

Université ABDOU MOUMOUNI

N° d'ordre :

Facultés des Sciences et Techniques

Département de Biologie



THESE

Présentée pour obtenir le titre de
Docteur de l'Université ABDOU MOUMOUNI
Spécialité : Biologie et Ecologie Végétales
par
INOUSSA Maman Maârouhi



Directeur de thèse: Pr. SAADOU MAHAMANE

Co-Directeur de thèse : Dr MAHAMANE Ali, Maître de Conférences

Soutenue le **19/12/2011** devant le jury composé de :

Président :

GUINKO Sita, Professeur, Université de Ouagadougou

Membres :

SAADOU Mahamane, Professeur, Université Abdou Moumouni, Directeur de thèse

SINSIN Brice, Professeur, Université D'Abomey-Calavi de Cotonou, Examineur

THIOMBIANO Adjima, Professeur, Université de Ouagadougou, Rapporteur

MAHAMANE Ali, Maître de Conférences, Université Abdou Moumouni, Co-Directeur

Illustration de la couverture et de la page de garde: une vue d'un faciès de forêt claire à *Anogeissus leiocarpa* dans le Parc National du W du Niger (Photo, Diouf A., 16.04.2008).

DEDICACE

Je dédie cette oeuvre :

*A notre père, **Inoussa Oumarou***

*A notre mère, **Zouley Ibrahim dit Adama***

Pour m'avoir inscrit à l'école et pour leur patience et sacrifice continus

&

*A mon épouse **Zuwaira Adamou** et notre fils **Souleymane**
pour avoir supporté mes longues et répétives absences*

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit d'une collaboration et d'intégration entre les Universités du Sud en partenariat avec celles du Nord. Il a mobilisé tant d'institutions, de moyens et d'hommes qu'il est opportun aujourd'hui de remercier au terme de nos travaux.

Ainsi, nos remerciements vont tout d'abord au Laboratoire Garba Mounkaila de Biologie de l'Université Abdou Moumouni dont les responsables ont bien voulu nous confier ce travail dans le cadre des activités du Projet SUN-UE.

A **M. SAADOU Mahamane**, Professeur titulaire en Botanique et Ecologie Végétale notre directeur de thèse, nous lui témoignons nos sincères remerciements pour avoir accepté nos inscriptions d'abord en DEA et ensuite en thèse unique sous sa direction scientifique. Il a su nous créer des cadres académiques et scientifiques et parfois aulà pour mener à bien nos travaux de recherches. Ses critiques et encouragements nous ont été capitaux. D'ailleurs, les mots nous font défauts pour exprimer notre profonde gratitude envers lui à la hauteur de sa contribution dans l'aboutissement heureux de ce document. Nous souhaitons que la qualité de ce travail soit à la hauteur des sacrifices qu'il a inlassablement consentis durant les trois (3) années de nos études doctorales. Nous espérons de tout cœur qu'il sera honoré par les résultats de ce travail.

A **M. MAHAMANE Ali**, Maître de Conférences, Codirecteur et concepteur du sujet de la thèse. Nous lui devons particulièrement une profonde reconnaissance. Il a été notre encadreur de proximité en nous aidant à l'élaboration et à la finalisation du protocole de recherche. Nous lui sommes reconnaissant pour ses multiples efforts et sacrifices qu'il a consentis pour le suivi de nos travaux de terrain ainsi qu'à la rédaction et la publication de nos manuscrits. Il a été pour nous, un véritable soutien pour propulser notre travail à chaque fois qu'il est

sollicité. Sa simplicité et sa disponibilité malgré ses nombreuses charges nous ont beaucoup aidé.

Que **M. BAKASSO Yacoubou**, Maître de Conférence et Vice-Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques, accepte nos sincères remerciements pour l'appui multiforme qu'il nous a fait bénéficier depuis notre première inscription au troisième cycle jusqu'à l'aboutissement heureux de cette thèse. Ses soutiens de tout genre nous ont été d'un réel apport surtout vers la fin de la thèse à un moment où nos Directeurs de thèse étaient mis à la disposition de l'Université de Maradi en tant que Recteur et Vice- Recteur de ladite institution.

Par ailleurs, nous avons bénéficié des judicieux conseils de **Professeur Bouli Ali D.**, des **Docteurs Ag Rya Moussa, Alzouma Zoubeirou, Moustapha Gréma** et **Mme Chaibou Rabi Oumarou** tous de Département de Biologie de l'Université Abdou Moumouni. Qu'ils trouvent ici tous nos remerciements. Que tous les enseignant- chercheurs et les encadreurs des travaux pratiques de la Faculté des Sciences qui ont contribué à notre formation de la première année (CBG1) jusqu'au Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

Nous remercions aussi tous nos collègues du Laboratoire Garba Mounkaila pour le soutien moral, l'ambiance fraternelle, la disponibilité et les conseils pertinents pour enrichir notre rapport. A cet effet, nous adressons un témoignage spécial de reconnaissance à nos condisciples **Dr MOROU Boubé, M. DIOUF Abdoulaye, M. KARIM Saley, M. Tahirou Idrissa** et **Dr. Soumana Idrissa** pour leur marque de solidarité. Que **M. Arzika Tanimoune, M. Seydou Issaka** et **M. Gani Nouhou** tous laborantins et **Mme Garba Zeinabou** la secrétaire du Département de Biologie trouvent ici toute notre gratitude. Sans oublier l'ensemble du personnel du Décanat de la Faculté des Sciences pour sa disponibilité à chaque fois que nous demandons leur service. A cet effet, nous remercions tout particulièrement, l'agent financier, **Mme Kalilou Aissa**, le chef du service scolarité, **M. Ibrahim**

Amadou, la secrétaire principale, **Mme Hima Aissata** ainsi que les chauffeurs **M. Harouna Zakari**, **M. Moumouni Moussa** et **M. Ousmane Abdoulaye**.

A Aarhus University au Danemark, nos remerciements vont à **Mme Lykke Anne Mette, PhD**, Senior Scientist, Coordinatrice du projet SUN-EU (FP7 INCO-dev 031685), nous lui témoignons notre grande reconnaissance pour son entière disponibilité à nous apporter des critiques pertinentes chaque fois que nous la sollicitons, mais aussi pour s'être mise entièrement à notre disposition pour rendre notre séjour agréable au Danemark. Qu'elle se reconnaisse dans ce travail qu'elle a largement contribué à sa réalisation. Aussi, qu'il nous soit permis de remercier le programme **SUN-UE** qui nous a soutenu durant les travaux de cette thèse sur les plans financier, matériel et également pour les opportunités de formation qui nous ont été offertes dans son volet formation des jeunes chercheurs.

A l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD), nous tenons à remercier très sincèrement le **Professeur Amadou Tahirou DIAW**, Directeur du Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (**LERG**) qui nous a accueilli dans son Laboratoire et a mis à notre disposition gracieusement une base des données des images satellitales pour le besoin de nos travaux. Que **Docteur Cheikh MBOW**, **Maître de Conférences**, l'adjoint au Directeur et notre Maître de stage accepte notre reconnaissance. Il a assuré notre encadrement à l'époque avec la bonne contribution du **Docteur Gualbert Séraphin DOREGO**. Que ce dernier soit remercié très vivement surtout pour sa disponibilité à notre égard tout le long de notre séjour. C'est le moment également de signaler à tous les stagiaires du LERG (DEA, Masters et Doctorants) que nous gardons à l'esprit l'atmosphère conviviale qu'ils nous ont créé sans oublier la secrétaire du LERG, KHADI qui nous ouvre la porte du laboratoire à la première heure. Par ailleurs, ce stage a été une réalité grâce à la collaboration étroite qui existe entre LERG et l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE). Alors, c'est le lieu ici de réaffirmer notre profonde

gratitude au **Professeur Bienvenu SAMBOU**, Directeur de l'ISE pour le rôle qu'il a joué pour rendre effectif notre séjour à l'UCAD. Par cette même occasion, nous remercions aussi toute l'équipe SUN-EU de Dakar : **Pr. Bienvenu SAMBOU**, **Dr. Cheikh MBOW**, **Dr. Assane GOUDIABY**, **Dr. Niang D. Fatimata**, **M. Mamadou DIOP** et **Idrissa GUIRO**. Nous remercions l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour la prise en charge de notre séjour à Dakar.

Au niveau de l'Université d'Ouagadougou, nous tenons à remercier très sincèrement **M. GUINKO Sita**, Professeur titulaire en Botanique et Ecologie Végétale à l'Université de Ouagadougou pour avoir accepté de présider notre jury de soutenance. Il a par ailleurs supervisé nos travaux de détermination d'échantillons botaniques lors de notre stage à l'Herbier de l'Université de Ouagadougou. A l'époque, nous avons aussi bénéficié de l'aide fructueuse de **M. THIOMBIANO Adjima** Professeur titulaire en Biologie et Ecologie végétales qui a bien voulu siéger dans le jury de l'examen de cette thèse. Nous remercions aussi le **Professeur Jeanne F. R. /MILLOGO**, Directrice du laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, qui nous a accueilli pour le stage. Que **Dr. OUEDRAOGO Amadé**, **Dr. TRAORE Salif** et **Dr. OUEDRAOGO Oumarou** ainsi que tous les **doctorants de LA.B.E.V.** (avec une mention spéciale à **NACOUIMA M.I. Blandine**) trouvent ici notre témoignage de reconnaissance pour le climat favorable qu'ils nous ont créé pendant notre séjour.

A l'Université d'Abomey Calavi (Bénin) nos remerciements s'adressent à **M. SINSIN Brice A. Professeur** titulaire en Botanique et Ecologie appliquée pour ses critiques constructives à chacun de nos différents entretiens. Il a aussi accepté d'examiner ce document. Que **M. Glélè Kakai Romain**, Maîtres de Conférences en Biométrie soit remercié pour la collaboration scientifique dans le cadre de traitements statistiques de nos données.

Au Parc National W, nos reconnaissances vont aux responsables du Poste forestier de la Tapoa pour nous avoir facilité nos différents séjours pendant la

collecte des données. En particulier le conservateur Cdt **Soumaila Souahilou** et le chef du service de surveillance le **Lieutenant Idé**. Nous exprimons également cette marque de reconnaissance à l'endroit de tous les agents forestiers et Ecogardes en poste à la Tapoa.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	a
REMERCIEMENTS	b
Liste des figures.....	I
Liste des tableaux	III
Liste des photos	IV
Sigles et abréviations	V
Résumé	1
Abstract.....	2
INTRODUCTION GENERALE.....	3
CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DU PARC NATIONAL DU W DU NIGER	7
I Création et situation géographique.....	8
II. Milieu biophysique	10
II.1 Climat	10
II.2 Substrat.....	13
II.3 Réseau hydrographique	14
II.4 Végétation et feux	14
II.5 Pressions anthropiques	15
II.6 Ressources fauniques et leurs impacts sur la végétation.....	15
II.7 Tourisme.....	15
CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE ET DESCRIPTION DES TYPES DE VEGETATION	17

Introduction	18
I. Matériel et Méthodes.....	19
II. Résultats.....	19
II.1. Carte de végétation du Parc National du W du Niger	19
II.2. Description des types de végétation	20
a. Brousses tachetées	20
b. Forêts claires	20
c. Galerie forestière et cordon ripicole.....	20
d. Savanes	21
e. Végétation clairsemée sur affleurement rocheux.....	23
f. Zones brûlées	23
g. Autres classes.....	23
III. Discussion.....	24
Conclusion partielle	26
CHAPITRE III : DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FORETS CLAIRES...	27
Introduction	28
I. Matériel et Méthodes.....	29
I.1. Données images.....	29
I.2. Collecte des données de vérité terrain	29
I.3. Traitement des images	30
I.4. Analyses cartographiques	31
II. Résultats.....	33

II.1. Vérification de la classification.....	33
II.2. Etat d'occupation des sols en 1984 et 2002	35
II.3. Détection des changements spatio-temporels	38
III. Discussion.....	41
Conclusion partielle.....	43
CHAPITRE IV: ANALYSES FLORISTIQUE ET PHYTOSOCIOLOGIQUE.....	45
Introduction	46
I. Matériel et Méthodes.....	46
I.1. Relevés phytoécologiques	46
I.2. Analyse des données phytoécologiques	48
I.2.1 Types biologiques	48
I.2.2. Types phytogéographiques	49
I.2.3. Diversité spécifique et équitabilité.....	51
I.2.4. Classification et ordination des relevés.....	51
I.2.5. Coefficient de Similitude de Sorensen.....	53
II. Résultats.....	53
II.1. Richesse floristique et répartition taxonomique.....	53
II.2. Types biologiques et phytogéographiques	54
II.3. Groupements des forêts claires identifiés.....	56
II.4.Caractéristiques des groupements des forêts claires	58
III. Discussion.....	59
Conclusion partielle.....	60

CHAPITRE V : STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS DES FORETS CLAIRES	61
Introduction	62
I. Matériel et Méthodes.....	63
I.1. Dispositif d’inventaire et collecte de données	63
I.2. Analyse des données.....	64
I.2.1. Calcul des paramètres dendrométriques et écologiques	64
I.2.2. Etablissement des structures	67
II. Résultats.....	68
II.1. Composition floristique.....	68
II.2. Paramètres dendrométriques et écologiques	69
II.3. Structures démographique.....	70
III. Discussion.....	72
Conclusion partielle.....	74
CONCLUSION GENERALE, PERSPECTIVES ET SUGGESTIONS	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	80
ANNEXES	i
Annexe 1: Liste de publications	ii
Annexe 2 : Liste des espèces inventoriées.....	vi
Annexe 3 : Tableau phytosociologique du G1	xi
Annexe 4: Tableau phytosociologique du Groupement G2	xiv
Annexe 5 : Liste des espèces par famille avec le recouvrement relatif (RR), la fréquence relative (FR), la densité relative (DR) et l’indice de valeur d’importance (IVI).....	xx
Annexe 6 : Fiche de relevé phytosociologique.....	xxii
Annexe 7: Fiche des relevés dendrométriques	xxiii
Annexe 8 : Fiche de régénération	xxiv
Annexe 9. Illustrations : quelques photos prises dans le Parc National du W du Niger	xxv

Liste des figures

Figure 1: Localisation du Parc National du W dans le Centre Régional d'Endémisme (CRE) de White (1986) en Afrique Occidentale.....	9
Figure 2: Localisation du Parc National du W dans le Parc Régional du W en Afrique de l'ouest.	9
Figure 3 : Parc National du W du Niger et sa zone périphérique (Réserve Totale de Faune de Tamou et Réserve Partielle de Dosso).....	10
Figure 4: Pluviométries annuelles de la station à la Tapoa au Niger entre 1981 et 2002.....	11
Figure 5 : Variation de l'humidité relative et de l'ETP à la station de la Tapoa, moyennes calculées sur la période de 1981 à 2002 (n=20).	12
Figure 6: Variation de la température, moyennes calculées sur la période de 1981 à 2002 à la station de la Tapoa (n=20).	13
Figure 7: Carte de végétation du Parc National W du Niger.....	22
Figure 8: Les proportions des différents types de végétation dans le Parc National du W du Niger.	23
Figure 9: Carte d'occupation des sols en 1984 dans le Parc National du W du Niger.....	36
Figure 10: Carte d'occupation des sols en 2002 dans le Parc National du W du Niger.....	37
Figure 11: Carte de changement d'état des forêts claires entre 1984 et 2002 dans le Parc National du W du Niger.....	39
Figure 12: Importance relative des familles dans les forêts claires du Parc National W du Niger.	54
Figure 13: Spectres des types biologiques des plantes vasculaires des forêts claires dans le Parc National du W du Niger.....	55
Figure 14: Spectre phytogéographique dans les forêts claires au Parc National du W du Niger.	55

Figure 15 : Dendrogramme de similarité des relevés sur les forêts claires dans le Parc National du W du Niger:	56
Figure 16 : Diagramme d'ordination des relevés sur forêts claires dans le Parc National du W du Niger.	57
Figure 17 : Dendrogramme de similarité entre les groupements G1et G2.....	59
Figure 18 : Dispositif d'inventaire forestier.	63
Figure 19 : Structure en diamètre des forêts claires dans le Parc National du W du Niger.	71
Figure 20 : Structure en diamètre de <i>Anogeissus leiocarpa</i> dans le Parc National W du Niger.	71
Figure 21 : Structure en diamètre de <i>Pterocarpus erinceus</i> dans le Parc National W du Niger.	72

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs de la précision globale et de coefficient kappa issues de la classification des images de 1984 et 2002.	33
Tableau 2: Matrice de confusion et les erreurs d'omission et de commission issues de test de précision de la classification des images de 1984.	34
Tableau 3: Matrice de confusion et les erreurs d'omission et de commission issues de test de précision de la classification des images de 2002.	35
Tableau 4: Matrice de transition de l'occupation du sol (en pourcentage) entre 1984 et 2002 dans le Parc National du W du Niger.	40
Tableau 5: Nombre (N), surface (a) et périmètre (P) des différentes classes d'occupation du sol dans le Parc National du W du Niger entre 1984 et 2002.	41
Tableau 6 : Résultats du test de signification de corrélation entre les dix premiers axes de la PCA et les variables environnementales après 999 permutations.	57
Tableau 7 : Caractéristiques des groupements des forêts claires identifiés	58
Tableau 8: Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre C	68
Tableau 9: Valeurs de l'indice de valeur d'importance de dix premières espèces dans les forêts claires du parc National du W du Niger	69
Tableau 10 : Paramètres dendrométriques du peuplement des forêts claires et des populations de <i>Anogeissus leiocarpa</i> et de <i>Pterocarpus erinaceus</i>	70

Liste des photos

Photo 1 : Faciès de forêt claire à <i>Isoberlinia doka</i>	xxv
Photo 2 : Faciès de forêt claire à <i>Anogeissus leiocarpa</i>	xxv
Photo 3 : Un jeune faciès de Forêt claire à <i>Anogeissus leiocarpa</i>	xxv
Photo 4 : Galerie forestière le long de la rivière Mékrou	xxv
Photo 5 : Faciès de savane boisée	xxvi
Photo 6 : Faciès de savane arborée à <i>sclerocarya birrea</i>	xxvi
Photo 7 : Savane arbustive dense parcourue par le feu	xxvi
Photo 8: Savane herbeuse à arbustive après le passage du feu	xxvi
Photo 9 : Faciès de brousse tachetée dégradée	xxvii
Photo 10 : Végétation très clairsemée sur affleurement rocheux	xxvii
Photo 11 : Formation à <i>Acacia seyal</i>	xxvii

Sigles et abréviations

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

ECOPAS: Ecosystèmes Protégés de l’Afrique Sahélo-Soudanienne

ENGREF: Ecole Nationale de Génie Rural et des Eaux et Forêts

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FIT: Front Intertropical

IRD: Institut de Recherche pour le Développement

MAB: Programme Homme et Biosphère de l’UNESCO.

ORSTOM: Office de Recherche Scientifique dans les Territoires d’Outre Mer

PNWN : Parc National du W du Niger

R.T.F.T: Réserve Totale de Faune de Tamou

RGP/H-2001: Recensement Général de la Population et de l’Habitat de 2001

ROSELT: Réseau d’Observation et de Surveillance de l’Environnement à Long Terme

SUN: Sustainable Use of natural vegetation in West Africa

UAM: Université ABDOU MOUMOUNI

UE: Union Européenne.

UICN: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ULB: Université Libre de Bruxelles

UNESCO: Organisation des Nations Unies pour l’Education, la Science et la Culture.

WAP: Parcs W- Arly - Pendjari.

Résumé

Cette étude a été conduite dans le Parc National du W du Niger (PNWN) situé au sud-ouest du Niger. Il est la composante nigérienne du Parc Régional du W. Dans cette aire protégée les forêts claires sont soumises à de fortes dynamiques, tributaires de l'impact de variabilité climatique combinée aux effets des feux de végétation. La mise en place d'un plan d'aménagement global du PNWN pour une bonne politique de gestion et de conservation de ses écosystèmes a besoin que des informations soient disponibles sur chaque faciès de végétation. L'objectif principal de ce travail est de fournir des données sur la dynamique des forêts claires dans le PNWN.

Une analyse synchronique par la numérisation directe des images satellites Landsat ETM+ de 2005 a été réalisée pour la cartographie de la végétation de la zone d'étude. Par ailleurs, une étude diachronique des images a été faite sur des images Landsat TM de 1984 et ETM+ de 2002. A ce niveau, la classification de ces images a été réalisée à partir de la méthode de classification supervisée avec un maximum de vraisemblance. Pour la validation et l'interprétation des cartes réalisées, 335 relevés phytoécologiques sont récoltés lors de la vérité terrain. La détermination de l'état des communautés des forêts claires a été faite, avec 32 relevés phytosociologiques effectués suivant l'approche de Braun-Blanquet sur des placeaux de 900 m² (30 m x 30 m). Ces relevés ont suivi une classification hiérarchique à l'aide du logiciel MVSP 3.1 puis, une ordination par l'application de la PCA à l'aide du logiciel PCORD 5. Les espèces indicatrices des communautés végétales ont été identifiées avec la méthode de l'ISA (Indicator Species Analysis). Sur les sites de relevés phytosociologiques, des inventaires forestiers sont également réalisés afin d'analyser la structure et la dynamique des ligneux.

Les résultats cartographiques, montrent que les formations végétales les mieux représentées sont : les savanes, les brousses tachetées et la végétation clairsemée sur affleurement rocheux. Par contre les forêts claires sont en très faible superficie avec 0,65%. Toutefois, l'analyse de la dynamique de changement fait ressortir une faible tendance à la progression des forêts claires entre 1984 et 2002 avec un taux global de 1% de la superficie totale de la zone d'étude. Au plan phytosociologique, la classification hiérarchique des relevés a mis en évidence deux groupements des forêts claires. Il s'agit de G1: groupement des forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* et *Hoslundia opposita* et G2 : groupement des forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* et *Achyranthes aspera*. Aussi, 179 espèces végétales ont été identifiées avec une dominance des Fabaceae et des Poaceae. L'analyse de la structure et la dynamique des forêts claires a montré globalement la présence d'une structure d'un peuplement stable. La population *Anogeissus leiocarpa* prise isolément présente aussi une dynamique assez stable. Par contre, on enregistre une absence totale des tiges de petit diamètre dans la population de *Pterocarpus erinaceus*.

Il ressort de cette étude que les forêts claires connaissent une légère augmentation de la superficie entre 1984 et 2002. Cette tendance à la constitution des forêts claires, pourrait servir d'indicateur de la bonne protection de cette aire protégée vis-à-vis des exploitations humaines. Mais compte tenu de la persistance de la sécheresse et la pratique du feu d'aménagement dans la zone, des investigations doivent se poursuivre. Il s'agit d'une part de réaliser des analyses sur des images postérieures à 2002 et de très haute résolution et d'autre part d'installer un dispositif de suivi permanent. Ainsi, les données issues de la présente étude peuvent constituer une situation de référence pour un suivi à moyen et long terme de la dynamique des forêts claires.

Mots clés: Dynamique, forêts claires, groupements végétaux, structure, images Landsat, PCA, Parc National W du Niger,

Abstract

This study was carried out in the W National Park of Niger located at the south-western part of Niger. In this protected area woodland can have some dynamics dependent to the climatic variability impact combined with the effects of vegetation fires. In this area any specific investigations were conducted on the woodland vegetation. However this deficiency makes difficult the establishment of good management plan for conservation of the W park ecosystems. The main aim of this study is to provide data on the dynamic of woodland in the WNP.

The traditional method of digitalization using Landsat ETM+ of 2005 image was used to cartography the vegetation of the study area. In addition, a diachronic analysis of the images was carried out on Landsat TM of 1984 and ETM+ of 2002. For each image a supervised classification using maximum likelihood was applied followed by a post classification to eliminate isolated pixels. The classification was validated based on 335 phytocological relevés collected in the study area. To analyze the plant community patterns and floristic composition we carried out 32 phytosociological relevés according to Braun-Blanquet's approach on the sample units of 30 x 30 m². For data analysis, hierarchical classification was assessed based on Sorensen's similarity index using Multi-Variate Statistical Package (MVSP 3.1). For sample units ordination, Principal Component Analysis (PCA) using PCORD 5 was performed on floristic data. Indicator Species Analysis (ISA) in plant communities was performed using PCORD 5 to identify the indicator value species. In the same plots of phytosociological relevés, forest inventory was done for all trees of diameter at breast height (dbh) more than 5 cm were measured in height and in diameter. The regenerations (dbh < 5 cm) were counted in the diagonal quadrats of the principal plots throughout small plots of 5mx5m.

The images analysis results show that, the most widespread vegetation types were: savanna, gapped Bush and vegetation on outcrops. But the woodland is in very low area with 0.65%. However the dynamic of change analysis of the woodland shows a tendency of a short increasing of woodland from 1984 to 2002 with an overall rate of 1% of the study area. About, the phytosociological data, the hierarchical classification gives two plant communities of woodland: G1: *Pterocarpus erinaceus* and *Hoslundia opposita* and G2: *Anogeissus leiocarpa* and *Achyranthes aspera* communities. Therefore, 179 species were identified with a dominance of Fabaceae and Poaceae. The stem diameter structure of the woodland shows a structure of a monospecific stands with a high density of the classes of small diameters. *Anogeissus leiocarpa* tree population shows also a best stability. On the other hand, there is no stem of small diameters in the population of *Pterocarpus erinaceus*.

It appears from this study that the woodlands area is lightly increasing between 1984 and 2002 in the W National Park of Niger. This trend towards the establishment of woodlands could be used as an indicator of good protection of this protected area. But, given the persistent drought and fire management practice in the area, the investigation should continue on the vegetation data and the images of after 2002 with high resolution. Therefore, the results of the present study can be use as a reference for monitoring on woodland assessment.

Key words: Dynamics, woodland, plant communities, demographic structure, Landsat images, PCA, W National Park of Niger,

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, les changements climatiques constituent un des défis environnementaux majeurs à travers le monde. Cette variabilité climatique se pose avec acuité en Afrique tropicale sèche. En effet, les périodes des sécheresses deviennent de plus en plus récurrentes (Giannini *et al.*, 2003). Ces contraintes climatiques causent beaucoup de dommages écologiques sur les écosystèmes des zones arides et semi-arides. Celles-ci se traduisent en effet, par une dégradation prononcée de la biodiversité dans les pays tropicaux. Pourtant, les ressources naturelles jouent un rôle capital dans la vie socioéconomique des populations locales de ces pays (Lykke, 1998 ; Wezel *et al.*, 2006). Mais, l'exploitation incontournable et incontrôlée, amplifie les impacts du changement et de la variabilité climatique sur les ressources. Dans ces conditions, les écosystèmes deviennent de plus en plus vulnérables. Au Niger, à l'instar de tous les pays sahéliens, les enjeux écologiques et socioéconomiques sont la gestion durable des ressources naturelles déjà limitées. Le pays est confronté au problème de dégradation et de disparition progressive de son couvert avec un taux annuel de réduction du couvert végétal de 3,7% entre 1990 et 2000 (FAO, 2005). Ces dernières années, cette dégradation des ressources forestières est devenue un fléau très alarmant et ce problème se pose avec acuité compte tenu de l'appartenance du pays à la bande saharo-sahélienne où la menace de la désertification est très inquiétante. Alors, dans le cadre d'une bonne conservation de la biodiversité pour une gestion durable des ressources, l'Etat nigérien a créé un certain nombre d'aires protégées dont le Parc National du W du Niger (PNWN). Cependant, vu les multiples sollicitations de la population dues à la fragilité du système socio-économique et aux contraintes agro-écologiques, les écosystèmes de la zone périphérique tendent à devenir des espaces convoités principalement pour les activités agricoles et pastorales affaiblissant du coup la protection du parc W (Chave, 2000). Or, de par son statut, le Parc est un outil essentiel d'adaptation aux changements climatiques en fournissant des refuges (habitats de bonne qualité) et des couloirs de migration aux espèces animales et en contribuant à l'atténuation de l'altération du climat par absorption du carbone (CO₂) par ses formations forestières. En effet, dans cette réserve, la conservation a permis le maintien de plusieurs faciès de végétation renfermant des savanes et des forêts claires (Mahamane, 2005) qui constituent l'essentiel des habitats pour la faune sauvage riche et variée (Rabeil, 2003 ; Lamarque, 2004 ; Audrey, 2007 ; Hibert, 2007). C'est dans cette zone du W qu'on retrouve les quelques reliques des forêts claires qu'on peut encore rencontrer au Niger. La faible représentation des forêts claires est générale à travers le continent africain. Il faut signaler qu'en Afrique, les forêts claires ne couvrent que 3 800 000 km² soit environ 12 % de la superficie du continent (Malaisse, 1979). Aussi, au sud de l'équateur, les forêts claires

constituent de vastes massifs forestiers, tandis qu'au nord elles forment des îlots généralement restreints et épars dans les savanes. Elles sont surtout représentées dans le domaine soudanien et zambézien (Bellefontaine *et al.*, 1997). Malheureusement, la zone du W marque la limite nord de la distribution pour de nombreuses espèces et de faciès de forêts claires (Guinko, 1984 ; Mahamane, 2005). Des nombreux travaux ont été réalisés sur la végétation des aires protégées du complexe WAP (W-Arly-Pendjari) (Mahamane, 2005 ; Barbier, 2006 ; Diouf, 2006 ; Diouf *et al.*, 2010 ; Inoussa, 2008 ; Ouédraogo, 2009). Cependant, jusqu'ici, des investigations spécifiques sur la dynamique des forêts claires n'ont pas été réalisées. Pourtant, cette insuffisance d'informations rend difficile et problématique la mise en place de politique de gestion et de conservation des écosystèmes du parc W. Dès lors, il est important d'analyser l'état actuel d'équilibre et le devenir de ce type de biotope. L'existence d'une mosaïque de forêts et des savanes dans le PNWN serait le résultat d'interventions liées aux activités humaines et aux variabilités climatiques au niveau local sans échapper bien évidemment au changement global. Ceci est d'autant plus intéressant dans ces dernières années avec l'accentuation de la rigueur climatique. Par ailleurs, déjà avant sa création, le PNWN était influencé par les activités humaines, comme en témoignent les vestiges des villages abandonnés situés à l'intérieur du parc (Couteron *et al.*, 1992 ; Benoît, 1998). Et aujourd'hui encore, l'influence de l'homme est omniprésente dans le parc à travers les activités d'aménagement et autres actions illégales. Ailleurs, dans d'autres pays d'Afrique tropicale, la thématique sur la dynamique des forêts claires a déjà fait l'objet de nombreuses études (Bassett, 2000 ; Barima, 2009 ; Kossi *et al.*, 2009). Dans la majorité des cas, les déterminants sont liés au climat et aux activités humaines. Cette étude entre dans le cadre des activités du projet SUN (Sustainable Use of Natural vegetation in West Africa) financé par l'Union Européenne à travers le workpackage 1 (WP1) qui s'occupe de l'analyse de la végétation à l'échelle locale. Le projet SUN fut un programme multidisciplinaire favorisant les collaborations universitaires nord-nord, nord-sud et sud-sud. Ce projet avait pour objectif la recherche des nouveaux outils efficaces pour une gestion durable des ressources naturelles.

L'hypothèse de recherche est que les forêts claires du Parc National du W sont soumises à des fortes dynamiques tributaires des effets des changements et variabilités climatiques pouvant être amplifiées par les activités anthropiques. Suivant la prédominance de facteurs favorables, on peut assister à un équilibre stable sinon, il se poserait le problème du devenir de ce biotope.

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à la compréhension de la dynamique des forêts claires dans le PNWN à travers l'approche de la télédétection et le SIG et des analyses phytosociologiques et dendrométriques.

Il s'agit spécifiquement :

- d'analyser la dynamique spatio-temporelle des forêts claires ;
- d'identifier les communautés végétales de ces forêts claires et leurs caractéristiques à l'état actuel de la conservation du PNWN ;
- d'apprécier la dynamique démographique à l'échelle du peuplement et des essences forestières structurantes des forêts claires.

Ces approches combinées doivent permettre de faire une situation de référence pour le suivi à moyen et long termes de l'évolution des forêts claires via la mise en place d'un dispositif de suivi permanent. Ce qui permettra de mettre à la disposition des gestionnaires de cette aire protégée (PNWN) des données scientifiques fiables sur cet habitat, pour la bonne gestion et la conservation de la biodiversité.

Après cette partie introductive, la suite du mémoire s'articule en 5 chapitres avec une Conclusion générale à la fin :

- le premier chapitre donne des informations générales sur la zone d'étude. Les composantes environnementales et anthropiques sont évoquées avec des commentaires qui permettent de situer le contexte d'évolution et de gestion du Parc National du W au Niger ;
- le second chapitre fait un état de lieu de différents types des faciès de la végétation du PNWN avec la prise en compte des forêts claires ;
- le troisième chapitre se rapporte à l'analyse de la dynamique spatio-temporelle des forêts claires entre 1984 et 2002 ;
- le quatrième chapitre est focalisé sur la phytodiversité et la description des groupements des forêts claires identifiés ;
- le cinquième fait l'analyse de la structure et la dynamique du peuplement ligneux des forêts claires et de leurs espèces structurantes : *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. Perr et *Pterocapus erinaceus* Poir.

CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DU PARC NATIONAL DU W DU NIGER

I Création et situation géographique

Sur recommandation de la convention relative à la préservation de la faune et de la flore naturelle, dite « convention de Londres », le parc de refuge du W classé comme tel en 1926 fut proclamé Parc National du W du Niger en 1954. Celui-ci se situe dans la partie sud-ouest du pays entre les latitudes 11° et 12°35 Nord et les longitudes 2° et 3°50 Est. Il est à 150 km de Niamey la capitale avec une superficie de près 220 000 ha. D'après la carte phytogéographique du Niger proposée par Saadou (1990), le parc se trouve dans le compartiment nord soudanien A1 qui correspond au Centre d'Endémisme Soudanien de White (1983) (Figure 1). C'est la composante nigérienne du Parc Régional du W qui regroupe trois Parcs Nationaux (Bénin, Burkina Faso et Niger) (Figure 2). Depuis sa création en 1954, cette aire protégée a acquis graduellement divers statuts : Zone Humide d'Importance Internationale, particulièrement pour les oiseaux d'eau en 1982 ; site Ramsar en 1987 ; Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1996. Il appartient à la catégorie II de l'UICN (2002). Cette requalification juridique a permis au PNWN de bénéficier d'une protection intégrale où toute exploitation extractive est proscrite. Sa protection a été renforcée ensuite par la création d'autres Réserves à la périphérie permettant une réduction de la pression humaine. Il est ainsi encadré par la Réserve Totale de Faune de Tamou (77 000 ha) et la Réserve Partielle de Dosso (306 000 ha) (Figure 3). Malgré les difficultés inhérentes à la préservation des espaces protégés en Afrique, le PNWN semble avoir joué son rôle restrictif vis-à-vis des exploitations agricole et forestière.

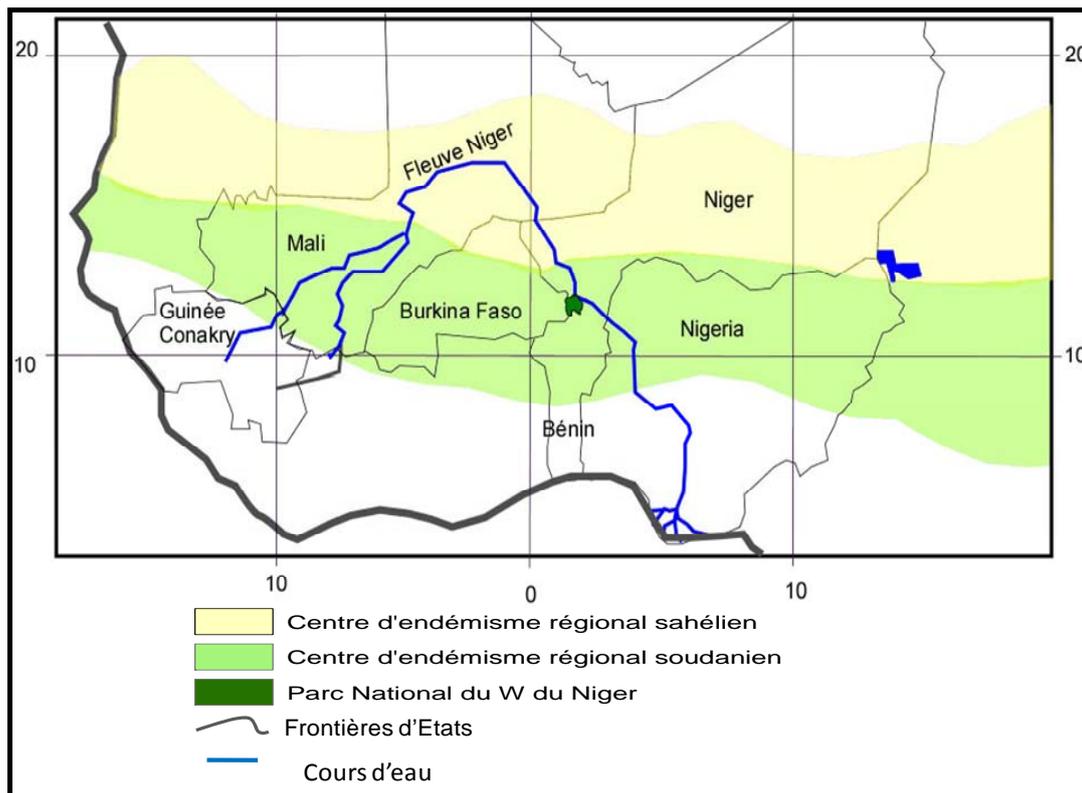


Figure 1: Localisation du Parc National du W dans le Centre Régional d'Endémisme (CRE) de White (1986) en Afrique Occidentale.

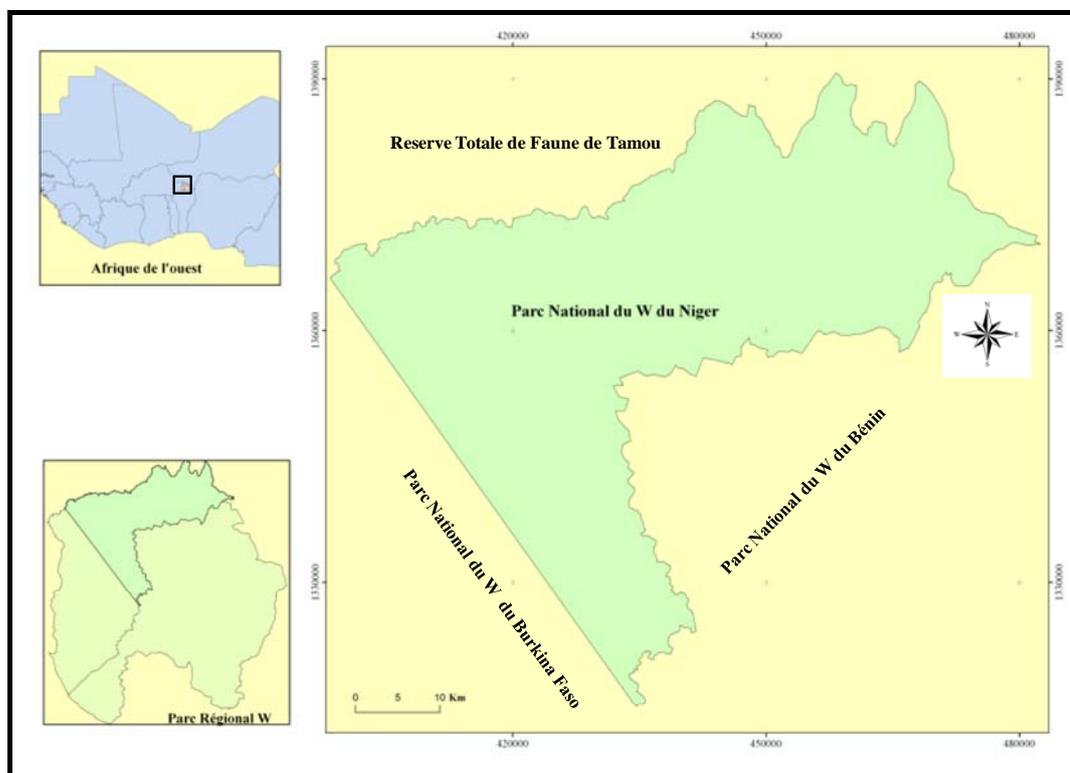


Figure 2: Localisation du Parc National du W dans le Parc Régional du W en Afrique de l'ouest.

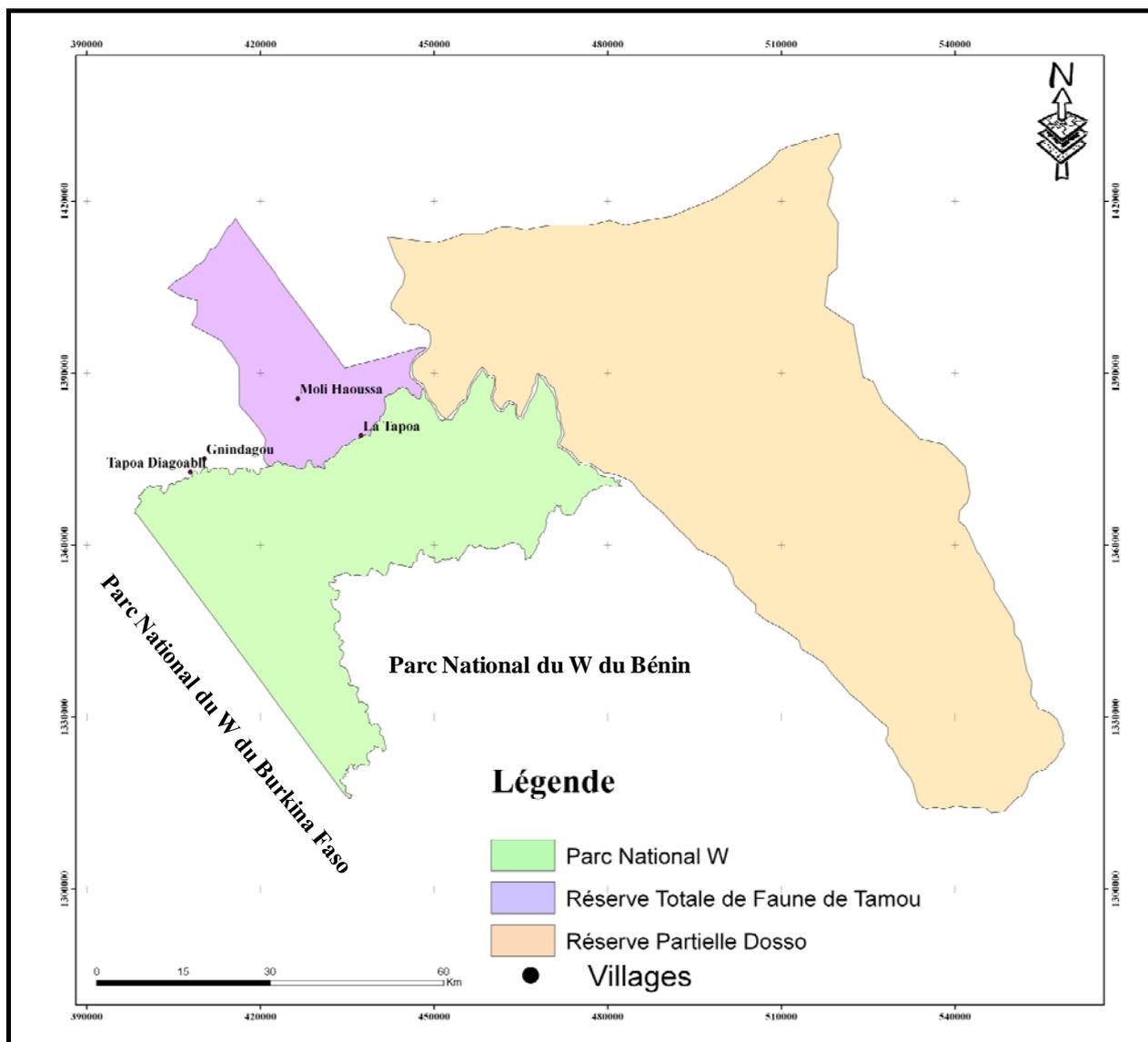


Figure 3 : Parc National du W du Niger et sa zone périphérique (Réserve Totale de Faune de Tamou et Réserve Partielle de Dosso).

II. Milieu biophysique

II.1 Climat

La zone du W appartient au système climatique tropical de type soudano-sahélien, dont le rythme des saisons est réglé par le déplacement du Front Intertropical (FIT) (Giannini et *al.*, 2003). Le climat est caractérisé par une grande saison sèche (octobre-avril) et une courte saison pluvieuse (mai-septembre). L'analyse des données climatologiques issues de la station de la Tapoa (période de 1981 à 2002 qui sont malheureusement les seules disponibles) fait ressortir une forte variation interannuelle des totaux pluviométriques pendant cette

période. La précipitation annuelle la plus élevée est enregistrée en 1990 avec 963 mm alors que la plus faible est celle de 1983 avec 169 mm (Figure 4). Barbier (2006), souligne l'existence d'un gradient pluviométrique qui s'étage de la partie septentrionale avec une pluviométrie moyenne annuelle cumulée de 685 mm (Tapoa de 1976 à 2000), à 850 mm dans sa partie la plus méridionale (Malanville de 1925 à 1984).

La courbe de variation de l'humidité relative de 1982 à 2002 montre une variation de ce facteur au cours de l'année en fonction des saisons, donc selon les mois. Les valeurs les plus élevées de l'humidité relative (73%) sont enregistrées en août et les valeurs les plus faibles (10%) en janvier-février (Figure 5). L'évapotranspiration potentielle est maximale au mois de mars (273,6 mm). Au-delà, elle diminue régulièrement parallèlement à l'augmentation de l'humidité atmosphérique entraînée par la remontée du FIT. Sauf pour la saison pluvieuse, la courbe de l'évapotranspiration potentielle est au dessus de celle de l'humidité relative (Figure 5).

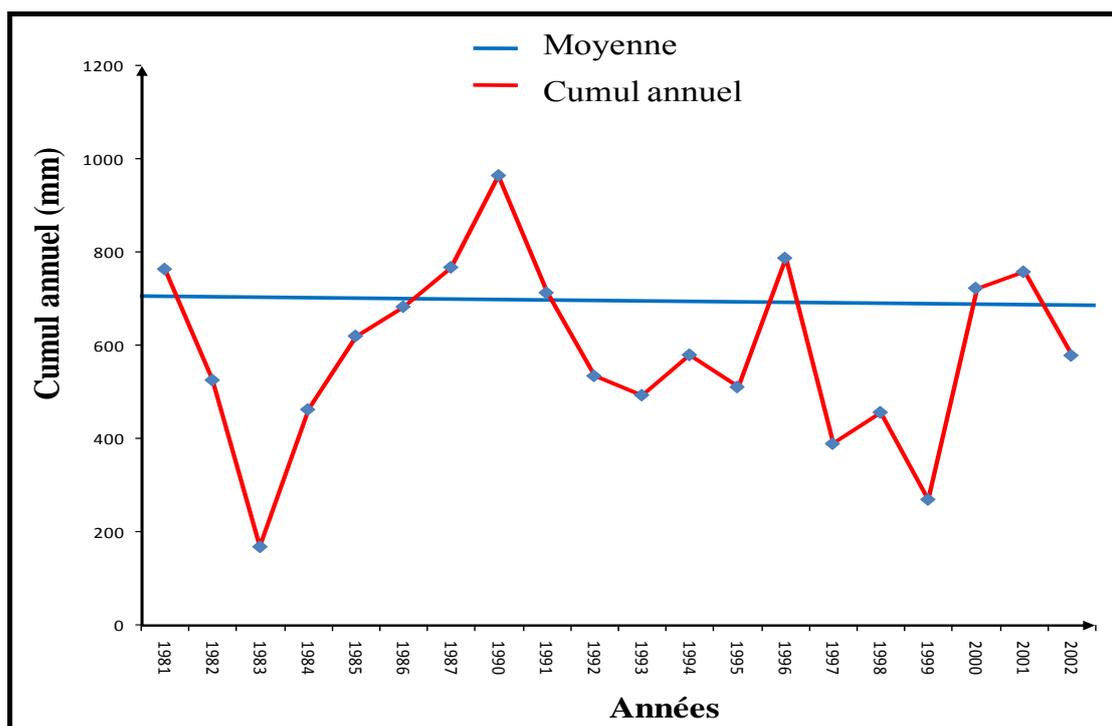


Figure 4: Pluviométries annuelles de la station à la Tapoa au Niger entre 1981 et 2002.

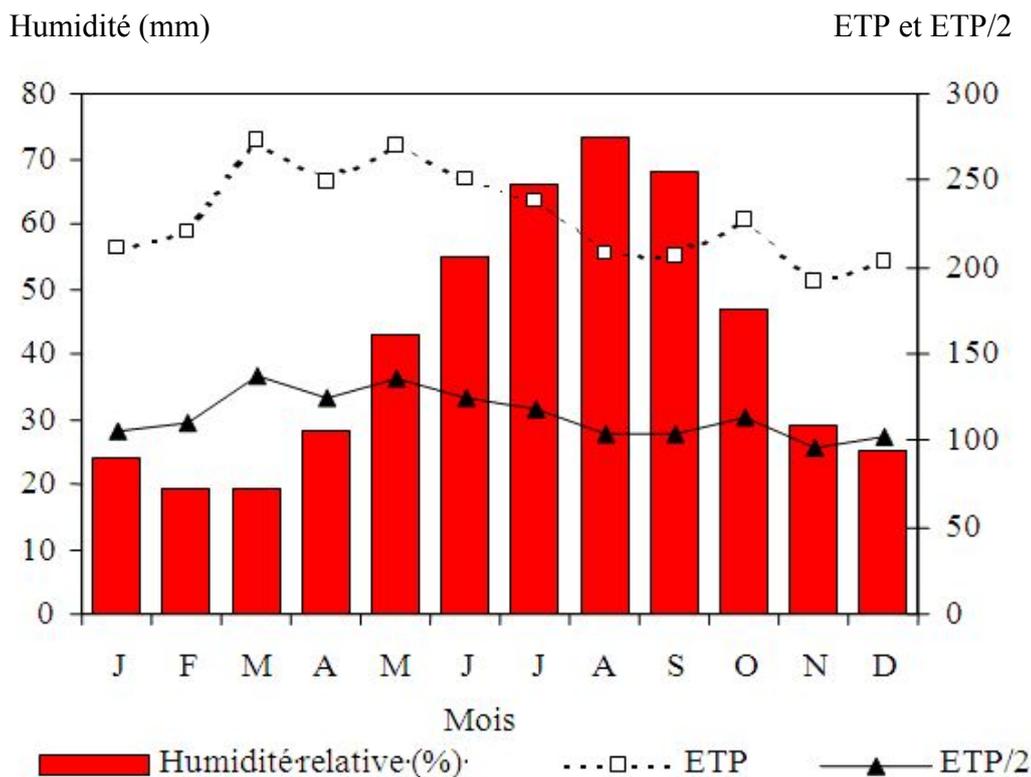


Figure 5 : Variation de l'humidité relative et de l'ETP à la station de la Tapoa, moyennes calculées sur la période de 1981 à 2002 (n=20).

La température joue un rôle écologique majeur. D'une manière générale, au Niger, les températures sont élevées. La courbe de variation des moyennes annuelles de la température (Figure 6) montre que les températures restent élevées avec deux maxima : 34,5°C en avril et 31,7°C en octobre au cours de l'année sauf pendant la saison des pluies et la saison froide où on constate une légère diminution. Aussi, on enregistre deux minima, en janvier (24,4°C) et décembre (25,2°C). Ces maxima et minima découpent le régime thermique en quatre saisons :

- deux saisons fraîches, l'une allant de décembre à février (période froide), l'autre de juillet à septembre (période pluvieuse) ;
- deux saisons chaudes, l'une couvrant la période de mars à juin et l'autre d'octobre à novembre.

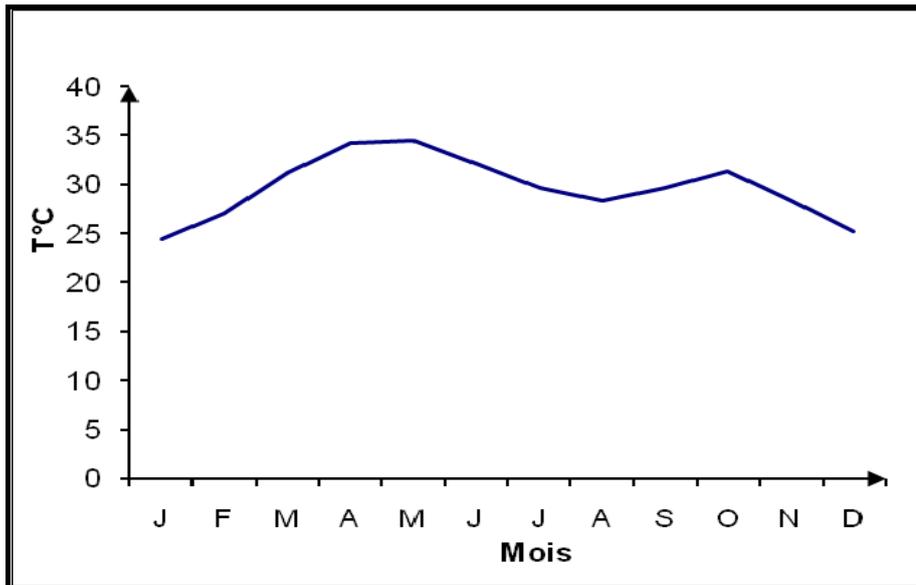


Figure 6: Variation de la température, moyennes calculées sur la période de 1981 à 2002 à la station de la Tapoa (n=20).

II.2 Substrat

Selon les travaux de Gavaud (1966) et Joulia (1978) cités par Benoît (1998), dans la zone d'étude on trouve le socle de l' infracambrien-Voltaïen. Pendant le cénozoïque et le quaternaire, l'érosion différentielle et le dépôt des grès argileux détritiques correspondant au Continental Terminal (CT) donnent naissance à un cuirassement. Le CT recouvre le Continental Hamadien vers le nord. Quartzites, grès et argiles du voltaïen inférieur dominant dans le sud-est de la R.T.F.T. Par rapport aux sols, selon Couteron *et al.* (1992), les principaux types de sols sont :

- les sols minéraux bruts situés sur matériaux durs ;
- les sols peu évolués d'érosion lithique sur relief accidenté où la roche affleure à maints endroits ;
- les sols peu évolués d'apport (alluvions-colluvions) qui présentent toujours des traces d'hydromorphie temporaire ;
- les sols ferrugineux tropicaux ;
- les sols ferralitiques.

II.3 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone est dominé par le fleuve Niger et deux de ses affluents : la Mekrou et la Tapoa. Le fleuve Niger coule toute l'année contrairement à ses affluents. Selon Mahamane (2005), le fleuve comporte deux régimes, la crue en décembre-janvier, déterminée par les pluies qui surviennent dans son bassin supérieur en Guinée, et l'étiage en mars, avril, mai et juin. La saison des pluies est caractérisée par une petite crue ou crue locale déterminée par les pluies qui tombent sur son bassin versant. Par contre, les affluents connaissent leur crue en saison des pluies où les maxima des débits sont enregistrés en août-septembre. On peut noter aussi, la présence d'autres rares points d'eau temporaires ou permanents, les mares persistantes dans le lit des rivières constituent les dernières ressources en eau pour la faune en fin de saison sèche.

II.4 Végétation et feux

Dans le parc W la composition et la structure de la végétation diffèrent selon un gradient nord-sud. La végétation est une mosaïque de forêts et de savanes à Combretaceae (Couteron *et al.*, 1992 ; Mahamane, 2005). Cette hétérogénéité du paysage est très liée au relief et au type de sol (Arbonnier, 2002 ; Mahamane 2005). Dans cette mosaïque on rencontre également, les végétations périodiques sur les plateaux à sol peu profond (Barbier, 2006 ; Diouf, 2010). La flore du Parc National du W du Niger comporte plus de 1000 espèces de phanérogames endémiques ou semi-endémiques (White, 1983).

Les feux jouent un rôle important dans la dynamique de la végétation des savanes soudano-sahéliennes ouest africaines. En effet, l'intervention des feux dans les savanes est un phénomène naturel et fait partie intégrante de leur fonctionnement (Sankaran *et al.*, 2005). Les gestionnaires du parc pratiquent une politique de feux précoces (Grégoire et Simonetti, 2008), notamment dans le but de : limiter l'extension de feux tardifs, considérés comme plus dévastateurs des ligneux ; favoriser les repousses de saison sèche et faciliter le tourisme de vision. D'autres feux peuvent être initiés en cours et en fin de saison sèche cette fois-ci par les braconniers qui rabattent ainsi le gibier, essentiellement à l'Est et à l'Ouest du Parc (Bello, 1994). L'action des feux a été analysée dans divers écosystèmes du monde. Sankaran *et al.* (2005) montrent que la densité relativement basse des ligneux est déterminée par les perturbations déterminées principalement par les feux.

II.5 Pressions anthropiques

Du point de vue administratif, le Parc National du W du Niger se trouve dans le Département de Say. Dans cette entité, les densités actuelles sont nettement inférieures par rapport au reste du l'ouest-nigérien (16 habitants/km²), mais avec des taux d'accroissement élevés (4,9 % et 3,0 %) pour les mêmes périodes (RGP/H, 2001). En fait, si l'on ne tient pas compte du PNWN, tout le Sud-ouest nigérien est caractérisé par des densités de populations dépassant 20 habitants/km² et des taux d'accroissement annuels supérieurs à 3 %, des statistiques comparativement élevées par rapport à la moyenne sahélienne (Raynaut, 2001 *in* Barbier, 2006). La faible densité démographique et son statut d'aire protégée font que la pression anthropique est moindre dans le PNWN. Cependant, avec l'accroissement de la population et le phénomène de migration (Amadou, 2006), il existe des effets néfastes potentiels des activités humaines (braconnage, pâturage illégal, feux accidentels...) sur la dynamique des écosystèmes de la zone.

II.6 Ressources fauniques et leurs impacts sur la végétation

La zone du W est potentiellement riche en biodiversité globale (floristique et faunique). Elle présente une faune riche où on observe les quatre des « big five » à savoir l'éléphant (*Loxodonta africana* Blumenbach), le buffle (*Sycerus caffer*), le lion (*Panthera leo* Linnaeus) et le léopard (*Panthera pardus* Schlegel). Dans les aires protégées du WAP on rencontre quelques uns des derniers troupeaux des grands mammifères sauvages inféodés à la savane ouest africaine (Rabeil, 2003 ; Hibert, 2007 ; Audrey, 2007). Mais cette richesse faunique qui attire de nombreux touristes pendant la campagne de chasse n'est pas sans conséquence néfaste sur la végétation. Par exemple, les éléphants, à la recherche du fourrage, s'attaquent le plus souvent aux individus adultes de *Adansonia digitata* L., *Vitellaria paradoxa* Gaertn., *Bombax costatum* Pell. Et Buill., *Pseudocedrela kotschy* (Schw) Harms., *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. Perr en arrachant les écorces des troncs, en ébranchant les rameaux ou en déracinant des individus entiers. Ce qui influence fortement la physionomie de certains groupements (Audrey, 2007). Malgré ce constat la faune contribue significativement à la dissémination des espèces par le biais de son régime alimentaire.

II.7 Tourisme

L'activité touristique est très peu développée dans le Parc National du W du Niger, comparée à celle de ses voisins de la Pendjari (Bénin) ou de l'Arly (Burkina Faso). Mais avec

le projet programme ECOPAS (Ecosystèmes Protégés en Afrique Soudano sahélienne), initié en Janvier 2001, l'exploitation touristique a été encouragée dans cette aire protégée. Ainsi, on a assisté à un engouement massif des visiteurs pendant la période de ce projet. Malgré tout, le secteur du tourisme paraît déficitaire comparé au potentiel dont dispose le Parc surtout comparé à la zone de l'Air-Ténééré qui possède une activité touristique assez appréciable (Rabeil, 2004). Le PNWN dispose pourtant des atouts non négligeables tels que : l'existence d'un réseau routier bien développé de 26 pistes (plus ou moins praticables), la présence de l'hôtel Tapoa ainsi que d'autres structures spécialisées dans le tourisme de vision. Toutefois, l'intensification des activités touristiques dans le parc doit se faire avec prudence compte tenu leurs des conséquences probables sur la faune et la végétation.

CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE ET DESCRIPTION DES TYPES DE VEGETATION

Introduction

Les ressources naturelles jouent un rôle capital dans la vie socioéconomique des populations des pays subsahariens (Lykke, 1998). Dans ces pays à écosystèmes vulnérables, les enjeux écologique et socioéconomique sont la gestion durable de ressources naturelles limitées. En effet, l'exploitation incontournable mais incontrôlée, couplée aux impacts du changement et de la variabilité climatiques, ne sont pas sans conséquences sur les écosystèmes semi-arides à arides (Wezel et Lykke, 2006). A l'instar de tous les pays sahéliens, le Niger est confronté au problème de la dégradation et de la disparition progressive de son couvert avec un taux annuel de réduction de 3,7% entre 1990 et 2000 (FAO, 2005). Ces dernières années cette dégradation des ressources forestières est devenue d'autant plus alarmante qu'elle se pose dans la bande saharo-sahélienne où la menace de la désertification est très inquiétante. Actuellement, les ressources naturelles s'amenuisent d'une année à l'autre sous la pression des activités humaines (défrichement abusif, coupe excessive pour le bois de chauffe et de service, le surpâturage et les feux de brousse) et des sécheresses récurrentes que connaît le pays. Ainsi, dans le cadre d'une politique de conservation de la biodiversité pour une gestion durable des ressources, l'Etat Nigérien a créé un certain nombre d'aires protégées dont le Parc National du W du Niger (PNWN). Celui-ci est la plus importante aire protégée du pays et elle est parmi les plus riches de la zone soudano-sahélienne en termes de diversité biologique. Ainsi, de par son statut de catégorie II (UICN, 2002) et sa position phytogéographique (White, 1983), cette zone écologique est idéale pour la recherche d'outils scientifiques fiables de gestion et de surveillance environnementale sur les écosystèmes soudano-sahéliens. Pour aborder cette problématique, il s'avère nécessaire de faire l'état des lieux de la végétation de la zone à travers des analyses cartographiques. En effet, à l'état actuel, beaucoup des travaux réalisés dans ce sens sont soit fragmentaires (Groben et Bello, 1980) soit réalisés à grandes échelles (Saâdou, 1990 ; Couteron et *al.*, 1992 ; De Wispelaere, 2002). Le présent chapitre a pour objectif de contribuer à la mise en place d'une base de données cartographique sur le PNWN par la réalisation d'une carte de végétation à l'échelle locale qui a pris en compte la forte modification subie par le paysage. Cette carte servira de support aux activités d'aménagement des écosystèmes.

I. Matériel et Méthodes

Dans cette étude ce sont les images Landsat ETM+ de 2005 qui ont été utilisées sur lesquelles des compositions colorées ont été réalisées. Les traitements des images a été fait à l'aide du logiciel ArcGIS 9.3. La première étape a été la numérisation ou analyse visuelle. Elle correspond à une interprétation visuelle, c'est-à-dire l'application de la méthode classique de la photo-interprétation à l'image satellitaire. Cette méthode consiste à délimiter les différentes unités homogènes (Hammi et *al.*, 2007). Ainsi, l'examen des compositions colorées de deux scènes des images satellitaires de 2005 a permis d'identifier des zones homogènes grâce aux critères de couleurs et de textures. Ces zones correspondent en principe à des unités physiologiques de végétation sur le terrain. L'interprétation a été souvent facilitée par nos connaissances de la végétation et de l'écologie du parc. Les contours de différentes unités d'occupations des sols ont été ainsi tracés à l'écran sur les compositions colorées. Au cours de la classification nous avons utilisée la typologie de Yangambi (Aubreville, 1957) adaptée aux formes de savanes d'Afrique de l'Ouest (Boudet, 1977) et appliquée aux données de télédétection par De Wispelaere (1990, 2000 et 2002). La validation de l'interprétation a nécessité une mission de vérité terrain conduite dans la zone d'étude où 335 sites ont été visités. Cette mission s'est faite en s'appuyant sur la carte de végétation de De Wispelaere (2002) et une spatio-carte réalisée à partir des images Landsat de 2005. Les données phytoécologiques collectées ont permis d'améliorer et de valider l'interprétation. En effet, cette étape a consisté à transférer les données sur la couche des images, permettant soit de corriger l'interprétation soit de la compléter. Ainsi, les contours et les formes des unités physiologiques délimitées essentiellement sur l'écran ont été reconnues et vérifiées sur le terrain. Dans ces travaux, après la réalisation de la carte de végétation, les différentes classes mises en évidence ont été décrites sur la base des données phytoécologiques récoltées sur le terrain et des informations issues de De Wispelaere (2002).

II. Résultats

II.1. Carte de végétation du Parc National du W du Niger

A travers l'ensemble des investigations, de la numérisation à la validation en passant par la vérité terrain, une carte de végétation du Parc National du W du Niger a été élaborée suite à la discrimination des différentes unités d'occupation de la zone (Figure 7). Au total 19 classes ont été définies et elles constituent la légende de la carte établie. La figure 8 illustre les proportions de différentes classes en termes de superficie. D'après cette figure, les savanes arbustives claires et la zone brûlée occupent chacune plus de 16% de la superficie du parc.

Par contre l'eau libre et les fourrées sont en très faibles proportions avec respectivement 0,07 et 0,02%.

II.2. Description des types de végétation

a. Brousses tachetées

Les brousses tachetées ont été subdivisées en trois classes : brousses tachetées dense, ouverte et dégradée représentant 43151 ha soit 19% de la superficie du Parc W. En présence d'une forte densité des arbustes à Combretaceae la brousse tachetée est qualifiée de dense. Par contre, si le faciès est moins dense on parle de brousse tachetée ouverte. Dans le cas de dégradation de l'un ou l'autre de ces deux types de faciès le terme de brousse tachetée dégradée est utilisé. Dans tous les cas, le cortège floristique est dominé essentiellement par les espèces telles que : *Combretum micranthum*, *C. nigricans*, *Guiera senegalensis*, *Ctenium elegans*, *Microchloa indica* et *Pennisetum pedicellatum*.

b. Forêts claires

D'après la réunion de Yangambi rapportée par Aubreville (1957), une forêt claire est une forêt ouverte, à strate arborescente décidue de taille petite ou moyenne, dont les cimes sont plus ou moins jointives. L'ensemble du couvert demeurant clair ; la strate graminéenne est parfois peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée et suffrutescente. Cette classe occupe une superficie de 1428 ha soit 0,65% du Parc W. Les forêts claires se trouvent généralement en peuplement monospécifique ou rarement en peuplement mixte. Les espèces structurantes de cette formation sont principalement *Anogeissus leiocarpa* et *Pterocarpus erinaceus*.

c. Galerie forestière et cordon ripicole

La galerie forestière et le cordon ripicole sont considérés dans une même classe du fait qu'ils se distinguent difficilement sur le plan physiognomique. Ils couvrent 10412 ha soit 4,7%. La galerie forestière est une formation végétale où les grands arbres dominant. Le couvert arboré peut être très dense de 70 à 90%. Elle borde les cours d'eau principaux et secondaires et est disposée de part et d'autre des rives en bandes étroites n'excédant que rarement 50 mètres de large. Le cortège floristique est variable selon que la galerie soit à feuillage caduc, semi-sempervirente ou sempervirente. La distinction est remarquable surtout en saison sèche mais on retient comme espèces fréquentes : *Anogeissus leiocarpa*, *Tamarindus indica*, *Daniellia oliveri*, *Diospyros mespiliformis*, *Acacia erythrocalyx*, *Combretum micranthum*, *Mitragyna inermis*, *Cola laurifolia*, *Mimosa pigra*, *Kigelia africana* et *Paullinia pinnata*. Par

contre le cordon ripicole est une forêt temporairement inondée plus ou moins dense, constituée d'espèces exclusivement ripicoles et généralement sempervirentes : *Cola laurifolia*, *Kigelia africana*, *Diospyros mespiliformis* et *Acacia ataxacantha*.

d. Savanes

Les formations savanicoles sont subdivisées en sept classes. La savane boisée est une formation arborescente très dense avec le plus souvent une strate herbacée à dominance de pérennes comme *Andropogon gayanus*. Les savanes arborées sont des formations dans lesquelles arbres et arbustes sont disséminés dans le tapis graminéen mixte. On parle de savane arborée à arbustive lorsqu'en dehors des arbres, le faciès contient un nombre assez important d'arbustes. Et dans le cas où les arbustes dominent les arbres, nous avons retenus le terme de savane arbustive à arborée. Ces trois types de formation végétale sont assez bien représentés avec une superficie de 28381 ha (13%). Quant aux savanes arbustives claire et dense, elles sont les faciès de savane les mieux représentés couvrant une superficie de 54678 ha avec 37760 ha pour la savane arbustive claire (soit 17% de la superficie de la zone) et 17157 ha pour la savane arbustive dense (soit 8%). Pour cette dernière on n'est en présence d'une forte densité d'arbustes avec une strate herbacée très réduite. Au niveau de la savane arbustive claire, les ligneux sont clairsemés avec une strate herbacée à dominance d'annuelles et/ou de pérennes. Enfin, la savane herbeuse à arbustive considérée dans ce travail comme un faciès à très peu de ligneux bas dispersés dans la strate herbacée à annuelles fortement dominante. Ce faciès couvre une superficie de 4611 ha (2%).

L'ensemble des faciès des savanes totalise environ 93095 ha soit 41% de la superficie totale. D'une manière générale, les principales espèces caractéristiques de savanes identifiées selon le type considéré sont : *Combretum glutinosum*, *C. nigricans*, *Crossopteryx febrifuga*, *Pteleopsis suberosa*, *Daniellia oliveri*, *Isoberlinia doka*, *Anogeissus leiocarpa*, *Terminalia avicennioides*, *Burkea africana*, *Prosopis africana*, *Sclerocarya birrea*, *Loudetia togoensis*, *Andropogon pseudapricus* et *Lepidagathis anobrya*.

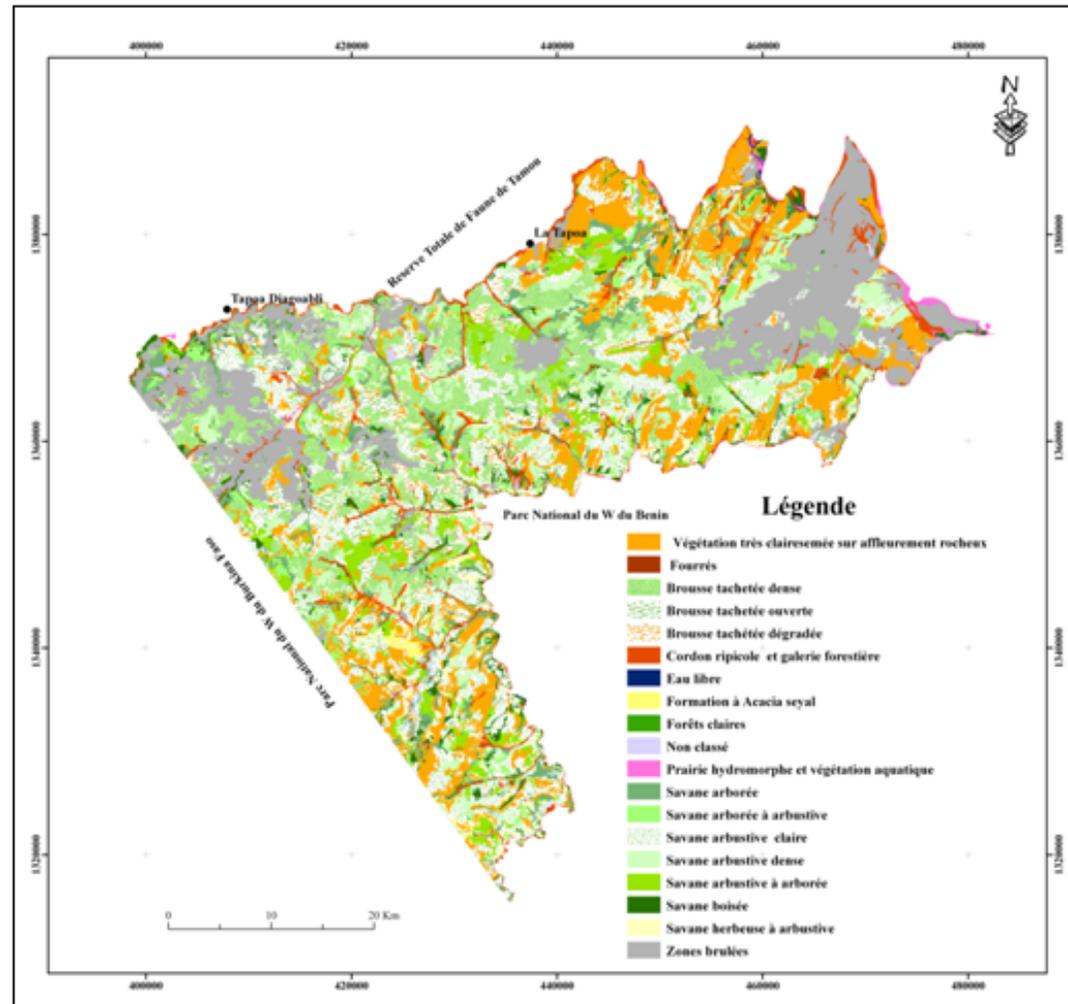


Figure 7: Carte de végétation du Parc National W du Niger.

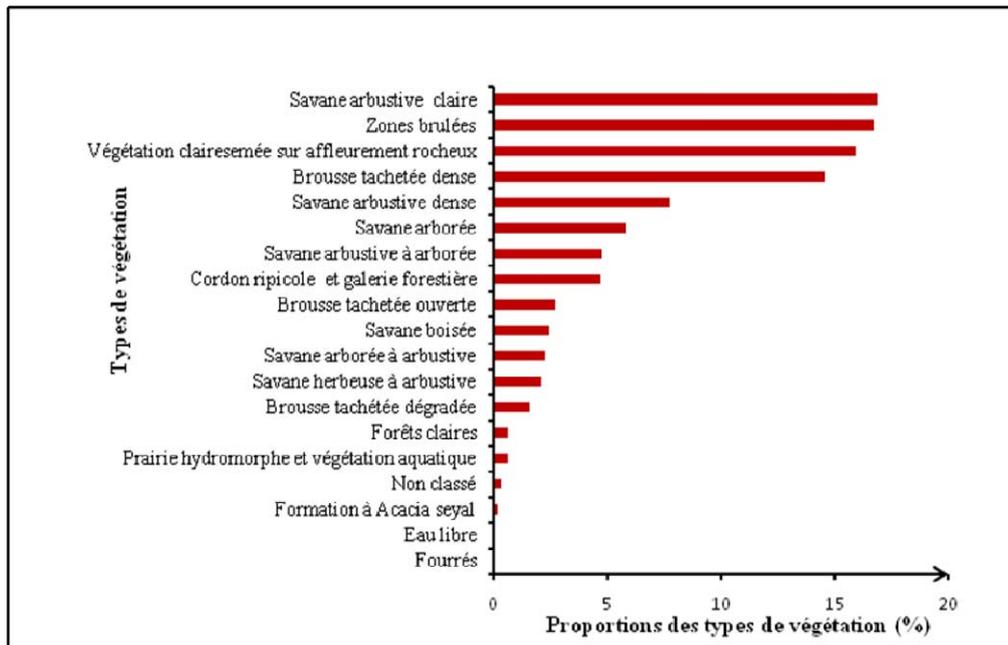


Figure 8: Les proportions des différents types de végétation dans le Parc National du W du Niger.

e. Végétation clairsemée sur affleurement rocheux

Un autre type d'occupation du sol identifié, est la classe de végétation clairsemée sur affleurement rocheux qui occupe une superficie de 35309 ha soit 16% de la superficie totale de la zone d'étude. Ce type de végétation est constitué généralement par des arbustes mais rarement des grands arbres. On note entre autres : *Combretum glutinosum*, *C. nigricans* et *Terminalia avicennioides*. La strate herbacée est constituée de *Loudetia togoensis* et *Pennisetum pedicellatum*.

f. Zones brûlées

Cette classe regroupe soit les empreintes du feu, soit la fumée. Les zones brûlées occupent jusqu'à 37209 ha soit 17% de la superficie. La distribution spatiale des feux constatée laisse dire qu'en dehors des feux d'aménagement, il pourrait y avoir d'autres sources de brûlis tels que le braconnage et le pâturage illégal.

g. Autres classes

Ce paragraphe regroupe les classes qui sont très peu représentées. La Prairie hydromorphe et la végétation aquatique ont été regroupées ensemble. Ce sont des formations végétales sur des plaines inondées au niveau du fleuve Niger, des rivières Mékrou et Tapoa et des mares. Cette classe n'occupe que 1359 ha soit 0,6 % de la superficie. Quant à la classe de l'eau libre, elle concerne les surfaces recouvertes par les eaux du fleuve Niger, de la Mékrou

et de la Tapoa. Les mares n'étant pas le plus souvent suffisamment larges pour être cartographiées à la résolution de 30 m. L'eau libre occupe également une faible superficie (163 ha ; soit 0,07%). Un autre type d'occupation identifié dans ce travail, c'est le fourré qui est une zone arbustive particulièrement dense voire impénétrable. Au niveau du tapis herbacé, ce sont les graminées qui dominent. Le couvert est plus ou moins important, avec quelquefois des tâches de sols nus entre la végétation herbacée. Les fourrés sont généralement situés sur et autour des termitières ou dans une dépression sur plateau. Ils couvrent une superficie de 54 ha soit 0,02%. Il faut noter aussi que dans le PNWN il existe des zones à structure très particulière difficile à être classées par rapport à la typologie adoptée. Ce sont le plus souvent des zones ayant un paysage anthropisé au niveau des vestiges des anciens villages. On y rencontre souvent des parcs à *Adansonia digitata*, *Acacia seyal* ou *Balanites aegyptiaca*. La formation à *Acacia seyal* avec 463 ha de superficie soit 0,2%, se répartit dans les vallées qui reçoivent des écoulements provenant des versants. Sa physionomie est dominée par *Acacia seyal* formant un peuplement monospécifique.

III. Discussion

La carte de végétation réalisée dans cette étude montre une diversité de types physionomiques qui s'explique par la complexité du paysage du Parc National du W du Niger. Cette complexité serait liée au changement des états de la végétation ligneuse et herbacée dû aux contraintes climatiques et aux activités anthropiques tels que les feux d'aménagement et le pâturage illégal. Cette carte de végétation, contrairement aux travaux cartographiques antérieurs, présente la particularité de faire ressortir les faciès des forêts claires qui existent dans la zone. En effet, dans cette aire protégée certains auteurs (Groben et Bello, 1980 ; Benoît, 1998 ; De Wispelaere, 2002 ; Rabeil, 2004) ont assimilé à tort ou à raison la forêt claire à ses faciès voisins (savane boisée et forêt galerie). Effectivement, la difficulté de la distinction des forêts claires par rapport aux autres formations boisées a été soulignée depuis Yangambi (Aubreville, 1957). Mais, c'est dans la perspective de fournir des données sur l'essentiel des faciès de végétation dans le cadre de la mise en place d'un plan d'aménagement global que nous avons jugé nécessaire de tenir compte de ce faciès dans cette étude. En effet, les forêts claires constituent un habitat particulier pour la faune dans cette aire protégée. Malheureusement, il résulte de la présente étude qu'elles se présentent en superficie très réduite (1428 ha soit 0,65) sous forme des îlots forestiers dans les savanes. Cette tendance est observée à travers tout l'Afrique où ces forêts claires couvrent environ 3 800 000 km² qui correspondent à 12 % de la superficie du continent (Malaisse, 1979). Cette formation végétale

est surtout représentée dans les domaines soudaniens et zambézien selon Bellefontaine *et al.* (1997). Au sud de l'équateur, les forêts claires constituent de vastes massifs forestiers, tandis qu'au nord elles forment des îlots généralement restreints et épars dans les savanes. Ces résultats sont en accord avec les travaux menés sur la végétation du parc W. En effet, Couteron *et al.* (1992) ont établi la typologie et la cartographie de la végétation du parc national et de la Réserve de faune de Tamou. A l'issue de ce travail, les auteurs ont rattaché la zone du parc au domaine des forêts claires et des savanes. Au Bénin, Nestor Sokpon *et al.* (2006) soulignent que les forêts claires occupent près de deux tiers de la superficie totale des formations forestières denses de la zone tropicale sèche du Bénin et proposent des bases techniques pour une gestion durable de ces formations forestières du Nord-Bénin. Bien avant, beaucoup d'auteurs ont apporté leurs contributions dans l'étude de la végétation des forêts claires. Ainsi, en Côte d'Ivoire septentrionale Adjanooun et Aké Assi (1967) ont fait un inventaire floristique des forêts claires subsoudanaises et soudanaises. Au Zaïre F. Malaise (1979) a apporté une contribution énorme sur l'analyse de l'écosystème forêt claire (connue sous le nom de Miombo) à travers des travaux menés dans le cadre du projet MIOMBO.

Il ressort de cette étude que dans le mosaïque forêts-savanes de la végétation du PNWN, les formations savanicoles sont bien représentées et couvrent 93305 ha soit 41% de la superficie ce qui confirme l'appartenance du Parc W à la zone de savanes ouest africaine. Cette forte proportion des savanes a été déjà soulignée par d'autres auteurs (Groben et Bello, 1980 ; Couteron *et al.*, 1992 ; De Wispelaere, 2002). Il faut signaler qu'il existe très peu ou pas des savanes herbeuses typiques cartographiables à la résolution spatiale des images utilisées (30 m). Dans la majorité des cas, il s'agit de savanes arbustives avec très peu des ligneux bas dispersés dans la strate herbacée fortement dominante. C'est ainsi, que nous avons préféré le terme de savane herbeuse à arbustive (De Wispelaere, 2002). A ce niveau les conditions édaphiques particulièrement pauvres avec des sols très peu profonds et une cuirasse sans fissure, rendent l'installation de ligneux difficiles (Wittig *et al.*, 2002). Ce sont les herbacées annuelles qui dominent et seuls quelques arbustes arrivent à se maintenir. On rencontre ce type de faciès généralement sur des plaines temporairement inondables et sur le "bowal". Ensuite viennent les brousses tachetées qui sont des formations très particulières, caractéristiques de la partie septentrionale du PNWN. C'est la végétation périodique du plateau à sol peu profond (Barbier, 2006). Plus au nord en dehors du parc, la brousse tachetée laisse place à un autre type de végétation contractée désigné par le terme brousse tigrée. Il s'agit de formations forestières où l'alternance en parallèle de bandes boisées sombres avec

des bandes claires évoquait le pelage d'un tigre à la photographie aérienne. Au Niger cette formation se répartit entre les 13ème et 15ème parallèles (Ambouta, 1997).

La formation à *Acacia seyal* a déjà fait l'objet d'étude phytoécologique dans le Parc W. Son écologie a été largement discutée par Mahamane (2005). Le substrat est déterminé par des sédimentations importantes en éléments fins, ce qui confère au sol une texture fine limoneuse à aspect noirâtre. L'existence de ce type de formation pourrait s'expliquer par la persistance de la sécheresse climatique et les activités anthropiques (pâturage illégal et anciennes occupations humaines) qui ont permis l'installation active des espèces sahéliennes dont *Acacia seyal* dans la zone soudanienne (Guinko, 1992).

L'importance de la superficie brûlée (37209 ha, soit 17%) peut s'expliquer par le fait que les images satellites utilisées sont prises au mois de novembre, période par excellence d'intense activité des brûlis dans le PNWN (Grégoire et Simonetti, 2008 et 2010).

Par ailleurs, une des difficultés majeure rencontrée a été la classification de certaines formes d'occupation du sol. Ce problème de zones « non classées » a déjà été évoqué par De Wispelaere pour le Parc Régional du W du fleuve Niger (De Wispelaere, 2002).

Conclusion partielle

L'obtention des résultats présentés dans ce chapitre a été possible grâce à l'utilisation de la méthode de numérisation sur écran relativement fastidieuse. Même si le plus souvent cette approche est soumise à des risques d'erreurs pendant la photo-interprétation de compositions colorées, elle donne cependant des résultats satisfaisants. Mais, elle nécessite au moins 15 sites d'observations sur le terrain par classe d'occupation du sol pour la validation. Il ressort des résultats que les écosystèmes du Parc National du W du Niger sont très diversifiés mais restent largement dominés par les faciès de savanes ce qui confirme son appartenance à la zone des savanes ouest africaines. La carte de végétation élaborée contribuera à la mise en place d'une base de données cartographique pour une bonne gestion des écosystèmes de cette aire protégée. Par ailleurs, elle présente la particularité d'avoir tenu compte de faciès des forêt claires, toujours ignorée ou classée dans les formations forestières voisines (forêt galerie et savane boisée). Ces forêts claires se trouvent actuellement en superficie très réduite sous forme des îlots forestiers dispersés dans les savanes. Il serait dès lors intéressant de connaître l'évolution spatio-temporelle de ces formations végétales dans la zone.

CHAPITRE III : DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FORETS CLAIRES

Introduction

La plupart des paysages de par le monde sont modifiés ou transformés par les activités humaines pour répondre aux besoins socioéconomiques des populations (Fahrig, 2003) sans compter les effets du changement global (Walker *et al.*, 1999), ce qui conduit à la fragmentation et à la perte d'habitats de la faune et de la flore. Ces phénomènes sont inquiétants pour la gestion de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes dans les aires protégées (Clerici *et al.*, 2007 ; Jérémy *et al.*, 2007). En Afrique de l'Ouest, les formes dominantes de perturbations qui contribuent à façonner la structure et la physionomie de la végétation (Hien *et al.*, 2002 ; Nicholson, 2005 ; Grégoire et Simonetti, 2010), au sein des aires protégées sont : les feux de brousse ; l'herbivorie et l'irrégularité de la pluviométrie. Devant une problématique aussi complexe, l'observation des mutations du paysage forestier au cours du temps s'impose afin d'estimer la nature de l'évolution des processus naturels et anthropiques pour une gestion durable des ressources naturelles.

L'analyse de la dynamique des formations forestières s'inscrit aussi dans le cadre des initiatives et stratégies d'atténuation des effets du changement climatique global, résultant de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En effet, il s'agit désormais de mieux gérer le couvert végétal, pour la séquestration de carbone (Williams *et al.*, 2008 ; Mbow, 2009). Aujourd'hui, l'utilisation de la télédétection et des données géospatiales pour la cartographie de la végétation et l'occupation des terres est devenue une activité courante des institutions intéressées par la gestion des ressources végétales (Achard *et al.*, 1996). L'imagerie satellitaire joue un rôle incontournable dans le processus de caractérisation et d'aménagement des écosystèmes. Dans le Parc National du W du Niger (PNWN), de nombreuses études adoptant des approches de télédétection et de SIG pour l'analyse de la dynamique d'écosystèmes sont réalisées (Couteron *et al.*, 1992 ; Benoît, 1998 ; De Wispelaere, 2002 ; Barbier *et al.*, 2006 ; Clerici *et al.*, 2007). Cependant, des données spécifiques sur la dynamique des forêts claires font défaut. Pourtant, ces dernières sont parmi des faciès les mieux structurés dans la zone qui offrent un habitat particulier à la faune sauvage. En effet, les forêts claires jouent un rôle capital dans la conservation de la biodiversité dans le PNWN en particulier et les aires protégées d'Afrique de l'ouest en général. Il est alors nécessaire d'analyser la dynamique spatio-temporelle de ce type de végétation. Ailleurs, dans d'autres pays d'Afrique tropicale, la thématique sur la dynamique des forêts claires a déjà fait l'objet d'études (Bassett *et* Zuéli, 2000 ; Sokpon *et al.*, 2006 ; Barima, 2009 ; Kossi *et al.*, 2009). Le plus souvent l'objectif est d'évaluer les impacts des exploitations humaines et les conséquences de la rigueur climatique sur cette formation

forestière. Dans certains cas, on assiste à une progression des forêts claires (Bassett et Zuéli, 2000) et dans d'autres, la dégradation de celles-ci a été observée (Kossi *et al.*, 2009). L'hypothèse de cette étude est que les variabilités climatiques combinées aux effets des feux d'aménagement et de l'herbivorie influencent négativement la dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le PNWN. Les objectifs poursuivis sont: (1) établir les cartes d'occupation des sols et des changements des états entre 1984 et 2002 en mettant l'accent sur les forêts claires, (2) estimer les superficies de ces forêts claires pour les deux dates et identifier les types d'évolution (stabilité, progression ou régression) de cet habitat.

I. Matériel et Méthodes

I.1. Données images

L'ensemble de la zone a pu être couverte par une mosaïque de 2 scènes Landsat (*Path* 192, *Rows* 051 et 052) pour chacune des dates considérées. Les images choisies sont acquises dans la même période de l'année afin de réduire les problèmes liés aux différences d'angles solaires, au changement phénologique de la végétation et à la différence d'humidité des sols. Ainsi, les deux images sont : une couverture ancienne TM du 23 novembre 1984 et une couverture ETM+ relativement récente du 17 novembre 2002. Les prises de vue du début de la saison sèche ont aussi l'avantage d'avoir un très faible taux de couverture nuageuse. Toutes les images sont issues de la base des données d'USGS (United State Geological Survey) acquise au niveau du Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) dans le cadre de sa collaboration avec le Laboratoire Garba Mounkaila de l'Université Abdou Moumouni (Niger).

I.2. Collecte des données de vérité terrain

Pour vérifier les résultats de la classification et apporter des précisions pour des zones difficiles à interpréter sur les compositions colorées, des données phytoécologiques ont été collectées sur le terrain. L'échantillonnage s'est fait sur la base d'une spacio-carte réalisée à partir des images Landsat ETM + de 2005 et la carte de végétation de De Wispelaere (2002). Au total, 335 sites ont été visités sur chacun le type de végétation selon la typologie de Yangambi (Aubreville, 1957) modifiée (De Wispelaere, 2002) pour la cartographie de la végétation. En même temps, les informations suivantes ont été collectées : les espèces végétales dominantes sur le plan physiognomique, les coordonnées géographiques des sites visités (à l'aide d'un GPS), la géomorphologie (plateau, versant, bas versant, bas fond, plaine,

bourrelet sableux), les états de surface du sol, la texture du sol, la présence de blocs de cuirasse, de blocs de grès, de gravillons et autres perturbations telles que les marques d'activités biologiques (turricules de vers, termitières, fourmilières), passage du feu et le pâturage illégal.

I.3. Traitement des images

Les images utilisées dans le cadre de ce travail ont été déjà géoréférencées (UTM, WGS 84), avec corrections radiométriques. Aucune correction n'a été faite dans le cadre de nos travaux, en dehors du mosaïquage des scènes et du lissage de la dynamique des images. Le mosaïquage de chacune de deux images s'est effectué par l'ajustement des valeurs radiométriques de la scène 1 (*Path 192, Row 051*) par rapport à la scène 2 (*Path 192, Row 052*) pour que la même valeur de réflectance représente la même classe d'occupation sur les 2 scènes. Par la suite, pour une question d'harmonie et afin de faciliter la superposition des images pour l'analyse diachronique, l'image de 1984 est recalée par rapport à celle de 2002, prise comme référence avec une erreur très faible (inférieure à un pixel). La méthode de classification dirigée (ou supervisée) par maximum de vraisemblance a été utilisée pour les deux images. Par ailleurs, pour éliminer les pixels isolés ou des petites zones non classifiées et pour homogénéiser les résultats de la classification thématique en vue de la phase de vectorisation, les images classifiées ont été filtrées. Le filtre est réalisé à partir d'une analyse majoritaire avec une taille de fenêtre de 3 x 3 pixels. Afin de vérifier la validité de la performance des classifications, les zones témoins représentant chacune des classes thématiques et les données de références collectées sur le terrain ont servi à effectuer le test de confusion. Le résultat du test donne pour chacune des images classifiées la matrice de confusion présentée sous forme d'un tableau à double entrée, la précision globale (la proportion des pixels bien classés calculée en pourcentage), le coefficient Kappa (le rapport entre le nombre de pixels bien classés et le total des pixels sondés) et les erreurs d'omission, EO (1) et de commission, EC (2). Le traitement d'images a été fait à l'aide du logiciel ENVI 4.3.

$$EO = \frac{\sum EO_j}{R_j} \quad (1)$$

$$EC = \frac{\sum EO_i}{R_i} \quad (2)$$

EO = Erreur d'omission
EC = Erreur de commission
R= la somme des totaux des rangées.

I.4. Analyses cartographiques

Après la vectorisation automatique, les résultats de la classification sont exportés en format vectoriel pour les traitements cartographiques à l'aide logiciel ArcGIS 9.3. Au cours de cette étape, les différentes classes thématiques définitivement retenues lors de la classification constituent la légende des cartes d'occupation réalisées. Neuf classes thématiques sont retenues : savane arbustive et brousse tachetée ; savane boisée et savane arborée ; forêts claires ; savane herbeuse à arbustive ; prairie et végétation aquatique ; eau libre ; végétation clairsemée sur affleurement rocheux ; galerie forestière et cordon ripicole et zone brûlée.

Le croisement de deux cartes d'occupation du sol de 1984 et de 2002 a permis d'établir la carte de l'évolution des forêts claires et des autres unités paysagères durant ces 18 années. Ce croisement a été réalisé en se basant sur une codification des classes de végétation et une comparaison des codes entre les deux cartes. Il s'agit d'une approche d'identification des changements à partir des changements de codes pour les vecteurs homologues. Ainsi, pour décrire ces changements d'occupation du sol intervenus entre 1984 et 2002, une matrice de transition a été réalisée. Cette matrice de transition entre les deux états (t_0 et t_1) est obtenue à partir des données issues des analyses statistiques conduites au niveau de chaque carte. Elle correspond à une matrice carrée décrivant de manière condensée, les changements d'état des classes thématiques pendant la période considérée (Bamba et *al.*, 2008). Les valeurs des colonnes et des lignes représentent des proportions des aires occupées par chaque classe d'occupation du sol à la date correspondante. Les colonnes de la matrice indiquent les états d'occupations des sols en 2002 et les lignes correspondent aux états en 1984. Par ailleurs, l'appréciation de processus de modification des forêts claires et des autres classes a fait intervenir l'analyse du nombre (N), de l'aire (a), et du périmètre de taches (P). Le nombre de taches est l'un des paramètres les plus importants pour décrire le paysage. Pour une classe, le nombre total de taches est la somme des taches qui composent cette classe. Quant à l'aire totale (exprimée en ha) d'une classe j , c'est la surface totale occupée par l'ensemble de ses taches i (3). Le périmètre total (P), de chaque classe (exprimé ici en km) est la somme des contours de chacune des taches (P_i) de cette classe(4).

$$a_j = \sum_{i=1}^n a_i \quad (3)$$

Avec a_i = surface occupée par une tache.

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

Ces trois éléments sont considérés comme étant les principaux éléments de la description de la configuration d'un paysage (Barima, 2009). En effet, ils interviennent dans l'identification du processus spatial responsable des changements des états à travers l'approche de l' « arbre de décision » utilisé en écologie du paysage (Bogaert et *al.*, 2004). L'arbre comporte les dix processus de transformation spatiale suivants :

- suppression : disparition d'une ou plusieurs taches ;
- création : formation de nouvelles taches ;
- déformation : changement de forme des taches sans changement de superficie ;
- dissection : subdivision des taches par des lignes de largeur uniforme et de petite dimension ;
- agrandissement : expansion de taille des taches ;
- fragmentation : rupture de la continuité en plusieurs taches disjointes, de formes et de tailles différentes ;
- perforation : formation de trous dans les taches ;
- déplacement : translocation d'une ou de plusieurs taches ;
- agrégation : fusion de taches
- rétrécissement : réduction de taille des taches.

Les paramètres d'entrées à introduire dans l' « arbre de décision » sont le nombre (N), l'aire (a) et le périmètre (P) de taches appartenant à une classe considérée. Dans cette étude ; ces paramètres ont été calculés pour chaque classe sur l'image de 1984 (N_{1984} , a_{1984} , et P_{1984}) et celle de 2002 (N_{2002} , a_{2002} , et P_{2002}) et la prise de décision se base sur la comparaison des valeurs de ceux-ci. Il est important de signaler que dans le cas où $N_{2002} > N_{1984}$ et $a_{2002} < a_{1984}$, il existe deux processus éventuels: fragmentation ou dissection. Alors, la conclusion a fait intervenir la comparaison de t au t_{obs} . Le choix de t est subjectif (avec $0 < t \leq 1$) mais t_{obs} est calculé (5). Nous avons adopté le seuil de $t = 0,5$ (Barima, 2009). Ainsi, lorsque $t_{obs} < 0,5$ on parlera de fragmentation et dans le cas où $t_{obs} > 0,5$, il s'agira d'une dissection.

$$t_{obs} = a_{2002}/a_{1984} \quad (5)$$

II. Résultats

II.1. Vérification de la classification

La discrimination entre les différentes classes thématiques (unités d'occupations des sols) est statistiquement significative pour les images de 1984 et 2002. En effet, les résultats de l'analyse de fiabilité sont dans l'ensemble très similaires avec des précisions globales variant de 92 à 96 % et des valeurs du coefficient Kappa élevées avec 0,90 et 0,98 respectivement pour 1984 et 2002 (Tableau 1).

Tableau 1: Valeurs de la précision globale et de coefficient kappa issues de la classification des images de 1984 et 2002.

Images Landsat	Précision globale (%)	Coefficient Kappa
1984	92	0,9
2002	96	0,98

Les matrices de confusion montrent globalement qu'il n'existe pas d'énormes confusions entre les classes tant lors de la classification de l'image de 1984 que celle de 2002 (Tableaux 2 et 3). Mieux, les forêts claires sont assez bien distinguées des autres classes. Dans les deux cas, plus de 80 % des pixels de la classe thématique (C) sont correctement classés. Cependant, quelques erreurs de commission et d'omission sont enregistrées : 30% et 19% en 1984 et 19,7 % et 10,9 % en 2002. Au niveau de l'image de 1984, les classes (I) et (G) présentent les plus faibles proportions des pixels correctement classés avec respectivement 60 % et 67 %. Aussi, 40 % et 33 % de pixels appartenant respectivement à (I) et (G) ont été incorrectement exclus de celles-ci, alors que dans le même ordre, des erreurs de commission de 76 % et 30 % sont observées. Par ailleurs, lors de la classification de 1984, la classe (D) a connu une erreur de commission de 50%. Il faut noter aussi que, les classes (A) et (B) ont enregistré des erreurs de commission très faibles à nulles (0 % à 2 %) au niveau de deux images.

Tableau 2: Matrice de confusion et les erreurs d'omission et de commission issues de test de précision de la classification des images de 1984.

	Classes thématiques	Données de référence									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	Omission (%)
Image classifiée en 1984	A	91	0	0	0	0	0	0	0	1	9
	B	9	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	81	1	0	0	4	0	32	19
	D	1	0	0	94	2	3	0	0	4	6
	E	0	0	0	1	95	4	0	10	0	5
	F	0	0	0	0	3	87	30	1	0	13
	G	0	0	7	5	0	5	67	0	3	33
	H	0	0	0	0	0	0	0	89	0	11
	I	0	0	12	0	0	0	0	0	60	40
	Commission (%)	0	2	30	50	13	2	76	0	18	

A Eau

B Zone brûlée

C Forêts claires

D Galerie forestière et cordon ripicole

E Savanes arbustives et brousse tachetée

F Savane boisée et savane arborée

G savane herbeuse à arbustive

H Végétation clairsemée sur affleurement rocheux

I Prairie et végétation aquatique

Tableau 3: Matrice de confusion et les erreurs d'omission et de commission issues de test de précision de la classification des images de 2002.

		Données de référence									Omission (%)	
		A	B	C	I	F	G	H	E	D		
Image classifiée en 2002	Classes thématiques	A	B	C	I	F	G	H	E	D	Omission (%)	
	A	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	89	4	0	3	0	0	0	0	11
	I	0	0	0	95	2	2	0	0	0	0	5
	F	0	0	0	0	91	5	0	0	1	0	9
	G	0	0	11	0	0	91	0	0	0	0	9
	H	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	8
	E	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	D	0	0	0	1	7	0	0	0	0	99	1
Commission (%)	0	0	20	23	1	4	7	2	35			

- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | Eau | F | Savane boisée et savane arborée |
| B | Zone brûlée | G | savane herbeuse à arbustive |
| C | Forêts claires | H | Végétation clairsemée sur affleurement rocheux |
| D | Galerie forestière et cordon ripicole | I | Prairie et végétation aquatique |
| E | Savanes arbustives et brousse tachetée | | |

II.2. Etat d'occupation des sols en 1984 et 2002

Neuf unités d'occupation des sols ont été retenues. Les cartes d'occupation des sols sont illustrées au niveau des figures 9 et 10. La carte de 1984 fait ressortir une faible représentation de forêts claires (1%) avec par contre une prédominance des formations savaniques dans la zone d'étude (Figure 9). La même tendance est observée sur la carte de 2002 (Figure 10). Mais à ce niveau, la superficie des forêts claires est plus importante (2,7%). Dans les deux cas, les forêts claires sont de faible étendue par rapport aux autres formations forestières

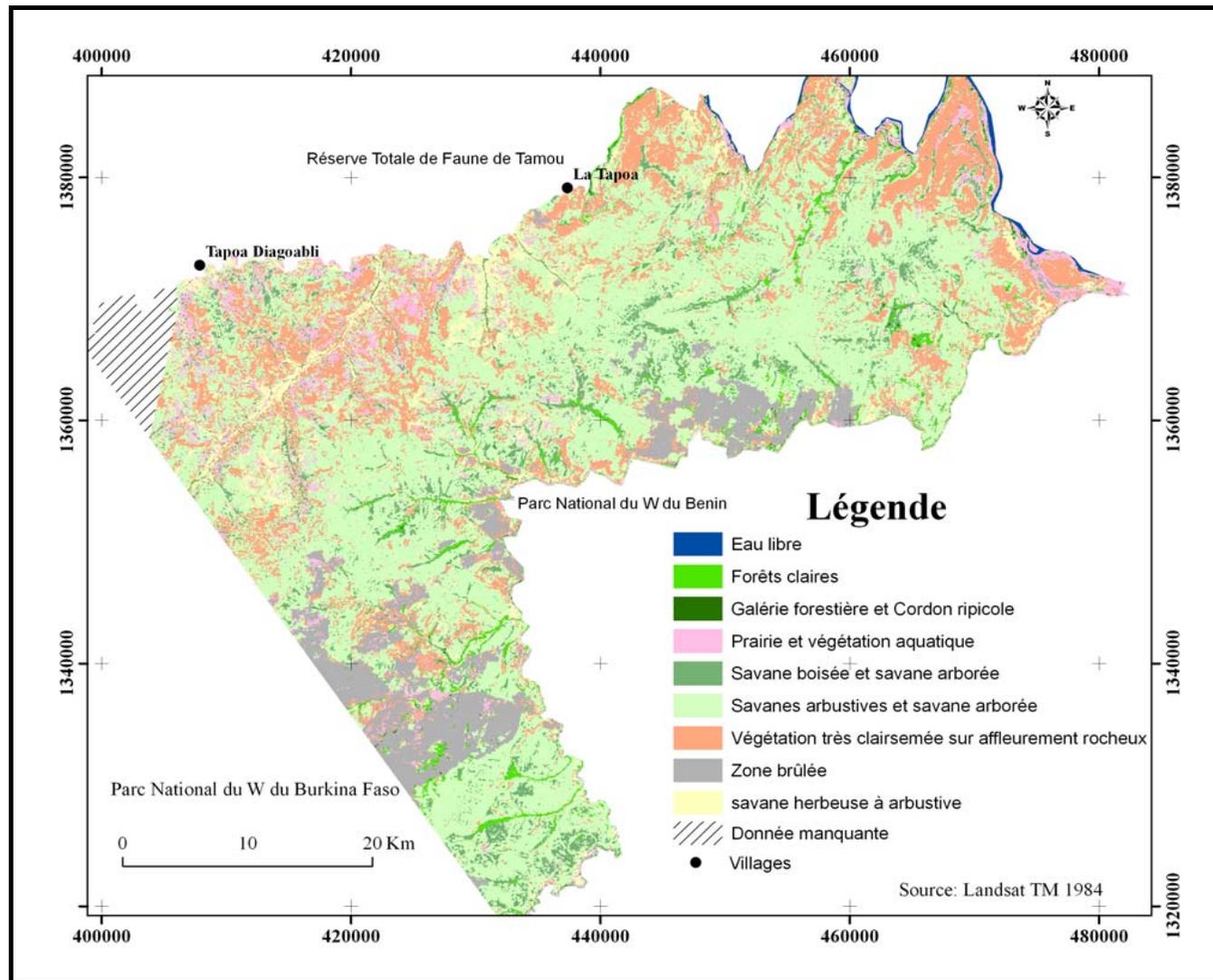


Figure 9: Carte d'occupation des sols en 1984 dans le Parc National du W du Niger.

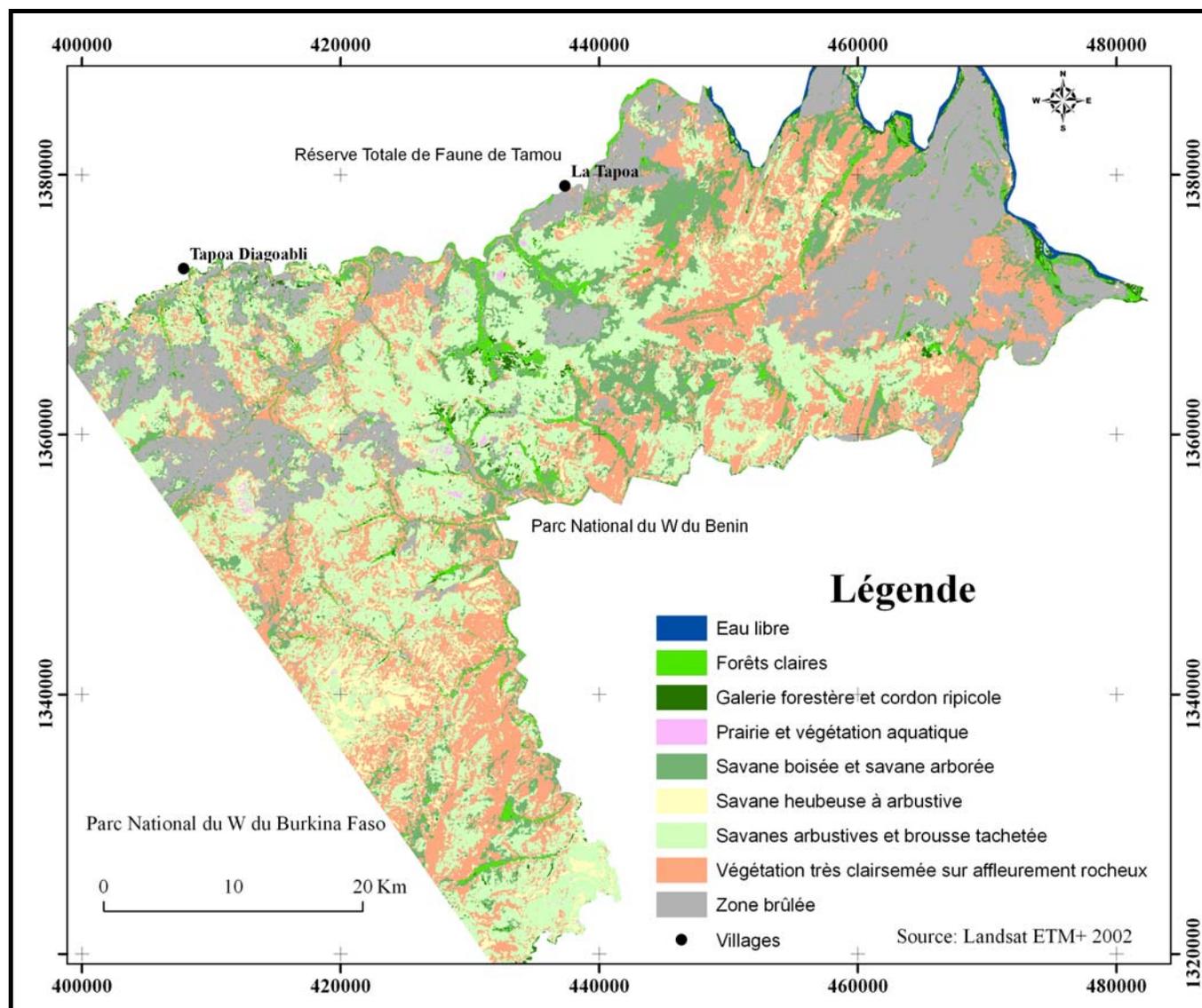


Figure 10: Carte d'occupation des sols en 2002 dans le Parc National du W du Niger.

II.3. Détection des changements spatio-temporels

La carte de changement d'état est réalisée par le croisement de deux cartes d'occupation des sols de 1984 et 2002 (Figure 11). Celle-ci illustre des cas de stabilité et surtout de progression des forêts claires dans le PNWN au cours de la période considérée. Toutefois, il existe aussi, de très rares cas de régression par endroit.

L'analyse de la matrice de transition de l'occupation du sol (en pourcentage) entre les deux images a permis de quantifier les changements survenus (Tableau 4). En effet, le taux des forêts claires (C) a augmenté, passant de 1% en 1984 à 2,7 en 2002 soit un taux de 1,7% de la superficie totale de la zone d'étude. Cette augmentation provient de la transformation des autres formations en forêts claires. Il s'agit principalement de : la classe de savane boisée et savane arborée (0,9%) et la classe de savanes arbustives et brousse tachetée (0,5%). Parallèlement, il est enregistré 0,5% de (C) resté stable entre les deux dates. Il a été aussi enregistré un processus de conversion des forêts claires en savane boisée et arborée (0,2%), galerie forestière et cordon ripicole (0,1%) et savanes arbustives et brousse tachetée (0,1%). L'augmentation de proportions est également constatée au niveau des autres classes thématiques. Le cas le plus remarquable est celui de la classe de végétation clairsemée sur affleurement rocheux qui a presque doublé passant de 12,7% en 1984 à 24% 2002. Il faut noter aussi que la surface brûlée est passée de 7% en 1984 à 20,7% en 2002. Par contre, certaines unités du paysage ont plutôt enregistré une réduction de leur superficie. Il s'agit entre autres de savane herbeuse à arbustive et savanes arbustives et brousse tachetée avec respectivement 10% et 51,8% en 1984 et 4,1% et 20,7% en 2002 (Tableau 4).

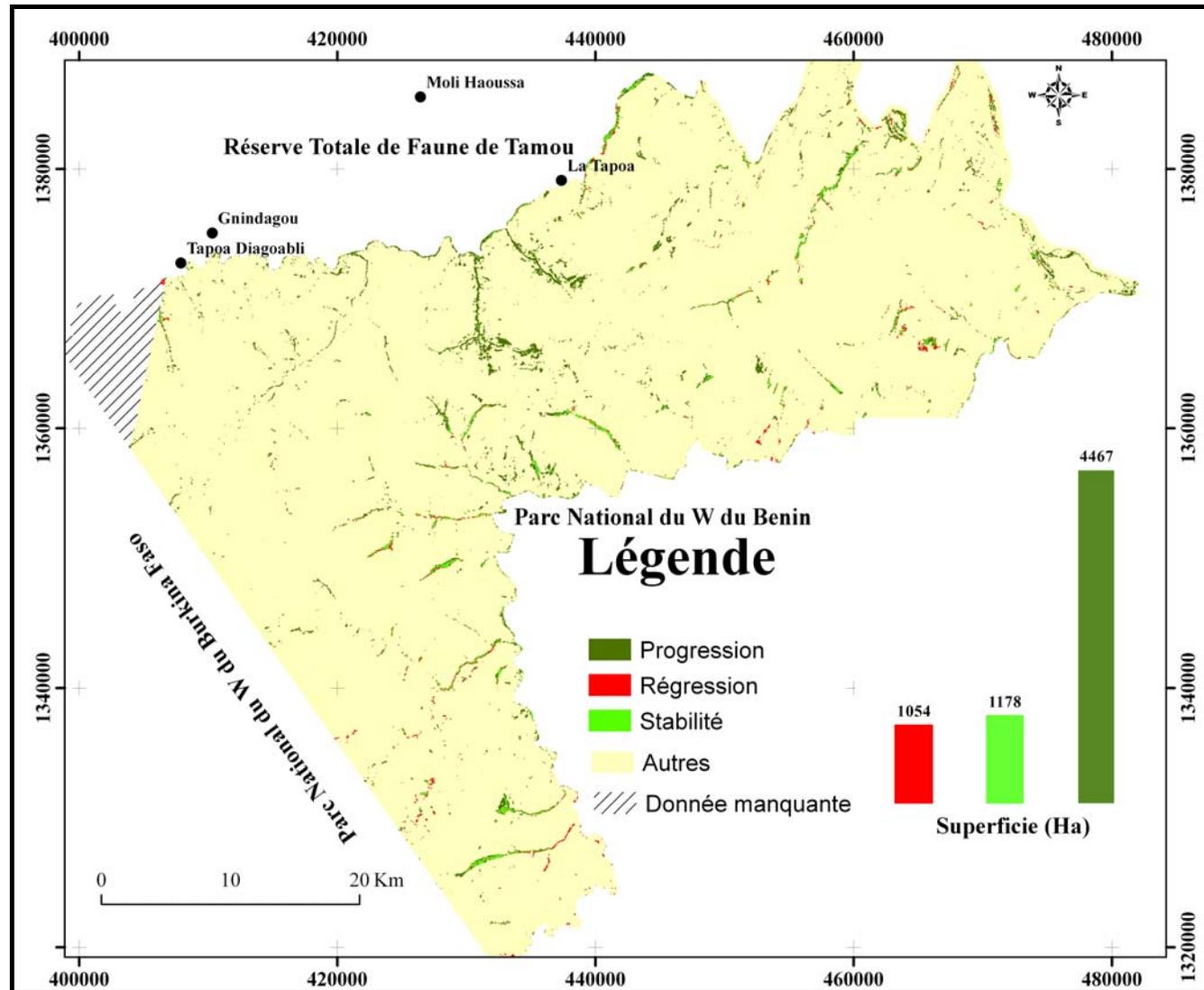


Figure 11: Carte de changement d'état des forêts claires entre 1984 et 2002 dans le Parc National du W du Niger.

Tableau 4: Matrice de transition de l'occupation du sol (en pourcentage) entre 1984 et 2002 dans le Parc National du W du Niger.

		2002									
Classes thématiques		A	B	C	D	E	F	G	H	I	Totaux
1984	A	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
	B	0,0	3,0	0,1	0,0	2,2	0,8	0,7	0,2	0,0	7,0
	C	0,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0
	D	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	E	0,0	9,3	0,5	0,3	18,4	6,6	1,4	15,3	0,1	51,8
	F	0,0	1,2	0,9	0,2	5,5	3,2	0,1	2,2	0,0	13,3
	G	0,0	2,4	0,2	0,0	2,8	1,2	0,8	2,5	0,1	10,0
	H	0,0	4,4	0,1	0,0	2,9	0,9	1,0	3,4	0,0	12,7
	I	0,1	0,4	0,4	0,4	0,8	0,7	0,1	0,4	0,0	3,3
	Totaux	0,7	20,7	2,7	1,2	32,8	13,6	4,1	24,0	0,2	100

- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | Eau | F | Savane boisée et savane arborée |
| B | Zone brûlée | G | savane herbeuse à arbustive |
| C | Forêts claires | H | Végétation clairsemée sur affleurement rocheux |
| D | Galerie forestière et cordon ripicole | I | Prairie et végétation aquatique |
| E | Savanes arbustives et brousse tachetée | | |

Le tableau 5 récapitule les différents paramètres de structure spatiale (N, a et P) calculés pour les différentes classes en 1984 et en 2002. Ces paramètres ont permis de détecter les changements de la structure spatiale du paysage du Parc entre les deux dates. Pour les classes de forêts claires, de zone brûlée, de l'eau libre et de galerie forestière et cordon ripicole on a : $N_{2002} > N_{1984}$ et $a_{2002} > a_{1984}$, donc il y'a eu une création des nouvelles taches. Au niveau, des classes de savanes arbustives et brousse tachetée (E) et savane herbeuse à arbustive (G), on trouve que : $N_{2002} > N_{1984}$ et $a_{2002} < a_{1984}$. Dans ces conditions il y'aurait eu une fragmentation ou une dissection. Mais, dans les deux cas $t_{obs} > 0,5$ (0,6 et 0,9 respectivement pour E et G), alors ces classes ont subi le processus de dissection entre 1984 et 2002. Par contre, pour les classes de savane boisée et savane arborée (F), de végétation très clairsemée sur affleurement rocheux (H) et prairie et végétation aquatique (I), on a : $N_{2002} < N_{1984}$, ce qui implique qu'il y'a eu le processus de suppression au niveau de ces

classes. On remarque que : les processus d'agrégation, d'agrandissement, de déformation, de fragmentation, de déplacement, de perforation et de rétrécissement n'ont pas été observés dans cette étude.

Tableau 5: Nombre (*N*), surface (*a*) et périmètre (*P*) des différentes classes d'occupation du sol dans le Parc National du W du Niger entre 1984 et 2002.

		Classes thématiques								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
1984	<i>N</i>	6	1644	2203	865	6046	8789	4031	8625	9702
	<i>a</i> (ha)	1028	22617	4088	560	114791	16227	10068	41260	13666
	<i>P</i> (km)	169	2443	1469	324	15048	5821	3029	9212	5436
2002	<i>N</i>	53	2276	2643	1984	6844	7056	2861	7181	472
	<i>a</i> (ha)	1473	41148	6041	2721	73428	30492	9108	59343	551
	<i>P</i> (km)	200	4892	1997	1090	10616	7325	2282	10778	231

- | | |
|---|--|
| A Eau | F Savane boisée et savane arborée |
| B Zone brûlée | G savane herbeuse à arbustive |
| C Forêts claires | H Végétation très clairsemée sur affleurement rocheux |
| D Galerie forestière et cordon ripicole | I Prairie et végétation aquatique |
| E Savanes arbustives et brousse tachetée | |

III. Discussion

Les valeurs de coefficient Kappa variant entre 0,90 et 0,98 respectivement pour 1984 et 2002 prouvent que les classifications réalisées sont fiables si l'on se réfère à l'échelle de Landis et Koch (1977a). L'examen des résultats de la matrice de confusion classe par classe confirme qu'au niveau de deux images, il n'y a pas eu globalement de fortes confusions entre les classes. Cela s'explique d'une part, par la qualité des images et d'autre part, par le choix des classes thématiques. En effet, le choix des classes de végétation est basé non seulement sur les valeurs radiométriques des classes, mais aussi sur le choix des zones d'entraînement. C'était un compromis entre la qualité spatiale des images, la complexité du paysage de la zone et les résultats statistiques. Les données de terrain récoltées lors de vérité terrain et la connaissance de la zone d'étude ont facilité les analyses et l'interprétation visuelle des images.

L'analyse de la dynamique de changement a fait ressortir un processus de création de nouvelles taches des forêts claires conduisant à l'augmentation de superficie de celles-ci entre 1984 à 2002. Cette augmentation de superficie provient du boisement de savane boisée et savane arborée et de savanes arbustives et brousse tachetée. En absence d'activités humaines de reconstitution des forêts claires dans la zone, cette augmentation des superficies pourrait s'expliquer principalement par l'effet de la protection. De plus, il se trouve que dans le PNWN, les forêts ne brûlent généralement pas, sauf en années très sèches ou en cas de forte fréquence du feu, où celui-ci arrive à pénétrer localement grâce à la litière (Benoît, 1998 ; Mahamane, 2006). Cette dynamique de la constitution des forêts claires est également à mettre en relation avec leur position topographique le long des vallées et talwegs qui atténue les effets de sécheresse sur ce type de végétation (Saâdou, 1990). Toutefois, cette augmentation de superficie des forêts claires reste relative dans la mesure où l'on constate que ce sont les formations minoritaires qui ont les taux de changement les plus forts (Forêts claires, galerie forestière et cordon ripicole, eau libre...). En effet, il ressort des analyses de la précision que l'erreur de précision associée aux changements des petites superficies est beaucoup plus grande que celle associée aux changements des grandes superficies. De plus, la résolution de 30 m des données LANDSAT utilisées peut constituer une limite dans l'analyse spatiale. Cette résolution (30m) pourrait avoir une influence sur la précision de la classification des classes de petites superficies telle que les forêts claires (Bamba, 2010), surtout que, certaines forêts claires sont d'extension spatiale très faible.

Par ailleurs, en considérant la dynamique des autres classes dans la zone, la classe de végétation clairsemée sur affleurement rocheux a connu un accroissement très important passant de 12,7% à 24%. Cette situation peut être considérée comme une forme de dégradation de la végétation de la zone explorée. Parce que, l'augmentation de la superficie de cette formation s'est effectuée au détriment principalement des savanes arbustives et brousse tachetée (15,3%). D'autres formations ont aussi connu le phénomène de dégradation dans une moindre mesure. Il s'agit de : prairie et végétation aquatique et savane herbeuse à arbustive. La transformation des superficies de ces formations peut être expliquée par l'impact des feux de végétation. En effet, ce sont les faciès de savane qui brûlent le plus, dans le PNWN et cela se confirme par une augmentation de la surface brûlée entre les deux dates passant de 7% à 20,7% de la superficie totale du Parc. D'autre part, les impacts du feu pourraient être amplifiés par l'herbivorie. En effet, l'exploitation de la végétation par les herbivores modifie considérablement la structure de celle-ci et la rend parfois vulnérable

vis-à-vis du feu de végétation (Hibert et *al.*, 2010). Clerici et *al.* (2007), a déjà signalé la réduction des savanes arbustives dans le complexe WAP et la zone périphérique entre 1984 et 2002.

Le constat sur l'augmentation de la superficie des forêts claires a été également signalé dans la région de Korhogo en Côte d'Ivoire (Bassett et Zuéli, 2000). Selon les auteurs, cette dynamique est due à l'existence d'une faible pression anthropique et d'une prédominance des feux précoces dans la zone. Toutefois, la sécheresse et les activités humaines ont le plus souvent entraîné la dégradation du couvert végétal surtout en milieu anthropisé (Chappell et Agnew, 2004 ; Dai et *al.*, 2004 ; Nicholson, 2005 ; Fall et *al.*, 2006 ; Camberlin et *al.*, 2007 ; Kossi et *al.*, 2009). De façon globale, la végétation du PNWN ne fait pas exception. Cependant, le processus de changement est variable selon la formation considérée. Par conséquent, par rapport à la question de la dynamique de la végétation, il faut prendre chaque situation à part et analyser les tendances en fonction du statut de la zone, du type de formation végétale considérée et des interventions en cours (Achard et *al.*, 1996 ; Mbow, 2009).

Conclusion partielle

Le suivi de la végétation dans les régions semi-arides s'impose tant aux décideurs politiques, aux acteurs du développement qu'aux scientifiques. Alors, il est nécessaire que des investigations soient réalisées périodiquement sur chaque type de végétation à toutes les échelles. Au cours de cette étude, la cartographie de l'état de changement de l'occupation des sols dans le Parc National du W du Niger entre 1984 et 2002 a révélé quelque modification du paysage de la zone. Il ressort que les formations végétales ont enregistré des dynamiques variables d'une classe thématique à une autre pendant cette période. En effet, trois processus de changement du paysage ont été enregistrés. Ce sont : la création, la suppression et la dissection. Ces changements sont principalement dus à des perturbations liées aux feux et à l'herbivorie. Malheureusement, cette modification des écosystèmes du PNWN n'est pas sans conséquence sur la conservation de la biodiversité. Néanmoins, la tendance à la constitution de certains faciès de végétation dont les forêts claires, pourrait servir d'indicateur de la bonne protection du Parc National du W du Niger vis-à-vis des exploitations forestières. L'augmentation de superficie des forêts claires entre les années 1984 et 2002, observée sur les images de Landsat permet de soulever d'autres problématiques sur les attitudes à adapter vis-à-vis de l'interprétation de la dynamique de la

végétation en rapport avec le contexte de changement et variabilité au quel on rattache la responsabilité d'être le moteur de tout les événements environnementaux. Ce résultat montre que les conséquences d'une pluviométrie irrégulière et le passage régulier et répété du feu ont certes contribué à la fragmentation du paysage du Parc National du W du Niger, mais n'ont pas eu un effet négatif sur les forêts claires jusqu'en 2002. Toutefois, il reste évident que, dans ce genre d'étude, en particulier sur les impacts de la variabilité climatique sur un type de végétation, surtout dans la région sahélienne, le changement pourrait intervenir d'abord au niveau de la structure et de la composition de floristique des communautés végétales avant d'être perceptible à l'échelle spatiale. Ainsi, des analyses floristiques et phytocologiques ainsi que des inventaires dendrométriques doivent être menés sur la végétation des forêts claires du Parc National du W.

CHAPITRE IV: ANALYSES FLORISTIQUE ET PHYTOSOCIOLOGIQUE

Introduction

La région subsaharienne est confrontée à des difficultés de toute sorte dont les plus remarquables semblent être les déficits et les variabilités pluviométriques (Ozer *et al.*, 2003; Dai *et al.*, 2004). Dans cette zone, les systèmes d'exploitation des ressources naturelles et le mode d'occupation de terres couplés aux changements climatiques, ont provoqué des modifications majeures au niveau des écosystèmes arides. On assiste de plus en plus à une dégradation de la biodiversité à toutes les échelles. Pourtant, cette dernière joue un rôle capital dans la vie socioéconomique de la population (Sunderlin *et al.*, 2005). Face à la régression de la biodiversité dans les espaces anthropisés, les aires protégées constituent actuellement des sites refuges pour les espèces (Kokou *et al.*, 2005 ; Mahamane, 2006). Au Niger, le Parc National du W constitue la plus grande aire protégée hébergeant environ 80% de la biodiversité du pays. Dans la zone du W d'énormes travaux ont été conduits sur la flore et la végétation (Saâdou, 1990 ; Boudouresque, 1995 ; Mahamane, 2005 ; Barbier, 2006 ; Diouf, 2010 et Inoussa, 2008). Néanmoins, des analyses spécifiques sur la végétation de forêts claires n'ont pas été abordées jusqu'ici. Pourtant, ce type de formation végétale est l'un des faciès les mieux structurés du parc offrant ainsi un habitat particulier pour la faune sauvage riche et variée. Par ailleurs, les principales espèces structurantes de ces formations forestières (*Anogeissus leiocarpa*, *Pterocarpus erinaceus*) sont pour la plupart en mortalité notoire pratiquement dans toute la zone soudano-sahélienne (Kambou *et al.*, 1995 ; Mahamane, 2005 ; Ouédraogo *et al.*, 2006 ; Mahamane *et al.*, 2007). De ce fait, on assiste à une menace inquiétante sur la conservation de la biodiversité globale en Afrique de l'ouest en général et au Niger en particulier. Malheureusement, dans le cas du PNWN, l'absence des données sur les forêts claires fragilise les efforts de conservation et rend difficile et problématique la mise en place d'un plan d'aménagement global des écosystèmes. Il est dès lors important d'analyser le devenir de ce type d'habitat. Le présent chapitre fait le point sur les caractéristiques floristique et phytosociologique de la végétation de forêts claires dans le Parc National du W du Niger. Il s'agit spécifiquement :

- de déterminer la composition floristique des forêts claires ;
- d'évaluer la phytodiversité des forêts claires et ;
- d'identifier et caractériser les groupements des forêts claires en présence.

I. Matériel et Méthodes

I.1. Relevés phytoécologiques

D'abord des relevés phytosociologiques ont été réalisés selon la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932) sur la base de l'homogénéité floristique et écologique des stations (Gounot, 1969). Cette méthode permet de décrire les communautés végétales et de comprendre l'organisation spatio-temporelle sur le plan quantitatif et qualitatif des espèces constituantes (Houinato, 2001). Elle a été appliquée par plusieurs auteurs dans l'étude de la végétation intertropicale, notamment africaine (Oumorou, 2003; Mahamane, 2005 ; Ouédraogo, 2009 ; Morou, 2010). Les relevés phytosociologiques ont été effectués sur des placettes de 900 m² (30 m sur 30 m) installées suivant un échantillonnage orienté (dans les forêts claires seulement). Ainsi, sur chaque placette délimitée, les espèces rencontrées (ligneuses et herbacées) sont recensées et chacune affectée d'un coefficient d'abondance-dominance correspondant à la fréquence et au poids de l'espèce au sein de la phytocénose (Guinochet, 1973). Les coefficients d'abondance- dominance sont attribués aux espèces suivant les critères établis par Braun-Blanquet (1932) d'après l'échelle suivante :

5 : espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du relevé ;

4 : espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé ;

3 : espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé ;

2 : espèce couvrant 5 à 25 % de la surface du relevé ;

1 : espèce couvrant 1 à 5 % de la surface du relevé ;

+ : espèce couvrant moins de 1 % de la superficie du sol.

Les recouvrements moyens (RM) correspondant à chaque classe d'abondance-dominance sont :

5 : espèce à recouvrement moyen de 87,5 % ;

4 : espèce à recouvrement moyen de 62,5 % ;

3 : espèce à recouvrement moyen de 37,5 % ;

2 : espèce à recouvrement moyen de 15 % ;

1 : espèce à recouvrement moyen de 3 %.

+ : espèce à recouvrement moyen de 0,5 %.

En même temps au niveau de différents sites, les types biologiques des espèces ont été notés suivant la typologie de Raunkier (1934). Par ailleurs, dans chaque placette ayant fait l'objet des relevés phytosociologiques, en plus de la description floristique, d'autres informations écologiques sont notées : la localisation de la station, les états de surface selon Casenave et Valentin (1990), la pente, la géomorphologie et les textures des sols.

Il faut noter que les relevés ont été effectués en fin de la saison des pluies (Septembre-Octobre), période correspondant à la phase de maturation de la majorité des espèces constituant les communautés herbacées. En effet, c'est le moment favorable de l'observation des plantes au moins au stade floristique (Saâdou, 1990). Ce qui a facilité la détermination de nos échantillons d'herbier. L'identification des plantes a été faite soit directement sur le terrain, soit à partir des échantillons d'herbier récoltés et conservés au laboratoire GARBA Mounkaila à la Faculté des Sciences de l'Université ABDOU MOUMOUNI de Niamey. La détermination a été faite à l'aide de la Flora of West Tropical Africa (Hutchinson et Dalziel, 1954, 1958, 1963, 1968, 1972), des flores du Sénégal (Berhaut, 1967, 1971 – 1979) et de la flore analytique du Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006). Nos propositions sont ensuite vérifiées à l'herbier de l'Université de Ouagadougou logé au Centre d'Information en Biodiversité. La nomenclature des espèces suit celle de Hutchinson et Dalziel (1954-1972) et Lebrun et Storck (1991-1997).

I.2. Analyse des données phytoécologiques

I.2.1 Types biologiques

Les types biologiques désignent les diverses silhouettes végétales reconnues jadis par Raunkiaer (1934) mettant en parallèle, l'aspect de chaque plante à la bonne saison et durant la mauvaise saison (Oumorou, 2003).

Dans ces travaux, les types (= formes) biologiques utilisés sont ceux définis d'après la classification de Raunkiaer (1934) aménagés pour l'étude des formations végétales intertropicales par divers auteurs dont entre autres Guillaumet (1967) et Schnell (1971). Il s'agit notamment des:

- Thérophytes (Th) : plantes annuelles, sans organes végétatifs persistants et se propageant d'année en année au moyen de graines. On distingue parmi eux :
 - Thérophytes dressés (Thd) ;
 - Thérophytes prostrés (Thpr).
- Hémicryptophytes (H) : plantes dont les pousses ou bourgeons de remplacement sont situés au niveau du sol. Ils sont subdivisés en :
 - Hémicryptophytes rhizomateux (Hér) ;
 - Hémicryptophytes bulbeux (Héb).
- Géophytes (G) : plantes dont les pousses ou bourgeons persistants sont abrités dans le sol durant la mauvaise saison. Ils sont subdivisés en :

- Géophytes bulbeux (Géb) ;
- Géophytes suffrutescents (Gés) ;
- Géophytes rhizomateux (Grh) ;
- Géophytes tubéreux (Gét).
- Hydrophytes (Hy) : plantes aquatiques dont les bourgeons persistants sont situés au fond de l'eau et dont le cycle de vie se passe entièrement dans l'eau. Elles ne supportent généralement pas une exondation assez prolongée ;
- Hélophytes (Hél) : plantes dont une partie du cycle de vie se passe dans l'eau ; mais elles peuvent cependant supporter une exondation assez prolongée. Ces plantes sont généralement enracinées et dressées ; leur appareil végétatif est au dessus de la surface de l'eau ainsi que les organes reproducteurs.
- Chaméphytes (Ch) : plantes dont les bourgeons ou les extrémités des pousses persistantes sont situés à proximité du sol, sur des rameaux rampants ou dressés. Ils sont subdivisés en :
 - Chaméphytes dressés (Chd) ;
 - Chaméphytes prostrés (Chpr) ;
 - Chaméphytes rampants (Chrp) ;
 - Chaméphytes grimpants (Chgr).
- Phanérophytes (Ph) : plantes dont les pousses ou les bourgeons persistants sont situés sur les axes aériens plus ou moins persistants. Ils se repartissent en :
 - Mégaphanérophytes (MgPh) : arbres de plus de 20 m de haut ;
 - Mésophanérophytes (MsPh) : arbres de 7 à 20 m de haut ;
 - Microphanérophytes (McPh) : arbustes de 2 à 6 m de haut ;
 - Nanophanérophytes (NnPh) : sous-arbustes de 0,4 à 2 m de haut ;
 - Phanérophytes lianescentes (Phgr) : plantes volubiles, à vrilles, à racines crampons.

I.2.2. Types phytogéographiques

Les phytochories sont basées sur la richesse de leurs flores endémiques au niveau des espèces. Par exemple, un Centre régional d'endémisme est une phytochorie qui possède à la fois plus de 50 % de ses espèces confinées à son territoire et un total de plus de 1 000 espèces endémiques. Toutes les phytochories désignées comme centres régionaux d'endémisme semblent répondre à ces critères, à l'exception de la Région soudanienne, dont le statut est toujours incertain (White, 1986).

Les types phytogéographiques retenus dans nos travaux ont été adoptés en accord avec les subdivisions chorologiques généralement admises pour l'Afrique (White 1983). Ces types phytogéographiques sont déjà largement utilisés (Sinsin, 1993 ; Houinato, 2001 ; Oumorou, 2003 ; Mahamane, 2005 ; Ouédraogo, 2009 ; Morou, 2010).

Il s'agit de :

➤ **Espèces à large distribution :**

- Cosmopolites (Cos): espèces distribuées dans les régions tropicales et tempérées du monde
- Afro-américaines (AA): espèces répandues en Afrique et en Amérique ;
- Pantropicales (Pan): espèces répandues en Afrique, en Amérique et en Asie tropicales ;
- Paléotropicales (Pal): espèces réparties en Afrique tropicale, en Asie tropicale, à Madagascar et en Australie ;

➤ **Espèces plurirégionales africaines** (espèces à distribution limitée au continent africain)

- Afro malgaches tropicales (AM): espèces distribuées en Afrique et à Madagascar;
- Afro tropicales (AT) : espèces répandues dans l'Afrique tropicale ;
- Plurirégionales (PA) : espèces dont l'aire de distribution s'étend à plusieurs centres régionaux d'endémisme ;
- Soudano-zambéziennes (SZ): espèces distribuées à la fois dans les centres régionaux d'endémisme soudanien et zambézien ;
- Guinéo-congolaises (GC) : espèces distribuées dans la région guinéenne.

➤ **Elément-base**

- Soudaniennes (S) : espèces largement distribuées dans le centre régional d'endémisme soudanien.

I.2.3. Diversité spécifique et équitabilité

a. Indice de diversité de Shannon et Weaver (1949)

Cet indice a été calculé sur la base de la formule suivante (1):

$$\mathbf{H} = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

p_i (compris entre 0 et 1) est la proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce i dans le groupement ; $p_i = n_i / \sum n_i$; avec n_i comme recouvrement moyen de l'espèce i et $\sum n_i$ comme recouvrement total de toutes les espèces.

L'indice de Shannon et Weaver (1949) varie à la fois en fonction du nombre d'espèces présentes et en fonction de la proportion relative du recouvrement des diverses espèces. Il s'exprime en "bits par individu".

b. Indice d'Équitabilité de Pielou (1966)

L'équitabilité est une mesure du degré de diversité atteint par le peuplement, et correspond au rapport entre la diversité effective (H) et la diversité maximale théorique (H_{\max}). La diversité maximale ou l'équirépartition (Ramade, 1994 *in* Oumorou, 2003) correspond au cas où toutes les espèces sont représentées chacune par le même nombre d'individus ou ont le même recouvrement (le contexte actuel), et est alors égale au log de base 2 du nombre de taxons, soit $\log_2 S$.

L'équitabilité varie entre 0 et 1 ; elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus ou le même recouvrement. Par ailleurs, pour qu'une espèce apporte une contribution maximale à l'entropie de l'ensemble, il faut que sa probabilité soit voisine de 0,37, soit environ 0,53 bits. La formule utilisée est (2) :

$$\mathbf{R} = H/H_{\max} = H / \log_2 S \quad (2)$$

I.2.4. Classification et ordination des relevés

Pour l'identification des groupements floristiques, nous avons constitué une matrice de 32 relevés X 179 espèces. D'abord une classification hiérarchique ascendante a été appliquée pour la classification des relevés à l'aide du logiciel MVSP 3.1. Ensuite

l'ordination des relevés a été abordée par les techniques d'analyses multivariées. Il s'agit de la méthode d'analyse PCA (Principal Correspondance Analysis) disponible dans le logiciel PCord 5. L'identification des espèces caractéristiques a été rendue possible en utilisant la méthode de « Indicator Species Analysis » à travers le même logiciel. Cette méthode développée par Dufrene et Legendre (1997) assigne une valeur indicatrice à chaque espèce dans les groupes de relevés identifiés. Même si la notion d'espèce indicatrice est plutôt reliée à une approche écologique fondée sur l'étude des relations entre les espèces et le milieu (Dévineau, 2001), elle a, dans notre cas, la valeur d'espèce caractéristique du fait que la détermination des espèces indicatrices à travers la méthode de Dufrene et Legendre (1997) est basée uniquement sur la composition floristique. Cette méthode est de plus en plus utilisée dans les études phytosociologiques (Ouedraogo, 2009 ; Inoussa et *al.*, 2010). Cette approche présente l'avantage de combiner à la fois la fréquence et l'abondance (ou le recouvrement) pour évaluer le caractère indicateur des espèces. En d'autres termes le degré de liaison de ces espèces aux différents groupes floristiques. Ainsi, après avoir identifié les groupes de relevés par la PCA, nous avons réorganisé la première matrice brute de relevés X espèces où seulement les relevés sont rangés par groupements identifiés. La valeur indicatrice (IndVal) pour chaque espèce a été calculée par le logiciel à travers la formule suivante :

$$\text{IndVal } ij = \text{Frij} * \text{Arij} \quad (3)$$

IndVal ij = valeur indicatrice en % de l'espèce i dans le groupe de relevés j ;

Frij (%) = fréquence de l'espèce i dans le groupe de relevés j ;

Arij (%) = abondance relative de l'espèce i dans le groupe de relevés j exprimant le rapport entre l'abondance de l'espèce i dans le groupe j par rapport à la somme des abondances de l'espèce i dans tous les groupes de relevés.

Dans cette formule, l'abondance peut être assimilée au taux de recouvrement si l'on n'a pas pu compter l'ensemble des individus d'une espèce. Dans notre cas nous avons utilisé le taux de recouvrement des espèces.

Pour mesurer le degré de significativité du caractère indicateur de chaque espèce dans le groupe de relevés auquel elle appartient, nous avons fait recourir au test de Monte Carlo avec $p < 0,05$. Toutes les espèces ayant une probabilité (p) inférieure à 0,05 ont été retenues comme espèces caractéristiques de groupement. Ainsi, la reconnaissance des groupements végétaux s'est faite sur la base de la combinaison de ces espèces

caractéristiques. Les groupements des forêts claires identifiés, ont été nommés à chaque fois par l'espèce caractéristique la plus dominante de la strate ligneuse et celle de la strate herbacée.

I.2.5. Coefficient de Similitude de Sorensen

Le coefficient de Similitude de Sorensen est couramment utilisé en phytosociologie pour calculer la diversité bêta (Legendre et Legendre, 1998). Il exprime l'existence d'une communauté floristique entre deux groupements comparés entre eux.

On le calcule selon la formule (4):

$$S = \frac{2C}{(2C + A + B)} \quad (4)$$

Avec A le nombre d'espèces du groupement 1 ; B celui du groupement 2 et C le nombre d'espèces communes aux deux groupements.

II. Résultats

II.1. Richesse floristique et répartition taxonomique

L'analyse taxonomique donne 179 espèces enregistrées appartenant à 115 genres dans 45 familles. Plus de 50 % de ces espèces appartiennent seulement à 8 familles les plus dominantes: Fabaceae (23, 13 %), Poaceae (15, 8 %), Caesalpiniaceae (13, 7 %), Combretaceae (11, 6 %), Convolvulaceae (10, 6%), Rubiaceae (10, 6 %), Malvaceae (8, 4 %) et Tiliaceae (8, 4 %). La figure 12 montre La proportion floristique des huit premières familles en termes d'espèces et les autres familles enregistrant ensemble 45 % de la flore.

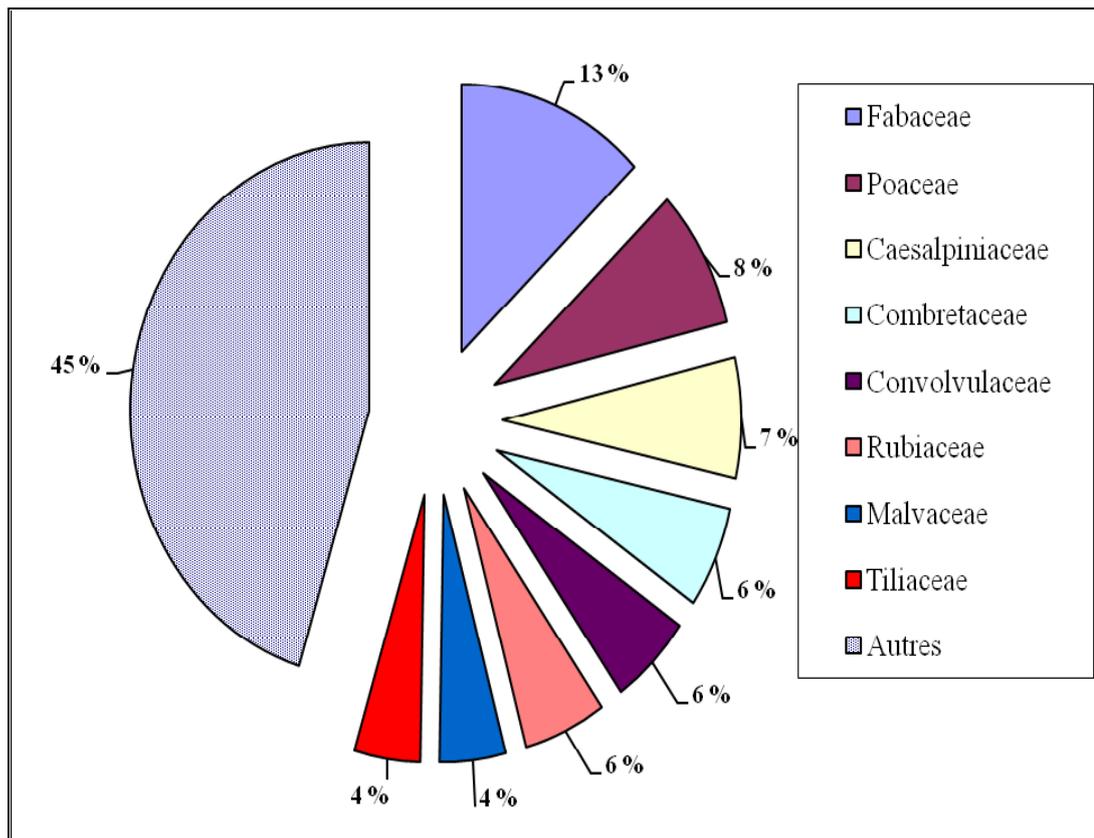


Figure 12: Importance relative des familles dans les forêts claires du Parc National W du Niger.

II.2. Types biologiques et phytogéographiques

Les types biologiques sont caractérisés par les espèces de la zone semi-aride dominées principalement par des Phanérophytes (Nanophanérophytes, Microphanérophytes et Mésophanérophytes, 48 % des espèces), suivis des Thérophytes (38 %). Par contre les Hémicryptophytes représentent seulement 1 % de la liste floristique. La contribution relative de chaque type biologique est consignée dans la figure 13. Quant à la figure 14, elle illustre les proportions des affinités phytogéographiques des espèces des forêts claires dans la zone d'étude. D'après cette figure, les espèces Soudano-Zambéziennes sont les mieux représentées avec 26 % suivies des Soudaniennes et Paléotropicales avec respectivement 24 % et 19 %.

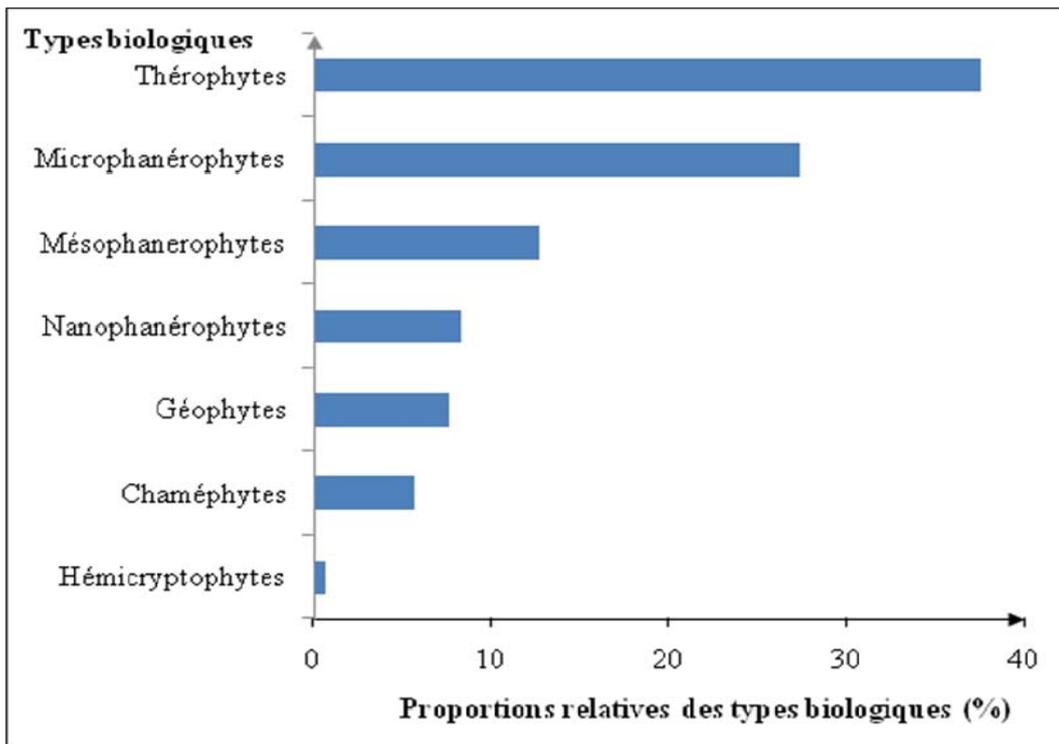


Figure 13: Spectres des types biologiques des plantes vasculaires des forêts claires dans le Parc National du W du Niger.

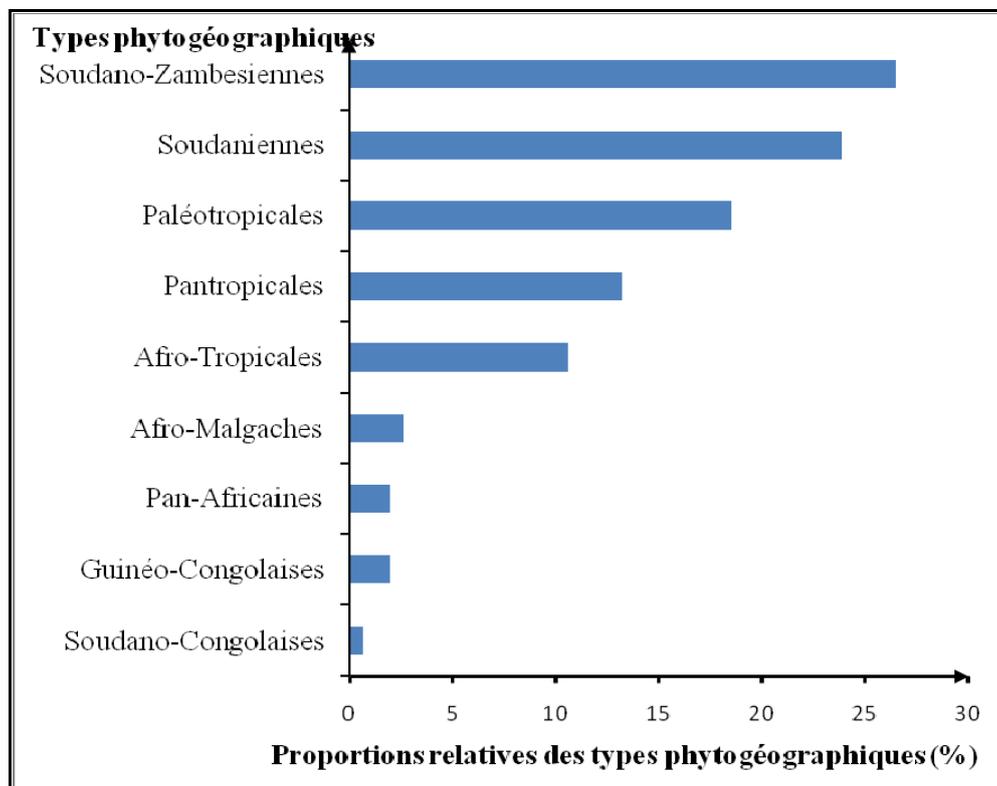


Figure 14: Spectre phytogéographique dans les forêts claires au Parc National du W du Niger.

II.3. Groupements des forêts claires identifiés

La classification hiérarchique sur la base de la matrice de 32 relevés X 179 espèces a permis de discriminer deux groupes de relevés que l'on peut considérer comme communautés végétales de forêts claires (Figure 15). Mais, il existe un troisième groupe de deux relevés qui n'a pas été retenu comme groupement végétal conformément au principe phytosociologique sur la définition des associations végétales (Sinsin, 2008). En effet, le nombre des relevés doit atteindre un minimum de 10 pour qu'une association végétale soit définie et décrite comme telle dans une région. La figure 16 illustre les résultats de l'ordination dans le plan factoriel de la PCA définie par les axes 1 et 2 qui sont significativement corrélés avec les variables environnementales après 999 permutations (axe 1, $p = 0,001$; axe 2, $p = 0,001$) (Tableau 6). Le diagramme de cette ordination montre que les deux groupements des forêts claires (ou communautés végétales) ont été légèrement discriminés car les stations présentent un faible gradient écologique. En effet, il ressort que l'axe 1 explique 15 % et l'axe 2 contribue seulement à 13 % dans l'ordination. Les groupements des forêts claires identifiés sont : G1: groupement des forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* et *Hoslundia opposita* et G2: groupement des forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* et *Achyranthes aspera*.

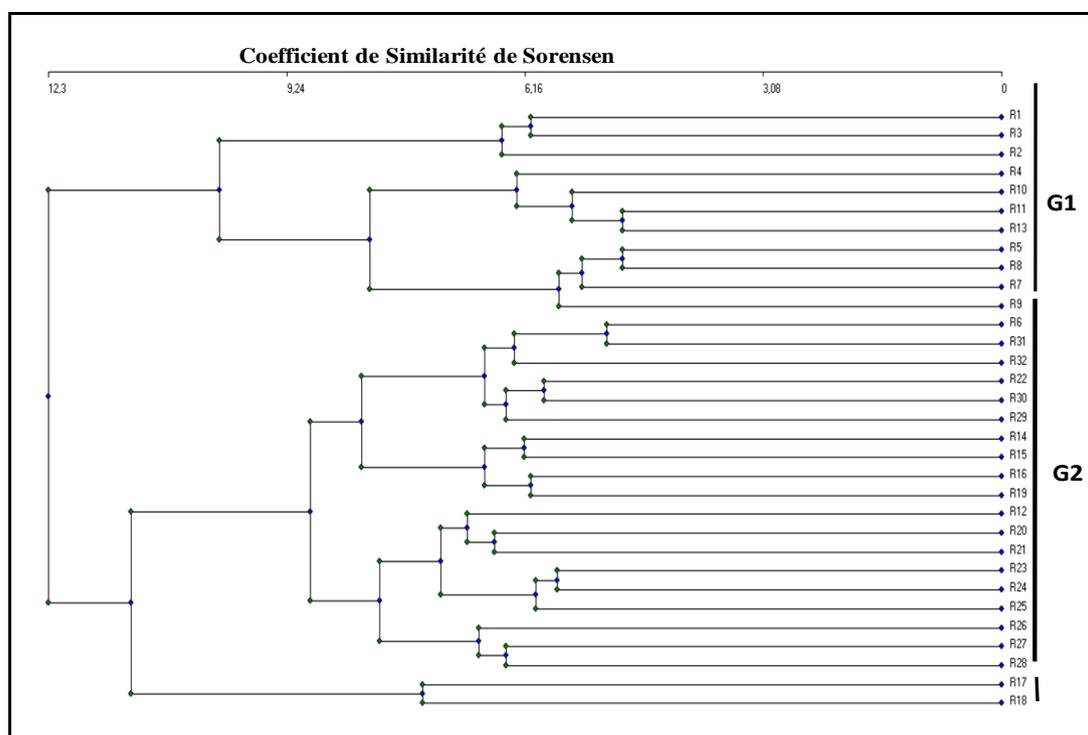


Figure 15 : Dendrogramme de similarité des relevés sur les forêts claires dans le Parc National du W du Niger:

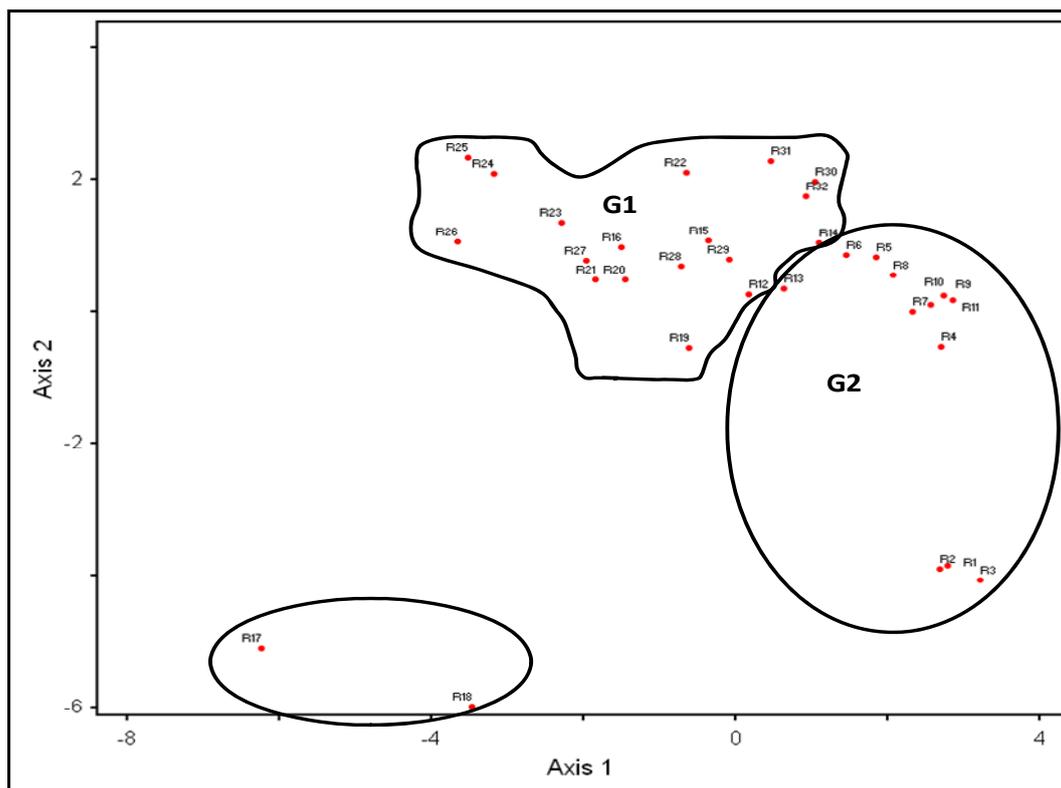


Figure 16 : Diagramme d'ordination des relevés sur forêts claires dans le Parc National du W du Niger.

Tableau 6 : Résultats du test de signification de corrélation entre les dix premiers axes de la PCA et les variables environnementales après 999 permutations.

Axes	Valeurs propres observées	Valeurs propres après permutation			p *
		Minimum	Moyenne	Maximum	
1	178,89	96,566	113,24	137,94	0,001000
2	145,42	80,293	94,570	116,73	0,001000
3	85,756	69,468	82,590	96,100	0,229000
4	71,344	63,979	73,866	84,554	0,754000
5	63,391	59,107	66,972	76,714	0,912000
6	59,881	54,452	61,389	70,090	0,724000
7	52,604	50,559	56,761	64,243	0,978000
8	48,398	45,806	52,782	59,368	0,990000
9	40,642	44,370	49,259	55,732	1,000000
10	38,179	41,168	46,141	51,532	1,000000

* $p = (n+1) / (N+1)$, n le nombre de permutations qui est supérieur ou égal à la valeur observée de l'axe et N est le nombre total de permutations.

II.4. Caractéristiques des groupements des forêts claires

Les caractéristiques des deux groupements des forêts mis en évidence dans ce travail sont données dans le tableau 7 avec les tableaux phytosociologiques en annexes 3 et 4. Le groupement des forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* et *Hoslundia opposita* (G1) se localise sur les sols à texture limono-sableuse et en position de bas versant avec une pente moyenne et contient 11 relevés. La richesse spécifique est de 124 espèces avec une moyenne de 48 espèces par relevé. Quant à l'indice de Shannon, $H = 3,6$ bits et l'Équitabilité de Pielou, $E = 0,5$.

Le second groupement, qui est un faciès de forêt claire à *Anogeissus leiocarpa* et *Achyranthes aspera* (G2) se trouve sur des stations sur sols à texture limoneuse ou limono-argileuse en situation de bas versant jusqu'au bas fond, avec pente faible à nulle. Ce groupement renferme 19 relevés. La richesse spécifique est de 142 espèces avec une moyenne de 46 espèces par relevé. La valeur de l'indice de Shannon est : $H' = 5,5$ bits et l'équitabilité, $E = 0,8$. L'analyse de la similarité entre les groupements G1 et G2 donne $S = 82$ % (Figure 17). Ce résultat signifie que ces deux communautés sont floristiquement proches. Donc, en réalité leur différence réside surtout au niveau physionomique qui est déterminée par chacune des deux espèces ligneuses structurantes de ces faciès des forêts claires dans le Parc National du W du Niger.

Tableau 7 : Caractéristiques des groupements des forêts claires identifiés

Groupements	Richesse spécifique	Shannon- Wiener	Équitabilité de Pielou	Nb relevés	Sol	Géomorphologie
G1	124	3,6	0,5	11	Limono-sableux	Bas versant
G2	142	5,5	0,8	19	limoneux ou limono-argileux	Vallée

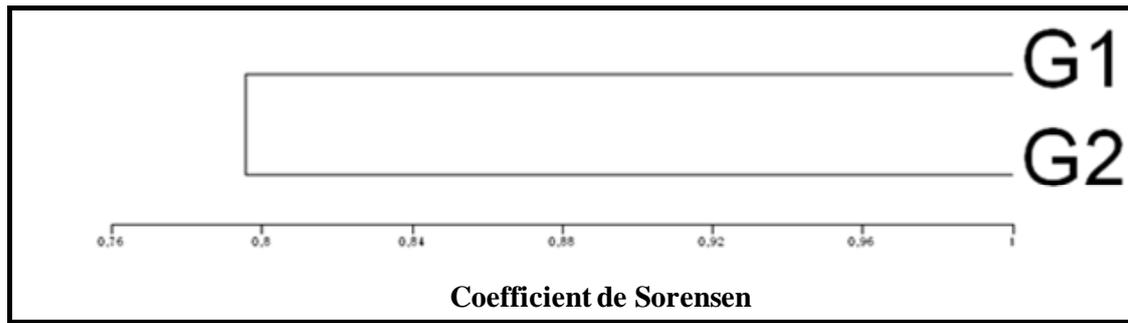


Figure 17 : Dendrogramme de similarité entre les groupements G1 et G2.

III. Discussion

L'essentiel des espèces inventoriées dans les forêts claires du Parc National du W du Niger sont les phanérophytes (mésophytes, micro et nanophanérophytes) suivies des thérophytes. Des résultats similaires par rapport à la prédominance des phanérophytes et des thérophytes sont obtenus par Wala (2004) sur la végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin; Schmidt (2006) sur la flore du Burkina Faso et Mahamane (2005) à travers le complexe régional W.

Cette prédominance des phanérophytes pourrait s'expliquer pour le cas de la présente étude par le fait que les relevés sont réalisés uniquement dans les forêts claires qui se caractérisent naturellement par la présence des ligneux de grande taille. En effet, ce sont principalement trois espèces ligneuses qui impriment la physionomie de la végétation des forêts claires dans le Parc National du W. Il s'agit de *Anogeissus leiocarpa*, *Pterocarpus erinaceus* et dans une moindre mesure *Isobertinia doka*. Par contre, l'importance notable des thérophytes pourrait témoigner de l'état d'aridité de la zone bien qu'on se trouve en secteur soudanien. Mais, au-delà on peut considérer que cette tendance à la thérophytisation des forêts claires est un signe de leur dégradation. En effet, avec la baisse de la pluviométrie, on assiste à une mortalité élevée de certaines espèces ligneuses. Ce phénomène entraîne une diminution de couverture ligneuse créant les conditions de la colonisation du milieu par les espèces héliophiles. Aussi, même si les forêts claires ne sont pas toujours parcourues par le feu (Benoît, 1998), en période de sécheresse le feu arrive souvent par grignoter la lisière de ces forêts. Ainsi, étant donné que les feux d'aménagement (tous régimes confondus) sont appliqués chaque année dans le Parc National du W, leur impact peut être plus ou moins important. Conséquemment, le couvert qui constitue les forêts claires s'éclaircit (davantage) de plus en plus permettant l'installation de la strate herbacée (Benoît, 1998). Le faciès des forêts claires pourrait ainsi évoluer progressivement vers un type à Andropogonacées (Mahamane, 2005 ; Inoussa, 2010). Actuellement, les reliques de forêts claires rencontrées

dans le Parc National du W sont confinées dans les vallées et talwegs ou autres endroits à condition écologique relativement favorables (Mahamane, 2006 ; Inoussa, 2011b).

Du point de vue chorologique, White (1983) précise que la distribution géographique des espèces n'est pas aléatoire. En effet, il existe une subdivision claire au sein celles-ci à travers le monde en fonction des conditions écologiques. La lecture de la figure 15 fait ressortir une prédominance des espèces Soudano-Zambéziennes et Soudaniennes. Ce résultat confirme bien l'appartenance du Parc National du W au Centre régional d'endémisme soudanien de White (1986).

Quant à la diversité, elle est toujours un concept relativement difficile à aborder dans les analyses écologiques en raison de sa complexité. Dans cette étude les groupements de forêts claires identifiés sont diversifiés avec les valeurs de l'indice de Shannon élevées variant de 3,6 à 5,5 bits. Ces résultats sont similaires à ceux de Mahamane, (2005) dans le groupement des forêts claires à *Anogeissus leiocarpus* et *Aspilia kotschy* où l'auteur a obtenu un indice de Shannon de 4,32 bits. Cette diversité est naturellement plus élevée que celle enregistrée dans les faciès de savanes (Mahamane, 2005 ; Inoussa, 2008) et au niveau la zone périphérique du parc W (Morou, 2010).

Conclusion partielle

Ce chapitre examine la phytodiversité, les formes de vie et la chorologie de la végétation de forêts claires à l'état actuel de la conservation du Parc National du W du Niger. Les investigations ont permis de recenser 179 espèces de forêts claires appartenant à 115 genres dans 45 familles. Plus de 50 % de ces espèces appartiennent seulement à 8 familles les plus dominantes. Par ailleurs, deux groupements des forêts claires ont été mis en évidence. L'analyse des formes de vie montre une proportion importante des phanérophytes et des thérophytes dans ce type de végétation. Il ressort de cette étude que, pour un suivi de la dynamique des forêts claires dans le parc, les indicateurs qui semblent pertinents sont : la richesse spécifique, les ratios des types biologiques et phytogéographiques ainsi que les indices de diversité alpha et bêta. Un tel suivi doit se faire à travers l'installation d'un dispositif permanent. La mise en place de ce dernier nécessite aussi que des données sur la dynamique démographique du peuplement des forêts claires de cette aire protégée soient disponibles.

CHAPITRE V : STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS DES FORETS CLAIRES

Introduction

Selon FAO (1999) le couvert forestier mondial occupe 3,9 milliards d'hectares soit environ un tiers de la superficie terrestre du globe. Mais, aujourd'hui, la plupart des formations forestières ne sont plus dans leur état originel. Elles ont subi des modifications fondamentales de composition et de qualité. La conservation des forêts est devenue une préoccupation collective pour beaucoup des organisations gouvernementales et non gouvernementales. A travers le monde, l'état de conservation des forêts est fonction de l'intensité des activités humaines conduisant souvent à leur dégradation. Ainsi, la transformation des forêts naturelles en champs, l'exploitation du bois, l'impact des feux de brousse, le pâturage constituent les majeurs facteurs de dégradation des formations végétales, la fragmentation de l'habitat et la perte de la biodiversité (Reyers, 2004; Tasila *et al.*, 2006). Les perturbations occasionnées par ces facteurs influencent fortement la dynamique de la végétation et la densité des arbres tant à l'échelle locale qu'à l'échelle régionale (Hubbell *et al.*, 1999 ; Tasila *et al.*, 2006). Face à cette problématique, des stratégies sont menées pour la conservation des essences forestières à travers la réalisation de plan de gestion durable de ressources ou même la protection stricte des écosystèmes, par la création des aires protégées. Ainsi, afin d'optimiser les efforts de gestion, il est nécessaire que des investigations spécifiques soient réalisées sur chaque type d'écosystème. Au niveau, du Parc National du W du Niger, beaucoup de travaux ont fait des analyses phytosociologiques et décrit la physionomie et la végétation (Saadou, 1990 ; Boudouresque, 1995 ; Mahamane, 2005 ; Inoussa, *et al.*, 2010 ; Inoussa *et al.*, 2011b) . Toutefois, il manque des données détaillées sur la dynamique démographique du peuplement des forêts claires. Pourtant, celles-ci sont nécessaires pour l'appréciation de la dynamique de cet habitat et ses espèces caractéristiques. En effet, les données sur la structure et la diversité des ligneux fournissent des éléments indicateurs pertinents permettant d'analyser les tendances d'évolution qualitative et quantitative d'un type de végétation (Ouédraogo, 2006 ; Ouédraogo, 2009 ; Morou, 2010).

L'objectif général de ce chapitre est de caractériser la structure démographique des peuplements des forêts claires à l'état actuel comme base de suivi de la dynamique de cet habitat de la faune. Il s'agira spécifiquement de déterminer des indicateurs écologiques et dendrométriques pour le peuplement des forêts claires de façon globale ainsi que pour leurs deux principales espèces structurantes : *Anogeissus leiocarpa* et *Pterocarpus erinaceus*.

I. Matériel et Méthodes

I.1. Dispositif d'inventaire et collecte de données

L'inventaire forestier a été réalisé à travers un échantillonnage orienté dans des placettes de 900m² (30 m x 30 m). Dans chaque placette, tous les arbres de diamètre supérieur ou égal à 5 cm sont recensés et le diamètre et la hauteur mesurés. Les arbres sont mesurés à 1,30m et les arbustes à 20cm du sol. Les individus de diamètre inférieur à 5cm sont considérés comme étant de la régénération (Mahamane et Saadou, 2008). Le comptage de celle-ci s'est effectué dans des placeaux de 5mx5m disposés suivant les diagonales des grandes placettes (Figure 18). Pour les arbres présentant des ramifications en plusieurs branches au dessous de 1, 3m et les espèces multicaules, nous avons procédé au calcul du diamètre quadratique d (1).

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^w ds_i^2}$$

(1)

ds_i : diamètre de la branche i ($i=1 \dots w$) et w : le nombre des branches mesurées.

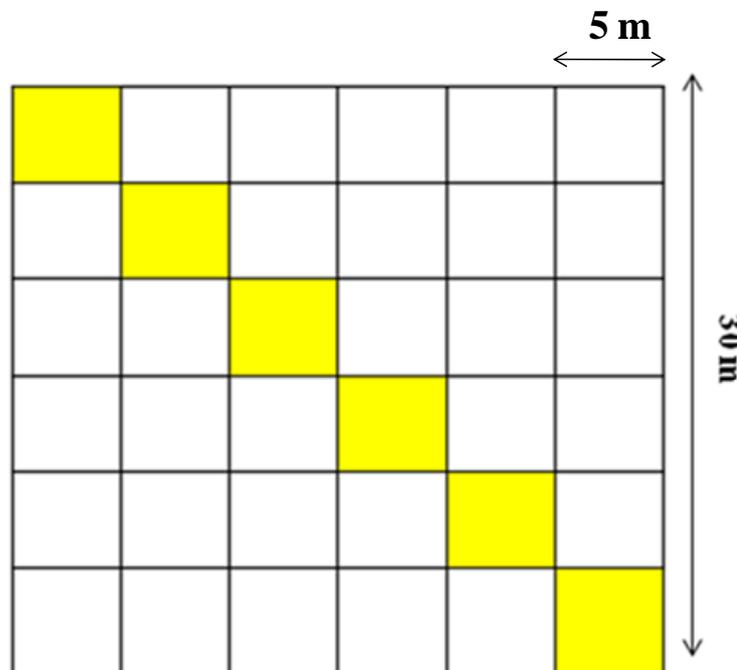


Figure 18 : Dispositif d'inventaire forestier.

I.2. Analyse des données

I.2.1. Calcul des paramètres dendrométriques et écologiques

a. Paramètres dendrométriques

L'analyse a consisté au calcul des paramètres dendrométriques des espèces dominantes et de l'ensemble des peuplements des forêts claires. Les paramètres estimés sont les suivants:

- **La densité** du peuplement (N , en nombre d'arbres/ha) (2) : les densités en individus adultes ont été calculées par le rapport entre le nombre total d'individus mesurés sur le total de surface considérée. Les valeurs de densité sont ensuite converties en nombre d'individus par hectare.

$$N = \frac{n}{s} \quad (2)$$

n = nombre total d'arbres de la placette de superficie s ($s=0,09$ ha).

- **La surface terrière** (G , en m^2/ha) (3) : somme des surfaces des sections transversales de tous les tiges mesurées au niveau de la placette, ramenée à l'hectare:

$$G = \frac{\pi}{4s} \sum_{i=1}^n 0,0001 d_i^2 \quad (3)$$

d_i = diamètre (en cm) de l'arbre i de la placette considérée ; $s = 0,09$ ha.

- **Le diamètre moyen** (D , en cm) (4) : c'est le diamètre des arbres avec une surface terrière moyenne (Van Laar et Akça, 2007) :

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (4)$$

n est le nombre des arbres se trouvant dans la placette et d_i , le diamètre de i^{eme} arbre en cm.

- **La hauteur moyenne de Lorey** (H , en m) (5) : c'est la hauteur moyenne des arbres, pondérée par leur surface terrière (Philip, 2002) :

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad \text{with} \quad g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2, \quad (5)$$

g_i et h_i = surface terrière (en m²/ha) et hauteur totale (en m) de l'arbre i .

La valeur de la hauteur de Lorey est plus stable que la hauteur moyenne non pondérée car elle n'est pas affectée par la mortalité et l'influence des petits individus et constitue de ce fait un indice d'appréciation de la dynamique des espèces ligneuses (Glèlè et Sinsin, 2009).

Tous les paramètres ci-haut énumérés sont calculés sur l'ensemble du peuplement des forêts claires. Par contre ceux qui vont suivre sont calculés plutôt sur les individus des espèces *Anogeissus leiocarpa* et *Pterocarpus erinaceus*.

- **La densité moyenne de la régénération (N_r) (6)** : nombre total de plantules à l'hectare.

$$N_r = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 dr_i \quad \text{with} \quad dr_i = \frac{n_i}{sq} \quad (6)$$

dr_i densité de régénération dans le quadrat i ; n_i le nombre de régénération de l'espèce et sq , la surface du quadrat ($sq=0,0025$ ha).

L'appréciation de la capacité de régénération des espèces sera basée sur les travaux de Wittig & Guinko (1995) in Traoré & Toé (2004). Les critères d'appréciation de cette capacité, établis par rapport au nombre de plantules à l'hectare (NP) sont :

- Régénération absente si $NP < 1$;
- Régénération mauvaise si $1 < NP \leq 1000$;
- Régénération bonne si $1000 < NP \leq 10000$;
- Régénération très bonne si $NP > 10000$.

- **La contribution en surface terrière** (C_s , en pourcent) : c'est la part de l'espèce dans la surface terrière globale de la placette ; elle donne une idée de l'importance quantitative de l'espèce dans le peuplement. Elle se calcule suivant la formule (7) :

$$C_s = 100 \frac{G_p}{G}, \quad (7)$$

G_p = surface terrière des arbres de l'espèce considérée et ; G = surface terrière de l'ensemble des arbres de la placette.

b. Paramètres écologiques

Les paramètres écologiques calculés sont les suivants :

- **La richesse spécifique** (S , en espèces) : nombre total d'espèces présentes dans les forêts claires étudiées.
- **L'indice de diversité de Shannon -Weaver** (H , en bits): cet indice a été calculé sur la base de la formule suivante (8) :

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \text{Log}_2 \frac{n_i}{n} \quad (8)$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i ; n = nombre total d'individus de la placette.

- **L'équitabilité de Pielou** (E_q) : cet indice mesure la stabilité du peuplement. Elle est obtenue à l'aide de la formule suivante (9) :

$$E_q = \frac{H}{H_{\max}} \text{ avec } H_{\max} = \text{Log}_2 S. \quad (9)$$

H_{\max} = indice de diversité maximal théorique de Shannon dans le peuplement ; S est défini ci-haut.

c. Calcul de l'indice de la valeur d'importance (IVI)

La fréquence relative (FR), le recouvrement relatif (RR) et la densité relative (DR) de chaque espèce ont été calculés puis combinés pour la détermination des indices de la valeur d'importance des espèces (Index Value Importance: IVI) (Glèlè et Sinsin, 2009). Cette méthode est couramment

utilisée pour classer les espèces et caractériser les différents groupements à partir de leurs physiologies

Ainsi, pour une espèce α , IVI_{α} est calculé en utilisant la formule suivante (10):

$$IVI_{\alpha} = DR_{\alpha} + FR_{\alpha} + RR_{\alpha} \quad (10)$$

$$DR_{\alpha} = n_{\alpha} / \sum_{k=1}^k n_{\alpha} \quad (11)$$

$$FR_{\alpha} = \frac{f_{\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^k f_{\alpha}}; f_{\alpha} = j_{\alpha} / k \quad (12)$$

$$RR_{\alpha} = R_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^n R_{\alpha} \quad (13)$$

Les formules (11), (12) et (13) sont utilisées respectivement pour le calcul de la densité relative, la fréquence relative et la dominance relative (recouvrement relatif). pour une espèce α . Dans ces équations, n_{α} est le nombre total des individus de l'espèce α . f_{α} est la fréquence de l'espèce α ; j_{α} est le nombre des relevés où l'espèce α a été recensée et k c'est le nombre total des relevés effectués.

Le recouvrement R_{α} est défini comme étant la proportion de la surface occupé par l'ensemble des houppiers des individus de l'espèce par projection verticale au sol. $R_{\alpha} = a_{\alpha} N_{\alpha} / n_{\alpha}$; où a_{α} étant la surface terrière de l'espèce α ; N_{α} correspond à la densité des arbres de l'espèce considérée et n_{α} est défini ci-haut.

La valeur d'IVI varie de 0 à 3. Cet indice donne la valeur d'importance d'une espèce dans un peuplement donnée.

1.2.2. Etablissement des structures

L'ensemble des individus de toutes les espèces de forêts claires d'une part, et des deux espèces *Anogeissus leiocarpa* et *Pterocarpus erinaceus* prises isolement d'autre part ont été répartis en classes de diamètre d'amplitude 5cm afin d'avoir suffisamment des classes et valider ainsi les tests d'ajustement à la distribution de Weibull. Les densités d'arbres ont été déterminées par classes de diamètre. Ainsi, la structure démographique des populations

adultes des espèces a été construite en répartissant les individus en classes de diamètre à savoir: les classes de [5-10 cm [, [10-15 cm [, [15-20 cm [, [20-25 cm [, [25-30 cm [, [30-35 cm [, [35-40 cm[, [40-45 cm[, [45-50 cm[et plus. Le choix de ces classes a tenu aussi compte des travaux antérieurs menés dans les zones soudaniennes (Sambou, 2004 ; Ouédraogo, 2006 ; Ouédraogo, 2009). Les différentes structures observées ont été ajustées à la distribution de Weibull à trois paramètres du fait de sa flexibilité. La fonction de densité de probabilité de cette distribution s'écrit (Johnson et Kotz, 1970) (14) :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (14)$$

où x = diamètre des arbres; a est le paramètre de position est égal à 5 cm (dans notre cas) ; b = paramètre d'échelle lié à la valeur centrale des diamètres ; c = paramètre de forme lié à la structure en diamètre considérée. L'application de la fonction Weibull aux données de diamètre donne les valeurs estimées des deux paramètres b et c de la distribution de Weibull. Cette distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (c) lié à la structure en diamètre, comme le montre le tableau 8.

Tableau 8: Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre C .

$C < 1$	Distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes.
$C = 1$	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction.
$1 < C < 3,6$	Distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.
$C = 3,6$	Distribution symétrique ; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.
$C > 3,6$	Distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés.

II. Résultats

II.1. Composition floristique

Au total 2 302 individus ont été mesurés et 59 espèces ligneuses inventoriées qui appartiennent à 34 genres dans 17 familles. Les familles les mieux représentées sont : les Combretaceae (*Anogeissus leiocarpa*, *Combretum glutinosum* et *C. nigricans*) et les

Mimosaceae (*Dichrostachys cinerea*, *Acacia ataxacantha* et *A. macrostachya*). Les résultats du calcul des IVI sont consignés dans à l'annexe 3. Les dix premières espèces en termes de la valeur d'IVI sont données dans le tableau 9. L'espèce *Anogeissus leiocarpa* possède un indice de valeur d'importance le plus élevée (avec 0,93) comparativement aux autres espèces. Elle est suivie des *Combretum micranthum* et *C. nigricans* qui ont respectivement 0,38 et 0,35. *Isoberlinia doka* et *Feretia apodanthera* viennent largement derrière avec 0,08 chacune. Il faut remarquer que *Pterocarpus erinaceus* ne figure pas parmi sur cette liste de dix premières espèces.

Tableau 9: Valeurs de l'indice de valeur d'importance de dix premières espèces dans les forêts claires du parc National du W du Niger

Espèces	IVI	Espèces	IVI
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	0,93	<i>Combretum molle</i>	0,08
<i>Combretum micranthum</i>	0,38	<i>Acacia erythrocalyx</i>	0,08
<i>Combretum nigricans</i>	0,35	<i>Piliostigma reticulatum</i>	0,07
<i>Combretum collinum</i>	0,20	<i>Isoberlinia doka</i>	0,06
<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,08	<i>Feretia apodanthera</i>	0,06

II.2. Paramètres dendrométriques et écologiques

Les paramètres dendrométriques calculés sont donnés au niveau du tableau 10. La densité globale des ligneux est de 1 139,0 individus à l'hectare. Ce peuplement est dominé par *A. leiocarpa* (242 individus à hectare) et *P. erinaceus* (63 individus à hectare). Il ressort de nos résultats que *P. erinaceus* possède le diamètre moyen le plus élevé (47 cm) mais *A. Leiocarpa* enregistre la plus grande contribution en surface terrière (57,9%). La densité moyenne de régénération pour ces deux espèces varie de 1 507 à 1 143 plantules à hectare respectivement pour *A. leiocarpa* et *P. erinaceus*. L'application des critères d'appréciation de la capacité de régénération nous permet de dire que ces espèces possèdent une bonne capacité de régénération. Concernant les paramètres écologiques, la richesse spécifique est de 59 espèces ligneuses. La valeur de l'indice de Shannon est de 3,44 bits et équitabilité de Pielou est égale à 0,30 bits.

Tableau 10 : Paramètres dendrométriques du peuplement des forêts claires et des populations de *Anogeissus leiocarpa* et de *Pterocarpus erinaceus*.

Paramètres	Forêts claires	<i>A. leiocarpa</i>	<i>P. erinaceus</i>
Densité moyenne (N, ind/ha)	1139	242	63
Diamètre moyen (D, cm)	16	24.2	47
Surface terrière (G, m ² /ha)	833	-	-
Hauteur moyenne (H, m)	11.7	12.7	14.3
Contribution spécifique en surface terrière (Cs, %)	-	57.5	2.9
Densité de régénération (Nr, plants/ha)	-	1507	1143

II.3. Structures démographique

La structure démographique du peuplement des forêts claires et celles des populations et des espèces *A. leiocarpa* et *P. erinaceus* ont été décrites à travers l'établissement des structures en diamètre (Figures 19, 20 et 21). Ainsi, la structure en diamètre du peuplement des forêts claires présente une allure en "J renversée", avec des valeurs du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull inférieur à 1 (Figure 19). Cette structure est caractéristique d'un peuplement stable. On note ainsi, qu'à l'échelle de tout le peuplement, les individus de faible diamètre compris entre ($5 \text{ cm} \leq d < 15 \text{ cm}$) sont largement les plus dominants mais les individus de diamètre supérieur présentent une faible proportion. Par ailleurs, la structure de population de *A. leiocarpa* montre une pyramide des âges typique avec une densité élevée des classes de petits diamètres [5-10[et [10-20[et une faible densité des individus des classes de gros diamètres [55-60[et [60-65[(Figure 20). A ce niveau aussi, la valeur du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull est inférieur à 1 (Figure 20). La distribution présente une allure présente une allure en "J renversée", caractéristique des populations en équilibre. La structure en diamètre de la population de *P. erinceus*, montre plutôt une distribution asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés ($c > 3,6$) (Figure 21). En

effet, cette population ne renferme que des individus âgés. Les individus des diamètres compris entre 5 et 25cm sont absents.

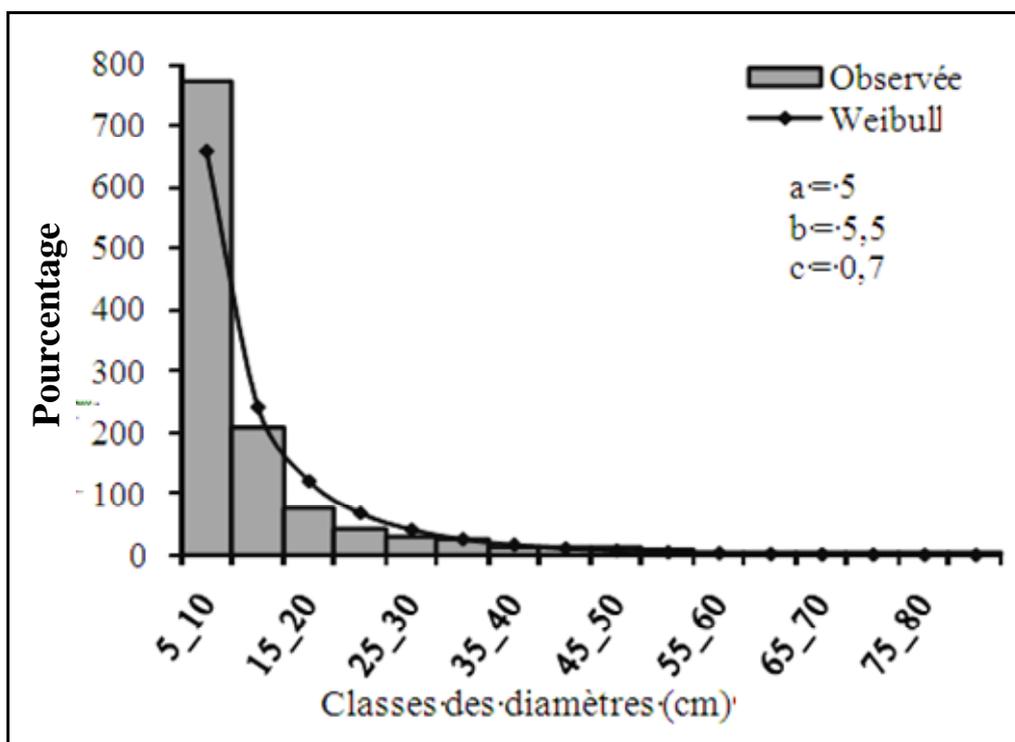


Figure 19 : Structure en diamètre des forêts claires dans le Parc National du W du Niger.

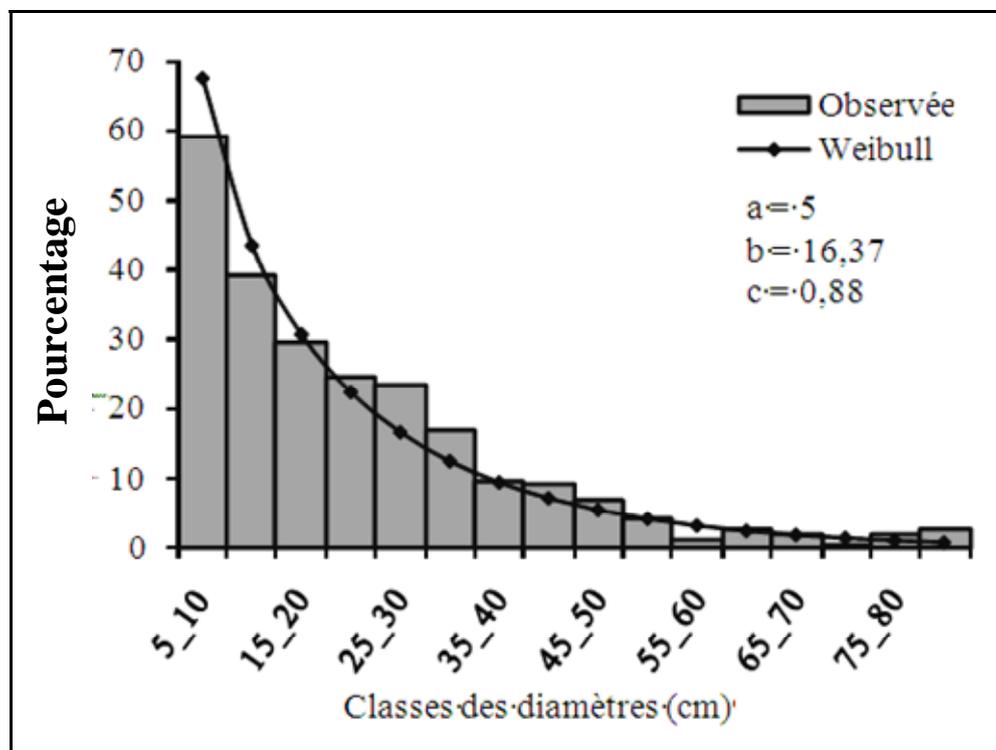


Figure 20 : Structure en diamètre de *Anogeissus leiocarpa* dans le Parc National W du Niger.

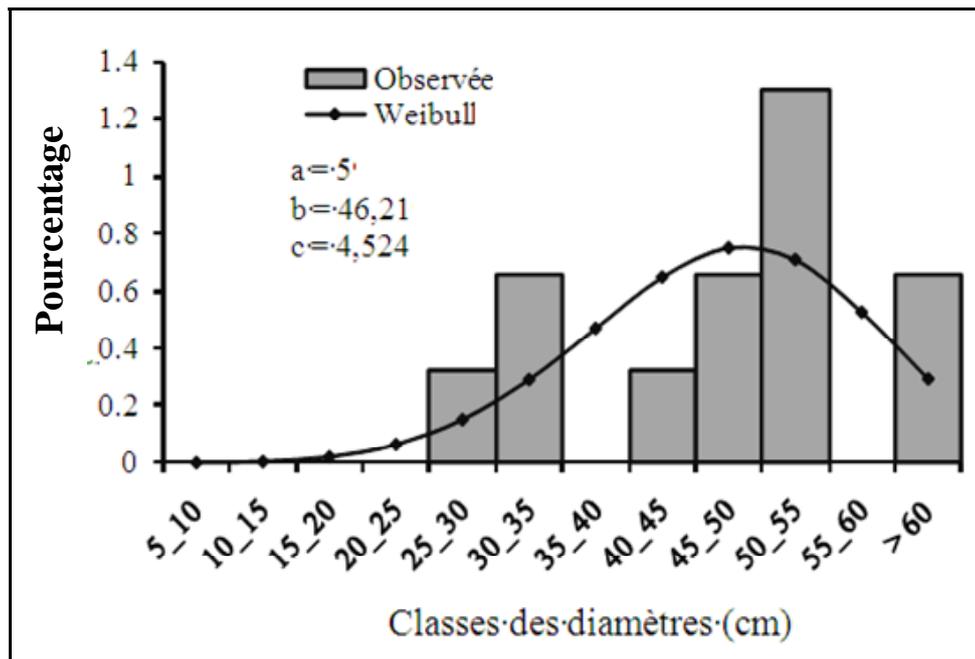


Figure 21 : Structure en diamètre de *Pterocarpus erinceus* dans le Parc National W du Niger.

III. Discussion

Une analyse de la structure démographique a été conduite sur la végétation des forêts claires du Parc National du W. L'étude est réalisée à partir d'un inventaire forestier où 34 placettes ont été installées dans les forêts claires de la zone d'étude. La densité moyenne des individus inventoriés dans les unités d'échantillonnage est de 1 139,0 individus à hectare. Cette densité est plus élevée que celle obtenue par Ouédraogo (2009) dans le faciès de forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* et *Wissadula amplissima* au niveau du Parc National d'Arly au Burkina Faso. Dans notre zone d'étude, les forêts claires constituent avec les galeries forestières les formations végétales les plus denses. Par contre, les densités moyennes des espèces structurantes des forêts claires : *Anogeissus leiocarpa* et *Pterocarpus erinceus* sont très faibles par rapport à la densité globale moyenne avec respectivement 242 et 63 individus/ha. Pourtant, ces deux espèces présentent une bonne capacité de régénération si l'on se réfère à Wittig & Guinko (1995) avec une densité moyenne de régénération variant de 1 507 à 1 143 plantules à hectare respectivement pour *A. leiocarpa* et *P. erinceus*. Cela est un reflet de difficulté des individus juvéniles à franchir le stade adulte (Ouédraogo et al., 2008). Cette situation soulève des préoccupations quant à l'avenir des forêts claires dans la zone du W. Surtout qu'elle constituait la limite nord de la distribution géographique de ce type de végétation (Guinko, 1984). Malheureusement, dans le cas du parc W comme

d'ailleurs dans toute la zone soudano-sahélienne, en dehors de la survie de la régénération, il se pose encore le problème de la mortalité des sujets âgés pour la plupart des espèces arborescentes (Kambou et Guinko, 1995 ; Mahamane, 2006 ; Ouédraogo, 2006). L'importance de la perturbation fait que beaucoup d'espèces dominantes dans la végétation adulte ont une structure démographique perturbée.

Le recrutement massif des juvéniles dans la première strate est favorisé par les conditions hydriques du sol (Higgins et *al.*, 2000). Aussi, il a été signalé que les savanes humides où les précipitations annuelles dépassent 650 mm, particulièrement dans les aires protégées où l'impact du pâturage de la faune est négligeable, le feu demeure le facteur principal qui structure les formations végétales (Sankaran et *al.*, 2005 ; Meyer et *al.* 2007). Cependant, il se trouve que les forêts claires ne brûlent que très rarement dans le Parc National du W (Benoît, 1998 ; Mahamane, 2005 ; Inoussa et *al.*, 2011a). Par conséquent, le problème de la survie de régénération de ces forêts pourrait plutôt s'expliquer par les effets de variabilités climatiques qui réduisent la disponibilité en eau des sols surtout en période de sécheresse ce qui freine la croissance des plantules. Ouédraogo (2009) rapporte que les forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* et *Wissadula amplissima* et les forêts galeries à *Cola laurifolia* dont les densités et les surfaces terrières sont plus importantes, sont peu affectées par les feux précoces d'aménagement effectués périodiquement dans le Parc National d'Arly. Selon Ouoba (2006) l'impact modéré des feux sur les forêts claires est faible. Dans ces conditions, et à la faveur d'une période humide assez importante, on assiste souvent à une relative progression forestière (Bassett et Zuéli, 2000 ; Mbow, 2009 ; Inoussa, et *al.*, 2011a).

L'analyse de la structure globale révèle une tendance à la stabilité du peuplement des forêts claires du Parc W. Malheureusement, cette situation ne permet pas d'apprécier de manière précise l'état démographique des espèces constitutives de la formation prises individuellement. Plusieurs auteurs ont constaté cet état de fait (Ouédraogo, 2008 ; Mbayngone et *al.*, 2008c). Ainsi, pour l'étude de la dynamique d'une formation végétale il est important de mettre un accent sur la structure démographique des espèces caractéristiques. Dans nos travaux, la structure en diamètre des forêts claires pour le peuplement global présente une allure en "J renversée", caractéristique d'une population stable de même que la structure de population de *Anogeussis leiocarpa*. Tandis que, l'espèce *P. erinceus*, donne une structure en diamètre montrant plutôt une distribution asymétrique

gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés donc en déclin.

Par ailleurs, le diamètre moyen calculé pour *A. leiocarpa* dans cette étude est supérieur à celui obtenu sur cette espèce dans la Réserve de Biosphère Pendjabi au nord Bénin (Houéhanou et al., 2007). Beaucoup des auteurs notent que *A. leiocarpa* pourrait être un élément de transition entre forêts claires et les forêts galerie (Poilecot et al. 1991 ; Porembski, 2001).

Par rapport aux paramètres écologiques, la richesse spécifique en ligneux est de 59 est plus élevée comparée à celle enregistrée par Mama et Adeniyi (2005) qui est de 47 espèces. La valeur de l'indice de Shannon est également assez appréciable comparativement à la valeur trouvée par Glèlè et Sinsin (2009) dans la réserve Wari-Marô (Bénin). Quant à l'indice de d'équitabilité de Pielou, il révèle l'existence de certaines espèces dominantes dans les stations. D'après Dajoz (1975) une faible valeur de Pielou implique l'existence au moins d'une espèce dominante dans un peuplement végétal. Effectivement les forêts claires se caractérisent par la présence d'un certain nombre des espèces qui dominant les autres. Ce sont ces espèces arborescentes que structurent d'ailleurs la physionomie des forêts à savoir *Anogeissus leiocarpa*, *Pterocarpus erinaceus* et *Isoberlinia doka*.

Pour le cas de *P. erinaceus* l'absence des individus juvéniles est inquiétante pour la conservation. C'est d'autant plus préoccupant quant on sait que les coupes des bois et les défrichages sont interdits dans la zone. Donc, cette dynamique de régression des populations de l'espèce serait aussi expliquée surtout par la rigueur du climat. Ce phénomène peut à moyen ou long terme affecté radicalement la pérennité de l'espèce et par conséquent celle des écosystèmes qu'elle caractérise dont entre autres les forêts claires.

Conclusion partielle

Ce chapitre a fait la caractérisation de la dynamique démographique des forêts claires dans le Parc National du W du Niger. Il a permis de connaître l'état actuel de la structure de ce faciès et des populations de leurs espèces dominantes du point de vue physionmique. Le résultat, montre que de façon globale le peuplement des forêts claires présente une structure stable avec une proportion importante des sujets des petits diamètres. Ainsi, la présence d'une densité élevée des jeunes individus devait assurer l'avenir du peuplement donné.. Mais, il se trouve que ce ne sont pas tous les pieds qui atteignent les stades adultes. Aussi, certaines espèces notamment arborescentes connaissent une mortalité appréciable ce qui du

coup perturbe la structure de leur population. Par exemple, la structure de la population de *Pterocarpus erinaceus* montre une dynamique préoccupante. Si cette tendance se poursuit, dans l'avenir, le faciès à *Pterocarpus erinaceus* pourrait disparaître du PNWN. Le résultat de ce chapitre, bien utile pour toute action efficace de gestion des habitats du Parc National du W, constitue des informations précieuses dans la recherche de meilleurs outils de gestion et d'aménagement des écosystèmes en faveur de la conservation de la biodiversité en Afrique de l'ouest.

CONCLUSION GENERALE, PERSPECTIVES ET SUGGESTIONS

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la recherche d'une meilleure connaissance de la biodiversité du Parc National du W du Niger pour la conservation des écosystèmes. Elle a permis de mettre en exergue le devenir des forêts claires dans cette aire protégée. En effet, le suivi de la végétation dans les régions semi-arides, s'impose aujourd'hui comme une nécessité pour les décideurs politiques et les acteurs du développement tout comme pour les scientifiques. Ceci a besoin que des investigations périodiques soient réalisées dans les différentes formations forestières à toutes les échelles.

Au cours de la présente étude, les analyses cartographiques de l'état de l'occupation des sols ont révélé une fragmentation des écosystèmes du Parc National du W du Niger. Il ressort que, le paysage est très diversifié avec une large dominance des faciès de savanes, ce qui confirme l'appartenance du parc à la zone des savanes ouest africaines. Toutefois, il est enregistré une légère augmentation de la superficie de certains faciès comme les forêts claires entre 1984 et 2002. Cette tendance à la constitution des forêts claires, pourrait servir d'indicateur de la bonne gestion de cette aire protégée, contre les exploitations anthropiques. Par ailleurs, les forêts claires peuvent contribuer à une bonne gestion des feux d'aménagement en jouant le rôle de pare-feu. Cependant, la faible progression observée pourrait être imputable tout au moins en partie aux erreurs de classification des images vue que celles-ci sont d'une résolution de 30 m. Alors que le plus souvent les forêts claires sont présentes en très faibles largeurs.

Sur le plan phytosociologique, les communautés végétales et la diversité floristique des forêts claires sont mises en évidence à l'état actuel de la conservation du PNWN. Ainsi, après une analyse globale de la flore, 179 espèces ont été identifiées appartenant à 115 genres dans 45 familles. Les familles les plus riches en termes d'espèces sont: Fabaceae (13 %), Poaceae (8 %), Caesalpiniaceae (7 %) et Combretaceae (6 %). Cette étude a montré que les phanérophtes et les thérophytes sont les formes biologiques les plus dominantes. Du point de vue chorologique, les espèces soudano-zambéziennes et soudaniennes sont les mieux représentées avec respectivement 26 % et 24 %. Deux groupements des forêts claires ont été mis en évidence dans le Parc National du W. Il s'agit de G1: groupement des forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* et *Hoslundia opposita* et G2 : groupement des forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* et *Achyranthes aspera*. Il ressort de cette approche que les indicateurs qui semblent être appropriés pour un suivi sont : le nombre de formes biologiques et les affinités phytogéographiques des espèces végétales des forêts claires. A cela s'ajoutent les indices de diversité alpha et bêta entre les différents groupements

Par rapport à l'analyse de la structure démographique et de la régénération naturelle, les résultats montrent que les forêts claires ont une structure globalement stable. Cependant, les informations obtenues sur la dynamique de deux espèces structurantes de ces forêts claires considérées comme les principaux indicateurs de l'état sanitaire de ces forêts apportent des nuances sur la résilience écologique de ce type de formation végétale face aux facteurs environnementaux. En effet, l'espèce *Anogeissus leiocarpa* présente une population stable avec une bonne régénération naturelle par contre *Pterocarpus erinaceus* montre une population en déclin. Donc on peut dire que l'analyse globale des ligneux du peuplement a caché un processus de dégradation de la structure qui affecte les populations de certaines espèces.

De façon générale, toutes les données issues de ces travaux vont constituer une situation de référence sur l'état des forêts claires pour un suivi de cette formation forestière via la mise en place d'un dispositif permanent. En effet, pour un suivi saisonnier de la dynamique inter et intra-annuelle de cet habitat, il est opportun d'installer des placeaux permanents. D'ores et déjà les sites des relevés phytosociologiques et dendrométriques installés au cours de cette thèse peuvent être retenus dans ce sens. D'autre part, la base de données intégrant la liste des espèces inventoriées, leurs coordonnées géographiques en relation avec les cartes d'occupations des sols réalisées permettront un suivi de la dynamique paysagère régulièrement par l'utilisation des techniques de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG). Ces dernières offrent l'avantage de la possibilité de la mise à jour régulière de la base des données. Le but final étant de mettre à la disposition des gestionnaires du Parc National du W des données scientifiques fiables sur cet habitat et les autres unités paysagères pour l'amélioration des activités d'aménagement afin de bien gérer et conserver la bioiversité globale.

Les investigations devront être poursuivies avec des images spatiales postérieures à 2002 et de très haute résolution. Les relevés phytosociologiques et les inventaires forestiers doivent se poursuivre de façon périodique sur un pas de temps raisonnable afin d'appréhender la dynamique de la diversité floristique et la structure des communautés des forêts claires.

En termes de suggestions :

1. L'Etat doit rendre plus opérationnel le poste forestier de la Tapoa. Pour concrétiser cela il faut :
 - ✓ renforcer la capacité des agents forestiers ;

- ✓ définir un statut aux Ecogardes ;
- ✓ définir clairement les limites de la zone tampon ;
- ✓ poursuivre une gestion collégiale de trois parcs nationaux (Bénin, Burkina Faso et Niger) déjà initiée par le projet ECOPAS.
- ✓ capitaliser la base données déjà existante (ECOPAS, WWF, SUN, WAP....) pour alimenter l'observatoire Falma-Gaya du Centre National de Suivi Ecologique et Environnemental du Niger ;

2. Les populations riveraines doivent être impliquées dans les plans d'actions de toute activité de conservation et de protection du Parc à travers :

- ✓ le développement de l'écotourisme dans la zone.
- ✓ la prise en compte de leurs problèmes socio-économiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achard, F., Anseau, C., Beaubien, J., Defourny, P., Jaton, A., Lemieux, G., Royer, A., Thomson K., 1996.** La télédétection des forêts. In: AUPELF, et al. (Editor), *Précis de Télédétection* Volume II. AUF, Québec, pp. 227-265.
- Adjanooun E. et Aké L., 1967.** Inventaire floristique des forêts claires subsoudanaises et soudanaises en Côte d'Ivoire septentrionale *Annales de l'Université d'Abidjan* III Science
- Adomou, A.C., 2005.** Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation PhD thesis *Wageningen University*, Wageningen ISBN 90-8504-308-5
- Akoègninou A., Van der Burg. W.J., Van der Maesen L.J.G., Adjakidjè V., Essou J.P. Sinsin B. & Yédomonhan H., 2006.** Flore Analytique du Bénin, *Cotonou & Wageningen*, 1033p.
- Amadou B., 2006.** Analyse de la dynamique de l'occupation de l'espace et impacts sur les écosystèmes « étude de la croissance démographique dans la Réserve de Biosphère du W du Niger *UNESCO/MAB-UNEP/GEF*.
- Ambouta, J.M.K. 1997.** Définition et caractérisation des structures de végétation contractée au Sahel : cas de la brousse tigrée de l'Oust nigérien. Dans *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens*. Sous la direction de J.M. d'Herbès, J.M.K. Ambouta et R. Peltier. *John Libbey Eurotext*, Paris, France. p. 41–57.
- Arbonnier, M., 2002.** Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest. 2è édition, *CIRAD-MNHN- UICN*, 541p.
- Aubreville A., 1957.** Accord de Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. *Bois et Forêts des Tropiques* ; 51 : 23-27.
- Audrey I., 2007.** Caractéristiques et déterminants de la distribution spatio-temporelle de la population d'éléphants du Parc Régional du W, Afrique de l'Ouest Doctorat de *l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique* de Rennes 222p + annexes.

- Bamba I., 2010.** Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo., Thèse de doctorat, *Université libre de Bruxelles*.
- Bamba I., Mama A., Danho R. R. Neuba, koffi k. J., Traoré D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. et Bogaert J., 2008.** Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sces & Nat* ; 5: 49 - 60.
- Barbier N., 2006.** Auto-organisation et interactions spatiales des végétations semi-arides. Thèse de doctorat, *Université Libre de Bruxelles* ; 111p.
- Barbier N., Couteron P., Lejoly J., Deblauwe V. & Lejeune O. 2006.** Self-organised vegetation patterning as fingerprint of climate and human impact on semiarid ecosystems. *Journal of Ecology*, 94: 537-547.
- Barima SS., 2009.** Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, *Université Libre De Bruxelles*.
- Bassett T.J. et Zuéli K.B., 2000.** Environmental discourses and the ivorian savanna. *Ann of the Assoc Amer Geog*; 90: 67-95.
- Bellefontaine R., Gaston A., et Petrucci Y., 1997.** Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Rome, Italie, *FAO*, 316 p.
- Bello I.N., 1994.** Les grandes menaces qui pèsent sur le Parc National du "W" et leurs impacts sur les écosystèmes. *DFPP*, Niamey, 41 p.
- Benoît M., 1998.** Statut et usage du sol en périphérie du parc du « W » du Niger. Introduction à la genèse de l'espace « sauvage » dans la région du « W » du Niger, Tome 2, *ORSTOM*, Niamey, 30 p.
- Berhaut J., 1971, 1974-76, 1979.** Flore illustrée du Sénégal, Tome I, II, III, V. Éd. *Claireafrique*, Dakar.
- Berhaut J., 1971.** Flore du Sénégal, 2^e éd. *Clairafrique*, Dakar 481p.

- Bogaert J., Ceulemans R. et Salvador-Van E.D., 2004.** Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Env Manag* ; 33: 62-73.
- Boudet G., 1977.** Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* ; 30 : 387-406.
- Boudouresque E., 1995.** La végétation aquatique du Liptako (République du Niger). Thèse de Doctorat d'Etat. *Université de Paris-Sud*, Centre d'Orsay. N°d'ordre: 3638 E, 385p.
- Braun-Blanquet J., 1932.** Plant sociology. The study of plant communities. *Ed. McGraw Hill*, New York, London: 439 p.
- Camberlin, P., Martiny, N., Philippon, N. and Richard, Y. 2007.** Determinants of the interannual relationships between remote sensed photosynthetic activity and rainfall in tropical Africa. *Remote sensing of Environments* 106 : (2007) 199-216
- Casenave A. & Valentin C., 1990.** Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. *Paris - ORSTOM*. (Collections Didactiques), 280 p.
- Chappell A. et Agnew CT., 2004.** Modeling climate change in West African Sahel rainfall 1931-90 as an artifact of changing station locations. *Int J Climatol*; 24: 547-554.
- Chave J., 2000.** Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale *Ann. Phys. Fr.* 25 - No 6
- Clerici, N.; Bodini, A.; Eva, H.; Grégoire, J.-M.; Dulieu, D.; Paolini, C. 2007.** Increased Isolation of Two Biosphere Reserves and Surrounding Protected Areas (WAP Ecological Complex, West Africa). *J. Nat. Conserv* 15, 26-40.
- Condit, R., Hubbell, S. P. & Foster, R. B. 1995.** Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs* 65:419–439.
- Couteron P. et Kokou K et Mahamane A. 1992.** Parc National du W (Niger) : typologie et cartographie de la végétation du Parc National et de la réserve de faune de Tamou, *éd. MAB-UNESCO* , 98 p
- Dai A. Lamb, P.J. Trenberth, K.E. Hulme, M., Jones, P.D., Xie, P. 2004** The recent Sahel Drough is real. *Int. J. Climatol.* 24: 1323–1331

- Dajoz, R., 1975.** Précis d'Ecologie, 4ème. Gauthiers Villars, pp. 1–503.
- De Wispelaere G., 2002.** Cartographie de la végétation du complexe du « W ». *Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*, Montpellier, France.
- De Wispelaere, G. 2000.** Caractérisation et cartographie des couverts végétaux de la moyenne vallée du Zambéze (Zimbabwe). Montpellier, *CIRAD-EMVT*.
- De Wispelaere, G., 1990.** Dynamique de la désertification au sahel du Burkina Faso : Cartographie de l'évolution et recherches méthodologiques sur les applications de la télédétection. Paris, *CNAM* : 546 p.
- Dévineau J. L., 2001.** Les espèces ligneuses indicatrices des sols dans des savanes et jachères de l'Ouest du Burkina Faso. *Phytocoenologia*, 31 (3): 325-351.
- Diouf A., 2006.** Etude des interactions biologiques au sein d'une végétation périodique du Niger par l'analyse des processus ponctuels, *Université Libre Bruxelles* 42p.
- Diouf A., Barbier N., Mahamane A., Lejoly J., Saadou M. et Bogaert J., 2010.** Caractérisation de la structure spatiale des individus ligneux dans une « brousse tachetée » au sud- ouest du Niger. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 40; Issue: 3.
- Dufrêne M. et Legendre L., 1997.** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- Dulieu, D., 2004.** La végétation. In : (Lamarque, F., editor), Les grands mammifères du complexe WAP, pp. 16-25. *CIRAD, ECOPAS*.
- Fahrig L., 2003.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review Ecol Evol and Syst*; 34:487-515.
- Fall, S., Semazzi, F. H. M., Miyogi, D. D. S., Anyah, R. O. and Bowden, J. 2006.** Spatiotemporal climate variability over Senegal and its relationship to global climate. *Int. J. Climatol.* 26: 2057-2076.
- FAO, 1999.** The state of the world's forests. *FAO*, Rome, 154 p.
- FAO., 2005.** Situation des Forêts du monde. *FAO*, Rome, Italie.

- Giannini A, Saravanan R et Chang P., 2003.** Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales *Science*; 302: 1027-1030.
- Glèlè Kakaï R., Sinsin B., 2009.** Structural description of two *Isoberlinia* dominated vegetation types in the Wari–Maro Forest Reserve (Benin) *South African Journal of Botany* 75 43–51
- Gounot M., 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. *Masson et al.*, Paris VIe. 303p.
- Grégoire JM et Simonetti D., 2010.** Interannual Changes of Fire Activity in the Protected Areas of the SUN (Sustainable use of natural vegetation in West Africa) Network and Other Parks and Reserves of the West and Central Africa Region Derived from MODIS Observations. *Remote Sens*; 2: 446-463.
- Grégoire, J. M. et Simonetti, 2008.** Dynamique des brûlis dans les aires protégées du réseau SUN (Sustainable Use of Naturel Vegetation in West Africa) (Bénin, Burkina Faso, Niger et Sénégal) *JRC (Joint Research Centre) Scientific and Technical Reports*.
- Groben et Bello I. N., 1980.** Carte de la végétation du Parc National du W du Niger. *DFPP* (Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture), Niamey, Niger.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat Es Sciences naturelles *Univ Bordeaux III*, 394p
- Guinko S., 1992.** Etude phénologique des acacias du Burkina Faso et du Niger, Afrique de l'Ouest. *Acta Biologie. Bendodis*; 4 : 153-161.
- Guinochet M., 1973.** Phytosociologie. Collection d'écologie. *Éd. Masson et Cie*, 227p
- Hammi S., Simonneaux V., Alifriqui M., Auclair L., Montes N., 2007.** Évolution des recouvrements forestiers et de l'occupation des sols entre 1964 et 2002 dans la haute vallée des Ait Bouguemez (Haut Atlas central, Maroc). *Sécheresse*; 18: 271-277.
- Hibert F, De Visscher MN, Alleaume S, 2004.** The wild ungulate community in the Niger W Regional Park. In Chardonnet B, Chardonnet P (Eds) Antelope survey update. *Report for IUCN/SSC Antelope Survey Group*.

- Hibert F., 2007.** Déterminants écologiques et anthropiques de la structuration des peuplements d'ongulés sauvages en Afrique de l'Ouest : cas du Parc Régional du W du fleuve Niger. de *l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes* et de *l'Université ABDOU MOUMOUNI*.
- Hibert F., Calenge C., Fritz H., Maillard D., Bouche P., Ipavec A., Convers A., Ombredane D., De Visscher M., 2010.** Spatial avoidance of invading pastoral cattle by wild ungulates: insights from using point process statistics *Biodivers Conserv*, 1007/s10531-010-9822.
- Hien M, Boussim J, et Sita G., 2002.** L'Utilisation de *Burkea Africana* Hook (Caesalpiniaceae) par les populations d'éléphants (*Loxodonta Africana* Blumen Bach) dans le Ranch de Gibier de Nazinga (Burkina Faso). *Ann Bot Afr Ouest*; 02: 25-35.
- Hien M., 2001.** Etude des déplacements des éléphants, lien avec leur alimentation et la disponibilité dans le ranch de Nasinga, Province du Nahouri, Burkina Faso. Thèse de Doctorat de *l'Université de Ouagadougou*. 152 p. + annexes.
- Higgins S. I., Bond W. J. & Rollope W. S. W. (2000).** Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology*, 88 (2): 213–229.
- Houéhanou T., Kindomihou V., Houinato M., et al., 2007.** Dendrometrical characterization of a firewood plant species (*Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr.) in Pendjari Biosphere Reserve and its surrounding land use area (Benin, Western Africa). Tropentag, *Conference on International Agricultural Research for Development*, Göttingen.
- Houinato M.R.B., 2001.** Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffé (Bénin). Thèse, *Université Libre de Bruxelles*, 212 p.
- Hubbell, S.P., Foster, R.B., O'Brien, S.T., et al., 1999.** Light-cap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science* 283, 554-557.

- Hutchinson, J., Dalziel, J. M., Keay, R. W. J. et al., 1954-1972.** Flora of West Tropical Africa. 2nd edition. Vol. I-III, *the Whitefriars Press*, London.
- Inoussa M. M., 2008.** Etude de la végétation d'un site de suivi des feux d'aménagement dans la Réserve Totale de Faune de Tamou, République du Niger, Mémoire DEA à l'Université Abdou Moumouni de Niamey.
- Inoussa M. M., Mahamane A., Lykke A. M., Dobi D. & Saâdou M., 2010** Assessment of plant communities and taxonomic diversity of woodland in W National Park of Niger , West Africa *Annales U A M*, Tome XI-A 154-165
- Inoussa M. M., Mahamane A., Lykke A. M., Issaka A. & Saadou M. 2011b.** Cartographie et description de différents types de végétation dans le Parc National du W du Niger *Sécheresse* 23 : doi : 10.1684/sec.2011.0316.
- Inoussa M. M., Mahamane A., Mbow C., Saâdou M, Yvonne B. 2011a.** Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc National du W du Niger, Afrique de l'ouest *Sécheresse* 22 : sec.2011.0305
- Jérémy B, Youssoufou S, Yahaya S, et al., 2007.** Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional Park: A pilot study. *Biol Conserv*; 238: 73-88.
- Johnson, N.L., Kotz, S., 1970.** Distributions in Statistics: Continuous Univariate distributions. *John Wiley & Sons*, New York.
- Kambou S. et Guinko S. 1995.** Etude de la phénologie et de l'évolution de l'inflorescence de la fleur de *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. *Et Perr. Au Burkina Faso*
- Kokou K., Adjossou K. & Hamberger K., 2005.** Les forêts sacrées de l'aire ouatchi au sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *VertigO*, 6 (3): 1-10.
- Kossi A., Bellefontaine R. et Kouami K., 2009.** Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes *Sécheresse* ; 20 (1e) : e1-e10.

- Kovach W. L., 1999.** MVSP-A Multi-Variate Statistical Package for Windows, ver.3.1. *Kovach Computing Servies, Pentraeth, Wales, U.K.*
- Lamarque F., 2004.** Les grands mammifères du complexe WAP. *U E, CIRAD, ECOPAS*, 39 p + 51 fiches.
- Landis JR et Koch GG., 1977a.** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometr*; 33: 159-174
- Lebrun J. P. et Stock A. L., 1991-1999.** Enumération des plantes à fleurs d’Afrique tropicale. *Editions des Conser. et Jard. Bot.* Genève, 4 volumes
- Legendre P. & Legendre L., 1998.** Numerical ecology: Developments in Environmental Modelling 20. *Elsevier* : 235 - 245.
- Luoga, E.J., Witkowski, E.T.F., al., 2004.** Regeneration by coppicing (resprouting) of miombo (African savanna) trees in relation to land use. *For. Ecol. Manage.* 189, 23–35.
- Lykke A. M., 1998.** Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants: size class distribution and local information, *Biodiversity and conservation*; 1261-1275.
- Mahamane A., 2005.** Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. Thèse de Doctorat ès Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique. *Université Libre de Bruxelles*, 536 pages.
- Mahamane A., 2006.** Etudes floristique, phytosociologie et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger *Acta Bot. Gallica*, 2006, 153 (2), 265-269
- Mahamane A., Saadou M. et Lejoly J., 2007.** Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc National du « w » (Niger), *Sécheresse* ; 18 (4) : 354-8
- Mahamane et Saadou, 2008.** Actes de l’atelier sur l’harmonisation des méthodes d’étude et d’analyse de la végétation tropicale, Niamey.
- Malaisse F., 1979.** L’écosystème miombo. In : Écosystèmes forestiers tropicaux. Unesco / Pnue/Fao, p. 641-659.

- Mama, V.J., Adeniyi, P., 2005.** Tree diversity of a savanna type in the Republic of Benin using remote sensing and plant diversity indices. *Environtropica* 2, 1–15.
- Mbayngone E., Schmidt M., Hahn-Hadjali K., Thiombiano A., Guinko S., 2008a.** Magnoliophyta of the partial faunal reserve of Pama, Burkina Faso. *Check List* 4(3): 251–266.
- Mbow C., 2009.** Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes du Sénégal. Dakar : *Université Cheikh Anta Diop*.
- McCune Bruce et Grace James B., 2002.** Analysis of Ecological Communities MjM Software Design Gleneden Beach, Oregon.
- Meyer K. M., Wiegand K., Ward D. & Moustakas A. (2007):** The rhythm of savanna patch dynamics. *Journal of Ecology*, 95 (6): 1306–1315.
- Morou B., 2010.** Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest *Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni de Niamey* 184p + Annexes.
- Morou B., Ambouta J. M. K., Karim S, Mahamane A., Saâdou M., Mainassara ZA, Sinsin B., 2011.** Etat de dégradation de l'habitat de la girafe (*Giraffa camelopardalis peralta* Linnaeus, 1758) au Niger. *Sécheresse* 22 : 57-64. doi : 10.1684/ sec.2011.0292.
- Ndangalasia HJ, Bitariho R, Dovi DBK, 2007.** Harvesting of non-timber forest products and implications for conservation in two montane forests of East-Africa. *Biol. Conserv.*, 134: 242-250.
- Nicholson ES., 2005.** On the question of the “recovery” of the rains in the West African Sahel. *J of Arid Env*; 63: 615-641.
- Ouédraogo A., 2006.** Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. *Thèse de doctorat, Univ. Ouagadougou*, 196 p.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S., 2006.** Structure du peuplement juvénile et potentialités de régénération des ligneux dans l'Est du Burkina Faso. *Etudes flor. Vég. Burkina Faso*, 10: 17-24.

- Ouedraogo O., 2009.** Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du Parc National d'Arly (sud-est du Burkina Faso) *Doctorat de l'Université de Ouagadougou* 140p.
- Ouédraogo O., Thiombiano A., Hahn-Hadjali & Guinko S., 2008.** Diversité et structure des groupements ligneux du Parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora Veg. Sudano-Sambesica*: 11, 5-16.
- Oumorou M., 2003.** Etudes écologiques, floristiques, phytogéographiques et phytosociologiques des inselbergs du Bénin. Thèse de doctorat, *Université Libre de Bruxelles*, 210p.
- Ouoba P., 2006.** Flore et végétation de la forêt classée de Niangoloko, Sud-Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, *Université de Ouagadougou*, 144 p.
- Ozer P., Erpicum M., Demaree, G. al., 2003.** The Sahelian drought may have ended during the 1990s. *Hydrological Sciences Journal*, 48: 489-492.
- Philip, M.S., 2002.** Measuring trees and forests, *2nd ed.* CABI, London, pp. 1–310.
- Poilecot, P., Bonfou, K., Dosso, H., et al. 1991.** Un écosystème de savane soudanienne: Le Parc National de la Comoé (Côte d'Ivoire). *Projet UNESCO/PNUD n° IVC/87/007, Note Technique 2.* Paris. 346 pp.
- Porembski, S. 2001.** Phytodiversity and structure of the Comoé river gallery forest (NE Ivory Coast). Pp. 1–10 in Gottsberger, G. & Liede, S. (Eds). Life forms and dynamics in tropical forests. *Dissertationes botanicae*, Cramer, Berlin, Stuttgart.
- Rabeil T., 2003.** Distribution potentielle des grands mammifères dans le Parc du W au Niger. *Thèse, Univ. Paris VII*, 463 p.
- Ramade F., 2004.** Les aires protégées : un instrument essentiel pour la recherche en écologie fondamentale et appliquée à la conservation. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, Vol. 59 : 19-26.
- Raunkier, 1934.** The life forms of plants and statistical plant geography: *oxford University Press*, London, 632p.

- Reyers, B., 2004.** Incorporating anthropogenic threats into evaluations of regional biodiversity and prioritisation of conservation areas in the Limpopo Province, *South Africa. Biol. Conserv.* 118, 521–531.
- Saâdou M., 1990.** La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de Docteur ès - Sciences Naturelles. - *Université de Niamey*. 395 p. + annexes
- Sambou, B., 2004:** Evaluation de l'état, de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudanien et sub-guinéen au Sénégal. *Thèse de doctorat, UCAD Dakar*, 210 p.
- Sankaran M., Hanan N.P., Scholes R.J., et al., 2005.** Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 438: 846-849.
- Schmidt, M. 2006.** Pflanzenvielfalt in Burkina Faso - Analyse, Modellierung und Dokumentation. PhD thesis, J. W. *Goethe-Universität Frankfurt am Main*. 188 p
- Sinsin B. A., 1993.** Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences Agronomiques. *Université Libre de Bruxelles*, 390 p
- Sinsin B., Eyog Matig O., Assogbadjo A.E., al., 2004.** Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azelia africana* Sm. dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin *Biodiversity and Conservation* 13: 1555–1570, *Kluwer Academic Publishers*. Printed in the Netherlands.
- Sobey, D. G. 1978.** Anogeissus groves on abandoned village sites in the Mole National Park, Ghana. *Biotropica* 10:87–99.
- Sokpon N., Honoré B. S., Ouinsavi C., Hunhyet O., 2006.** Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération *Bois et forêts des tropiques*, N° 287 (1)
- Sunderlin WD, Angelsen A, Belcher B, al., 2005.** Livelihoods, forests and conservation in developing countries: an overview. *World Dev.* 33: 1383-1402.

- Tasila Banda, Mark W. Schwartz et Tim Caro, 2006.** Woody vegetation structure and composition along a protection gradient in a miombo ecosystem of western Tanzania *Forest Ecology and Management* 230 179–185.
- Thiomboano A., 2006.** Les combrétaceae du Burkina Faso : taxonomie, écologie, et dynamique et régénération des espèces. Thèse d'Etat en Sciences Biologiques, option Biologie et Ecologie Végétale. Université d'Ouagadougou 281.
- Traoré S.A. & Toé P., 2004.** Statut d'une forêt villageoise dans la province du Nayala; étude de stratégies de réhabilitation. Homme, plantes et environnement au Sahel occidental, actes de l'atelier de Fada N'Gourma; 115-126.
- UICN, 2002.** Rapport de la Réunion Internationale Africaine préparatoire au Sommet Mondial du Développement Durable, Bureau Régional de pour l'Afrique de l'Ouest.
- Van Laar A., Akça A., 2007.** Forest mensuration, Springer, the Netherlands.
- Wala K., 2004.** La végétation de la chaîne de l'Atakora au Benin Diversité floristique, phytosociologie et impact humain. *Thèse de Doctorat de L'Université de Lomé* 140p
- Walker B, Steffen W, Canadell J et al., 1999.** The terrestrial biosphere and global change. Cambridge: *Cambridge University Press*.
- Wezel A. et Lykke A., 2006.** M.Woody vegetation change in Sahelian West Africa: evidence from local knowledge. *Environment, Development & Sustainability*; 8 (4): 553-567
- White F., 1983.** La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. L'Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (*UNESCO*).
- White F., 1986.** La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique, , *ORSTOM / UNESCO* : 384 p.
- Williams M, Ryan CM, Rees RM, et al., 2008.** Carbon sequestration and biodiversity of re-growing Miombo woodlands in Mozambique. *Forest Ecol and Manag*; 254: 145-155.

Wittig R., Hahn-Hadjali K., Krohmer J., et al., 2002. La végétation actuelle des savanes du Burkina Faso et Benin sa signification pour l'homme et la modification de celle-ci par l'homme (aperçu des résultats d'un projet de recherche duré des années) *Etudes flore et Végétation de Burkina Faso*; 7: 03-16.

Yao W. A., Wala K. et Akpagana K., 2010. Analyse floristique et phytosociologique comparée du Parc National de Fazao-Malfakassa et de la Reserve de Faune d'Aledjo (Togo), *Ann. Bot. AFR. Ouest* (06) : 88-104

ANNEXES

Annexe 1: Liste de publications

Inoussa M. M., Mahamane A., Lykke A. M., Dobi D. & Saâdou M., 2010 Assessment of plant communities and taxonomic diversity of woodland in W National Park of Niger , West Afric *Annales U A M* 2010 *Tome XI-A* 154-165

Inoussa M. M., Mahamane A., Mbow C. , Saadou M.et Yvonne B. 2011a Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc National du W du Niger, Afrique de l'ouest *Sécheresse* 22 : *sec.2011.0305*

Inoussa M. M., Mahamane A., Lykke A. M., Issaka A. & Saadou M. 2011b Cartographie et description de différents types de végétation dans le Parc National du W du Niger *Sécheresse* 23 : *doi : 10.1684/sec.2011.0316.*

Inoussa M.M., Mahamane A., Glèlè Kakai R., Lykke A. M. & Saadou M. Structural description of Woodland in the W National Park of Niger, West Africa (en preparation pour le journal *Forest Ecology and Management*)

Assessment of plant communities and taxonomic diversity of woodland in W National Park of Niger (West Africa)

Inoussa M. M.¹, Mahamane A.¹, Lykke A. M.², Dobi D.¹ & Saadou M.¹

¹Laboratoire Garba Mounkaila, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni, BP : 10662 Niamey-Niger, Email maman_maarouhi@yahoo.fr

²National Environmental Research Institute, Aarhus University.

Abstract: This study was carried out in the W National Park located in the south-western part of Niger. In this area woodland is currently threatened to disappear. But until now, no particular studies are conducted on this habitat. The main aim of this paper is to analyze the plant community patterns and floristic composition and understanding the underlying factors that influence vegetation patterns and species distribution in woodland. We carried out 32 phytosociological relevés according to Braun-Blanquet's approach on the sample units of 30 x 30 m². For data analysis, hierarchical classification was assessed based on Sorensen's similarity index using Multi-Variate Statistical Package (MVSP 3.1). For sample units ordination, Principal Component Analysis (PCA) using PCORD 5 was performed on floristic data. Indicator Species Analysis (ISA) using PCORD 5 was performed to identify the indicator value of species. Through taxonomic diversity analysis, 179 species were identified belonging to 115 genera in 45 families. The most important families in species richness were Fabaceae (13%), Poaceae (8%), Caesalpinaceae (7%) and Combretaceae (6%). This study revealed that phanerophytes and therophytes were the dominant life forms and Sudano-Zambesian and Sudanian species with 26% and 24% respectively were the dominant phytogeographical affinity in woodland. Two plant communities of woodland were identified in the the W National Park.

Key Words: plant communities, PCA, taxonomic diversity, Woodland, W National Park of Niger, West Africa.

Analyse des communautés végétales et de la diversité taxonomique de la forêt claire dans le Parc National W du Niger, Afrique de l'Ouest.

Résumé : Cette étude a été réalisée dans le Parc National du W situé dans la partie sud-ouest du Niger. Dans cette zone les forêts claires sont en voie de disparition. Cependant aucune étude spécifique n'a été réalisée sur cet habitat. L'objectif principal de cet article est d'analyser l'état des communautés végétales et de la composition floristique des forêts claires et d'identifier les facteurs qui influencent la structure des groupements végétaux et la distribution des espèces. Les données phytosociologiques constituées de 32 relevés ont été récoltées selon l'approche de Braun-Blanquet sur des placeaux de 30 x 30 m². Pour la classification hiérarchique des relevés, l'indice de similarité de Sorensen a été utilisé sur les données floristiques à l'aide du logiciel MVSP 3.1. L'ordination des relevés a été effectuée par l'application de la PCA (Principal Component Analysis) à l'aide du logiciel PCORD 5. Les espèces indicatrices des communautés végétales ont été identifiées avec la méthode de l'ISA (Indicator Species Analysis). Après une analyse globale de la flore, 179 espèces ont été identifiées appartenant à 115 genres dans 45 familles. Les familles les plus riches en termes d'espèces sont: Fabaceae (13%), Poaceae (8%), Caesalpinaceae (7%) et Combretaceae (6%). Cette étude a montré que phanérophytes et thérophytes sont les formes biologiques les plus dominantes. Par rapport l'affinité phytogéographique, les espèces soudano- zambéziennes et soudaniennes sont les mieux représentées avec respectivement 26% et 24%. Deux groupements des forêts claires ont été mis en évidence dans le Parc National du W.

Mots clés: communautés végétales, PCA, diversité taxonomique, forêts claires, Parc National W du Niger, Afrique de l'Ouest.

I. Introduction

West African Sahelian climate is characterized by a high inter-annual rainfall variability, which can alter vegetation cover enormously from year to year (Ozer *et al.*, 2003; Dai *et al.*, 2004). In this part of tropical Africa many people are farmers, thus they depend on the rainfall which limited their livelihood opportunities (Sunderlin *et al.*, 2005). Nowadays, rainfall fluctuation produces poor harvests. Therefore, people use natural resources for their livelihood. Unfortunately, degradation of the forest ecosystems occurs at very fast intervals and this is accompanied by a growing unbalance between the availability of the natural

Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest)

Maman Maârouhi Inoussa¹
 Ali Mahamane^{1,2}
 Cheikh Mbow³
 Mahamane Saadou^{1,2}
 Bachmann Yvonne⁴

¹ Université Abdou Moumouni de Niamey
 Faculté des sciences
 Département de biologie
 Laboratoire Garba Mounkaila
 BP 10662
 227 Niamey
 Niger

<maman_maarouhi@yahoo.fr>
 <saadou_mahamane@yahoo.fr>

² Université de Maradi
 Faculté des sciences
 BP 465
 227 Maradi
 Niger

<ali_mahamane@yahoo.fr>

³ Université Cheikh Anta Diop de Dakar
 (Ucad)
 Institut des sciences de l'environnement (ISE)
 Laboratoire d'enseignement et de recherche
 en géomatique (LERG)
 Avenue Cheikh Anta Diop
 BP 5005
 Dakar Fann
 Sénégal

<cheikh_penda@yahoo.fr>
⁴ Institute of Ecology, Evolution and Diversity
 Siesmayerstr. 70
 60323 Frankfurt
 Germany
 <Bachmann@bio.uni-frankfurt.de>

Tirés à part : M. Inoussa

Résumé

Cet article est une contribution à l'analyse de la dynamique des forêts claires dans les écosystèmes arides et semi-arides protégés. L'étude est conduite dans le Parc national du W du Niger qui est la composante du Parc régional du W du Niger en Afrique de l'Ouest. Les données utilisées sont des images Landsat TM de novembre 1984 et ETM + de novembre 2002. Pour chaque image, une classification dirigée par maximum de vraisemblance a été appliquée suivie d'une analyse en post-classification, afin de simplifier l'interprétation des résultats. Après la classification des images, des tests de vérification sont effectués utilisant les données de référence collectées sur le terrain. Deux cartes d'occupation des sols de 1984 et 2002 ont été réalisées avec 9 classes thématiques définies. L'analyse des changements fait ressortir une légère augmentation de la superficie des forêts claires passant de 1 % de la superficie totale de la zone d'étude en 1984 à 2,7 % en 2002. L'étude de la dynamique spatiale du paysage a montré un processus de création de nouvelles taches de forêts claires. Ce phénomène est synonyme de la fragmentation du paysage de la zone d'étude, ce qui n'est pas sans conséquences sur la conservation de la biodiversité dans cette aire protégée.

Mots clés : dynamique de la végétation, foresterie, imagerie satellitaire, Niger, occupation des sols.

Abstract

Space-time dynamics of woodlands in the W National Park of Niger (West Africa)

This paper is an assessment of the woodland dynamics in protected dryland ecosystems. The study was conducted in the W National Park of Niger, which belongs to the W Regional Park of Niger located in West Africa. The databases used are composed of two Landsat images TM and ETM + of November 1984 and November 2002, respectively. For each image a supervised classification using maximum likelihood was applied followed by a post classification to eliminate isolated pixels. During the classification some verification tests were performed on the basis of reference data collected in the study area. Two land cover maps of 1984 and 2002 were made, with 9 thematic classes identified. The dynamics of change shows a short increase of woodland from 1 % of the study area in 1984 to 2.7 % in 2002. Spatial landscape dynamics analysis has revealed a process of woodland land cover creation. This process assumes the landscape fragmentation in the study area, which can influence the biodiversity conservation in this protected area.

Key words: forestry, land use, Niger, satellite imaging, vegetation dynamics.

Pour citer cet article : Inoussa MM, Mahamane A, Mbow C, Saadou M, Yvonne B, 2011. Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Sécheresse* 22 : 108-16. doi : 10.1684/sec.2011.0305

doi: 10.1684/sec.2011.0305

Cartographie et description des types de végétation du Parc national du W du Niger

Maman Maârouhi Inoussa¹
Ali Mahamane^{1,2}
Anne Mette Lykke³
Abassa Issaka⁴
Mahamane Saâdou^{1,2}

¹ Université Abdou Moumouni
Faculté des sciences
Laboratoire Garba Mounkaila
BP 10662

Niamey

Niger

<maman_maarouhi@yahoo.fr>

<ali_mahamane@yahoo.fr>

<saadou_mahamane@yahoo.fr>

² Université de Maradi

Faculté des sciences

BP 465

227 Maradi

Niger

³ University of Aarhus

Aarhus C

Institute of Biological Sciences

BP Vejlsøvej 25

8600 Silkeborg

Denmark

<aml@dmu.dk>

⁴ Ministère de l'Hydraulique,

de l'Environnement et de la Lutte

contre la Désertification

BP 578

Niamey

Niger

<as_abass@yahoo.fr>

Résumé

L'étude est réalisée dans le Parc national du W du Niger situé au sud-ouest du pays. L'objectif principal est de faire un état des lieux de différents types de végétation et de les décrire. La méthode classique de numérisation sur écran sur la base des images satellites Landsat ETM+ 2005 est utilisée. La classification effectuée a été validée sur la base des relevés phytocécologiques du terrain. Ainsi, la typologie réalisée a permis de définir 19 classes d'occupation des terres. Les formations végétales les mieux représentées sont les savanes, les brousses tachetées et la végétation clairsemée sur affleurement rocheux avec respectivement 41, 19 et 16 %. La carte de végétation issue de cette étude pourra servir de support aux actions d'aménagement de cette aire protégée. Elle sera aussi une situation de référence pour l'analyse de la dynamique des écosystèmes de la zone.

Mots clés : cartographie, écosystèmes, imagerie satellitaire et géomatique, Niger, phytocécologie, végétation.

Abstract

Mapping and description of vegetation types in the W National Park of Niger

The study was carried out in the W National Park of Niger located in the southwestern part of the country. The main aim was to make a mapping and description of vegetation types in this area. The traditional method of digitalization using Landsat ETM+ image was used. The classification was validated with the phytocological data. A total of 19 vegetation types were defined with savanna, gapped bush and vegetation on outcrops being most widespread and covering 41, 19, and 16%, respectively. The vegetation map resulting from this study will be used as a support for drawing up an efficient program for sustainable management of this protected area. It will also be used as a reference for future assessment of vegetation dynamics.

Key words: cartography, ecosystems, Niger, phytocology, satellite imaging and geomatics, vegetation.

Les ressources naturelles jouent un rôle capital dans la vie socio-économique des populations des pays subsahariens (Lykke, 1998). Dans ces pays à écosystèmes vulnérables, les enjeux écologique et socioéconomique sont la gestion durable de ressources naturelles limitées. En effet, l'exploitation incontournable mais incontrôlée,

couplée aux impacts du changement et de la variabilité climatiques, ne sont pas sans conséquences sur les écosystèmes semi-arides à arides (Wezel et Lykke, 2006). À l'instar de tous les pays sahéliens, le Niger est confronté au problème de la dégradation et de la disparition progressive de son couvert avec un taux annuel de réduction de

Pour citer cet article : Inoussa MM, Mahamane A, Lykke AM, Issaka A, Saâdou M, 2011. Cartographie et description des types de végétation du Parc national du W du Niger. *Sécheresse* 22 : 207-11. doi : 10.1684/sec.2011.0316

Annexe 2 : Liste des espèces inventoriées

TP	TB	Espèces	Familles
SZ	Th	<i>Abutilon ramosum</i> (Cav.) Guill. & Perr.	Malvaceae
SZ	McPh	<i>Acacia ataxacanta</i> DC.	Mimosaceae
SZ	McPh	<i>Acacia erythrocalyx</i> Brenan.	Mimosaceae
SZ	McPh	<i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex Benth.	Mimosaceae
S	McPh	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Mimosaceae
Pan	McPh	<i>Acacia seyal</i> Del	Mimosaceae
Pal	Thd	<i>Acalypha ciliata</i> Forsk.	Euphorbiaceae
S	H	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Acanthaceae
Pal	MsPh	<i>Afzelia africana</i> Sm.	Caesalpiniaceae
Pan	McPh	<i>Allophyllus africanus</i> P.Beauv	Sapindaceae
S	Th	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S.et Th.) Léon	Fabaceae
S	Th	<i>Alysicarpus rugosus</i> (Willd.) DC.	Malvaceae
Pal	Th	<i>Andropogon gayanus</i> Kuntm	Poaceae
SZ	MsPh	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. et Perr.	Combretaceae
Pal	NnPh	<i>Asparagus africanus</i> Lam.	Liliaceae
Pal	Th	<i>Aspilia africana</i> (Pers.) C. Adams	Asteraceae
S	Th	<i>Aspilia helianthoides</i> (Schum. Et Thonn.) Oliv. et Hiern.	Asteraceae
Pal	Thd	<i>Aspilia kotschyi</i> (Sch. Bip) Oliv.	Asteraceae
Pan	H	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae
Pan	Th	<i>Blepharis maderespatensis</i> (L.) Heyne	Acanthaceae
S	McPh	<i>Bombax costatum</i> Pell. Et Vuill.	Bombacaceae
SZ	McPh	<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae
S	McPh	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam.	Capparaceae
Pal	Thd	<i>Brachiaria villiosa</i> Lam.	Poaceae
PA	McPh	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Fabaceae
AT	McPh	<i>Burkea africana</i> Hook.	Caesalpiniaceae
S	NnPh	<i>Capparis fascicularis</i> DC.	Capparaceae
AT	Th	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae
Pal	Th	<i>Cassia absus</i> L.	Caesalpiniaceae
Pal	Thd	<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpiniaceae
Pal	Thd	<i>Cassia nigricans</i> Vahl.	Caesalpiniaceae
SZ	McPh	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Caesalpiniaceae
P-A	Thd	<i>Cassia tora</i> L.	Caesalpiniaceae
SZ	Thd	<i>Chasmopodium caudatum</i> Stapf	Poaceae
SZ	Gé	<i>Chlorophytum blepharophyllum</i> Schweinf. ex Bak.	Anthericaceae
SZ	Thd	<i>Cissus adenocaulis</i> Steud.	Vitaceae
Pal	Thd	<i>Cissus cornifolia</i> (Bak.) Planch.	Vitaceae
Pal	Thd	<i>Cissus gracilis</i> Guill. Et Perr	Vitaceae

TP	TB	Espèces	Familles
S	Thd	<i>Cissus populnea</i> G. et Perr.	Vitaceae
S	Thd	<i>Cyphostemma waterlotii</i> (A.Chev.) Desc.	Vitaceae
Pal	NnPh	<i>Cochlospermum planchoonii</i> Hook.	Cochlospermaceae
SZ	McPh	<i>Combretum aculeatum</i> Vent	Combretaceae
SZ	McPh	<i>Combretum collinum</i> Fresen.	Combretaceae
SZ	McPh	<i>Combretum fragrans</i> F. Hoofm.	Combretaceae
AT	McPh	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. Ex DC.	Combretaceae
S	McPh	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	Combretaceae
S	McPh	<i>Combretum molle</i> R. Br. Ex G. Don	Combretaceae
S	McPh	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. Ex Guil. Et Perr.	Combretaceae
AT	Th	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae
S	Th	<i>Commelina forskalaei</i> Vahl.	Combretaceae
AT	Th	<i>Commelina umbellata</i> Sch. Et Th.	Commelinaceae
Pal	Th	<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	Tiliaceae
Pal	Th	<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae
Pal	NnPh	<i>Crateva adansonii</i> DC.	Capparaceae
S	Gé	<i>Crinum ornatum</i> (L.f. ex Aiton) Bury	Amaryllidaceae
Pal	McPh	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afz.) Benth.	Rubiaceae
Pal	Th	<i>Crotalaria deightonii</i> Hepp.	Fabaceae
AT	Th	<i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth.	Fabaceae
S	Th	<i>Crotalaria naragutensis</i> Hutch.	Fabaceae
SZ	LT	<i>Cucumis melo</i> Naud.	Cucurbitaceae
SZ	LT	<i>Cucumis metuliferus</i> Naud.	Cucurbitaceae
Pan	Grh	<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	Commelinaceae
AT	Th	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae
SZ	MsPh	<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. Et Delz	Caesalpiniaceae
S	Th	<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC. var. <i>gangeticum</i>	Fabaceae
S	Th	<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	Fabaceae
Pan	Chd	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.	Fabaceae
Pan	McPh	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	Mimosaceae
Pan	The	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae
Pan	Thd	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	Dioscoreaceae
SG	Gé	<i>Dioscorea dumetorum</i> (Hunth) Pax	Dioscoreaceae
P-A	Gé	<i>Dioscorea togoensis</i> Knuth	Dioscoreaceae
Pan	MsPh	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.	Ebenaceae
Pan	Th	<i>Dorstenia preussii</i> Schweinf.	Moraceae
Pal	Th	<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	Poaceae
Pan	Thd	<i>Euphorbia aegyptiaca</i> Boiss.	Euphorbiaceae
S	NnPh	<i>Euphorbia convolvuloides</i> Hochst. ex Benth.	Euphorbiaceae
SZ	Th	<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Convolvulaceae

TP	TB	Espèces	Familles
Pal	NnPh	<i>Feretia apodanthera</i> Del	Rubiaceae
Pal	NnPh	<i>Flueggea virosa</i> (Roxb.) Baill	Euphorbiaceae
S	NnPh	<i>Gardenia sokotensis</i> Huntch.	Rubiaceae
Pal	NnPh	<i>Gardenia ternifolia</i> K. Schumm.	Rubiaceae
	NnPh	<i>Gloriosa simplex</i> L.	Colchicaceae
SZ	NnPh	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Tiliaceae
S	Gé	<i>Grewia cissoides</i> Hutch. Et Dalz	Tiliaceae
SZ	NnPh	<i>Grewia lasiodiscus</i> K.Schum	Tiliaceae
SZ	NnPh	<i>Grewia villosa</i> Willd.	Tiliaceae
S	NnPh	<i>Guiera senagalensis</i> J. F. Gmel.	Combretaceae
SZ	NnPh	<i>Gymnema sylvestre</i> (Retz.) Schult	Asclepiadaceae
AM	Th	<i>Hackelochloa granularis</i> (L.) Kuntze	Poaceae
Pan	Th	<i>Hibiscus asper</i> Hook.	Malvaceae
AM	NnPh	<i>Hoslundia opposita</i> Vahl.	Lamiaceae
S	Thd	<i>Hyparrhenia involucrata</i> Stapf	Poaceae
GC	Th	<i>Hypoestes verticillaris</i> (L.F.) Soland.ex Roem. Et Schult	Acanthaceae
AT	Th	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	Fabaceae
GC	Th	<i>Indigofera garckeana</i> Vatke	Fabaceae
GC	Th	<i>Indigofera pseudosubulata</i> Vahl	Fabaceae
S	Thd	<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.	Fabaceae
S	Thgr	<i>Ipomoea dichroa</i> Choisy	Convolvulaceae
S	Thgr	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	Convolvulaceae
SZ	Th	<i>Ipomoea heterotricha</i> F. Didr.	Convolvulaceae
Pal	Thgr	<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	Convolvulaceae
GC	Thgr	<i>Ipomoea pileata</i> Roxb.	Convolvulaceae
S	Thgr	<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	Convolvulaceae
Pal	MsPh	<i>Isoberlinia doka</i> Choib et Stopf	Caesalpiniaceae
S	Th	<i>Jasminum obtusifolium</i> Bak	Oleaceae
AT	Th	<i>Justicia insularis</i> T. Anders.	Acanthaceae
AT	Gé	<i>Kaempferia aethiopica</i> Bench.	Zingiberaceae
S	MsPh	<i>Lannea acida</i> A.	Anacardiaceae
S	Gé	<i>Lepidagathis anobrya</i> Nees	Acanthaceae
S	Ge	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	Lamiaceae
Pan	Thd	<i>Lippia chevalieri</i> Mold.	Verbenaceae
SZ	McPh	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> G. et Perr.	Fabaceae
S	Thd	<i>Loudetia phragmitoides</i> Huubb.	Poaceae
S	Thd	<i>Loudetia togoensis</i> (Pilger.) C.E. Hubb.	Poaceae
AT	McPh	<i>Maerua angolensis</i> DC.	Capparaceae
SZ	Gé	<i>Maerua oblongifolia</i> (Forssk.)A. Rich	Capparaceae
Pan	He	<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.	Cyperaceae

TP	TB	Espèces	Familles
SZ	McPh	<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell.	Celastraceae
S	Th	<i>Melliniella micrantha</i> Harms	Fabaceae
SZ	The	<i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urban	Convolvulaceae
S	Thd	<i>Merremia kentrocaulos</i> (C.B.Cl.) Hall. f.	Convolvulaceae
AT	Th	<i>Merremia pinnata</i> (Hochst.) Hallier	Convolvulaceae
S	Th	<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc.	Rubiaceae
AT	McPh	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) O. Kze	Rubiaceae
Pan	The	<i>Momordica balsamina</i> L.	Cucurbitaceae
AT	Ch	<i>Monechma ciliatum</i> (Jacq.) Miln.-Red	Acanthaceae
Pal	Tpr	<i>Mukia madarespatana</i> (L.) Roem.	Cucurbitaceae
Pan	Th	<i>Pandiaka heudelotii</i> (Moq.) Hook.	Amaranthaceae
S	Th	<i>Panicum pansum</i> Rendle	Poaceae
S	Th	<i>Paullinia pinnata</i> L.	Sapindaceae
AT	Th	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Poaceae
GC	McPh	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Bench.) Van Meeuwen	Fabaceae
SZ	McPh	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst	Caesalpiniaceae
S	McPh	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redhead	Caesalpiniaceae
SZ	The	<i>Polygala arenaria</i> Willd.	Polygalaceae
GC	Th	<i>Polygala multiflora</i> Poir.	Polygalaceae
SZ	MsPh	<i>Prosopis africana</i> (G. et Poir.)	Caesalpiniaceae
SZ	McPh	<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. Et Delz	Combretaceae
SZ	MsPh	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Fabaceae
AT	H	<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.	Amaranthaceae
S	Th	<i>Rytigynia senegalensis</i> Blome	Rubiaceae
Pal	NnPh	<i>Securidaca longipedunculata</i> Fres	Polygalaceae
Pan	Thd	<i>Setaria barbata</i> (Lam.) Kunth	Poaceae
Pal	Thd	<i>Setaria pallide-fusca</i> Stapf et Hubb.	Poaceae
Pan	Th	<i>Sida alba</i> L.	Malvaceae
Pan	Th	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae
Pan	Th	<i>Sida urens</i> L.	Malvaceae
Pan	Thd	<i>Sida veronicifolia</i> Lam. (Mol)	Malvaceae
SZ	Th	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hien.	Rubiaceae
SZ	Th	<i>Spermacoce scabra</i> (S. et Th) K. Schum	Rubiaceae
SZ	Th	<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	Rubiaceae
SZ	Th	<i>Sporobolus festivus</i> Hochst. Ex A.Rich.	Poaceae
AM	Thd	<i>Sporobolus pyramidalis</i> P.Beauv.	Cyperaceae
At	McPh	<i>Sterculia setigera</i> Del.	Sterculiaceae
SZ	MsPh	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae
SZ	Thd	<i>Striga hermontheca</i> (Del.) Benth.	Scrophulariaceae
Pal	McPh	<i>Strychnos innocua</i> Del.	Loganiaceae
Pan	McPh	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Loganiaceae

TP	TB	Espèces	Familles
S	Gé	<i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr	Araceae
S	Gé	<i>Stylochiton lancifolius</i> Kotschy. et Peyr.	Arecaceae
SZ	Thd	<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv	Fabaceae
Pal	Gé	<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) O. Ktze	Taccaceae
S	MsPh	<i>Tamarindus indica</i> L.	Caesalpiaceae
SZ	Th	<i>Tephrosia bracteolata</i> G. et Perr.	Fabaceae
SZ	Th	<i>Tephrosia pedicellata</i> Bak.	Fabaceae
SZ	Th	<i>Tephrosia platycarpa</i> G. et Perr.	Fabaceae
PRA	Th	<i>Teramnus labialis</i> (L. F.) Spreng.	Fabaceae
S	MsPh	<i>Terminalia avicennioides</i> G. et Perr.	Combretaceae
SZ	Ch	<i>Tinnea barteri</i> Gürke.	Lamiaceae
SZ	Th	<i>Tripogon minimus</i> HOCHST	Cyperaceae
SZ	Th	<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	Tiliaceae
Pan	Th	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	Tiliaceae
AM	McPh	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn.	Sapotaceae
SZ	Thd	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) Fries.	Malvaceae
SZ	MsPh	<i>Xeroderris stuhlmannii</i> (Taub.) Mendonca et E. P. Sousa	Fabaceae
SZ	NnPh	<i>Ximenia americana</i> L.	Oleaceae
Pan	McPh	<i>Zizyphus mucronata</i> Lam.	Rhamnaceae
AT	Th	<i>Zornia glochidiata</i> Reichb	Fabaceae

TP: types phytogéographiques.

GC: Guinéo-Congolaises, S: Soudaniennes, SZ: Soudano-Zambéziennes, SG: Soudano-Guinéennes, Pan: Pan Tropicales, AM: Afro-Malgaches, AT: Afro-tropicales, PA: Pan-Africaines et Pal: Paléotropicales. PRA: Plurirégionales africaines

TB : types biologiques ;

Th : Thérophytes; H : Hémicryptophytes ; Gé : Géophytes ; Ch : Chaméphytes ; NnPh : Nanophanérophytes ; McPh : Microphanérophytes et MsPh : Mésophanérophytes.

Annexe 3 : Tableau phytosociologique du G1

N° de relevés	R1	R3	R3	R4	R5	R7	R8	R9	R10	R11	R13	IV
Surface de relevés (m ²)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	
Nombre d'espèce par relevé	56	60	51	48	47	47	47	45	51	41	44	
Espèces												
Espèces indicatrices												
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	3	3	4	-	-	+	+	+	+	-	-	64
<i>Hoslundia opposita</i> Vahl.	+	+	+	-	3	+	+	3	+	+	+	70
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	67
<i>Stylochiton lancifolius</i> Kotschy. et Peyr.	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	64
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	63
<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> G. et Perr.	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	62
<i>Chasmopodium caudatum</i> Stapf	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	60
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afz.) Benth.	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	60
Espèces transgressives												
<i>Blepharis maderaspatensis</i> (L.) Heyne	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	58
<i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urban	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	58
<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) O. Ktze	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	58
<i>Tamarindus indica</i> L.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	58
<i>Tephrosia bracteolata</i> G. et Perr.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	58
<i>Terminalia avecinoides</i> G. et Perr.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	58
<i>Isobertinia doka</i> Choib et Stopf	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	57
<i>Indigifera leprieurii</i> Bak.	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	55
<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	55
<i>Lannea acida</i> A.	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	55
<i>Monechma siliatum</i> (Jacq.) Miln.-Red	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	55
<i>Mukia madarespatana</i> (L.) Roem.	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	54
<i>Prosopis africana</i> (G. et Poir.)	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	54
<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	54
<i>Zizyphus mucronata</i> Lam.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	54
<i>Polygala multiflora</i> Poir.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	53
<i>Sida urens</i> L.	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	53
<i>Merremia pinatta</i> (Hochst.) Hallier	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
<i>Merrua angolensis</i> DC.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
<i>Merrua oblogifolia</i> (Forssk.) A. Rich	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	52
<i>Milliniella micrantha</i> Harms	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	52
<i>Polygala arenaria</i> Willd.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	52
<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	52
<i>Vigna venulosa</i> Bak.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	52
<i>Wissadula amplissima</i> (L.) Fries.	-	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	52

<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
<i>Sporobolus festivus</i> Hochst. Ex A.Rich.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
<i>Stereospermum kunhtianum</i> Cham.	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	51
<i>Tripogon minimus</i> HOCHST	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb.) Baill	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	50
Espèces compagnes												
<i>Jasminum obtusifolium</i> Bak.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Justicia insularis</i> T. Anders..	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	49
<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	48
<i>Anogeissis leiocarpa</i> (DC.) G.	+	3	+	4	4	4	4	4	4	4	3	45
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. Ex Guil. Et Perr.	+	3	3	3	+	3	3	+	+	+	3	45
<i>Ipomoea dichroa</i> Choisy	+	+	-	+	-	-	-	-	3	-	-	45
<i>Pennisetum pedicillatum</i> Trin.	-	-	+	3	+	+	3	3	+	+	+	45
<i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	45
<i>Feretia apodanthera</i> Del	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	44
<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	44
<i>Allophyllus africanus</i> P.Beauv	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	43
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	43
<i>Grewia cissoides</i> Hutch. Et Dalz	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	43
<i>Setaria pallidifusca</i> Stapf et Hubb.	3	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	43
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	42
<i>Pandiaka heudelotii</i> (Moq.) Hook.	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	42
<i>Sida alba</i> L.	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	42
<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	42
<i>Loudetia togoensis</i> (Pilger.) C.E. Hubb.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	41
<i>Ipomoea pileata</i> Roxb.	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	40
<i>Striga hermontheca</i> (Del.) Benth.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	40
<i>Combretum aculeatum</i> Vent	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	37
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst	+	+	+	3	+	3	3	3	+	3	+	37
<i>Tephrosia pedicellata</i> Bak.	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	37
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	-	-	+	+	+	+	3	+	+	+	-	35
<i>Bombax costatum</i> Pell. Et Vuill.	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	33
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	33
<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	30
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+	+	3	+	+	3	3	+	3	+	+	27
<i>Bidens pilosa</i> L.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	27
<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
<i>Brachiaria villosa</i> Lam.	+	+	-	3	3	3	+	+	+	+	+	27
<i>Cassia absus</i> L.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	27
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. Ex DC.	-	3	-	-	+	-	-	-	-	-	-	27
<i>Acacia erythrocalyx</i> Brenan.	3	3	+	-	+	+	+	-	-	-	-	23
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	23

<i>Asparagus africanus</i> Lam.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Cissus adenocaulis</i> Steud.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	20
<i>Cissus populnea</i> G. et Perr.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	20
<i>Corchorus tridens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	20
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam.	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	19
<i>Commelina benghalensis</i> L.	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	18
<i>Dichrostachys cirenea</i> (L.) Wight et Arn.	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	18
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	+	+	+	3	+	-	3	3	+	+	+	16
<i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex Benth.	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	13
<i>Euphorbia egyptiaca</i> Boiss.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Gloriosa simplex</i> L.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Cassia mimosoides</i> L.	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	11
<i>Cissus waterlotii</i> A. Chey.	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	11
<i>Achyranthes aspera</i> L.	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	10
<i>Aspilia helianthoides</i> (Schum. Et Thonn.) Oliv. et Hiern.	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	10
<i>Grewia lasiodiscus</i> K.Schum	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	10
<i>Hibiscus asper</i> Hook.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	10
<i>Hyparrhenia involucrata</i> Stapf	-	3	3	3	+	+	+	+	+	3	+	10
<i>Hypoestes verticillaris</i> (L.F.) Soland.ex Roem. Et Schult	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	10
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S.et Th.)Léon	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	7
<i>Crateva adansonii</i> DC.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	7
<i>Evolvulus alisnoides</i> L.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Gymnema sylvestre</i> (Retz.) Schult	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	7
<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	6
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	3
<i>Cochlospermum planchoonii</i> Hook.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Cyperus rotundis</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	3
<i>Eragrostis tremula</i> Hochst	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Gardenia sokotensis</i> Huntch.	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Hackelochloa granularis</i> (L.) Kuntze	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	2
<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC. var. gangeticum	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dioscorea dumetorum</i> (Hunth) Pax	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	1
<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	1
<i>Merremia kentrocaulos</i> (C.B.Cl.) Hall. f.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	1
<i>Setaria barbata</i> (Lam.) Kunth	-	-	-	-	+	+	3	+	-	-	-	1
<i>Spermacoce radiata</i> DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	1
<i>Spermacoce scabra</i> (S. et Th.) K. Scham.	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	1
<i>Zornia glochidiata</i> Reichb	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	1
<i>Digitaria horizontalis</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	1

Annexe 4: Tableau phytosociologique du Groupement G2

N° de relevés	R6	R12	R14	R2	R16	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	IV
Surface de relevés (m ²)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Nombre d'espèce par relevé	42	48	51	55	49	47	52	44	50	35	42	47	55	51	52	37	43	34	45	
Espèces																				
Espèces indicatrices																				
<i>Anogeissis leiocarpa</i> (DC.) G.	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	54
<i>Achyranthes aspera</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	73
<i>Hyparrhenia involucrata</i> Stapf	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78
<i>Hibiscus asper</i> Hook.	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	73
<i>Dichrostachys cirenea</i> (L.) Wight et Arn.	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	3	72
<i>Cassia mimosoides</i> L.	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	71
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	+	-	3	3	-	-	+	-	3	-	-	-	-	-	+	+	+	+	2	71
<i>Hypoestes verticillaris</i> (L.F.) Soland.ex Roem. Et Schult	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	71
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+	-	3	+	+	+	+	-	2	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	66
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam.	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	65
<i>Brachiaria villosa</i> Lam.	3	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	63
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst	+	+	-	+	-	-	-	3	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	63
<i>Tephrosia platycarpa</i> G. et Perr.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	63
<i>Spermacoce scabra</i> (S. et Th.) K. Scham.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	61
<i>Ipomoea pileata</i> Roxb.	-	-	+	3	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	60
<i>Strychnos innocua</i> Del.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	60
Espèces transgressives																				
<i>Blepharis maderespatensis</i> (L.) Heyne	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	58
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
<i>Pandiaka heudelotii</i> (Moq.) Hook.	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	58

<i>Sida alba</i> L.	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	58
<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	58
<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	3	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	55
<i>Ipomoea dichroa</i> Choisy	-	-	-	-	+	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	3	3	+	3	+	+	+	-	+	+	3	+	+	2	+	-	-	-	+	55
<i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	55
<i>Anogeissis leiocarpa</i> (DC.) G.	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	54
<i>Feretia apodanthera</i> Del	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	54
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	53
<i>Grewia cissoïdes</i> Hutch. Et Dalz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	53
<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	52
<i>Jasminum obtusifolium</i> Bak.	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	51
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. Ex Guil. Et Perr.	+	3	3	+	3	+	+	+	3	+	+	+	+	+	2	-	2	3	+	50
Espèces compagnes																				
<i>Lepidagatis anobrya</i> Nees	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Panicum pansum</i> Rendle	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Pericopsis laxiflora</i> (Bench.) Van Meeuwen	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Securidaca longipedunculata</i> Fres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	49
<i>Sida ovata</i> Forsk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	49
<i>Sporobolus pyramidalis</i> P.Beauv.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	49
<i>Sterculia setigera</i> Del.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
<i>Loudetia phragmitoides</i> Huubb.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	48
<i>Merrua oblogifolia</i> (Forssk.)A. Rich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	48
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) O. Kze	-	-	-	-	-	-	-	3	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48
<i>Polygala arenaria</i> Willd.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48
<i>Pтелиopsis suberosa</i> Engl. Et Delz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	48
<i>Sida veronicifolia</i> Lam. (mol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	48

<i>Tinnea barteri</i> Gürke.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	48
<i>Vigna venulosa</i> Bak.	+	-	+	+	+	3	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	48
<i>Wissadula amplissima</i> (L.) Fries.	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	2	2	2	-	48
<i>Ximenia amricana</i> L.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	48
<i>Polygala multiflora</i> Poir.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47
<i>Sida rhombifolia</i> L.	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	3	+	+	-	47
<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	47
<i>Mukia madarespatana</i> (L.) Roem.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	46
<i>Piliostigma tonningii</i> (Sch.) Miln-Redh.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	46
<i>Prosopis africana</i> (G. et Poir.)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	46
<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
<i>Tephrosia pedicellata</i> Bak.	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	46
<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	+	-	-	-	-	46
<i>Xeroderris stuhlmannii</i> (Taub.) Mendonca et E. P. Sousa	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	46
<i>Zizyphus mucronata</i> Lam.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
<i>Lannea acida</i> A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	45
<i>Monechma siliatum</i> (Jacq.) Miln.-Red	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
<i>Isoberlinia doka</i> Choib et Stopf	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	+	2	+	-	-	-	-	+	43
<i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urban	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42
<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hien.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	42
<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) O. Ktze	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	42
<i>Tamarindus indica</i> L.	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	42
<i>Tephrosia bracteolata</i> G. et Perr.	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	42
<i>Terminalia avicennioides</i> G. et Perr.	-	+	-	-	+	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42
<i>Gardenia sokotensis</i> Huntch.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	39
<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> G. et Perr.	2	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	38
<i>Stereospermum kunhtianum</i> Cham.	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	38
<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	36

<i>Stylochiton lancifolius</i> Kotschy. et Peyr.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	36
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S.et Th.)Léon	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	34
<i>Gymnema sylvestre</i> (Retz.) Schult	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	34
<i>Cyphostemma waterlotii</i> (A.Chev.) Desc.	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	31
<i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex Benth.	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	30
<i>Commelina benghalensis</i> L.	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	28
<i>Cissus adenocaulis</i> Steud.	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	27
<i>Aspilia africana</i> (Pers.) D.C. Adams	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Hoslundia opposita</i> Vahl.	+	+	2	3	2	2	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	3	+	14
<i>Acacia erythrocalyx</i> Brenan.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Acacia seyal</i> Del.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Afzelia africana</i> Sm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1
<i>Allophyllus africanus</i> P.Beauv	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	3	-	-	1
<i>Andropogon gayanus</i> Kuntm	+	3	-	+	3	-	+	3	-	+	3	3	-	3	3	-	+	+	+	1
<i>Asparagus africanus</i> Lam.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1
<i>Aspilia helianthoides</i> (Schum. Et Thonn.) Oliv. et Hiern.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	1
<i>Aspilia kotschyi</i> (Sch. Bip) Oliv.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	3	+	+	+	+	-	-	-	-	1
<i>Bidens pilosa</i> L.	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	1
<i>Bombax costatum</i> Pell. Et Vuill.	-	-	-	+	-	+	3	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	1
<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	1
<i>Burkea africana</i> Hook.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1
<i>Capparis fascicularis</i> DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1
<i>Cassia absus</i> L.	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cassia nigricans</i> Vahl.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	1
<i>Cassia tora</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chasmopodium caudatum</i> Stapf	-	-	-	3	3	+	2	2	2	3	3	3	2	+	+	-	-	+	+	1
<i>Cissus gracilis</i> Guill. Et Perr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Cissus populnea</i> G. et Perr.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	1

<i>Combretum aculeatum</i> Vent	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	1
<i>Combretum flagrans</i> F. Hoofm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. Ex DC.	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Combretum molle</i> R. Br. Ex G. Don	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	2	3	+	-	-	-	-	1
<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Corchorus tridens</i> L.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1
<i>Crateva adansonii</i> DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afz.) Benth.	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	1
<i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. Et Delz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1
<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC. var. <i>gangeticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	1
<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	-	-	+	-	-	3	-	-	3	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	1
<i>Dioscorea dumetorum</i> (Hunth) Pax	+	-	-	+	+	+	3	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	1
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	1
<i>Dorstenia preussii</i> Schweinf.	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1
<i>Euphorbia egyptiaca</i> Boiss.	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Evolvulus alisnoides</i> L.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb.) Baill	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	1
<i>Gardenia ternifolia</i> K. Schumm.	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1
<i>Gloriosa simplex</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	1
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	1
<i>Grewia lasiodiscus</i> K.Schum	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	1
<i>Grewia villosa</i> Willd.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Indigifera lepreurii</i> Bak.	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	1
<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	1
<i>Indigofera gackeana</i> Vatke	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	1
<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Justicia insularis</i> T. Anders..	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	1

<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	1
<i>Merremia kentrocaulos</i> (C.B.Cl.) Hall. f.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	1
<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	1
<i>Setaria barbata</i> (Lam.) Kunth	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Annexe 5 : Liste des espèces par famille avec le recouvrement relatif (RR), la fréquence relative (FR), la densité relative (DR) et l'indice de valeur d'importance (IVI).

Familles	Espèces	RR	FR	DR	VI
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i>	0,0004	0,0029	0,0003	0,0036
	<i>Sclerocarya birrea</i>	0,0010	0,0029	0,0003	0,0042
Bignoniaceae	<i>Kigelia africana</i>	0,0001	0,0029	0,0003	0,0033
	<i>Stereospermum kunthianum</i>	0,0002	0,0029	0,0005	0,0037
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i>	0,0007	0,0029	0,0003	0,0039
	<i>Bombax costatum</i>	0,0047	0,0088	0,0008	0,0143
Caesalpiaceae	<i>Azelia africana</i>	0,0001	0,0029	0,0003	0,0033
	<i>Burkea africana</i>	0,0046	0,0029	0,0011	0,0086
	<i>Cassia sieberiana</i>	0,0042	0,0295	0,0062	0,0399
	<i>Daniellia oliveri</i>	0,0082	0,0029	0,0003	0,0115
	<i>Isobertinia doka</i>	0,0374	0,0206	0,0035	0,0615
	<i>Piliostigma reticulatum</i>	0,0129	0,0472	0,0135	0,0736
	<i>Piliostigma tonningii</i>	0,0027	0,0147	0,0070	0,0245
	<i>Tamarindus indica</i>	0,0004	0,0206	0,0022	0,0232
Capparaceae	<i>Boscia angustifolia</i>	0,0003	0,0059	0,0013	0,0075
	<i>Boscia senegalensis</i>	0,0016	0,0295	0,0078	0,0389
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpa</i>	0,6417	0,0973	0,1937	0,9328
	<i>Combretum collinum</i>	0,0409	0,0914	0,0725	0,2082
	<i>Combretum flagrans</i>	0,0017	0,0059	0,0019	0,0095
	<i>Combretum glutinosum</i>	0,0091	0,0265	0,0108	0,0464
	<i>Combretum micranthum</i>	0,0735	0,0678	0,2385	0,3798
	<i>Combretum molle</i>	0,0151	0,0206	0,0431	0,0788
	<i>Combretum nigricans</i>	0,0009	0,0944	0,2528	0,3480
	<i>Guiera senegalensis</i>	0,0014	0,0029	0,0022	0,0065
	<i>Pteleopsis suberosa</i>	0,0001	0,0029	0,0003	0,0033
	<i>Terminalia avicennioides</i>	0,0261	0,0206	0,0108	0,0575
Ebenaceae	<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,0014	0,0118	0,0030	0,0162
Euphorbiaceae	<i>Flueggea virosa</i>	0,0022	0,0383	0,0121	0,0527
Fabaceae	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	0,0117	0,0413	0,0065	0,0595
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0,0202	0,0059	0,0032	0,0294
	<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	0,0141	0,0206	0,0040	0,0387
Mimosaceae	<i>Acacia ataxacantha</i>	0,0022	0,0236	0,0084	0,0342
	<i>Acacia erythrocalyx</i>	0,0043	0,0501	0,0213	0,0758
	<i>Acacia macrostachya</i>	0,0012	0,0088	0,0049	0,0149
	<i>Acacia seyal</i>	0,0001	0,0029	0,0003	0,0033
	<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,0079	0,0413	0,0350	0,0843
	<i>Prosopis africana</i>	0,0204	0,0236	0,0030	0,0469

Familles	Espèces	RR	FR	DR	VI
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i>	0,0021	0,0059	0,0008	0,0089
	<i>Ziziphus mucronata</i>	0,0006	0,0118	0,0016	0,0140
Ribuaceae	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	0,0103	0,0236	0,0081	0,0420
	<i>Feretia apodanthera</i>	0,0020	0,0472	0,0116	0,0608
	<i>Mitragyna inermis</i>	0,0039	0,0029	0,0032	0,0101
Sapotaceae	<i>Vitellaria paradoxa</i>	0,0054	0,0029	0,0005	0,0089
Tiliaceae	<i>Grewia flavecsence</i>	0,0001	0,0029	0,0003	0,0033

Annexe 9. Illustrations : quelques photos prises dans le Parc National du W du Niger



Photo 1 : Faciès de forêt claire à *Isoberlinia doka* (Diouf A., 25.12.2008)



Photo 2 : Faciès de forêt claire à *Anogeissus leiocarpa* (Diouf A., 16.04.2008)



Photo 3 : Un jeune faciès de Forêt claire à *Anogeissus leiocarpa* (Inoussa M.M., (25.05.2009)



Photo 4 : Galerie forestière le long de la rivière Mékrou (Inoussa M.M., 26.05.2009)

Annexe 7 : (suite)



Photo 5 : Faciès de savane boisée (Inoussa M.M., 07.09.2008)



Photo 6 : Faciès de savane arborée à *sclerocarya birrea* (Inoussa M.M., 23.05.2009)



Photo 7 : Savane arbustive dense parcourue par le feu (Inoussa M.M., 26.05.2009)



Photo 8 : Savane herbeuse à arbustive après le passage du feu (Inoussa M.M., 22.05.2009)

Annexe 7 : (suite)



Photo 9 : Faciès de brousse tachetée dégradée (Inoussa M.M., 25.05.2009)



Photo 10 : Végétation très clairsemée sur affleurement rocheux (Inoussa M.M., 25.05.2009)



Photo 11 : Formation à *Acacia seyal* (Diouf A., 18.04.2008)

Nom du document : Thèse_Inoussa_2011_ok.doc
Répertoire : C:\Documents and Settings\HP\Mes documents
Modèle : C:\Documents and Settings\HP\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Titre :
Sujet :
Auteur : user
Mots clés :
Commentaires :
Date de création : 06/11/2012 16:21:00
N° de révision : 8
Dernier enregistr. le : 09/11/2012 12:44:00
Dernier enregistrement par : user
Temps total d'édition : 165 Minutes
Dernière impression sur : 09/11/2012 12:47:00
Tel qu'à la dernière impression
Nombre de pages : 137
Nombre de mots : 32 987 (approx.)
Nombre de caractères : 181 433 (approx.)