui représentaient respectivement 37,89 % et 12,8 % de la superficie (figure 18, tableau II). Les forêts galeries, y étaient également rencontrées (1,88 %) et étaient présentes le long des cours d'eau importants notamment le Mékrou et l'Alibori. Par ailleurs, les mosaïques de champs et de jachères qui ne sont pas des parcours naturels mais qui sont des aires de pâturage en saison sèche occupaient 47,43 % de la superficie.

En 2013, la végétation des parcours naturels du secteur d'étude était dominée par les savanes arborées et arbustives (40,87 %). On retrouve également les autres formations végétales (forêt claire et savane boisée, forêt galerie) observés en 2000 (Figure 18, tableau II).

Tableau II : Synthèse des superficies des unités d'occupation du sol de 2000 et 2013

UOS	2000		2013		Bilan (%)
	S (Km ²)	P (%)	S (Km ²)	P (%)	
FG	81,38	1,88	79,31	1,83	-0,05
FCSB	553,81	12,80	261,29	6,04	-6,76
SAA	1639,07	37,89	1768,34	40,87	2,99
CJ	2052,01	47,43	2217,33	51,25	3,82
Total	4326,26	100	4326,26	100	

S (Km²) : Superficie ; P (%) : Pourcentage

Source : Interprétation des images Landsat ETM+ de 2000 et Landsat OLI de 2013

Légende : UOS : Unité d'occupation du sol ; S : Superficie ; P : Proportion ; Bilan = $P_{2013} - P_{2000}$; GF : Galerie forestière ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SASA : Savane arborée et arbustives ; CJ : Mosaïques de Champs et jachères.

De l'analyse de ce tableau, il ressort que les galeries forestières, les forêts claires et savanes boisées ont connu une évolution régressive tandis que les savanes arborées et arbustives ont connu une évolution progressive de même que les mosaïques de champs et jachères.

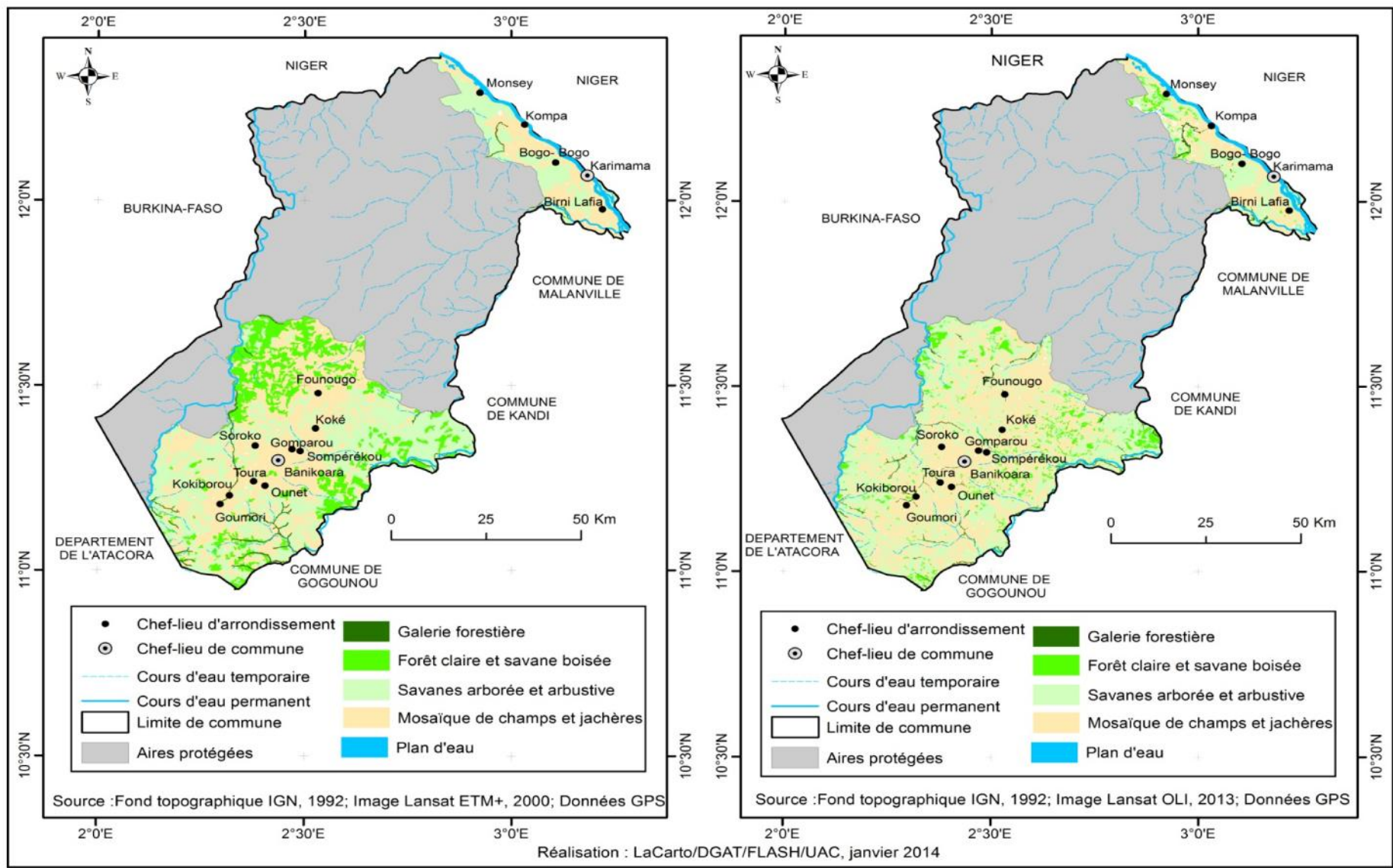


Figure 1 : Unités d'occupation du sol de 2000 et de 2013

3.2.2 Dynamique des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères entre 2000 et 2013

La dynamique des unités d'occupation du sol des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères de 2000 à 2013 est résumée par la matrice de transition (Tableau III). Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les unités d'occupation du sol de 2000 et de 2013. Les conversions se font des lignes vers les colonnes. Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des unités qui sont demeurées stables de 2000 à 2013. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements des unités d'occupation du sol.

Tableau III : Matrice de transition de l'occupation du sol entre 2000 et 2013

Unités de 2000	Unités de 2013				Sup. totale de 2000 (Km ²)
	FG	FCSB	SAA	JC	
FG	79,31	0	0,72	1,36	81,38
FCSB	0	249,40	111,69	192,72	553,81
SAA	0	11,89	1425,81	201,37	1639,07
CJ	0	0	230,11	1821,89	2052,00
Sup. totale de 2013 (Km ²)	79,31	261,29	1768,34	2217,33	4326,26

Légende : GF : Galeries forestières ; FCSB : Forêts claires et savanes boisées ; SAA : Savanes arborées et arbustives ; CJ : Mosaïques de Champs et jachères.

Sup. totale 2000 : Superficie des unités d'occupation du sol en 2000

Sup. totale 2013 : Superficie des autres unités d'occupation du sol en 2013

79,31 : Superficie demeurée stable entre 2000 et 2013

L'examen de la matrice de transition (tableau III) révèle que toutes les unités d'occupation du sol observées en 2000 sont également présentes en 2013. Mais, de façon générale, on remarque que les formations naturelles ont subi deux modes de conversion probable : la savanisation et/ou l'anthropisation. Les taux de conversion et les taux moyens annuels d'expansion spatiale (tableau IV) permettent une meilleure compréhension des différentes transformations subies par la végétation de 2000 à 2013.

Tableau IV : Taux de conversion et taux moyens annuels d'expansion spatiale de 2000 à 2013

Unités d'occupation du sol	T (%)	Tc (%)
Galeries forestières	-0,20	2,55
Forêts claires et savanes boisées	-5,78	54,97
Savanes arborées et arbustives	0,58	13,01
Mosaïques de Champs et jachères	0,60	11,21

T : Taux moyen annuel d'expansion spatiale. Il exprime la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement.

Tc : Taux de conversion. C'est la quantité de changements observés au niveau d'une unité d'occupation du sol entre 2000 et 2013.

3.2.3 Evolution des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères

De 2000 à 2013, les forêts galeries ont connu une diminution de leur superficie qui est passée de 81,38 Km² à 79,31 Km², soit un taux moyen annuel de régression de 0,05 % avec un taux de conversion de 2,55 %. L'analyse de la matrice de transition montre que 0,72 Km² des forêts galeries ont été converties en savanes arborées et arbustives et 1,36 % en champs et jachères. Les forêts galeries connaissent une évolution essentiellement régressive au profit des formations anthropisées. Cette régression des forêts galeries est due à l'exploitation forestière et aux activités agricoles pratiquées dans ces formations.

Les forêts claires et savanes boisées ont également connu une diminution de leur superficie de 2000 à 2013. Elles sont passées de 553,81 à 261,29 Km² avec un taux annuel de régression de 6,76 %. L'analyse de la matrice de transition montre que respectivement 111,69 Km² et 192,72 Km² des forêts claires et savanes boisées ont été converties en savanes arborées et arbustives et en mosaïques champs et jachères ; soit un taux de conversion de 54,97 %. Avec cette tendance régressive, c'est une formation végétale qui est en voie de disparition. Cette régression des forêts claires et savanes boisées est due essentiellement aux activités agricoles et à l'exploitation forestière.

Par contre, les savanes arborées et arbustives ont connu une évolution progressive de leur superficie de 2000 à 2013 avec un taux annuel de progression de 2,99 %. En effet, leur superficie est passée de 1639,07 Km² en 2000 à 1768,34 Km² en 2013. Cette tendance est due en grande partie à la conversion des savanes arborées et arbustives en mosaïques de champs et

jachères. En effet, l'analyse de la matrice de transition révèle que 201,37 Km² des savanes arborées et arbustives ont été transformées en mosaïques de champs et jachères et seulement 11,89 Km² en forêts claires et savanes boisées. Le taux de conversion est de 13,01 % montrant ainsi une relative stabilité de ces formations végétales de 2000 à 2013.

Par ailleurs les mosaïques de champs et jachères ont connu une très grande extension. Leur superficie est de passée de 2052,01 Km² en 2000 à 2217,33 Km² en 2006. Le taux de progression annuel est de 3,82 %. Ces mosaïques de champs et jachères constituent des aires de pâturage en saison sèches avec l'utilisation des résidus de récolte.

3.2.4 Synthèse de la conversion des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères de 2000 à 2013

Les formations végétales (galeries forestières, forêts claires) des parcours naturels ont connu une diminution de leurs superficies en dehors des savanes arborées et arbustives qui ont connu une évolution progressive (tableau V). Une partie des forêts galeries, des forêts claires et savanes boisées s'est transformée en savanes arborées et arbustives et en mosaïques de champs et jachères. Ainsi, les savanes arborées et arbustives sont devenues les formations végétales des parcours naturels ayant la plus grande superficie en 2013. Mais, on note de façon générale une diminution des superficies des formations végétales des parcours naturels qui sont passées de 2274,26 Km² en 2000 à 2108,93 Km² en 2013 au profit des mosaïques de champs et jachères. Cette régression des superficies est le résultat surtout de la pression agropastorale exercée sur les ressources naturelles dans les Communes de Banikoara et de Karimama. Cette pression agropastorale est beaucoup plus remarquable dans la Commune de Banikoara à cause de la culture du coton, consommatrice de grandes superficies.

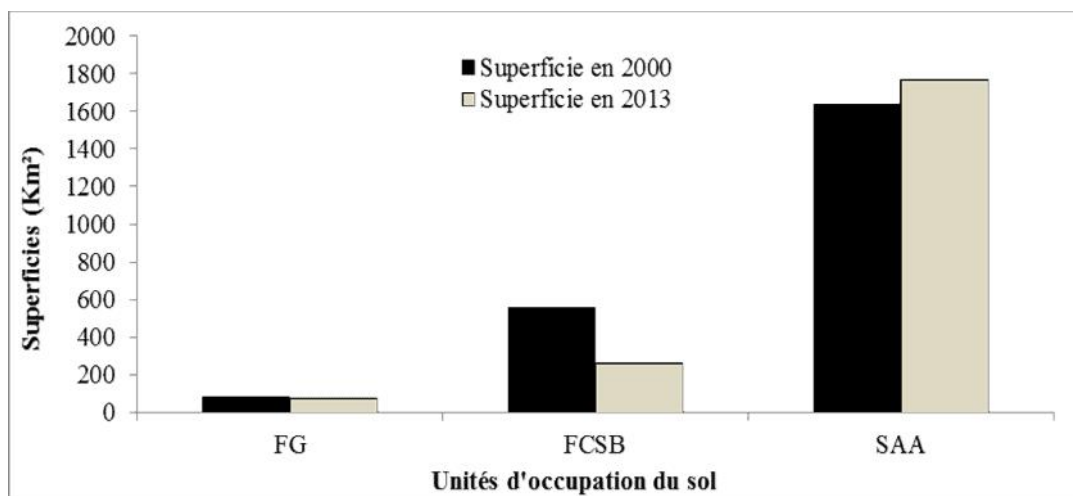


Figure 19 : Evolution des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères entre 2000 et 2013

On constate que les régressions ont concerné surtout les forêts galeries les forêts claires et les savanes boisées qui se sont transformées en savanes arborées et arbustives et en champs et jachères. Ce sont des savanes arborées et arbustives qui ont connu une évolution progressive de leur superficie.

3.3 Modélisation prédictive de l'évolution des formations végétales des parcours naturels

La prédiction a été faite sur une période de 17 ans soit à l'horizon 2030 en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront toujours maintenues. Les probabilités de transition établies, déduites des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2013 constituent les bases de cette prédiction (les inputs du modèle). La carte d'occupation du sol de 2030 présente l'évolution probable des différentes unités d'occupation en tenant compte des facteurs de changement.

3.3.1 Tendances évolutives des formations végétales des parcours naturels à l'horizon 2030

Les probabilités de transition déduites à partir des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2013 ont permis d'obtenir l'état probable de l'occupation du sol à l'horizon 2030 (figure 20). De l'examen de la figure 20, on note de façon générale que la physionomie des parcours naturels du secteur d'étude (Communes de Banikoara et Karimama), sera probablement dominée par les savanes arborées et arbustives. Plus spécifiquement, les savanes arborées et arbustives seront les unités les plus importantes des parcours naturels.

Par ailleurs, les mosaïques de champs et de jachères qui constituent des aires de pâturage en saison sèche connaîtront une extension de leurs superficies au détriment de celles des parcours. Le tableau V présente les superficies probables des différentes formations végétales des parcours naturels en 2030.

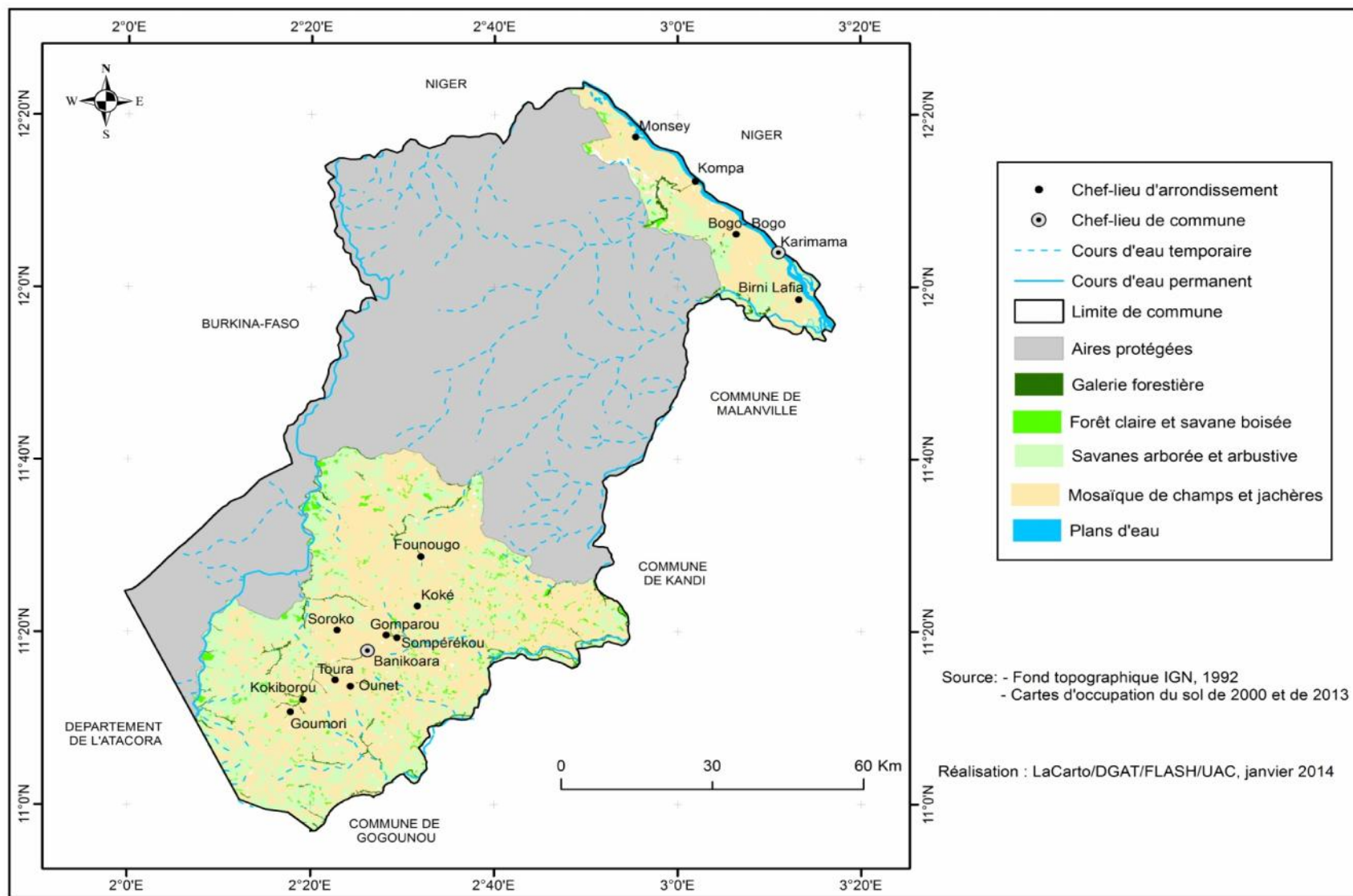


Figure 20 : Prédiction de l'occupation des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et Karimama à l'horizon 2030

Tableau V: Superficies des unités d'occupation des parcours naturels de 2030

Unités d'occupation du sol	Superficies 2030 (Km²)	Proportion (%)
Forêts galeries	74,31	4,73
Forêts claires et savanes boisées	118,74	7,56
Savanes arborées et arbustives	1378,30	87,71
Total	1571,35	100

Source : Prédiction des formations végétales des parcours naturels à l'horizon 2030

De l'examen de la figure 20 et du tableau V, on note que les formations végétales des parcours naturels à l'horizon 2030 seront probablement constituées par ordre d'importance de savanes arborées et arbustives et des îlots de forêts claires et de savanes boisées et de minces galeries forestières. En effet, les savanes arborées et arbustives occuperont 87,71 % des parcours naturels du secteur d'étude. Les forêts claires et savanes boisées représenteront 7,56 % de la superficie. Les galeries forestières couvriront seulement 4,73 % et se localiseront par endroits le long des principaux cours (Alibori et Mékrou) et leurs affluents.

La modélisation prédictive des parcours naturels à l'horizon 2030 à partir des cartes de végétation des parcours naturels de 2000 et 2013 et des probabilités de transition présage d'une relative progression des savanes arborées et arbustives au détriment des formations telles que les forêts claires et savanes boisées et les galeries forestières si les pratiques actuelles d'exploitation des ressources naturelles sont toujours maintenues. D'une manière générale, les formations végétales des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama connaîtront une diminution de leurs superficies au profit des mosaïques de champs et jachères. En effet, les superficies des parcours naturels passeront de 2108,91 Km² en 2013 à 1571,35 Km² en 2030. Avec cette tendance, les parcours naturels seront davantage dégradés. Le devenir des parcours naturels dans ces Communes constitue donc une préoccupation majeure à laquelle il est important de trouver des solutions efficaces pour une meilleure gestion des ressources naturelles notamment les ressources pastorales.

CHAPITRE IV : DISCUSSION

4.1 Caractérisation des pâturages

Les résultats de l'analyse multivariée des relevés phytosociologiques effectués dans les parcours naturels des troupeaux transhumants dans les Communes de Banikoara et de Karimama ont permis d'identifier quatre types de pâturage : le pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia*; le pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens* ; le pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana* et le pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*. L'analyse des résultats a révélé que la dégradation des pâturages est variable et serait due essentiellement aux pressions anthropiques mais aussi aux mauvaises conditions pédoclimatiques.

D'une manière générale, les quatre types des pâturages des savanes étudiés sont caractérisés par l'abondance et la dominance des phanérophytes (66,29 % ; 89,88 %) et des thérophytes (11,59 % ; 7,19 %). La forte proportion des phanérophytes pourrait s'expliquer par la pression pastorale qui s'observe dans les parcours naturels du secteur d'étude, caractérisée par la régression des graminées (hémicryptophytes). Ces résultats rejoignent ceux de Sounon Bouko *et al.* (2007) qui, en étudiant les effets de la dynamique de l'occupation du sol sur la structure et la diversité des forêts claires et des savanes au Bénin, a noté la modification de la structure de la végétation et la baisse de la diversité spécifique et de la densité des ligneux de gros diamètre. Les études phytosociologiques constituent un moyen judicieux de parvenir à une connaissance approfondie des formations végétales des parcours naturels, car elles permettent une interprétation des interrelations entre les stations et les communautés végétales (Houinato *et al.*, 2000).

La richesse spécifique du secteur d'étude est de 149 espèces réparties en 132 genres et 74 familles obtenues dans 35 relevés. Ces résultats corroborent ceux de Arouna (2002). La caractérisation de la structure de la végétation de différents types de pâturage dans les Communes d'étude a montré la prédominance des individus de circonférences comprises entre 30 et 60 cm. Les familles les plus représentées sont les *Leguminosae* et les *Combretaceae*. Les phanérophytes et les thérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes alors que sur le plan chorologique, ce sont les espèces soudaniennes et les espèces soudano-zambéziennes qui sont les plus représentées. Les spécificités phytogéographiques sont alors maintenues malgré la dynamique régressive de ces certaines formations végétales. Cela confirme la relative stabilité du secteur d'étude sur le plan

phytogéographique. La faible représentativité des hémicryptophytes témoigne de la forte pression pastorale sur les graminées péennes. L'indice de diversité de Shannon varie de 2,38 à 4,07 bits et l'équitabilité de Pielou varie de 0,81 à 0,92 d'un pâturage à un autre. Cela s'explique par le surpâturage, les feux de végétation et le système de culture dominé par la culture itinérante sur brûlis qui se pratique dans le milieu. La très faible proportion des hémicryptophytes dans les pâturages témoigne des pressions agropastorales dans le milieu. Ces résultats concordent avec ceux de Lessé (2011), Tamou (2002), dans les pâturages du Parc National W et Arouna (2012) dans la Commune de Djidja qui ont montré que les pressions agropastorales sont les principaux facteurs de dégradation des pâturages. Ce dernier ajoute que la présence remarquable des thérophytes est un indicateur du niveau élevé de perturbation des groupements végétaux. Bien que les espèces de l'élément base soudanien soit les plus abondantes et dominantes.

Par ailleurs, plusieurs travaux sont réalisés au Bénin sur la productivité et la typologie des pâturages, notamment ceux de Toko et Sinsin (2011a & b ; 2008), Sinsin et Wotto (2003), Houinato et Sinsin (2001), Sinsin et Oumorou (2000), Oumorou (1998) et Sinsin *et al.* (1996). Pour ces auteurs, les phytomasses maximales sont plus élevées dans les formations à faible densité d'espèces ligneuses que dans les formations à densité élevée.

4.2 Cartographie et modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants

L'approche méthodologique utilisée au cours de cette étude sur « cartographie et la modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels » vient compléter la base de données déjà disponible sur cette thématique. Cette mise à jour a permis de réaliser une analyse statistique des dynamiques de changement d'occupation et d'utilisation des parcours naturels de 2000 à 2013 venant ainsi compléter le travail présenté par plusieurs auteurs. Ces analyses visant à quantifier, localiser et identifier les processus de transition entraînant un changement d'occupation du sol ont mis en évidence des dynamiques différenciées pour les différents parcours naturels des Communes de Banikoara et de Karimama. En effet, les résultats de la présente étude ont montré que les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées des parcours naturels ont connu une régression de leur superficie qui est passée respectivement de 1,88 % et 12,8 % en 2000 à 1,83 % et 6,04 % en 2013. Alors que les savanes arborées et arbustives ont connu une évolution progressive de leur superficie qui est passée de 37,89 % en 2000 à 40,87 % en 2013.

Par ailleurs, les mosaïques de champs et jachères qui servent d'aires de pâturage en saison sèche ont connu une augmentation sensible de leur superficie qui est passée de 47,43 % en 2000 à 51,25 % en 2013. Cette tendance régressive des forêts galeries et des forêts claires et savanes boisées au profit des savanes arborées et arbustives et des champs et jachères est due aux pressions agropastorales en général et particulièrement à la culture extensive du coton dans la Commune de Banikoara. Cette extension des champs et jachères concorde avec le fort taux d'accroissement de la population dans ces Communes.

Plusieurs auteurs sont parvenus à la même conclusion notamment Hountondji (2008), qui a montré que dans les zones soudaniennes et soudano-guinéennes, le taux de diminution moyen annuel de la forêt dense sèche et des galeries forestières est estimé à 2,8 %. Cette tendance régressive élevée de cette classe s'explique principalement par la culture extensive du coton et les assauts saisonniers des éleveurs transhumants dans les forêts denses sèches et les galeries forestières à la recherche des ressources fourragères et de l'eau. De même, Orékan (2007) a abouti à une projection future de la dynamique de l'occupation des terres sur la base des simulations par le modèle Dina-CLUE en développant le scénario socio-économique dans la zone de l'Ouémé Supérieur. Ses résultats confirment en partie les résultats de la présente étude car ce scénario prévoit une extension des espaces agricoles au détriment des formations végétales naturelles à l'horizon 2025. Aussi, les travaux de Arouna (2012), ont-ils montré que dans la Commune de Djidja, l'exploitation du pâturage aérien a contribué à la conversion des forêts claires et des savanes boisées en savanes arbustives. Le broutage et le piétinement ont modifié la composante herbacée de la végétation de la Commune de Djidja. Par ailleurs, il a démontré que les feux de végétation constituent aussi de puissantes armes de destruction massive du couvert végétal notamment des parcours naturels surtout quand ils sont pratiqués de façon tardive. Dans les Communes de Banikoara et de Karimama, la pratique des feux de végétation tardifs est l'œuvre des braconniers, des agriculteurs et aussi des éleveurs qui pensent procéder à une régénération rapide de la végétation. Le pâturage aérien est également une pratique répandue utilisée par tous les éleveurs pour nourrir leurs troupeaux, surtout en période de soudure. Les passages répétés des troupeaux transhumants nationaux et transfrontaliers engendrent une dégradation des sols et du couvert végétal. Les mêmes constats ont été faits par Tamou (2002) et Lessé (2011) qui ont montré que le couvert végétal s'éclaircit davantage, la biomasse diminue et les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus. A travers ces analyses, l'hypothèse n°2 selon laquelle les parcours naturels des troupeaux transhumants connaissent une évolution

régressive du fait des pressions agropastorales et des variabilités climatiques est alors justifiée.

La modélisation prédictive des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama à l'horizon 2030 a révélé que la physionomie de ces parcours naturels, sera probablement dominée par les savanes arborées. Les forêts galeries et surtout les forêts claires et savanes boisées connaîtront une réduction sensible de leur superficie. Dans plusieurs régions d'Afrique de l'Ouest, la surexploitation des terres est considérée comme la principale cause de la dégradation du couvert végétal et de la perte en biodiversité (Ozer *et al* 2007 ; Sawadogo *et al.*, 2005 ; Bouko *et al.*, 2007 ; Diallo *et al.*, 2011). La prise en compte simultanée des activités humaines, des processus physiques, biologiques et chimiques et des conflits d'intérêt posent des questions nouvelles et complexes aux gestionnaires du territoire et aux décideurs. Des outils d'aide à la décision en matière de gestion du territoire sont nécessaires pour effectuer des diagnostics, confronter des points de vue et simuler des évolutions. Il importe donc de comprendre les scénarios développés comme une visualisation du fonctionnement de l'espace qui peut changer au fur et à mesure que des conditions socio-économiques évoluent.

Le Land Change Modeler d'IDRISI Selva utilisé dans le cadre de la présente étude a abouti à une projection future de la dynamique de parcours naturels sur la base des simulations par le modèle. Considérant les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles sont maintenues, la physionomie des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama sera dominée en 2030 par les savanes arborées et arbustives qui occuperont 87,71 % des superficies de ces parcours. Les mêmes constats ont été faits par Lessé (2011) en procédant à une modélisation des parcours naturels à l'aide du modèle CLUE-S dans les terroirs villageois autour du Parc National W. Des résultats similaires ont été obtenus par Arouna (2012), dans la Commune de Djidja qui a procédé à une modélisation prédictive de la végétation à l'horizon 2020 à l'aide du modèle Land Change Modeler utilisé sous ArcGIS. Ainsi, le choix d'un modèle est indispensable pour la prédiction prospective. Ainsi, la méthode LCM utilise les quantités de changements avec les chaînes de Markov et les données externes, la probabilité du changement par les probabilités de transition, la relation variables d'influence par la régression logistique et la perception multicouche, qui n'ont pas besoin de connaissances d'experts mais une dépendance aux données. Selon Guermond (2005) la modélisation pour un chercheur vise à reproduire au mieux le fonctionnement d'un phénomène géographique, afin d'essayer d'utiliser ensuite le modèle pour tester des

hypothèses. Le scénario socio-économique développé ("environmental damaged") et sur lequel s'est basée la projection future de la dynamique de l'occupation des terres développée par Orekan (2007) dans le bassin de l'Ouémé supérieur prévoit une extension des espaces agricoles en 2025. Par exemple, Mama (2002) a prévu qu'à l'horizon 2025, les formations végétales dans les Communes de Savè, de Ouessè et de Tchaourou passeront de 76 % en 1986 à 7 %. A l'inverse, les zones de cultures vont s'accroître de 24 % à 87 % pendant la même période d'observation.

En définitive, la modélisation prédictive des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les Communes de Banikoara et de Karimama à l'horizon 2030 à partir des cartes de végétation de 2000 et 2013 et des probabilités de transition présage d'une relative progression des savanes arborées et des savanes arbustives au détriment des formations forêts claires et savanes boisées et des forêts galeries si les pratiques actuelles d'exploitation des ressources naturelles sont toujours maintenues. Cependant, les mosaïques de champs et jachères qui ne font pas partie des parcours naturels mais qui servent d'aires de pâturage en saison sèche avec l'utilisation des résidus de récolte, seront les formations anthropiques les plus importantes. A travers ces analyses, l'hypothèse selon laquelle le devenir des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama sera marqué de plus en plus par une régression des formations forestières au profit des formations anthropiques est alors justifiée

Conclusion

La présente étude effectuée sur la cartographie et la modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama a permis de caractériser dans un premier temps les types de pâturage rencontrés dans les parcours naturels et ensuite d'analyser les changements intervenus dans ces parcours et de faire une projection à l'horizon 2030 en utilisant les cartes d'occupation de 2000 et de 2013.

Ainsi, la structure par classes de circonférence de la végétation a été analysée à partir de la structure des pâturages. Dans la plupart des pâturages, l'analyse de la structure par classes de circonférence a montré la forte représentativité des ligneux de petites circonférences et une faible présence des individus de grosses circonférences. Les phanérophytes et les thérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et dominantes alors que sur le plan chorologique, ce sont les espèces soudaniennes et les espèces soudano-zambéziennes qui sont les plus représentées. La faible représentativité des hémicriptophytes témoigne de la forte pression pastorales sur les graminées pérennes. L'indice de diversité de Shannon varie de 2,38 à 4,07 bits et l'équitabilité de Pielou varie de 0,81 à 0,92 d'un groupement à un autre. Cela indique la forte pression agropastorale sur le secteur d'étude.

De même, l'analyse cartographique et la modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels ont révélé que les formations végétales de ces Communes ont connu de profondes modifications physiologiques et floristiques. La cartographie de la dynamique des parcours naturels à partir des images satellitales a montré que les forêts galeries et les forêts claires et les savanes boisées ont connu une diminution de leur superficie au profit des savanes arborées et arbustives et des mosaïques de champs et jachères. Le devenir des parcours naturels a été projeté à partir de la modélisation prédictive basée sur des probabilités de transition en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront maintenues. Sur la base des probabilités de transition, la modélisation prédictive réalisée à l'horizon 2030 présage que les savanes arborées et arbustives occuperont 87,71 % de la superficie totale des parcours naturels des Communes de Banikoara et de Karimama. Par contre les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées couvriront respectivement 4,73 % et 7,56 % des superficies de ces parcours en 2030. En définitive, la modélisation prédictive présage de la dégradation des formations végétales des parcours naturels. Face à ce processus de dégradation des parcours naturels qui s'accroîtra selon les résultats de la modélisation prédictive, il est impérieux que des mesures visant à protéger ces écosystèmes soient prises afin de préserver les intérêts de l'élevage au Bénin. Ainsi, les propositions suivantes ont été formulées à l'endroit des différents acteurs :

- identifier, matérialiser et immatriculer les espaces pastoraux ;

- respecter les couloirs de transhumances et les aires de pâturages ;
- promouvoir la culture de ressources fourragères ;
- mener des actions d'aménagement et de sécurisation du foncier pastoral ;
- mieux organiser la gestion de l'espace agro-pastorale en impliquant davantage les organisations d'éleveurs ;
- Faire adopter le code pastoral.

Références bibliographiques

Agonyissa D. & Sinsin B., 1998. Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin. *Revue Ele. Méd. Vét. Pays trop*, 51 (3), pp 239-246.

Ahoudji Y. M. C., 2009. Transhumance et changement climatique : caractérisation des populations des principaux ligneux fourragers des terroirs riverains de la réserve biosphère transfrontalière du W (Bénin) Thèse d'Ingénieur Agronome / AGRN/ FSA/UAC, 115 p.

Ageudad R., Houet T., 2008. Modeling of urban sprawl using the Land Change Modeler on a French metropolitan area (Rennes): foresee the unpredictable , International Symposium "Spatial landscape Modelling: from dynamic approaches to functionals evaluations", Toulouse, 3-5 june 2008, France.

Akoegninou A., Van der Burg W. J. & Van der Maesen L. J. G., 2006. Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Wageningen, 1034 p.

Akpaki J., 2007. L'avenir du pastoralisme face aux mutations socio-économiques au centre du Bénin : le cas du secteur de Tchaourou/Ouèssè. DGAT/ FLASH, 15 p.

Arbonnier M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN, France, 574 p.

Arouna O., 2012. Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : Implication pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat en Géographie, UAC, 246 p.

Barraud V., Mahamat Saleh V. & Mamis O., 2001. L'élevage transhumant au Tchad oriental.- Lyon : *Vétérinaires sans frontière*. 78 p.

Benoit M., 1998. Dynamique des parcours pastoraux dans la région du Parc National du W du Niger. Niamey : ORSTOM, 7 p.

Bierschenk T. & Le Meur P. Y., 1997. Trajectoires peules au Bénin, six études anthropologiques. Paris, KARTHALA, 188 p.

Boni Y., 2011. Etude des pâturages naturels et intégration des éleveurs de ruminants dans les programmes d'aménagement de la forêt classée de Wari-Marou. Mémoire de maîtrise en Géographie, FLASH/UAC, 96 p.

Bouraima A., 2007. Etat des lieux quantitatif et spatialisé de la transhumance dans la zone de Gogounou-Bénin. Th. Ing. Agr. FA.UP. Parakou, Bénin, 69 p.

Boutrais J., 1992. L'élevage en Afrique tropicale une activité dégradante ? *Afrique contemporaine*. n°161, pp 109-125.

Briassoulis H., 2000. Analysis of land Use Change: Theoretical and Modelling Approaches. Regional Research Institute, West Virginia University, Web Book: <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>

Brown, D.G., Aspinall, R., and Bennett, D.A. 2006. Landscape Models and Explanation in Landscape Ecology – a Space for Generative Landscape Science? *Professional Geographer*, 58(4), pp 369–382.

CIRAD, 2006. L'élevage Ouest-Africain : Déficit d'organisation. *L'information Agricole* n°801, pp 28 – 29.

Camacho Olmedo M. T., Molero Melgarejo E. Y. & Paegelow M., 2010. Modelos geomáticos aplicados a la simulación de cambios de usos del suelo. Evaluación del potencial de cambio. In: Ojeda J., Pita M.F. y Vallejo I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La información geográfica al servicio de los ciudadanos*, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, pp. 658-678.

Clanet J. C., 2005. Conflits éleveurs-agriculteurs : une partition spatiale consensuelle. *Sécheresse* 16 (1), pp 68-70.

Convers A., 2002. Etat des lieux spatialisé et quantitatif de la transhumance dans la zone périphérique d'influence du parc national du W (Niger). Rapport de stage. DESS. Université Montpellier II, Cirad-emvt. 99 p.

Coquillard P. & Hill D. R. C., 1997. Modélisation et simulation d'écosystèmes, des modèles déterministes aux simulations à événements discrets, Paris, Masson Corgne S, Hubert- Moy, pp 371-382.

CSAO/OCDE, 2007. Elevage en Afrique au Sahel et en Afrique de l'Ouest : Promouvoir et accompagner la transformation du pastoralisme transhumant dans les pays du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest, 12 p.

- Daget P. & Godron M., 1979. Vocabulaire d'écologie. Hachette, Paris, France, 300 p.
- Daget P. & Poissonet J., 1971. Principes d'une technique d'analyse quantitative de la végétation des formations herbacées. Compte-rendu du Séminaire de Montpellier. Document CEPE, 56, pp 115-130.
- De Hann L., 1997. Agriculteurs et éleveurs au Nord-Bénin : Ecologie et genres de vie. Khartala, Paris, France, 217 p.
- DGAI, 2013. Réalisation de l'étude de référence sur le potentiel des parcours naturels et des infrastructures d'accueil des troupeaux transhumants au Bénin. Rapport final, 33 p.
- De Souza S., 1988. Fore du Bénin. Tome 3, Cotonou, Bénin, 423 p.
- Djaouga M., 2002. Dynamique urbaine et son impact sur l'évolution des espaces agropastoraux à Gah- Maro, Commune de Nikki. Mémoire de maîtrise UAC/FLASH/ DGAT, 106 p.
- Djènantin A. J., 2005. Interactions élevage-environnement : adaptation des modes d'élevage des bovins à l'extension des espaces cultivés au Nord-Est du Bénin. Mémoire DEA, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, 112 p.
- Djènantin A. J., Amidou M. & Baco M. N., 2003. Diagnostic gestion du troupeau : gestion des ressources pastorales au nord-est du Bénin. Actes du colloque international Umr Sagert, 25-27 février 2003, Montpellier, France, 14 p.
- Djènantin A. J., Amidou M. & Baco N. M., 2004. Diagnostic gestion de troupeau : gestion des ressources pastorales dans les départements de l'Alibori et du Borgou au Nord du Bénin. *Bul. Rec. Agr., Bénin*, n°43, pp 30-45.
- Djènantin A. J., Houinato M. & Sinsin B., 2007. Nomination des vaches des troupeaux bovins par les éleveurs Peulh au Nord du Bénin : outils aux visages multiples. *Ethnozootecnie* n ° 81-2007, pp 81-89.
- Djènantin A. J., Houinato M., Toutain B. & Sinsin B., 2009. Pratiques et stratégies des éleveurs face à la réduction de l'offre fourragère au Nord-Est du Bénin. *Sécheresse* 2009, 20 (4) : pp 346-53.

Djèntonin J. A., 2010. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin. Thèse de doctorat, FSA/UAC, 274 p + annexes.

Djohy G., 2010. Une analyse des dynamiques sociopolitiques et organisationnelles d'adaptation des éleveurs transhumants dans l'Alibori (Nord-Bénin). Mémoire de DEA, FSA/UAC, 128 p.

Donou B., Ogouwalé E., Yabi I. & Boko M., 2008. Contraintes climatiques et pression sur les pâturages dans le Département des collines (République du Bénin). Revue de Géographie du Bénin Université d'Abomey-Calavi (Bénin), n°3, 2008, pp 61-75.

Eigenheer A., 2005. La gestion de la transhumance transfrontalière au Bénin : Cas de Banikoara. Mémoire de fin de cycle, Ecole Polytechnique Fédérale de lausanne, Suisse, 92 p.

Eastman R., 2009. Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing, manual version 16.02, Clark University.

Faye B. & Alary V., 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du sud. INRA *Prod. Anim.*, 14, pp 3-13. In www.inra.fr

Ferchichi A., 2000. Rangelands biodiversity in presaharian Tunisia. Cahiers Options Méditerranéennes. 45, pp 69-73.

Fournier A., 1992. Stratégie de croissance de deux graminées pérennes des savanes soudanaises d'Afrique de l'Ouest : *Andropogon ascinodis* et *Schizachyrium sanguineum*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Ecologie générale. *Rév. Ecol. (Terre Vie)*, vol. 47, pp 113- 134.

Franquin P., 1969. Analyse agroclimatique en régions tropicales. Saison pluvieuse et saison humide. Applications. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* 9 : pp 65-95.

Godron M., 1984. Ecologie de la végétation terrestre. Masson, Paris France, 196 p.

Grégoire J-M., Fournier A., Eva H. & Sawadogo L., 2003. Caractérisation de la dynamique des feux et de l'évolution du couvert dans le Parc du W : Burkina- Faso, Bénin et Niger.

Mission d'expertise pour l'étude des feux de brousse et leur utilisation dans le cadre d'une gestion raisonnée des aires protégées du Complexe WAP, 64 p.

Guermond, Y., 2005. Des modèles classiques à la modélisation incrémentale ». In *Modélisations en Géographie : déterminismes et complexités*, Paris, Hermès-Lavoisier, *Traité IGAT Information Géographique et Aménagement du Territoire*, pp. 49-72.

Harchies M., Binot A. & Wolff E., 2007. « Impacts mutuels de la conservation et de l'élevage transhumants sur l'occupation des sols et les ressources environnementales », <http://vertigo.revues.org>

Houet T. et Hubert-Moy L., 2006. Modelling and projecting land-use and land-cover changes with a cellular automaton considering landscape trajectories: an improvement for simulation of plausible future states , *EARSeLe Proceedings*, n° 5, p. 63-76.

Houinato M. R. B. & Sinsin B., 2000. La pression agro-pastorale sur la zone riveraine de la Réserve de la Biosphère de la Pendjari. *Tropicultura*, 18 (3), pp 112-117.

Houinato M. R. B., 2001. Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffé (Bénin). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Université Libre de Bruxelles, Belgique, 241 p.

Houinato M., Kagone H. & Sinsin B., 2003. Seasonal cycle of herbaceous plant phytomass of Monts Kouffè Region in Benin. *Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress*, Durban, South Africa, pp 1399-1402.

Hountondji Y. C. H., 2008. Dynamique environnementale en zones sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique de l'ouest. Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal, thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique, 131 p.

INSAE, 2013. Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH 4). Résultats provisoires, 8 p.

INSAE, 2002. Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH 3). Rapport général, 161 p.

Kagoné H., Toutain B., Dulieu D., Houinato M., Boureima A. & Nocker U., 2009. Pastoralisme et aires protégées en Afrique de l'Ouest : Du conflit à la gestion concertée de la transhumance transfrontalière dans la région du Parc Régional W (Bénin, Burkina Faso, Niger). *Bull Anim. Hlth. Prod. Afr.* 54 : pp 43-52.

Kanevski M. & Maignan M., 2004. Analysis and modelling of spatial environmental data, EPEL Press.

Katè S., 2001. Mise en œuvre d'un processus d'intégration Agriculture et Elevage dans le village de Kokey dans La Sous-préfecture de Banikoara. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme universitaire de technologie en sciences agricoles, CPU, UNB, 15 p.

Kioko J. & Okello M. M., 2010. Land use cover and environmental changes in a semiarid rangeland, Southern Kenya. *Journal of Geography and Regional Planning*, 3 (11): pp 322-326.

Kperou Gado B. O., 2006. Impacts socio-économiques de la transhumance transfrontalière dans la zone riveraine du Parc W du Bénin. Thèse de Doct. Vet., EIESMV, Dakar, Sénégal, 156 p.

Lambin E. F., Geist H. J. & Lepers E., 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annu. Rev. environ. Resour.*, Vol. 28, pp. 205-241.

Lambin E. F., Turner B. L., Geist H. J., Agbola S. B., Angelsen A., Bruce J. W., Coomes O. T., Dirzo R., Fisher G., Folke C., George P. S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E. F., Mortimore M., Ramakrishnan P. S., Richards J. F., Skanes H., Steffen W., Stine G. D., Svedin S., Veldkamp T. A., Vogel C., Xu J., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11: pp 261-269.

Lejoly J. & Sinsin B., 1991. Structure et valeur pastorale des pâturages soudaniens de bas-fonds dans le Nord-Bénin. Actes de la IVème Conférence Internationale des Terres de Parcours. Montpellier, France, pp 554-557.

Lessé P., 2009. Transhumance et Changement climatique : Productivité et capacité de charge des pâturages naturels des communes riveraines de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 107 p.

Lessé P., 2011. Analyse de la gestion pastorale et de l'adaptation des éleveurs transhumants face aux variabilités climatiques dans les communes riveraines de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin). Mémoire de DEA, FSA/UAC, 85 p.

Lhoste Ph., Dolle V., Rousseau J. & Soltner D. 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage. (Collection et précis d'élevage). Paris, Ministère de la Coopération, 288 p.

Ludwig J. A. & Bastin G. N., 2008. Rangeland condition: its meaning and use - a discussion paper. ACRIS (Australian Collaborative Rangelands Information System) 90 p.

Mama, V. J., 2002. An integrated approach for land-use/cover change analysis in a central region of Benin Republic. PhD Thesis, Geography, University of Lagos, Lagos, 221 p.

Marage D., 2004. Déterminisme, dynamique et modélisation spatiale de la diversité floristique dans un contexte de déprise pastorale. Application à la gestion durable des espaces montagnards sous influence méditerranéenne. Thèse de doctorat, France, 236 p + Annexes.

Markon C. J. & Peterson K. M., 2002. The utility of estimating net primary productivity over Alaska using baseline AVHRR data. *Int. j. remote sensing*, 23(21), pp 4571–4596.

Mas J. F., A. Pérez Vega & Clarke K., 2010. Assessing simulated land use/cover maps using similarity and fragmentation indices, ASPRS Annual Conference, April 26-30, San Diego, CA (CD). <http://www.csr.ufmg.br/dinamica/publications/Masetal2010asprs.pdf>.

Mas J. F., Puig H., Palacio J. L. & Sosa A. A., 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks, *Environmental Modelling and Software*, 19, (5), p. 461-471.

Nori M., Taylor M. & Sensi A., 2008. Droits pastoraux, modes de vie et adaptation au changement climatique, IIED, IMPD, ILC, Dossier n°148, 33 p.

Ogoubiyi C. V., 1993. Productivité et capacité de charge des herbages de la zone cynégétique de la Djona. Th. Ing. Agr. FSA/UNB. Abomey-Calavi, Bénin, 118 p.

Olaniran O. J., 1991. Evidence of climatic change in Nigeria based on annual series of rainfall of different daily amounts, 1919-1985. *Climatic change*, vol. 19, pp 319-341.

Oloukoi J., Mama V. J. & Agbo F. B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Téledétection* 6 (4), pp 305-323.

Orekan V. O. A., 2007. Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data. Ph.D. Thesis, Bonn University, 204 p.

Ouedraogo A., 2006. Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, 230 p.

Oumorou M., 2003. Etude écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Bénin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 210 p + annexe.

Oumarou M., 1998. Etude phytosociologique de quelques phytocénoses du domaine soudanien du Bénin. Mémoire de DESS, Facultés des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 82 p.

Ozenda P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. Doin, Paris, France, 431 p.

Ozer, P., Gassani, J., Hountondji, Y.C., Niang, A. J. & Ambouta, K., 2007. La désertification est-elle en recul au Sahel? *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 293 (3).

Ozer, A. & Ozer, P., 2005. Désertification au Sahel: crise climatique ou anthropique? *Bulletin des Séances de l'Académie royale des sciences d'Outre-Mer*, 51: pp 395-423.

Paegelow M. & Olmedo M. T. C., 2005. Possibilities and limits of prospective GIS land cover modeling a compared case study: Garrotxes (France) and Alta Alpujarra Granadina (Spain). *International Journal of Geographical Information Science* 19, pp. 697–722.

Paris A., 2002. Etat des lieux spatialisé et quantitatif de la transhumance dans la zone périphérique d'influence du Parc National du W (Burkina Faso). Rapport de DESS - Productions animales en région chaude. Montpellier : Université Montpellier II, *CIRAD Emvt*, 42 p.

Parton W. J., Coughenour M. B., Scurlock J. M. O. & Ojima D. S., 1996. Global grassland ecosystem modeling; development and test of ecosystem models for grassland ecosystems. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Chichester, NY, E.-U., Wiley, pp. 229–269.

Pierre J. M., 1995. Utilisation de la forêt par l'élevage et responsabilité de l'élevage dans la déforestation. Département d'élevage et de médecine vétérinaire du CIRAD, France 78 p.

Pontius R.G., Boersma W., Castella J.-C., Clarke K., de Nijs T., Dietzel C., Duan Z., Fotsing E., Goldstein N., Kok K., Koomen E., Lippitt C. D., McConnell W., Mohd Sood A., Pijanowski B., Pithadia S., Sweeney S., Trung T. N., Veldkamp A. T. & Verburg P. H., 2008. Comparing input, output, and validation maps for several models of land change, *Annals of Regional Science*, vol.42, n° 1, pp. 11-47.

Verburg P. H., Soepboer W., Veldkamp A., Limpiada R., Espaldon V., Sharifah Mastura S. A., 2002. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: the CLUE-S Model, *Environmental Management*, Vol. 30, n° 3, pp. 391-405.

Pontius R.G. & Schneider L.C., 2001. Land-cover change model validation by an ROC prediction. In Smarandache F., Dezert J. : Advances and Applications of DSMT for information Fusion. From Evidence to Plausible and Paradoxical Reasoning for Land, 62 p.

Rivière R., 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. IMVT. Rep. Français Min.de la Coop. 525 p.

Saka S.G., 1985. Elaboration d'une stratégie et d'un plan d'actions pour le sous-secteur de l'élevage. Volet zootechnie. Rome, Italie, FAO, 59 p.

Sawadogo L., Tiveau D. & Nygard R., 2005. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: pp 335–345.

Sinsin B. & Wotto J., 2003. Changes in floristic composition of grazing land in northern Sudanian zone (Benin). In : Allsopp N., Palmer A.R., Milton S.J., Kirkman K.P., Kerly G.I.H., Hurt C.R. et Brown C.J. (2003) (eds.) : Rangelands in the new millennium, VIIth International Rangeland Congress, Durban South Africa, 26 July – 1 August 2003, pp 402-404. ISBN 0-958-45348-9. *African Journal of Range et Forage Science*, 20 (2), pp 89-100.

Sinsin B. & Oumorou M., 2000. Etude de la diversité spécifique du groupement à *Cochlospermum tinctorium* A. Rich. des savanes arbustives du nord-Bénin. *Acta Bot. Gallica*, 147 (4) : pp 345-360.

Sinsin B., 2000. Caractéristiques floristiques et productivité des jachères soudaniennes sur plateau du Bénin septentrional. In : FLORET C et PONTANIER R. La jachère en Afrique tropicale. John Libbey Eurotext, Paris © 2000, pp. 503-514., Paris © 2000, pp. 503-514.

Sinsin B. & Saïdou A., 1998. Impact des feux contrôlés sur la productivité des pâturages soudaniens du nord-est du Bénin. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 42(2) : pp 283-288.

Sinsin B., 1996. Etude d'impact environnemental des actions du projet de conservation et de gestion des pacs nationaux du Bénin : aspect aménagement de la faune (rapport) avec l'assistance technique de l'UICN, MEHU, 33 p.

Sinsin B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord du Bénin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 390 p.

Sinsin B., 1991. Influence de la topographie sur la production pluviale des pâturages herbacés des savanes soudaniennes du nord-Bénin. Séminaire International sur la gestion agroclimatique des précipitations. Bamako, Mali, 18 p.

Sinsin B., Oloulotan S. & Oumorou M., 1989. Les pâturages de saison sèche de la zone soudanienne du nord-est du Bénin. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 42(2) : pp 283-288.

Soares-Filho B. S., Nepstad, D., Curran L., Voll E., Cerqueira G., Garcia R. A., Ramos C. A., McDonald A., Lefebvre P. & Schlesinger P., 2006. Modeling conservation in the Amazon basin, *Nature*, London, 440, pp 520-523.

Soares-Filho B.S., Pennachin C. L. & Cerqueira G., 2002. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier, *Ecological Modelling*, 154, (3), pp. 217-235.

Sounon Bouko B., Sinsin B. & Bio Goura B., 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, 25 (4) : pp 193-199.

Squires V.R. & Bennett F., 2004. Land capability assessment and estimation of pastoral potential of semiarid rangeland in South Australia. *Arid Land Research and Management*, 18: pp 25–37.

Szaniawsky H., 1982. Développement des parcs nationaux : Plan directeur du Parc National du W du Niger. Rapport technique 3. Rome : PNUD ; FAO.- 98 p.

Tabou T., 2011. Aspect socio-économique et environnementaux de la transhumance dans la Commune de Malanville. Mémoire de maîtrise en Géographie, FLASH, UAC, 90 p.

Tamou C., 2002. Etat des lieux quantitatifs et spatialisé de la transhumance dans la zone d'influence du Réserve de Biosphère Transfrontalière du W du fleuve Niger-Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 111 p.

Tamou C., 2002. Etat des lieux spatialisé et quantitatif de la transhumance dans la zone périphérique d'influence du Parc National du W (Bénin). Rapport de maîtrise d'écologie, FSA/UAC, 67 p.

Tchiwanou M., 1994. Les Fulbé éleveurs face aux nouvelles stratégies de gestion participative des ressources forestières au Bénin. *Nature info Bénin Cotonou, Bénin* (2-3) : 14-15

Thébaud B., 1999. Gestion de l'espace et crise pastoral au Sahel. Etude comparative du Niger et du Yatanga burkinabé. Thèse de doctorat, Ecole des hautes Etudes en sciences sociales, Paris/France, 476 p.

Thomas O. (1983) : Parakou et sa région, Essai de cartographie thématique sur l'occupation et l'organisation de l'espace dans le Borgou sud, Thèse de 3^{ème} cycle Paris VII, 182 p.

Toko I. & Sinsin B., 2008. Les phénomènes d'érosion et d'effondrement naturels des sols (dongas) du Parc national du W et leur impact sur la productivité des pâturages. 2008. In *Sécheresse*, 19 (3), pp 193-200.

Toko I. & Sinsin B., 2011a. Facteurs déterminant la variabilité spatiale de la biomasse herbacée dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. In *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(3), pp 930-943.

Toko I. & Sinsin B., 2011b. Influence des précipitations et de la réserve utile des sols sur la variation mensuelle de la biomasse herbacée dans la zone soudanienne. In *Climat et développement*, 11, pp 15-23.

Toko I., 2005. Productivité des pâturages de savanes en relation avec les phénomènes d'érosion naturelle des sols (Dongas) dans le Parc National du W. Mémoire de DEA / FLASH / UAC, Bénin, 88 p.

Toko M. I., 1994 : Gestion du terroir dans la sous-préfecture de Banikoara. Mémoire de Maîtrise Géographie : Abomey-Calavi (FLASH/UNB). 85 p.

Toko I., 2008. Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des topos séquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat en Géographie. Université d'Abomey Calavi. Cotonou. 241 p.

Viennot M., 1978. Notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Benin

Vigneau C., 2013. Cartographie et modélisation des changements d'occupation du sol dans le Haut-Videssos 1942-2008. Mémoire de Master 2, Université de Toulouse, 75 p.

Waal H. O. (de), Combrinck W. J., Howard M. D. & Fouche H. J., 1999. The impact of climate on veld (natural pasture or rangeland) and animal production. 1990. 283 p.

Wainwright J. & Mulligan M., 2004. Environmental Modelling: Finding simplicity in complexity, Wiley.

Wane A., Ancy V. & Grosdidier B., 2011. Les unités pastorales du Sahel sénégalais, outils de gestion de l'élevage et des espaces pastoraux. Projet durable ou projet de développement durable ? Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 8 : Méthodologies et pratiques territoriales de l'évaluation en matière de développement durable, mis en ligne le 13 décembre 2006. URL: <http://developpementdurable.revues.org/3292>, 14 p.

White F., 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Paris, France, 356 p.

Wotto J., 2003. Pratique de l'élevage des bovins au Bénin : son intégration dans les écosystèmes du terroir de Dogué. Université d'Abomey Calavi, Cotonou. Mémoire de DSS, 81 pages + annexes.

Annexes

Annexe I : Liste exhaustive des espèces caractéristiques des pâturages identifiés

AR : Abondance relative ; FR : Fréquence relative, VI : Valeur indicatrice

Espèces	AR	FR	VI	Pâturages
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby.	100	36	36	1
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	33	86	28	1
<i>Dioscorea abyssinica</i> Hochst. ex Kunth	66	43	28	1
<i>Vigna reticulata</i> Hook. f.	64	43	28	1
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd) Voigt	53	50	26	1
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	56	43	24	1
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	62	36	22	1
<i>Isoblerlinia doka</i> Craib & Stapf	62	36	22	1
<i>Alysicarpus glumaceus</i> (Vahl) DC.	100	21	21	1
<i>Acacia sieberiana</i> DC.	70	29	20	1
<i>Chlorophytum blepharophyllum</i> Schweinf. ex Baker	100	14	14	1
<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC.	100	14	14	1
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	100	14	14	1
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	92	78	71	2
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	50	100	50	2
<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.	58	67	39	2
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	50	78	39	2
<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	86	44	38	2
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	66	56	37	2
<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	48	67	32	2
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	51	44	23	2
<i>Euphorbia macrophylla</i> Pax	100	22	22	2
<i>Burkea africana</i> Hook.	76	22	17	2
<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.	76	22	17	2
<i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.	61	22	14	2
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex Benth.	61	22	14	2
<i>Amorphophallus baumannii</i> (Engl.) N. E. Br.	100	11	11	2
<i>Chamaecrista nigricans</i> (Vahl) Greene	100	11	11	2
<i>Crotalaria retusa</i> L.	100	11	11	2
<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	100	11	11	2
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	100	11	11	2
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	100	11	11	2
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	92	88	81	3
<i>Emilia lisowskiana</i> C. Jeffrey.	86	88	75	3
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.	67	75	50	3
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	49	100	49	3
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	78	50	39	3
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	69	50	35	3
<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.	40	75	30	3

<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	64	25	16	3
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	25	50	13	3
<i>Grewia cissoides</i> Hutch. & Dalziel	100	100	100	4
<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Durand & Schinz	82	100	82	4
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	100	75	75	4
<i>Waltheria indica</i> L.	75	100	75	4
<i>Sterculia setigera</i> Delile	70	100	70	4
<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	60	100	60	4
<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.	77	75	58	4
<i>Sida acuta</i> Burm. f. ssp. <i>carpinifolia</i> (L. f.) Borss. Waalk.	52	100	52	4
<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst. ex A. Rich)	49	100	49	4
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	48	100	48	4
<i>Stylochaeton hypogaeus</i> Lepr.	48	100	48	4
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	45	100	45	4
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	39	100	39	4
<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	38	100	38	4
<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	37	100	37	4

Annexe II : Tableaux phytogéographique des pâturages

Bv : Bas de versant ; Mv : Mi-versant ; Ar : Argileux ; S : Sableux ; Argilo-Graveleux ; AL : Argilo-Limoneux ; LS : Limono-sableux ; SG : Sablo-Graveleux ; SL : Sablo-Limoneux ; SA : Sablo-Argileux ; SA : Savane arborée ; Sa : Savane arbustive ; SB : Savane Boisée ; FC : Forêt Claire.

Annexe II.1 : Tableau phytosociologique du pâturage à *Anogeissus leiocarpa* et *Senna obtusifolia*

		Relevé	K10	K3	P10	P11	P12	P14	P2	P20	P21	P22	P3	P4	P7	P9			
		Nombre d'espèces	14	11	18	20	24	18	18	14	16	13	10	19	15	17			
		Type de formations	Sa	Sa	SB	SB	Sa	Sa	Sa	SA	Sa	Sa	SA	SA	SA	SA			
		Situation topographique	Mv	Mv	Bv	Bv	Bv	Mv	Bv	Bv	Bv	Mv	Mv	Bv	Bv	Mv			
		Type de sol	G_S	A_G	L_S	L_S	L_S	S_G	L_S	L_S	L_S	S_G	S_G	L_S	L_S	S_G			
TB	TP	Espèces																RM (%)	P
		<u>Arborée</u>																	
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.				+		2		+	+	2			2	2		4,39	III
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.		+	3						+		3					5,43	II
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	+			1	1											0,46	II
MsPh	S	<i>Isobertinia doka</i> Craib & Stapf						+	4			+						4,54	II
MsPh	S	<i>Sterculia setigera</i> Delile				+	+						+					0,11	II
MsPh	S	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex Benth.							1		+							0,25	I
MsPh	SZ	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	+															0,04	I
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	+															0,04	I
Msph	S	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet								+								0,04	I
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don					2											1,07	I
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	2															1,07	I
McPh	S	<i>Ficus glumosa</i> Delile													+			0,04	I
		<u>Arbustive</u>																	
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	1		3		1	+	+	+	+	+	3		1	+		6,21	IV
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.			+	1		+				+		+	+			0,39	III
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	2		+		1			+				+				1,39	II
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.				+			1	+					2	2		2,43	II
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.				+	+			1				1				0,50	II
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst. ex A. Rich)				+								+		+		0,11	II

MsPh	SZ	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	+			+					1						0,29	II
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don					2							+	+		1,14	II
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.			+	1										+	0,29	II
MsPh	SZ	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.			+				+							+	0,11	II
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.				1					+					+	0,29	II
MsPh	S	<i>Isobertinia doka</i> Craib & Stapf					+		4					+			4,54	II
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	+	2													1,11	I
MsPh	S	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.				1	1										0,43	I
McPh	S	<i>Ficus glumosa</i> Delile				+									+		0,07	I
Phgr	AT	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.														+	0,04	I
Nph	S	<i>Annona senegalensis</i> Pers.					+										0,04	I
Msph	S	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet														+	0,04	I
McPh	SZ	<i>Burkea africana</i> Hook.											+				0,04	I
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.		+													0,04	I
MsPh	SZ	<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. & Dalz.			+												0,04	I
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.					+										0,04	I
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	2														1,07	I
Nph	AT	<i>Eriosema griseum</i> Baker var. <i>griseum</i>											+				0,00	I
Nph	SZ	<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.										+					0,04	I
Th	SZ	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.										+					4,46	I
McPh	AA	<i>Jatropha curcas</i> (L.)														+	0,04	I
McPh	AM	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.						+									0,04	I
MsPh	Pan	<i>Tamarindus indica</i> L.			+												0,04	I
McPh	Pan	<i>Ximenia americana</i> L.						+									0,04	I
McPh	SZ	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.				+											0,04	I
		Herbacée																
Th	Pan	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult. ssp. <i>polystachion</i>	1	+	+	+	1	3	4	3	3	3	4	+	2	4	25,75	V
G	S	<i>Stylochaeton hypogaeus</i> Lepr.			+	+	1	1	+	+	+	1	+	+	+	1	1,14	V
Ch	SG	<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	+	+	2	+	1	1	+		+	1		+	+	1	2,18	V
McPh	Pan	<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd) Voigt	1			+			+	+	1		+		+		0,61	III
Nph	S	<i>Annona senegalensis</i> Pers.			+		+	1			+	1		+			0,57	III
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.			+		+	1			+	1				+	0,57	III
G	SG	<i>Dioscorea abyssinica</i> Hochst. ex Kunth			+		1	1	+			1	+				0,75	III
McPh	AA	<i>Jatropha curcas</i> (L.)			+	+		1				1		+	+		0,57	III
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	2				1		+	+	+			+			1,43	III

Th	SZ	<i>Vigna reticulata</i> Hook. f.			+		1		+	+				+		+	0,39	III
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.		+			1		+		+					+	0,36	II
Nph	SZ	<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.		+				1	+				1		+		0,54	II
Th	Pal	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.		+	+		+	1				+					0,36	II
Ch	Pan	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby.			+	+	1								+	+	0,36	II
MsPh	SZ	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.			+	+	+								+		0,14	II
Ch	Pal	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.			+	+									+	1	0,32	II
Ch	Pan	<i>Sida acuta</i> Burm. f. ssp. <i>carpinifolia</i> (L. f.) Borss. Waalk.	1					1	+					+			0,50	II
Phgr	AT	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.					1					+			+		0,29	II
Th	Pan	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	1	+											+		0,29	II
Th	PA	<i>Alysicarpus glumaceus</i> (Vahl) DC.					+							+	+		0,11	II
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.		+	+		+										0,11	II
Ch	Pan	<i>Waltheria indica</i> L.												+	+	+	0,11	II
MsPh	SZ	<i>Acacia sieberiana</i> DC.				+										1	0,25	I
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	+	2													1,11	I
Hc	SZ	<i>Chlorophytum blepharophyllum</i> Schweinf. ex Baker						1							+		0,25	I
Ch	AT	<i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.												+	+		0,07	I
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.							+	+							0,07	I
Ch	Pal	<i>Commelina benghalensis</i> L.		+				1									0,25	I
Nph	Pal	<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC.						1					1				0,43	I
Th	GC	<i>Emilia lisowskiana</i> C. Jeffrey.	2			3											3,75	I
Nph	AT	<i>Eriosema griseum</i> Baker var. <i>griseum</i>							+	+							0,07	I
McPh	SZ	<i>Feretia apodanthera</i> Del.	1									+					0,25	I
McPh	AM	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.							+	+							0,07	I
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.					+							1			0,25	I
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst. ex A. Rich)														+	0,04	I
McPh	S	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	1														0,21	I
MsPh	SZ	<i>Aganope stuhlmannii</i> (Taub.) Adema													1		0,21	I
Ch	AT	<i>Commelina africana</i> L.					+										0,04	I
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.										+					0,04	I
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	2														1,07	I
Th	Pan	<i>Euphorbia hirta</i> L.													+		0,04	I
Nph	S	<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.						1									0,21	I
Nph	S	<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.		+													0,04	I
MsPh	S	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.										+					0,04	I
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.							+								0,21	I

Annexe II.2 : Tableau phytosociologique du pâturage à *Acacia senegal* et *Hyptis suaveolens*

		Relevé	P1	P13	P15	P16	P19	P23	P25	P26	P6		
		Nombre d'espèces	29	19	21	16	18	15	14	12	15		
		Type de formations	Sa	Sa	Sa	SA	SA	Sa	Sa	SA	SA		
		Situation topographique	V	Mv	Mv	V	Bv	Mv	Mv	Bv	Bv		
		Type de sol	S_G	S_G	S_G	S_G	L_S	S_G	S_G	L_S	L_S		
TB	TP	Espèces										RM (%)	P
		<u>Arborée</u>											
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	2	2	1				+	+		3,78	III
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.				1	+					0,39	II
MsPh	S	<i>Isobertinia doka</i> Craib & Stapf				4			2			8,61	II
MsPh	S	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex Benth.				+			2			1,72	II
MsPh	S	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	+		+							0,11	II
MsPh	S	<i>Sterculia setigera</i> Delile				+			+			0,11	II
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	+		3							4,22	II
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)		+								0,06	I
Msph	S	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	+									0,06	I
McPh	SZ	<i>Burkea africana</i> Hook.					+					0,06	I
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.									+	0,06	I
McPh	S	<i>Ficus glumosa</i> Delile									+	0,06	I
		<u>Arbustive</u>											
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	+		3	+	3		+	+	+	8,61	IV
McPh	S	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.		1	+	+		+	+	+		0,61	IV
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.		+	+	+		+	+	+		0,33	IV
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.		+	1			1		+	2	2,44	III
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.		+		1		1	2			2,39	III
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.		2	1	+		+				2,11	III
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	+	+				1				0,44	II
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	+			+			+			0,17	II
MsPh	SZ	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	+			+			+			0,17	II
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.			+		+				+	0,17	II
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)						+			+	0,11	II
Nph	S	<i>Annona senegalensis</i> Pers.				+			+			0,11	II

McPh	SZ	<i>Burkea africana</i> Hook.	+					+					0,11	II
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.			1						+		0,39	II
MsPh	S	<i>Sterculia setigera</i> Delile					+				+		0,11	II
Nph	AT	<i>Eriosema griseum</i> Baker var. <i>griseum</i>	+										0,06	I
Nph	S	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	1										0,33	I
Nph	S	<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.					+						0,06	I
MsPh	SG	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Durand & Schinz			1								0,33	I
MsPh	S	<i>Isoberlinia doka</i> Craib & Stapf					4						6,94	I
McPh	AM	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.						+					0,06	I
MsPh	Pan	<i>Tamarindus indica</i> L.	1										0,33	I
		<u>Herbacée</u>												
Th	Pan	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult. ssp. <i>polystachion</i>	+	+	4	+	3	+	2	3	+		17,22	V
Phgr	AT	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+		+	+	+		+	+	+		0,39	IV
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	+	+	+		+	+		+	+		0,39	IV
Ch	SG	<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	+	+	+		+	1		+	3		4,78	IV
Nph	SZ	<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.	1		+	+	+		+	+			0,61	IV
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.		+	1			+		+	+		0,56	III
Ch	Pal	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.		1	+		+	1		+			0,83	III
McPh	Pan	<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd) Voigt	+	+				+			+		0,22	III
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.		2		+		+	+				1,83	III
McPh	S	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.			+		+			+			0,17	II
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.		+			+	+					0,17	II
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.			+					+	+		0,17	II
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.			3		3			+			8,39	II
Th	Pan	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.				1	+						0,39	II
Nph	S	<i>Annona senegalensis</i> Pers.		+				+					0,11	II
Ch	AT	<i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.	+		+								0,11	II
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	+								+		0,11	II
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.	+				+						0,11	II
Ch	Pan	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.			+	+							0,11	II
G	SG	<i>Dioscorea abyssinica</i> Hochst. ex Kunth	+				+						0,11	II
Ch	AT	<i>Euphorbia macrophylla</i> Pax	+		+								0,11	II
Th	Pal	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.		+	+								0,11	II
McPh	AM	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	+				+						0,11	II
G	S	<i>Stylochaeton hypogaeus</i> Lepr.		+				+					0,11	II

MsPh	SZ	<i>Aganope stuhlmannii</i> (Taub.) Adema	+									0,06	I
G	GC	<i>Amorphophallus baumannii</i> (Engl.) N. E. Br.	+									0,06	I
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.								+		0,06	I
Msph	S	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	+									0,06	I
Ch	AT	<i>Chamaecrista nigricans</i> (Vahl) Greene	+									0,06	I
Th	Pan	<i>Crotalaria retusa</i> L.		+								0,06	I
Th	SG	<i>Cyanotis lanata</i> Benth.								+		0,06	I
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	+									0,06	I
Nph	AT	<i>Eriosema griseum</i> Baker var. <i>griseum</i>	+									0,06	I
Th	Pan	<i>Euphorbia hirta</i> L.	+									0,06	I
Nph	S	<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.		+								0,06	I
MsPh	SG	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Durand & Schinz		3								4,17	I
Th	SZ	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	+									0,06	I
Hc	Pal	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	3									4,17	I
Th	SZ	<i>Vigna reticulata</i> Hook. f.						+				0,06	I
Ch	Pan	<i>Waltheria indica</i> L.					+					0,06	I
McPh	Pan	<i>Ximenia americana</i> L.						+				0,06	I

Annexe II.3 : Tableau phytosociologique du pâturage à *Prosopis africana* et *Emilia lisowskiana*

		Relevé	K12	K14	K4	K5	K6	K7	K8	K9		
		Nombre d'espèces	8	12	11	10	10	14	15	12		
		Type de formations	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa		
		Situation topographique	Mv	Mv	V	Mv	Bv	Mv	V	Bv		
		Type de sol	S_G	S_G	S_G	S_G	S_G	S_G	S_G	S_G		
TB	TP	Espèces									RM (%)	P
		<u>Arborée</u>										
MsPh	S	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	1		1	1	1				1,50	III
MsPh	S	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.					1	+	+	1	0,88	III
MspH	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.		+		1			+		0,50	II
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)		1						1	0,75	II
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.						+			0,06	I
		<u>Arbustive</u>										
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.		1	1		1	1	1	+	3,44	IV
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.		+	1		+	+	1	+	1,00	IV
MsPh	S	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.				1	1	+	+	1	1,25	IV
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.		+	+				1	1	0,88	III
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.	1		2	2	2				6,00	III
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.		+				+	+	+	0,25	III
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)		1				+	1		0,81	II
MsPh	S	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	2			3	2				8,44	II
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	+			+					0,13	II
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.					+				0,06	I
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.						+			0,06	I

		Herbacée										
Th	Pan	<i>Pennisetum polystachion (L.) Schult. ssp. polystachion</i>	3	2	4	3	3	3	3	+	33,19	V
Th	GC	<i>Emilia lisowskiana C. Jeffrey.</i>		+	+	1	+	+	+	+	0,75	V
McPh	S	<i>Combretum nigricans Lepr. ex Guill. & Perr.</i>	+	+		+		+	1	+	0,69	IV
Ch	Pan	<i>Sida acuta Burm. f. ssp. carpinifolia (L. f.) Borss. Waalk.</i>		+			+	+	+	+	0,31	IV
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium Steud. ex A. Rich.</i>		1			1		1	+	1,19	III
MsPh	S	<i>Combretum glutinosum Perr. ex DC.</i>	2			3	2	+			8,50	III
McPh	AA	<i>Jatropha curcas (L.)</i>	+			+		+	+		0,25	III
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii (Schumach.) Milne-Redh.</i>		+				+	+	+	0,25	III
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga (G. Don) Benth.</i>		+	2				+		2,00	II
McPh	S	<i>Detarium microcarpum G. & Perr.</i>			+	+		+			0,19	II
Th	Pan	<i>Acanthospermum hispidum DC.</i>		+					+		0,13	II
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca (L.) Del.</i>	+			+					0,13	II
MsPh	SZ	<i>Acacia sieberiana DC.</i>	+								0,06	I
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa (DC.) Guill. & Perr.</i>			+						0,06	I
Ch	Pal	<i>Commelina benghalensis L.</i>								1	0,38	I
Nph	SZ	<i>Gardenia aqualla Stapf & Hutch.</i>			+						0,06	I
Nph	S	<i>Guiera senegalensis J. F. Gmel.</i>			+						0,06	I
Th	SZ	<i>Vigna reticulata Hook. f.</i>			+						0,06	I

Annexe II.4 : Tableau phytosociologique du pâturage à *Holarrhena floribunda* et *Paspalum conjugatum*

		Relevé	P28	P29	P30	P5		
		Nombre d'espèces	15	14	14	15		
		Type de formations	Sa	Sa	Sa	Sa		
		Situation topographique	Mv	Mv	Mv	Mv		
		Type de sol	S_G	S_G	S_G	S_G		
TB	TP	Espèces					RM (%)	P
		<u>Arborée</u>						
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)	+	+	+	+	0,50	V
MsPh	S	<i>Sterculia setigera</i> Delile	+	+	+	+	0,50	V
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	+	+	+	+	0,50	V
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	1	+		2	4,63	IV
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don				1	0,75	II
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.			+		0,13	II
		<u>Arbustive</u>						
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	1	+	+	2	4,75	V
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	+	+	1	1	1,75	V
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	+	+	+	1	1,13	V
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)	+			+	0,25	III
		<u>Herbacée</u>						
Phgr	AT	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+	+	+	+	0,50	V
Nph	S	<i>Grewia cissoides</i> Hutch. & Dalziel	+	+	+	+	0,50	V
MsPh	SG	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Durand & Schinz	+	+	+	+	0,50	V
Ch	Pan	<i>Sida acuta</i> Burm. f. ssp. <i>carpinifolia</i> (L. f.) Borss. Waalk.	+	+	+	+	0,50	V
G	S	<i>Stylochaeton hypogaeum</i> Lepr.	+	+	+	+	0,50	V
Ch	SG	<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	+	+	+	+	0,50	V
Ch	Pan	<i>Waltheria indica</i> L.	+	+	+	+	0,50	V
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	+	+		1	1,00	IV
Ch	Pan	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.	+		+	+	0,38	IV
Hc	Pan	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	+	+		+	0,38	IV

Annexes III : Liste des espèces rencontrées

TB	TP	Noms scientifiques	Familles
Phgr	AT	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	Leguminosae-Mim.
MsPh	SZ	<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp. <i>campylacantha</i> (Hochst.ex A.Rich)	Leguminosae-Mim.
McPh	S	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Leguminosae-Mim.
MsPh	SZ	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	Leguminosae-Mim.
Th	Pan	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Asteraceae
MsPh	SZ	<i>Aganope stuhlmannii</i> (Taub.) Adema	Leguminosae-Pap.
Th	PA	<i>Alysicarpus glumaceus</i> (Vahl) DC.	Leguminosae-Pap.
G	GC	<i>Amorphophallus baumannii</i> (Engl.) N. E. Br.	Araceae
Nph	S	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae
MsPh	S	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae
McPh	S	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae
Msph	S	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Bombacaceae
McPh	SZ	<i>Burkea africana</i> Hook.	Leguminosae-Caes.
Ch	AT	<i>Chamaecrista nigricans</i> (Vahl) Greene	Leguminosae-Caes.
Hc	SZ	<i>Chlorophytum blepharophyllum</i> Schweinf. ex Baker	Anthericaceae
Ch	AT	<i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.	Combretaceae
MsPh	SG	<i>Combretum adenogonium</i> Steud. ex A. Rich.	Combretaceae
MsPh	S	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae
MsPh	SZ	<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don	Combretaceae
McPh	S	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	Combretaceae
Ch	AT	<i>Commelina africana</i> L.	Commelinaceae
Ch	Pal	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae
McPh	SZ	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.	Rubiaceae
Th	Pan	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Leguminosae-Pap.
Th	SG	<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	Commelinaceae
MsPh	SZ	<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. & Dalz.	Leguminosae-Caes.
Nph	Pal	<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC.	Leguminosae-Pap.
Ch	Pan	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.	Leguminosae-Pap.
McPh	S	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	Leguminosae-Caes.
G	SG	<i>Dioscorea abyssinica</i> Hochst. ex Kunth	Dioscoreaceae
MsPh	SZ	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	Ebenaceae
Th	GC	<i>Emilia lisowskiana</i> C. Jeffrey.	Asteraceae
McPh	SZ	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	Leguminosae-Mim.
Nph	AT	<i>Eriosema griseum</i> Baker var. <i>griseum</i>	Leguminosae-Pap.
Th	Pan	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae
Ch	AT	<i>Euphorbia macrophylla</i> Pax	Euphorbiaceae
McPh	SZ	<i>Feretia apodanthera</i> Del.	Rubiaceae
McPh	S	<i>Ficus glumosa</i> Delile	Moraceae
McPh	Pan	<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd) Voigt	Euphorbiaceae
Nph	SZ	<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.	Rubiaceae
Nph	S	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	Rubiaceae

Nph	S	<i>Grewia cissoides</i> Hutch. & Dalziel	Tiliaceae
Nph	S	<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.	Tiliaceae
Nph	S	<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.	Combretaceae
MsPh	SG	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Durand & Schinz	Apocynaceae
McPh	AT	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Euphorbiaceae
Ch	Pal	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Lamiaceae
Th	SZ	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	Leguminosae-Pap.
Th	Pal	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	Convolvulaceae
MsPh	S	<i>Isoberlinia doka</i> Craib & Stapf	Leguminosae-Caes.
McPh	AA	<i>Jatropha curcas</i> (L.)	Euphorbiaceae
MsPh	S	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex Benth.	Leguminosae-Mim.
Hc	Pan	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	Poaceae
Hc	Pal	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	Poaceae
Th	Pan	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult. ssp. <i>polystachion</i>	Poaceae
McPh	SG	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	Leguminosae-Caes.
MsPh	S	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Leguminosae-Mim.
MsPh	S	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Leguminosae-Pap.
Ch	Pan	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby.	Leguminosa-Caes.
Ch	Pan	<i>Sida acuta</i> Burm. f. ssp. <i>carpinifolia</i> (L. f.) Borss. Waalk.	Malvaceae
MsPh	S	<i>Sterculia setigera</i> Delile	Sterculiaceae
McPh	AM	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Loganiaceae
G	S	<i>Stylochaeton hypogaeus</i> Lepr.	Arecaceae
MsPh	Pan	<i>Tamarindus indica</i> L.	Leguminosae-Caes.
Ch	SG	<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	Leguminosae-Pap.
McPh	S	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	Combretaceae
Th	SZ	<i>Vigna reticulata</i> Hook. f.	Leguminosae-Pap.
Msph	S	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	Sapotaceae
Ch	Pan	<i>Waltheria indica</i> L.	Sterculiaceae
McPh	Pan	<i>Ximenia americana</i> L.	Olacaceae
McPh	SZ	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	Rhamnaceae

Annexe IV : Evaluation de la qualité de la classification

Annexe IV.1 : Matrice de confusion 2000

2000	SAA	FCSB	FG	CJ	Total	ErrorC
SAA	373	0	24	1	398	0.0652
SB	2	1386	0	0	1388	0.0029
FG	29	129	319	0	477	0.3312
CJ	0	0	0	227	227	0.0130
Total	404	1515	343	228	2490	
ErrorO	0.0767	0.1779	0.0700	0.1369		0.0050

Légende : SAA : Savanes arborée et arbustive ; FCSB : Forêt claire et savane boisée; FG : Forêt galerie ; CJ : Champs et Jachères.

ErrorO =Erreur d'omission ; ErrorC =Erreur de commission.

Tableau IV.2 : Matrice de confusion 2013

2013	SAA	FCSB	FG	CJ	Total	ErrorC
SAA	61	0	1	0	62	0.0161
FCSB	0	110	0	0	110	0.0090
FG	0	0	94	0	94	0.0000
CJ	0	0	0	271	271	0.0590
Total	61	110	95	271	537	
ErrorO	0.0000	0.0000	0.0105	0.1886		0.0013

Légende : SAA : Savanes arborée et arbustive ; FCSB : Forêt claire et savane boisée; FG : Forêt galerie ; CJ : Champs et Jachères.

Error O = Erreur d'omission ; Error C = Erreur de commission.

Ces tableaux présentent les matrices de confusions issues de la classification des images de 2000 et de 2013. La valeur des indices de Kappa qui est de 93,64% pour l'image de 2000 et 95,37 pour celle de 2013 démontre la qualité de la classification. Ensuite les images classifiées ont été vectorisées.

Annexe V : Coordonnées de placeaux par localités prospectées

Commune	Village	Placeaux	Latitude Y	Longitude X
Banikoara	Alibri	P1	1243822.54	461940.10
	Kérérou	P11	1255750.99	424911.22
	Kérérou	P12	1259681.91	412419.67
	Kérérou	P13	1257832.65	412529.50
	Mékrou	P14	1260299.97	412196.01
	Mékrou	P15	1244165.08	404493.89
	Mékrou	P16	1240068.41	409827.33
	Kantakouné	P19	1240115.65	411865.28
	Bontè	P20	1239685.34	414664.83
	Bontè	P21	1239613.44	416683.17
	Bonni	P22	1240064.36	409821.55
	Yandarou	P2	1248850.03	452015.70
	Mondoukoka	P23	1238478.52	419768.59
	Sonnou	P25	1228859.43	428673.10
	Sonnou	P26	1233057.29	425329.40
	Biwonga	P28	1227180.55	429332.04
	Biwonga	P29	1228240.80	428787.70
	Dawonga	P30	1226455.62	429488.18
	Gabaga	P3	1249895.05	451437.67
	Gomparou	P4	1254232.01	444752.87
Arbonga	P5	1257511.14	422863.92	
Banikoara	P6	1253366.26	438095.89	
Soroko	P7	1253250.09	431268.82	
Soroko	P9	1255472.12	421898.32	
Kérérou	P10	1254766.38	426072.73	
Karimama	Monsey	K3	1358243.32	488130.07
	Kargui	K14	1321387.50	525382.50
	Loumbou-Loumbou	K4	1356430.12	484112.37
	Loumbou-Loumbou	K5	1354342.65	486959.85
	Loumbou-Loumbou	K6	1350095.87	492354.70
	Bogo-Bogo	K7	1341089.82	500309.44
	Bogo-Bogo	K8	1338418.62	505072.23
	Mamassi	K9	1332049.27	508265.48
	Birni Lafia	K10	1324446.75	511496.36
	Birni Lafia	K12	1322166.43	517312.53

Liste des tableaux

Tableau I : Nombre de relevés phytosociologiques par type de formation et par position topographique.....	31
Tableau II : Synthèse des superficies des unités d'occupation du sol de 2000 et 2013	54
Tableau III : Matrice de transition de l'occupation du sol entre 2000 et 2013	57
Tableau IV : Taux de conversion et taux moyens annuels d'expansion spatiale de 2000 à 2013	58
Tableau V: Superficies des unités d'occupation des parcours naturels de 2030.....	62

Listes des figures

Figure 1 : Situation géographique des Communes de Banikoara et de Karimama.....	17
Figure 2 : Parcours naturels et axes de transhumance transfrontalière	19
Figure 3 : Diagramme climatique de Kandi (1982-2012).....	20
Figure 4 : Pédologie des Communes de Banikoara et de Karimama	24
Figure 5 : Relief des communes de Banikoara et de Karimama	25
Figure 6 : Evolution démographique des Communes de Banikoara et de Karimama	28
Figure 7: Fonctionnement du modèle LCM (Aguéjard et Houet, 2008).....	39
Figure 8 : Répartition des relevés phytosociologiques dans le secteur d'étude	43
Figure 10 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à <i>Anogeissus leiocarpa</i> et <i>Senna obtusifolia</i>	45
Figure 11 : Structure par classes de circonférence des arbres du pâturage à <i>Anogeissus leiocarpa</i> et <i>Senna obtusifolia</i>	46
Figure 12 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à <i>Acacia senegal</i> et <i>Hyptis suaveolens</i>	47
Figure 13 : Structure par classes de circonférences des arbres du pâturage à.....	48
<i>Acacia senegal</i> et <i>Hyptis suaveolens</i>	48
Figure 14 : Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à <i>Prosopis africana</i> et <i>Emilia lisowskiana</i>	50
Figure 15 : Structure par classes de circonférence des arbres du pâturage à	51
<i>Prosopis africana</i> et <i>Emilia lisowskiana</i>	51
Figure 16 : Spectres bruts et pondérés des types biologiques et des types phytogéographiques du pâturage à <i>Holarrhena floribunda</i> et <i>Paspalum conjugatum</i>	52
Figure 17 : Structure par classe de circonférence des arbres du pâturage à.....	53
<i>Holarrhena floribunda</i> et <i>Paspalum conjugatum</i>	53
Figure 1 : Unités d'occupation du sol de 2000 et de 2013	56
Figure 19 : Evolution des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères entre 2000 et 2013.....	59
Figure 20 : Prédiction de l'occupation des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et Karimama à l'horizon 2030.....	61

Table des matières

Sigles et abréviations.....	3
Dédicace	4
Remerciements	5
Résumé	6
Abstract	7
Introduction	8
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE	10
1.1 Cadre théorique.....	10
1.1.1 Problématique.....	10
1.1.2 Objectifs	12
1.1.2.1 Objectif général	12
1.1.2.2 Objectifs spécifiques	12
1.1.3 Hypothèses	12
1.1.4 Définitions opératoires	12
1.2 Cadre géographique	16
1.2.1 Localisation	16
1.2.2 Présentation des parcours naturels et des axes de transhumance transfrontalière... 18	
1.2.3 Milieu physique.....	20
1.2.3.1 Climat.....	20
1.2.3.1.1 Evapotranspiration potentielle, précipitations et température	20
1.2.3.1.2 Humidité relative, insolation et vents	22
1.2.3.2 Formations géologiques	22
1.2.3.3 Données pédologiques.....	23
1.2.3.4 Relief et hydrographie	25
1.2.3.5 Végétation	26
1.2.4 Milieu humain	27
1.2.4.1 Groupes socioculturels	27
1.2.4.2 Caractéristiques démographiques.....	28

1.2.4.3 Activités socio-économiques.....	28
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	30
2.1 Recherche documentaire.....	30
2.2 Matériel et méthode liés à la caractérisation des pâturages des parcours naturels dans les Communes de Banikoara et de Karimama	30
2.2.1 Matériel	30
2.2.2 Méthode de collecte des données phytosociologiques	30
2.2.3 Identification des espèces	31
2.2.4 Méthode de relevés dendrométriques.....	31
2.2.4.1 Détermination des spectres biologiques	32
2.2.4.2 Détermination des spectres phytogéographiques	32
2.2.5 Traitement des données phytosociologiques.....	33
2.2.5.1 Individualisation des pâturages	33
2.2.5.2 Détermination des espèces caractéristiques des pâturages.....	34
2.2.6 Traitement des données floristiques	34
2.2.7 Traitement des données dendrométriques	34
2.3 Matériel et méthode relatifs à la cartographie des changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants	35
2.3.1 Données utilisées.....	35
2.3.2 Matériel	35
2.3.3 Traitement numérique des images satellitaires et cartographie.....	35
2.3.3.1 Composition colorée	35
2.3.3.2 Choix des aires d'entraînement	36
2.3.3.3 Classification supervisée par maximum de vraisemblance.....	36
2.3.3.4 Evaluation de la qualité de la classification et vectorisation.....	36
2.3.4 Analyse statistique des changements d'état de la végétation	37
2.3.4.1 Taux moyen annuel d'exploitation spatiale (T)	37
2.3.4.2 Matrice de transition.....	37

2.3.4.3 Taux de conversion	37
2.4 Méthode liée à la modélisation prédictive des parcours naturels	38
2.4.1 Principe de la modélisation prédictive	38
2.4.2 Présentation et fonctionnement du modèle	38
2.4.3 Inputs de la modélisation.....	39
2.4.4 Estimation de la quantité de changement.....	39
2.4.5 Evaluation de la probabilité de changement.....	40
2.4.6 Procédures d'allocation spatiale des changements.....	40
2.4.7 Simulation des dynamiques spatiales et temporelles des changements d'occupation et d'utilisation des sols	41
2.4.8 Evaluation des simulations.....	41
CHAPITRE III : RESULTATS.....	42
3.1 Caractérisation des pâturages des parcours naturels.....	42
3.1.1 Typologie des pâturages	42
3.1.2 Caractéristiques du pâturage à <i>Anogeissus leiocarpa</i> et <i>Senna obtusifolia</i>	44
3.1.2.1 Composition floristique et diversité spécifique.....	44
3.1.2.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques.....	45
3.1.2.3 Caractéristiques structurales.....	46
3.1.3 Caractéristiques du pâturage à <i>Acacia senegal</i> et <i>Hyptis suaveolens</i>	47
3.1.3.1 Composition floristique et diversité spécifique.....	47
3.1.3.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques.....	47
3.1.3.3 Caractéristiques structurales.....	48
3.1.4 Caractéristiques du pâturage à <i>Prosopis africana</i> et <i>Emilia lisowskiana</i>	49
3.1.4.1 Composition floristique et diversité spécifique.....	49
3.1.4.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques.....	49
3.1.4.3 Caractéristiques structurales.....	50
3.1.5 Caractéristiques du pâturage végétal à <i>Holarrhena floribunda</i> et <i>Paspalum conjugatum</i>	51

3.1.5.1 Composition floristique et diversité spécifique.....	51
3.1.5.2 Spectres des types biologiques et des types phytogéographiques.....	52
3.1.5.3 Caractéristiques structurales.....	53
3.2 Cartographie de la dynamique des parcours naturels	54
3.2.1 Etat des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères en 2000 et en 2013	54
3.2.2 Dynamique des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères entre 2000 et 2013.....	57
3.2.3 Evolution des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères.....	58
3.2.4 Synthèse de la conversion des formations végétales des parcours naturels et des mosaïques de champs et jachères de 2000 à 2013	59
3.3 Modélisation prédictive de l'évolution des formations végétales des parcours naturels	60
3.3.1 Tendance évolutive des formations végétales des parcours naturels à l'horizon 2030	60
CHAPITRE IV : DISCUSSION	63
4.1 Caractérisation des pâturages	63
4.2 Cartographie et modélisation des changements spatio-temporels des parcours naturels des troupeaux transhumants.....	64
Conclusion.....	68
Références bibliographiques	70
Annexes	82
Liste des tableaux	97
Listes des figures.....	97
Table des matières	98