



Université d'Abomey-Calavi  
(UAC)



Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines  
(FLASH)

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire « Espaces, Cultures et Développement »  
(EDP)

---

## Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)

**Option :** Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'Espace

**Distribution spatiale et dynamique de *Khaya senegalensis*,  
*Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des  
parcours naturels de transhumance du Bassin Supérieur de la  
Sota au Bénin**

Présenté par :

**Soufiyanou KARIMOU**

Sous la direction de :

**Dr Brice TENTE**

Maître de Conférences  
DGAT/FLASH/UAC

**Jury :**

Président	: Dr Marcel R.B. HOUINATO	Maître de Conférences/FSA/UAC
Rapporteur	: Dr Brice TENTE	Maître de Conférences/FLASH/UAC
Examineur	: Dr Madjidou OUMOROU	Maître de Conférences/ENSAGAP/UP

**Mention : Très bien**

Soutenu le 27/11/2015

## **SOMMAIRE**

SIGLES ET ACRONYMES .....	2
DEDICACE .....	3
REMERCIEMENTS .....	4
RESUME .....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUCTION.....	7
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE D’ETUDE .....	9
CHAPITRE II : CADRE D’ETUDE.....	18
CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES .....	24
CHAPITRE IV : RESULTATS .....	30
CHAPITRE V : DISCUSSION.....	56
CONCLUSION ET SUGGESTIONS .....	60
PERSPECTIVES POUR LA THESE .....	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	62
ANNEXES .....	67
LISTE DES FIGURES .....	70
LISTE DES TABLEAUX .....	71
LISTE DES PLANCHES .....	71
TABLE DES MATIERES .....	71

## **Sigles et acronymes**

ASECNA	: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
AUC	: Area Under the Curve
BIDOC	: Bibliothèque et Centre de Documentation
CCCMA	: Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis
CSIRO	: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
EDP	: Ecole Doctorale Pluridisciplinaire
ETP	: EvapoTranspiration Potentielle
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAST	: Faculté des Sciences et Techniques
FLASH	: Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines
FSA	: Faculté des Sciences Agronomiques
GBIF	: Global Biodiversity Information Facility
GCM	: Global Circulation Models
GIEC	: Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GPS	: Global Positioning System
HadCM3	: Hadley Centre for Coupled Model version 3
INSAE	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
LaCarto	: Laboratoire de Cartographie
MDP3C	: Modélisation de la Dynamique des Parcours naturels dans le Contexte actuel des Changements Climatiques
PADC	: Programme d'Appui au Démarrage des Communes
SRES	: Special Report on Emissions Scenarios
UAC	: Université d'Abomey-Calavi
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

## **Dédicace**

A

Tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre œuvrent au renforcement des capacités et à la promotion des jeunes chercheurs.

## Remerciements

Ce mémoire a été réalisé grâce à l'appui financier du Programme Fonds Compétitifs de Recherche (PFCR) de l'Université d'Abomey-Calavi dans le cadre du projet Modélisation de la Dynamique des Parcours naturels dans le Contexte actuel des Changements Climatiques (MDP3C). Son aboutissement a été possible suite à l'assistance technique et au conseil de nombreuses personnes. C'est pourquoi nous témoignons sincèrement notre gratitude à/au :

- Dr Brice TENTE, Maître de Conférences des Universités du CAMES, qui a accepté, malgré ses multiples occupations de diriger ce mémoire. Son encadrement permanent, ses remarques pertinentes ont été déterminantes dans la réalisation du présent mémoire ;
- Professeur Benoît N'BESSA, coordonnateur du projet MDP3C pour son esprit d'ouverture et ses multiples encouragements ;
- Dr Omer THOMAS, Dr Marcel HOUINATO, Dr Madjidou OUMOROU, Dr Ibouaïma YABI et Dr Abou Bakari IMOROU, membres du projet MDP3C pour leurs orientations, encouragements et conseils ;
- Dr Ismaïla TOKO IMOROU, Maître-Assistant et Directeur-Adjoint du Laboratoire de Cartographie pour ses orientations scientifiques et son assistance tant morale que financière. Ses conseils et remarques pertinentes ont été déterminants dans la réalisation du présent mémoire ;
- tous les Enseignants-Chercheurs de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire de la FLASH/UAC pour la qualité de leurs encadrements ;
- tous les membres du Laboratoire de Cartographie (LaCarto) ; en particulier, Dr Ousseni AROUNA, Drs Houzérou DJIBRIL et Drs Nourou TOKO pour son assistance à la réalisation des cartes thématiques du secteur d'étude ;
- Drs Soufouyane ZAKARI, pour sa collaboration scientifique et son appui financier lors des travaux de terrain ;
- Drs Etienne DOSSOU, pour son aide pour la modélisation des niches écologiques des espèces étudiées ;
- toute la famille BARES KARIMOU de Parakou et MASSARI de Bembèrèkè pour leurs amour et soutiens ;
- monsieur Dramane ISSIAKO pour son appui lors des travaux de terrain ;
- tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement du présent mémoire.

## Résumé

Dans les parcours naturels, les ligneux fourragers les plus appréciés par le bétail subissent de forte pression d'émondage, d'étêtage, écorçage et d'essouchage compromettant ainsi leur survie à long terme. L'objectif visé par la présente étude est d'analyser la dynamique de *Khaya senegalensis* ; *Azelia africana* ; *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota. La méthode de la distance du plus proche voisin de Clarks et Evans a été utilisée. Les mesures de distance entre voisins les plus proches ont été effectuées à l'aide du décimètre sur une superficie de 11,52 ha. Ensuite, un inventaire forestier a été réalisé dans la même parcelle et a permis de déterminer les diamètres et les hauteurs des individus de ces espèces. Par ailleurs le modèle Maxent a été utilisé. Les résultats obtenus révèlent une distribution aléatoire pour *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* et une distribution en agrégat pour *Daniellia oliveri*. Sur le plan structural, la densité des individus adultes de *Khaya senegalensis* est de  $18,52 \pm 9,65$  pieds/ha contre  $1,85 \pm 1,80$  pieds/ha pour la catégorie de régénération. Celle de *Azelia africana* est de  $29,95 \pm 19,66$  pieds/ha pour les individus adultes contre  $1,39 \pm 1,67$  pieds/ha pour la catégorie de régénération. *Pterocarpus erinaceus* présente une densité  $23,46 \pm 14,49$  pieds/ha pour les individus adultes contre  $2,61 \pm 1,44$  pieds/ha pour la catégorie de régénération. Pour *Daniellia oliveri*, la densité des individus adultes est de  $17,68 \pm 10,09$  pieds/ha contre  $2,01 \pm 1,75$  pieds/ha pour la catégorie de régénération. Ces différentes valeurs indiquent que la viabilité à moyen et à long terme de ces espèces est compromise. Les résultats issus de la modélisation indiquent que la plupart des conditions écologiques actuellement très favorable à la présence de ces ligneux fourragers seront fortement menacées par les variabilités climatiques à l'horizon 2050. Cependant, les habitats favorables et peu favorables présentent des chances de survies de ces espèces.

**Mots clés :** Dynamique, ligneux fourragers, parcours naturels de transhumance, bassin supérieur de la Sota, Bénin.

## **Abstract**

In the natural course, the most palatable fodder species by cattle undergo pressure pruning, topping and various anthropogenic exploitation jeopardizing their long-term representation. This study aim to analyze the dynamics of *Khaya senegalensis*; *Azelia africana*; *Pterocarpus erinaceus* and *Daniellia oliveri* rangeland transhumance of the upper basin of the Sota. The methodology is focused on the distance of the nearest neighbor of Clark and Evans, forest inventory and application of Maxent program. The results show a random distribution for *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* and *Pterocarpus erinaceus* and aggregate distribution for *Daniellia oliveri*. On the structural level, the density of adult individuals of *Khaya senegalensis* is  $18.52 \pm 9.65$  trees/ha against  $1.85 \pm 1.80$  trees/ha for the regeneration category. That of *Azelia africana* is  $29.95 \pm 19.66$  trees/ha for adult individual against  $1.39 \pm 1.67$  trees/ha for regeneration category. *Pterocarpus erinaceus* has a density of  $23.46 \pm 14.49$  trees/ha for adult individual against  $2.61 \pm 1.44$  trees/ha for the regeneration category. For *Daniellia oliveri*, density is  $17.68 \pm 10.09$  trees/ha for adult individual against  $2.01 \pm 1.75$  trees/ha for the regeneration category. These values indicate that sustainability in the medium and long term of these species is compromised. The results of modeling indicate that most of the currently very favorable ecological conditions to the presence of tree fodder will be strongly affected by climate variability in 2050. However, the favorable and unfavorable habitats have chances of survival of such species.

**Keywords:** Dynamic, tree fodder, rangelands of transhumance, upper basin of the Sota, Benin.

## **Introduction**

Les problèmes de gestion des ressources pastorales et agro-pastorales se manifestent de différentes manières suivant les pays et les régions, mais toujours en étroite relation avec les obstacles à la mobilité des troupeaux.

La question d'une meilleure gestion des ressources pastorales est devenue plus pressante dès le XXème siècle du fait de changements structurels qui ont profondément modifié la problématique de l'accès aux pâturages (Rédév, 2005). Cette situation est due à la réduction des ressources fourragères elle-même occasionnée par les aléas climatiques et l'augmentation des pressions humaines et animales.

L'élevage est la seconde activité économique après l'agriculture au Bénin et particulièrement dans les départements de l'Alibori et du Borgou (Djenontin, 2011 ; Dugué *et al.*, 2003). Il constitue aussi l'élément central de la sécurité alimentaire et nutritionnelle pour des millions de populations rurales pauvres dont les moyens d'existence reposent sur l'agriculture pluviale de par le monde (Lesse, 2011 ; Eboh *et al.*, 2008).

En saison sèche, les peuplements ligneux fournissent aux bovins, ovins et caprins les compléments protéiques et vitaminiques indispensables à leur survie (Bognounou *et al.*, 2008). Ainsi les éleveurs mettent à la disposition de leur bétail, le feuillage de certaines espèces fourragères par émondage ou ébranchage répétant parfois l'action sur le même sujet plusieurs années de suite. Ces pratiques réduisent dangereusement, et dans certains cas de façon irréversible, le peuplement de ces espèces.

Chaque année, près de 100.000 têtes supplémentaires de gros et petits ruminants transhumants en provenance des pays limitrophes comme le Burkina Faso, le Niger, le Mali et le Nigéria entrent sur le territoire béninois provoquant une surcharge du pâturage en saison sèche (PFN, 2004).

A cet titre, la gestion rationnelle des ressources pastorales surtout des ligneux fourragers des parcours naturels de transhumance s'avère indispensable. Pour être efficace, cette gestion rationnelle doit passer par l'identification des ligneux fourragers des parcours naturels ainsi que tous les facteurs qui gouvernent leur évolution. La présente recherche qui porte sur la **Distribution spatiale et dynamique de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin de la Sota** est structurée en cinq chapitres à savoir :

- le premier chapitre est consacré au cadre théorique de l'étude ;
- le deuxième chapitre d'écrit le cadre d'étude ;
- le troisième chapitre expose le matériel et les méthodes utilisés ;

- le quatrième chapitre s'articule autour des résultats obtenus ;
- le cinquième chapitre présente la discussion.

## CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE D'ETUDE

### 1.1 Problématique

Comprendre la répartition des espèces et des communautés d'espèces à grande échelle, identifier les conditions environnementales qui contraignent cette répartition et modéliser les aires de distribution des espèces ou communautés d'espèces sont au cœur des problématiques scientifiques pour la mise en place de programmes de préservation de la biodiversité, l'orientation des politiques d'aménagement du territoire mais aussi pour évaluer l'impact du changement climatique. Ainsi, la répartition des espèces végétales renseigne sur la biologie de l'espèce et son utilisation comme ressource naturelle (Yéhouenou Tessi *et al.*, 2012).

Si l'on se réfère au dernier rapport publié par le GIEC, les pâturages font parties des trois grands domaines affectés par les changements climatiques au niveau agricole, avec une modification des zones propices à l'élevage, une diminution de la valeur nutritive du fourrage (rapport C/N élevé), une modification de la composition des espèces fourragères (IPCC, 2001).

Les ligneux fourragers les plus appréciés par le bétail sont *Khaya senegalensis*, *Azizelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri*. Selon UICN (2008), les trois premiers cités sont classés comme espèces vulnérables ; et pour plusieurs auteurs (Koukoubou, 2008 et FAO, 2005b) *Daniellia oliveri* est une espèce menacée en Afrique de l'Ouest.

Au Bénin, l'élevage des bovins repose sur l'utilisation extensive des parcours naturels par des pratiques traditionnelles. Les terres de parcours naturels jadis estimées à plus de 7 millions d'hectares et localisés en majorité dans les départements du Nord commencent par faire l'objet d'occupation agricole et perpétuant ainsi les conflits entre agriculteurs et éleveurs (Téka *et al.*, 2010). Selon ce même auteur, ces parcours naturels constituent l'essentiel de l'alimentation des gros ruminants et jouent de ce fait un rôle important dans l'économie nationale.

A ce titre, la gestion rationnelle des ressources pastorales, base de l'alimentation du bétail s'avère nécessaire. Cette gestion rationnelle des ressources pastorales passe avant tout par la maîtrise de leur fonctionnement et des actions susceptibles de freiner leur dégradation ou d'améliorer leur productivité et de valeur pastorale.

Le bassin supérieur de la Sota est caractérisé par des arrivées massives chaque année de troupeaux transhumants venant du Burkina, du Niger et du Nigeria. Ceux-ci exploitent les pâturages naturels avec les éleveurs sédentaires. Ces ressources fourragères de saison sèche essentiellement constituées des ligneux dont *Khaya senegalensis*, *Azizelia africana*,

*Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* commencent par se rarifier ; puis qu'elles font également l'objet de demande préférentielle en bois d'œuvre et de service. Selon Sinsin *et al.* (2004) et Sokpon (2000), parmi les essences forestières autochtones faisant objet de demande préférentielle en bois d'œuvre et de service figures *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus*. Jadis, ces espèces étaient bien représentées dans les forêts mais actuellement elles sont devenues rares.

A cet effet, il est indispensable de faire un état des lieux de l'évolution de ces ligneux fourragers des parcours naturels de transhumance afin de connaître leurs caractéristiques structurelles, leur répartition ainsi que leurs contributions fourragères. C'est dans ce cadre que la présente recherche intitulée « **Distribution spatiale et dynamique de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota** » a été initiée. Les principales questions de recherche qui la fonde sont :

- la structure spatiale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota est-elle aléatoire ? en agrégat ? ou régulière ?
- comment se présente la structure en diamètre de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota ?
- la variabilité climatique peut-elle influencer la distribution de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance bassin supérieur de la Sota ?

## **1.2 Objectifs de recherche**

L'objectif de recherche est décliné en objectif global et en objectifs spécifiques.

### **1.2.1 Objectif global**

La présente recherche vise à étudier la structure spatiale et la dynamique de quelques ligneux fourragers des parcours naturels de transhumance dans un contexte de variabilité climatique dans le bassin supérieur de la Sota au Nord-Bénin.

### 1.2.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'est agi de :

- déterminer la structure spatiale de *Khaya senegalensis*, *Afzelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota ;
- caractériser la structure en diamètre de *Khaya senegalensis*, *Afzelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota ;
- modéliser la distribution de *Khaya senegalensis*, *Afzelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota à l'horizon 2050 dans le contexte actuel de variabilité climatique.

### 1.3 Hypothèses de recherche

La présente étude se fonde sur les hypothèses de recherche suivantes liées respectivement aux objectifs spécifiques ci-dessus

- les peuplements de chacune des quatre espèces étudiés des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota sont distribués de façon aléatoire ;
- la structure diamétrique de chacune des quatre espèces étudiées des parcours naturels de transhumances du bassin supérieur de la Sota est caractérisée par une faible représentativité des individus de la classe de régénération et ceux de gros diamètre ;
- la variabilité climatique influence négativement la distribution de *Khaya senegalensis*, *Afzelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota.

### 1.4 Description botanique des espèces étudiées

La description botanique des espèces étudiées a été faite à partir des documents de Akoègninou *et al.* (2006) et de Arbonier (2002). Les principales caractéristiques prises en compte dans cette description concernent : le port, l'écorce, la feuille, la fleur, le fruit, la graine, la période de floraison, le préférendum écologique et la répartition géographique.

#### 1.4.1 *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss (Meliaceae)

*Khaya senegalensis* est un ligneux des savanes soudaniennes et guinéennes. Il préfère les sols profonds et bien drainés, mais s'adapte aussi aux sols superficiels et latéritiques. C'est un grand arbre, de 25-35 m de haut, à fût généralement court et trapu, mais pouvant atteindre 10 m de haut et 2 m de diamètre, parfois avec un faible empatement à la base, à cime arrondie et

dense, avec les feuilles disposées au bout des rameaux. Son écorce est grise et lisse, devenant plus ou moins ferrugineuse et écailleuse, à tranche rose plus ou moins carmin, exsudant un peu de liquide (p 1.1).

Les feuilles sont alternes, paripennées (parfois imparipennées), glabres, à 3-4(-6) paires de folioles opposées ou subopposées, oblongues à oblongues elliptiques, de 5-12 x 3-5 cm, à sommet arrondi, obtus ou plus ou moins acuminé, à base en coin ou atténuée, grisâtres en dessous (p 1.2).

La fleur est de couleur blanchâtre, pédicellée (2-4 mm), de 7-8 mm de diamètre, à 4(-5) pétales étalés portant au centre les étamines rouges réunies en tube (p 1.3).

Le fruit est dressé vers le haut, globuleux, ligneux, de 5-10 cm de diamètre, gris clair à maturité, s'ouvrant en 4 valves en commençant par le sommet et contenant des graines plates (p 1.2).

Les graines sont plates, rectangulaires, ailées et plus ou moins boursouflées. La floraison a lieu plutôt en première partie de saison sèche. Son port, lorsqu'il est jeune, ressemble à celui d'un jeune *Ekebergia senegalensis*. Son aire de répartition s'étend du Sénégal au Cameroun, jusqu'au Soudan.



Planche 1 : Quelques organes de *Khaya senegalensis*

Source : Arbonier (2002)

Légende : p1.1 : écorce ; p1.2 : feuille et fruit ; p1.3 : fleur

#### 1.4.2 *Afzelia africana* Smith ex Pers (Leguminosae – Caesalpinioideae)

*Afzelia africana* est une espèce ligneuse des savanes soudaniennes, des galeries forestières, sur sols sableux profonds et sols alluvionnaires. Il est de la famille des césalpiniacées. C'est un grand arbre à cime dense, large et étalée, de 25-30 (-35) m de haut, à fût droit souvent court et trapu (parfois plus de 1 m de diamètre), à branches massives.

L'écorce est grise plus ou moins foncée, plus ou moins fissurée et lamelleuse, s'écaillant en plaques, laissant apparaître des zones gris clair, à tranche rose à brun clair, granuleuse (p 2.1).

Les feuilles sont alternes, paripennées, jusqu'à 30 cm de long, à (3-) 4-5 (-8) paires de folioles opposées ou subopposées, glabres et luisantes, vert foncé dessus, largement espacées sur le rachis. Les limbes sont elliptiques ou ovales, de 5-15 x 3,5-8,5 cm, à sommets obtus ou en pointe courte, courtement mucronés, à bases arrondies ou en coin (p 2.2).

La fleur est de couleur blanchâtre souvent striée de pourpre, parfumée, à 3 pétales supérieurs elliptiques de 10-12 mm de long et 1 pétale inférieur à 2 lobes arrondis divergents (p 2.3). Le fruit est une gousse aplatie ligneuse, glabre, de 10-18 x 6-8 cm, épaisse de 2-5 cm, à 2 valves noires, longtemps persistante sur l'arbre, contenant 7-10 graines (p 2.4).

Les graines sont noires, lisses et plus ou moins brillantes, portant à sa base un arille orange. La floraison de l'espèce a lieu en saison des pluies. *Azalia africana* est une espèce commune, localement abondante et grégaire. Son aire de distribution s'étend du Sénégal au Cameroun, jusqu'en Ouganda et Tanzanie.

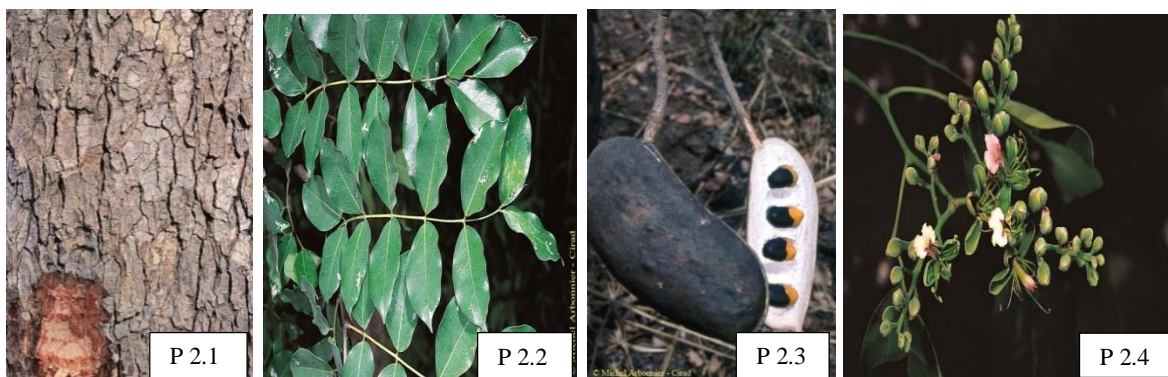


Planche 2 : Quelques organes de *Azalia africana*

Source : Arbonier (2002)

Légende : p2.1 : écorce ; p2.2 : feuille ; p2.3 : fruit ; p2.4 : fleur

#### **1.4.3 *Pterocarpus erinaceus* Poir (Leguminosae – Papilionoideae)**

*Pterocarpus erinaceus* est un arbre des savanes soudano-guinéennes et guinéennes, sur tous types de sol de hauteur variable (8-12 (-15) m), à fût droit et cylindrique atteignant 1 m de diamètre et à cime arrondie et ouverte. L'écorce est de couleur noirâtre, crevassée et très lamelleuse, à tranche brune striée de rouge exsudant une résine translucide rougeâtre (p 3.1).

Les feuilles sont alternes, imparipennées, à 3-5 (-7) paires de folioles alternes, finement pubescentes en dessous devenant glabres, de forme variable, ovales à elliptiques, de 6-11 x 3-6 cm, à sommet arrondi ou obtus généralement échancré, à base arrondie (p 3.2).

La fleur est jaune d'or devenant jaune pâle, asymétrique, odorante, de 10-12 mm de long, pédicellée, à pétales gaufrés, à calice pubescent à 5 dents courtes (p 3.3).

Le fruit est samare plate, entourée d'une aile circulaire membraneuse et plus ou moins plissée, portant sur les deux faces de la graine de nombreux poils épineux, rigides et enchevêtrés, de 4-7 cm de diamètre, jaune paille à maturité, persistant longtemps sur l'arbre (p 3.4).

La floraison et la fructification ont lieu en saison sèche, toujours avant la feuillaison. Son aire de répartition s'étend du Sénégal au Cameroun et à la république centrafricaine. Disséminée, commune et localement grégaire, *Pterocarpus erinaceus* est une espèce localement menacée par son intense exploitation pastorale et artisanale, qui la rend de moins en moins commune par endroits.

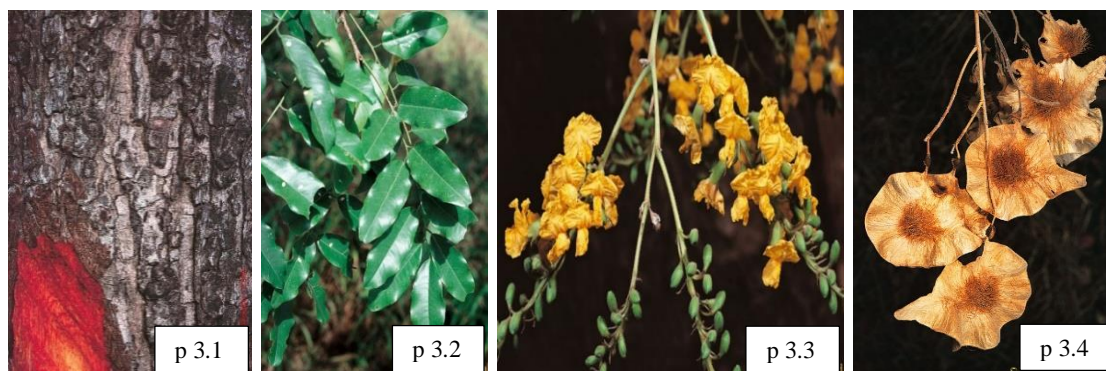


Planche 3 : Quelques organes de *Pterocarpus erinaceus*

Source : Arbonier (2002)

Légende : p3.1 : écorce ; p3.2 : feuille ; p3.3 : fleur ; p3.4 : fruit

#### 1.4.4 *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch (Leguminosae – Caesalpinioideae)

*Daniellia oliveri* est un grand arbre des savanes soudaniennes et guinéennes, sur tous types de sol à cime étalée (en cône renversé) et assez dense, de 15-20 (-25) m de haut, souvent bas branchu, à fût droit blanc-gris.

Son écorce est écailleuse et se desquamant par plaques plus ou moins circulaires, grise à tranche rouge foncé striée de blanc (p 4.1).

Les feuilles sont alternes, paripennées atteignant 45 (-50) cm de long, à 4-9 (11) paires de folioles opposées ou subopposées. Les limbes sont ovales elliptiques, de 6-15 x 3,5-7,5 cm, à sommets courtement acuminés, à bases asymétriques en coin ou largement arrondies ou subcordées, criblés de points translucides le long de la marge (p 4.2). Les jeunes feuilles sont légèrement pubescentes avec des points translucides plus visibles.

La fleur est blanche ou blanc verdâtre devenant crème, comprenant 4 sépales et 1 (-2) grand pétale et 10 étamines dépassant les pétales (p 4.3). La floraison a lieu en première moitié de saison sèche, lorsque l'arbre est sans feuilles, ou à la feuillaison.

Les fruits se présentent sous forme de gousse plate obovale à 2 valves papyracées rigides de 5-10 x 2,5-5 cm, beige. Quant aux graines, elles sont brunes, obovales et plus ou moins plates, pendante et retenues à une des valves par un funicule de 12-15 mm (p 4.4).

*Daniellia oliveri* est réparti du Sénégal au Cameroun, jusqu'au Soudan, au Congo et en Angola. Sa distribution est irrégulière et localement très commune.



Planche 4 : Quelques organes de *Daniellia oliveri*

Source : Arbonier (2002)

Légende : p4.1 : écorce ; p4.2 : feuille ; p4.3 : fleur ; p4.4 : fruit

### 1.5 Clarification des concepts

#### ✓ **Parcours naturels**

C'est l'ensemble des zones de végétation spontanée et post-culturale et qui constituent les aires de parcours du bétail (Ludwig et Bastin, 2008 ; Djenontin, 2010).

#### ✓ **Transhumance**

La transhumance se définit comme un mouvement pendulaire et saisonnier des animaux sous le gardiennage de bouviers, suivant des itinéraires précis en vue de l'exploitation des ressources pastorales. Ce mouvement peut s'étendre à un territoire national ou à une région. Elle se distingue du nomadisme qui se caractérise par des déplacements plus aléatoires et suivis par toute la famille de l'éleveur (Djenontin, 2010). Pour Bremond (2011), c'est un déplacement régulier des troupeaux entre des points fixes afin d'exploiter la disponibilité saisonnière des pâturages.

### ✓ **Scénario d'émission**

Un scénario est une description vraisemblable, cohérente et intrinsèquement homogène d'un état futur du globe (GIEC, 2001). Ils sont utilisés pour l'évaluation de l'incidence des changements climatiques ou pour des mesures d'adaptation ou de vulnérabilités afin d'avoir des visions différentes des conditions susceptibles d'influer sur un système ou sur une activité donnée. On distingue les scénarios climatiques, qui décrivent le facteur de forçage et les scénarios non climatiques, qui définissent le contexte socio-économique et environnemental dans lequel ce forçage survient. Trois grandes catégories de scénarios climatiques sont utilisées dans les évaluations d'incidences : les scénarios incrémentiels, les scénarios par analogies et les scénarios basés sur les modèles climatiques. Les scénarios les plus courants utilisent les résultats des modèles de la circulation générale (MCG) (GIEC, 2001). Selon le GIEC (2000), on distingue 4 grandes familles de scénarios (famille A1, A2, B1 et B2) subdivisés en 6 groupes de scénarios et en 40 scénarios. Dans le cadre de cette étude, le scénario A2 a été utilisé.

### ✓ **Scénarios A2**

La famille de scénarios A2 décrit un monde très hétérogène. Il est caractérisé par l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité sont très lents entre les régions. Le développement économique a une orientation principalement régionale, et la croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans les autres familles de scénario (GIEC, 2000). Ce type de scénario présente un monde futur probable pour l'Afrique. C'est pourquoi il a été utilisé dans le cadre de cette étude.

### ✓ **Modèle climatique**

De manière générale, un modèle climatique est un programme d'ordinateur essentiellement constitué d'équations mathématiques. Ces équations décrivent, de manière quantitative, comment la température de l'atmosphère, la pression de l'air, les vents, la vapeur d'eau, les nuages et les précipitations répondent au réchauffement de la surface de la terre et de l'atmosphère suite à l'addition de gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine qui limite la capacité de l'atmosphère à se refroidir (Spencer, 2009). Il existe près d'une quinzaine de modèle climatique de par le monde. Dans le cadre de cette étude, trois modèles climatiques (CCCMA, HadCM3 et CSIRO) de résolution 2,5 arc-minute au sol ont été utilisés.

### ✓ **Niche écologique**

La niche est ce qui décrit l'écologie d'une espèce, ce qui peut signifier son rôle dans l'écosystème, son habitat, etc (Pocheville, 2010). Hutchinson (1978) définit la niche d'une

espèce comme le volume, dans l'espace des variables environnementales, où l'espèce peut survivre indéfiniment (niche fondamentale), ou bien le volume, restreint du fait des interactions avec les compétiteurs présents, où l'espèce survit effectivement (niche réalisée). La niche écologique est alors l'ensemble des conditions environnementales telles qu'une espèce donnée peut former des populations viables étant entendu que les préférences écologiques d'une espèce ne sont pas les mêmes selon qu'elle est seule ou bien en contact avec d'autres espèces.

## CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE

Le chapitre II présente la situation géographique du secteur d'étude, les caractéristiques biophysiques et humaines ainsi que les principales activités socioéconomique exercées par la population locale.

### 2.1 Situation géographique

La présente étude s'est déroulée dans le Bassin Supérieur de la Sota, précisément dans les Communes de Bembèrèkè, de Nikki et de Kalalé. Il est compris entre 9°55'44'' et 10°38'08'' latitude nord et entre 2°36'26'' et 3°12'25'' longitude est (figure 1).

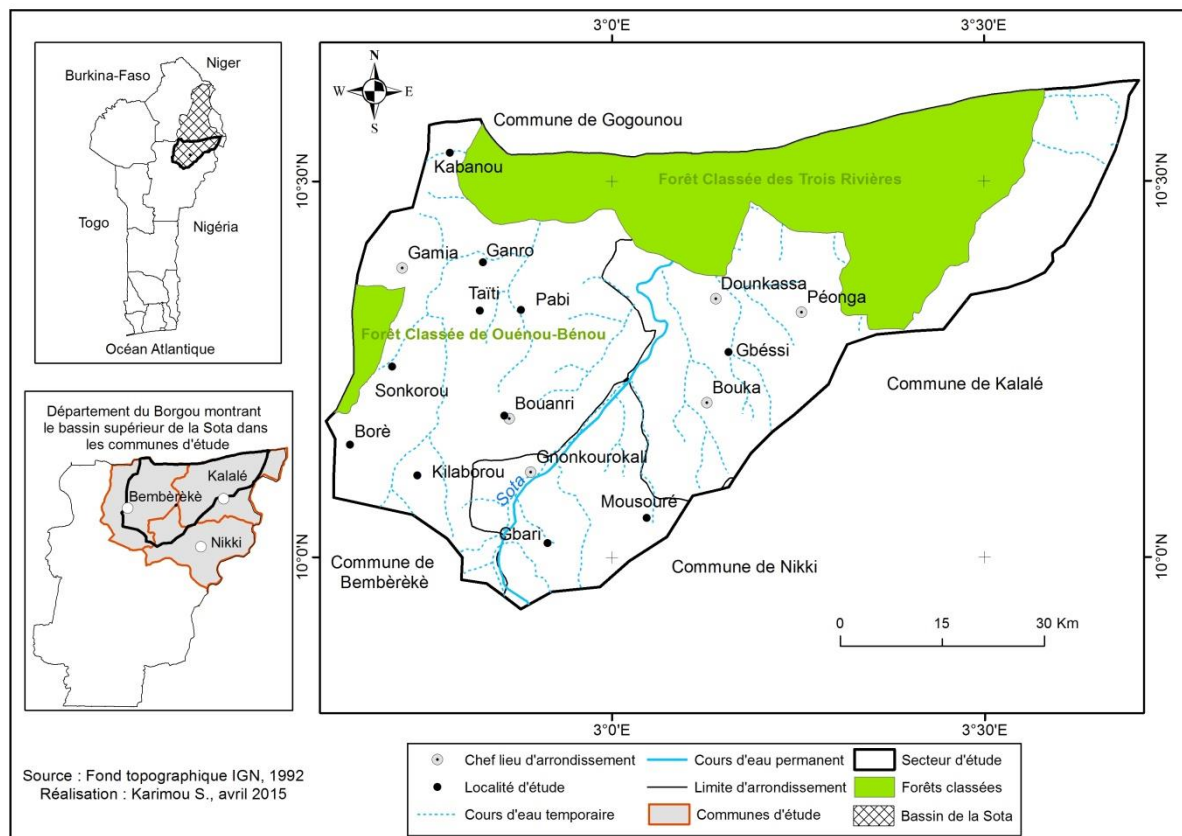


Figure 1: Situation géographique du secteur d'étude

### 2.2 Caractéristiques biophysiques

#### 2.2.1 Diagramme climatique

Le bassin supérieur de la Sota est sous l'influence du climat tropical de type soudanien. Ce type de climat est caractérisé par une succession dans l'année, de deux saisons (une saison sèche et une saison des pluies). La figure 2 présente le diagramme climatique de la station synoptique de Parakou. Cette station a été retenue parce qu'elle est la plus proche du secteur d'étude où tous les paramètres climatiques sont journalièrement mesurés.

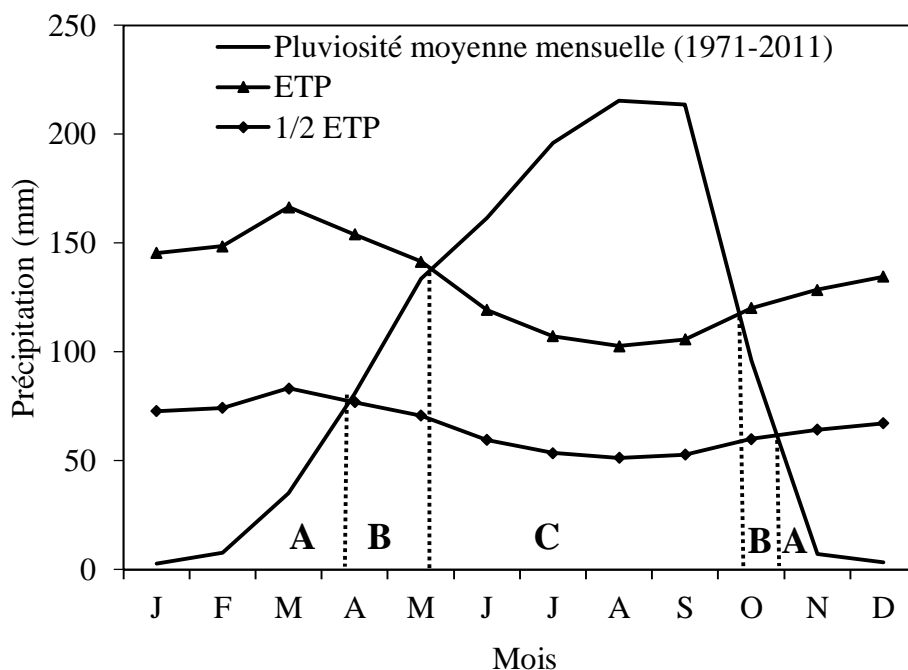


Figure 2: Diagramme climatique de la station de Parakou (1971-2011)

Source : Données ASECNA (2011).

**A : Période sèche ; B : Période humide et C : Période très humide**

Selon Franquin (1969), le diagramme climatique permet de diviser l'année en des périodes bioclimatiques successives correspondant à des périodes de développement végétatif à savoir :

- la période sèche (A) qui est la période au cours de laquelle la courbe des précipitations est en dessous de la moitié de celle de l'ETP ( $P < \frac{1}{2} ETP$ ); au cours de cette période, on peut observer toutefois des pluies précoces ;
- la période humide (B) est celle au cours de laquelle la courbe de  $\frac{1}{2} ETP$  passe sous celle des précipitations ;
- la période très humide (C) est la période durant laquelle la courbe de l'ETP passe sous celle des précipitations.

De l'examen de la figure 2, il ressort que :

- la période sèche (A) s'étend de fin octobre à mi-avril avec une pluviométrie inférieure à 80 mm. Au cours de cette période, les résidus agricoles et le fourrage aérien notamment ceux de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et de *Daniellia oliveri* constituent l'essentiel de l'alimentation du bétail dans le secteur d'étude ;
- la période humide (B) va de mi-avril à fin mai et de mi à fin octobre avec une pluviométrie qui oscille autour de 140 mm.

- la période très humide (C) s'étend de fin mai à début octobre avec le maximum de pluviométrie en août qui avoisine 220 mm.

### 2.2.2 Température

La figure 3 présente la variation interannuelle de la température de 1971 à 2011 mesurée dans la station synoptique de Parakou.

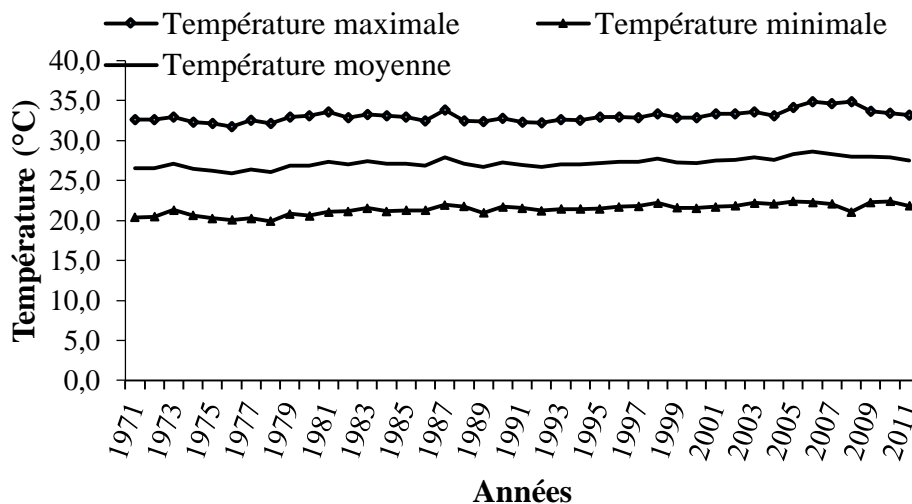


Figure 3 : Variation interannuelle de la température à la station de Parakou

Source : Données ASECNA (2011)

L'observation de la figure 3 indique que les années 1987, 1988, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 et 2010 sont caractérisées par de fortes valeurs de la température. Par contre, les faibles valeurs de la température sont observées au niveau des années 1971, 1976, 1978, 1989, 1999 et 2000. Entre 1971 et 2011, la température moyenne a varié entre 25,9 et 28,6 °C. Les fortes valeurs de la température impacte significativement et de façon négative la durée de la saison des pluies et par conséquent la disponibilité du pâturage dans les parcours naturels de transhumance et l'assèchement rapide des retenus d'eau pour l'abreuvement du bétail.

### 2.2.3 Caractéristiques géologiques et pédologiques

Le bassin de la Sota s'étend sur des formations du socle granito-gneissique précambrien comprenant essentiellement : gneiss, migmatites, micaschistes, diorites et quelques quartzites accompagnés localement de granites (Vissin, 2007). Ce socle s'abaisse graduellement vers le nord-est et est surmonté en discordance par 20 % d'un ensemble gréseux appelé grès de Kandi (Vissin, 2001 ; Le Barbe *et al.*, 1993). La figure 4 présente la carte pédologique du bassin supérieur de la Sota.

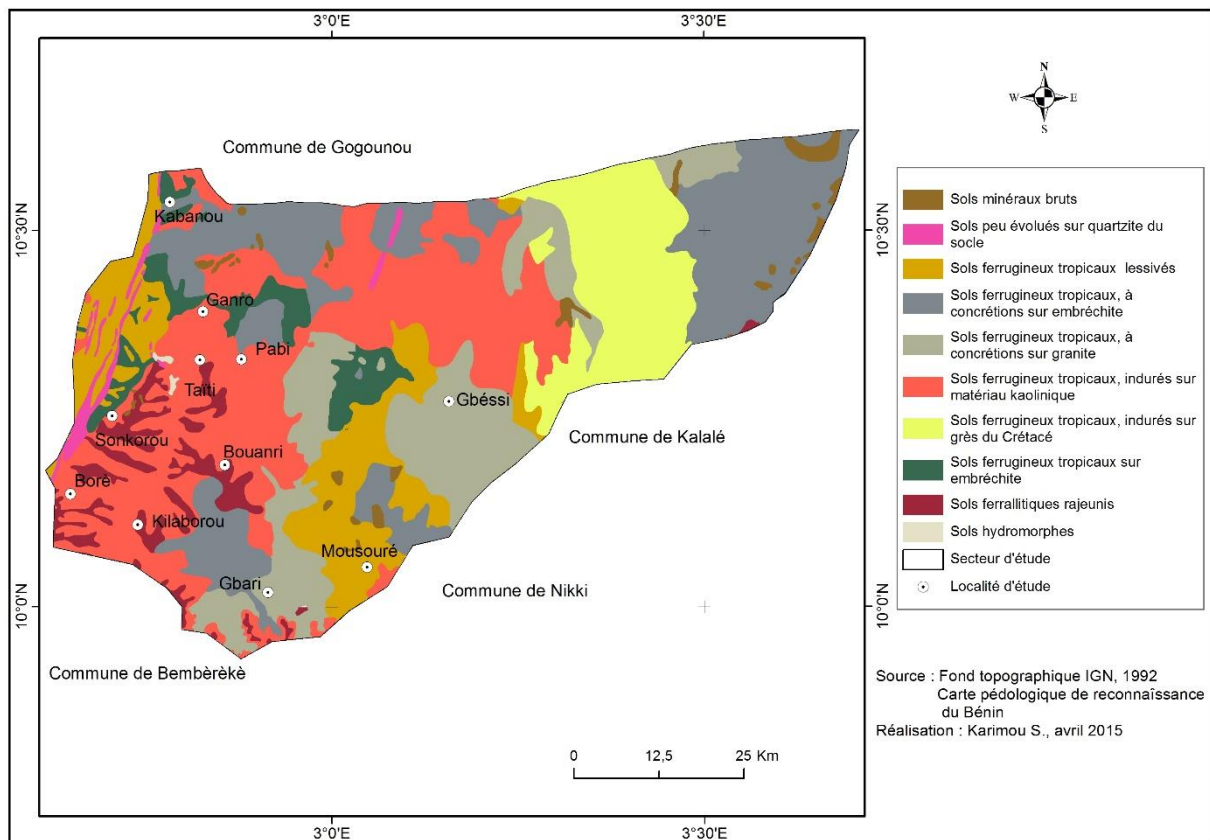


Figure 4 : Carte pédologique du bassin supérieur de la Sota

De l'observation de la figure 4, les principales formations pédologiques du secteur d'étude sont les sols ferrugineux, les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes.

Les sols ferrugineux en présence se subdivisent en sol ferrugineux tropicaux lessivés et en sols ferrugineux sur différents types de roches (sur grès ; sur embréchite ; sur granite et sur matériau kaolinique). Ces types de sols sont dominants et caractérisent le bassin supérieur de la Sota.

Les sols ferrallitiques se rencontrent à la latitude de la Commune de Bembèrèkè. Quant aux sols hydromorphes, on les rencontre le long des affluents de la rivière Sota.

Ces différents types de sols sont favorables à l'installation et au développement d'une diversité d'espèces végétales (notamment *Khaya senegalensis* ; *Azalia africana* ; *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri*).

#### 2.2.4 Réseau hydrographique

La rivière Sota prend sa source à plus de 400 m d'altitude sur les flancs est du plateau gréseux de Kalalé (Vissin, 2007). Son réseau hydrographique est dense (Le Barbe *et al.*, 1993 ; Bio Bigou, 1987). Elle reçoit les eaux de plusieurs cours d'eau dont les plus importants sont *Souamon* sur sa rive droite, *Tassiné*, *Bouri* et *Irané* sur sa rive gauche. La Sota a un régime

d'écoulement permanent avec un débit d'étiage (qui survient en avril ou mai, selon les saisons) généralement compris entre 3 et 6 m<sup>3</sup>/s (Le Barbe *et al.*, 1993).

Compte tenu de son régime d'écoulement, le bassin de la Sota occupe une place de choix pour la transhumance surtout en saison sèche.

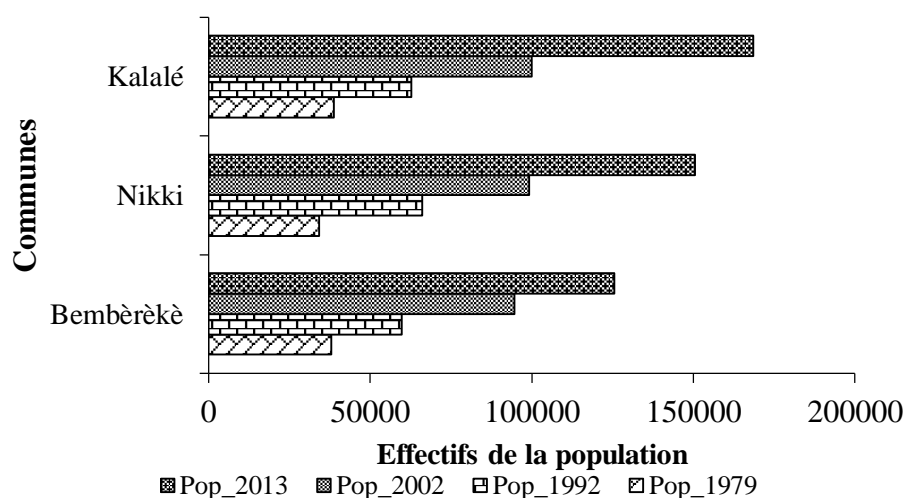
### 2.2.5 Végétation des parcours naturels

Les parcours naturels du bassin supérieur de la Sota constituent des bandes de terres délimitées de largeur (environ 50 m) et de longueur (jusqu'à 20 km) variables. A l'intérieur des bandes on distingue souvent une ou plusieurs aires de pâturages et un point d'eau (une rivière ou un barrage) pour l'abreuvement du bétail. La physionomie de ces parcours est dominée par les savanes arbustives/ herbeuses ; on y rencontre parfois des galeries forestières. Les espèces les plus rencontrées sont *Anogeissus leiocarpa*, *Detarium microcarpum*, *Daniellia oliveri*, *Isobertinia doka*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, etc. Les marges de ces parcours naturels sont cultivées dans la quasi-totalité des cas. Cependant, les agriculteurs ont tendance à occuper les lieux ; ce qui engendre très souvent les conflits entre agriculteurs et éleveurs.

## 2.3 Caractéristiques humaines

### 2.3.1 Groupes socio-culturels et évolution de la population

Le bassin supérieur de la Sota dans la présente étude s'étend sur trois Communes à savoir : les Communes de Bembèrèkè, de Nikki et de Kalalé. La population de cet espace géographique est essentiellement rurale. On y distingue plusieurs groupes socioculturels dont les plus importants sont les Bariba, les Gando et les Peulh. La figure 5 indique l'évolution démographique de la population de ces trois Communes de 1979 à 2014.



Pop = Population

Figure 5 : Evolution de la population des Communes riveraines du bassin supérieur de la Sota

Source : Données INSAE (2014)

De l'examen de la figure 5, il ressort que la population du sud du bassin de la Sota a évolué de façon rapide entre les années 1979 et 2014. En 2014, on dénombre 444451 habitants contre 110874 en 1979 (INSAE, 2014). Cette évolution est beaucoup plus perceptible au niveau des Communes de Kalalé et de Nikki (figure 5).

### **2.3.2 Activités socioéconomiques**

La population du bassin supérieur de la Sota s'adonne à une diversité d'activités génératrices de revenus dont les principales sont : l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière et la carbonisation.

L'agriculture est la principale activité économique de la population du secteur d'étude. Elle est extensive et itinérante sur brûlis avec des techniques culturelles traditionnelles. Les principales cultures pratiquées sont l'igname, le maïs, le mil, le manioc et le coton.

L'élevage est la deuxième activité après l'agriculture. Cette activité est pratiquée principalement par les Peulh et les Gando qui sont des agroéleveurs. Les principales espèces animales élevées sont les bovins, les ovins, les caprins et la volaille.

L'exploitation forestière et la carbonisation sont aussi des activités développées par la population. Ces activités se pratiquent de façon anarchique et sont responsables de la menace de disparition de certaines espèces végétales telles que *Khaya senegalensis*, *Azalia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri*.

## **CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES**

Ce chapitre présente la démarche méthodologique utilisée. Cette démarche méthodologique s'est articulée autour de la recherche documentaire, des travaux de terrain, du traitement et de l'analyse des données. Le matériel de collecte et de traitement des données a été fait par objectif spécifique.

### **3.1 Recherche documentaire**

La recherche documentaire a été effectuée dans différents centres de documentation. Cela a permis de consulter et de faire le point des ouvrages disponibles sur le sujet d'étude. L'annexe 1 présente les centres de documentation visités, la nature des documents consultés et les types d'information recueillis.

### **3.2 Travaux de terrain**

Les travaux de terrain se sont déroulés en deux phases. Une phase exploratoire et une phase de collecte des données proprement dite.

La phase exploratoire a duré pendant une semaine. Elle a permis d'identifier les principaux secteurs et parcours du bassin supérieur de la Sota concernés par la transhumance. Ces principaux secteurs ont été retenus grâce à l'assistance de personnes ressources telles que les responsables et techniciens du développement rural (conseillers techniques en zootechnie, en production végétale, en aménagement et gestion des ressources naturelles, etc.) et les responsables d'associations de producteurs (agriculteurs et éleveurs). Une fois les sites d'étude choisis, des entretiens avec les éleveurs et agroéleveurs ont permis d'identifier les parcours naturels fréquentés par les troupeaux transhumants et sur lesquels il existait une couverture ligneuse appréciable.

La phase de collecte des données proprement dite s'est déroulée durant la période active de la végétation.

### **3.3 Distribution spatiale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance**

#### **3.3.1 Matériel**

Le matériel utilisé comprend :

- un décimètre pour le dimensionnement des placeaux et la mesure de la distance entre les voisins les plus proches des espèces étudiées ;
- une banderole fluorescente pour la délimitation des placeaux.

### 3.3.2 Méthode de collecte des données

Il existe plusieurs techniques pour caractériser la distribution spatiale des arbres dans la forêt (Motz *et al.*, 2010). Dans le cadre de la présente étude, la méthode du plus proche voisin de Clark et Evans (1954) a été utilisée. Cette méthode a été déjà expérimentée par plusieurs auteurs (Kumba *et al.*, 2013 ; Nshimba, 2008). Elle consiste à mesurer la distance entre un individu et son voisin le plus proche pour tous les individus se trouvant dans le secteur d'étude. Ainsi, la distance entre tous les individus de *Khaya senegalensis*, de *Azelia africana*, de *Pterocarpus erinaceus* et de *Daniellia oliveri* ont été mesurées dans les placeaux de 0,09 ha installés dans les parcours naturels de transhumance du Bassin Supérieur de la Sota. Une marge de 10 m a été admise ; ce qui a permis de prendre en compte les voisins les plus proches qui se situent autour. Au total, une parcelle de 11,52 ha (115200 m<sup>2</sup>) a été inventoriée dans les parcours naturel de transhumance.

### 3.3.3 Traitement des données

Les données collectées ont été traitées au moyen du calcul de plusieurs paramètres dont la distance attendue au voisin le plus proche, l'indice (R) d'agrégation de Clark et Evans et la déviation standard normale.

#### ✓ Distance attendue au voisin le plus proche ( $\bar{r}_e$ en m)

La distance attendue au voisin le plus proche est obtenue par la formule suivante:

$$\bar{r}_e = \frac{1}{2\sqrt{\varphi}}$$

Avec  $\varphi$  la densité d'individus dans le secteur d'étude.

#### ✓ Indice (R) d'agrégation de Clark et Evans

Il est obtenu par la formule suivante :

$$R = \frac{\bar{r}_o}{\bar{r}_e}$$

Avec ( $\bar{r}_o$ ), la distance moyenne observée entre les voisins les plus proches.

La distribution est aléatoire si la valeur de l'indice est égale à 1 ; elle est agrégée lorsqu'elle est inférieure à 1 et tend vers 0 ; pour une distribution uniforme ou régulière, la valeur de l'indice est supérieure à 1.

#### ✓ Déviation standard normale

Elle a été calculée pour vérifier si la distribution observée est significativement différente ou non de la distribution aléatoire. Selon Clark et Evans (1954), la déviation standard normale doit être comprise entre 1,96 et 2,58. Si elle est supérieure à 1,96 il y a une déviation de la

distribution observée au niveau de significativité  $\alpha = 0,05$ . Et si de plus, elle est supérieure à 2,58 on a une déviation de la distribution au niveau de significativité  $\alpha = 0,01$ . Sa formule s'écrit :

$$C = \frac{\bar{r}_o - \bar{r}_e}{S_r},$$

où  $S_r$  est l'erreur standard de la distance au voisin le plus proche.

$$S_r = \frac{0,26136}{\sqrt{n\phi}},$$

avec  $n$  et  $\phi$  respectivement le nombre et la densité d'individus dans le secteur d'étude.

### **3.4 Caractérisation structurale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance**

#### **3.4.1 Matériel**

Le matériel utilisé est composé de :

- un GPS pour l'enregistrement des coordonnées géographiques des sites d'implantation des placeaux et des points de présence des espèces étudiées ;
- une boussole pour la mesure des angles droits aux coins des placeaux ;
- une banderole fluorescente pour la délimitation des placeaux ;
- un ruban pi pour la mesure des diamètres des arbres ;
- un clinomètre pour la mesure de la hauteur des arbres ;
- du matériel d'herborisation d'échantillons de plantes ;
- des fiches d'inventaires forestiers.

#### **3.4.2 Méthode de collecte des données et échantillonnage**

Pour caractériser la structure de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota, un inventaire forestier a été effectué. Les unités d'observation sont les placeaux de 0,09 ha délimités le long des aires de pâturages et de transhumances. Le critère d'installation des placeaux s'est basé sur la présence d'au moins l'une des espèces étudiées. A l'intérieur de chaque placeau, les informations concernant la localisation de la station, le type de sol, la topographie et le recensement systématique de toutes les espèces ligneuses ont été collectées.

Pour chacune des espèces étudiées, les paramètres dendrométriques tels que la hauteur et le diamètre à 1,30 m (dbh) sont mesurés. Par ailleurs, la régénération de ces espèces a été prise en compte en considérant les classes de régénération (Feeley *et al.*, 2007) :

- la classe des plantules : composée d'individus ayant un dbh <10 mm ;

- la classe des juvéniles: composée d'individus ayant pour dbh:  $10 \text{ mm} \leq \text{dbh} < 50 \text{ mm}$  ;
- la classe des jeunes perches: composée d'individus ayant pour dbh :  $50 \text{ mm} \leq \text{dbh} < 100 \text{ mm}$ .

Au total, 72 placeaux ont été installés dans les parcours naturels.

### 3.4.3 Traitement des données

La structure de ces espèces a été étudiée grâce à l'analyse de l'abondance aux différents stades de développement, la régénération, la surface terrière, la structure diamétrique, le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne et la relation allométrique hauteur-diamètre.

#### ✓ **Densité du peuplement** ( $N$ , en tiges/ha)

Elle est le nombre moyen d'arbres par hectare. Elle a été calculée pour les individus des espèces étudiées de  $\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$  et pour la catégorie de régénération ( $\text{dbh} < 10 \text{ cm}$ ). Sa formule s'écrit :

$$N = \frac{10000n}{s},$$

$n$  étant le nombre total d'arbres par placeau et  $s$  la surface du placeau.

#### ✓ **Surface terrière** ( $G$ , en $\text{m}^2/\text{ha}$ )

Elle est la somme de la section transversale à hauteur d'homme (1,30 m) de tous les arbres de  $\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$ , à l'intérieur du placeau :

$$G = \frac{10000\pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2,$$

$d_i$  étant le diamètre en mètre de l'arbre  $i$  du placeau.

#### ✓ **Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne** ( $D$ , en cm)

Il est obtenu par la formule :

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}, \text{ où } n \text{ est le nombre d'arbre de } \text{dbh} \geq 10 \text{ cm à l'intérieur du placeau et } d_i, \text{ le}$$

diamètre de l'arbre  $i$ .

Par ailleurs, le test d'ajustement de weibull a été réalisé en vue d'une meilleure interprétation de la structure en classe de diamètre des espèces étudiées.

#### ✓ **Relation allométrique hauteur-diamètre**

La relation allométrique hauteur-diamètre a été établie pour chacune des espèces étudiées. A cet effet, les modèles suivants ont été retenus du fait de leurs qualités d'ajustement.

*K. senegalensis* :  $H = a + bD$

*A. africana* :  $\ln H = \ln a + b \ln D$

*P. erinaceus* :  $H = a + bD$

*D. oliveri* :  $H = a + bD$

### **3.5 Modélisation des espèces fourragères dans les parcours naturels de transhumance**

#### **3.5.1 Données utilisées**

Les points de présence (coordonnées géographiques en degré décimaux) de *Khaya senegalensis*, *Afzelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota ont été combinés aux données climatiques actuelles et futures (téléchargée sur [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)). A cet effet, 19 variables environnementales (Annexe II) de résolution 2,5 arc-minute au sol ont été utilisées. Par ailleurs, les points de présence de chacune de ces espèces disponibles sur le site de GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) ont été également pris en compte. Au total, 875 points de présence ont été utilisés pour *Khaya senegalensis* (soit 185 points pour le secteur d'étude) ; 1038 points de présence pour *Afzelia africana* (soit 413 points pour le secteur d'étude) ; 1268 points de présence pour *Pterocarpus erinaceus* (soit 444 points pour le secteur d'étude) et 2280 points de présence pour *Daniellia oliveri* (soit 341 points pour le secteur d'étude).

#### **3.5.2 Méthode de traitement des données**

Diverses méthodes statistiques sont utilisées pour modéliser la distribution des habitats favorables ou non à la présence des espèces ou encore pour estimer la probabilité de présence/absence d'une espèce donnée à une position géographique donnée (Guisan *et al.*, 2000). Le programme Maxent (*maximum entropy modeling*) et le logiciel ArcGIS 10.1 ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Maxent permet d'avoir de bonne information biogéographique tout en offrant une bonne discrimination des habitats favorables et non favorables à une espèce du point de vue bioclimatique (Phillips *et al.*, 2006). Le logiciel ArcGIS a permis de cartographier les habitats issus de la modélisation pour le secteur d'étude. Cette méthode a été déjà utilisée avec succès par plusieurs auteurs (Saliou *et al.*, 2015 ; Toko Mouhamadou, 2014 ; Gbesso *et al.*, 2013 et Fandohan *et al.*, 2013) au Bénin.

Pour les projections climatiques futures, trois modèles de circulation générale (*Global Circulation Models* : GCMs) parmi les plus recommandés (IPCC, 2007) ont été utilisés. Il s'agit des modèles CCCMA (*Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis*), HadCM3 (*Hadley Centre for Coupled Model version 3*) et CSIRO (*Commonwealth Scientific and*

*Industrial Research Organization*). Pour tous ces modèles, les projections faites pour 2050 ont été utilisées sous le scénario d'émission A2. Ce scénario est utilisé de préférence car il prédit une situation considérée plus probable pour l'Afrique à l'horizon 2050 (Williams *et al.*, 2007).

### **3.5.3 Calibration du modèle**

Le modèle de prédiction des habitats a été d'abord testé par 30 % des points de présence de chaque espèce étudiée puis 70 % des points restant ont permis de le calibrer. Le premier jeu de résultats de prédiction obtenu a permis d'isoler les variables environnementales individuelles n'ayant pas contribué à la prédiction des habitats présents et futures suivant les scénarii utilisés. Ensuite, le modèle a été à nouveau calibré ; ce qui a permis d'obtenir la carte des habitats actuels et futurs des espèces étudiées. Dans la présente étude trois types d'habitats ont été retenus. Il s'agit des habitats très favorables, des habitats favorables et des habitats peu favorables.

Le test de Jackknife a été réalisé pour déterminer l'importance des variables environnementales individuelles utilisées. Par ailleurs, la statistique de AUC (Area Under the Curve) (Phillips *et al.*, 2006) a été utilisée pour apprécier la performance du modèle. Selon Swets (1988), le modèle est dit performant si la valeur de AUC est supérieur à 0,90 ; il est passable lorsque  $0,75 \leq AUC \leq 0,90$  et il est qualifié de mauvais si  $AUC < 0,75$ .

## CHAPITRE IV : RESULTATS

### 4.1 Distribution spatiale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* dans les parcours naturels de transhumance

Le modèle de répartition spatiale de chacune des espèces étudiées a été déterminé dans les parcours de transhumance du secteur d'étude.

#### 4.1.1 Modèle de répartition spatiale de *Khaya senegalensis*

Le tableau I présente les paramètres calculés pour la caractérisation du modèle de répartition de *Khaya senegalensis* dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota.

Tableau I : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de *Khaya senegalensis*

	<i>Khaya senegalensis</i>
Superficie inventoriée	11,52 ha
Nombre d'individus recensés	53
Densité du peuplement en ha	0,18 ± 0,11
Distance minimale jusqu'au voisin le plus proche (m)	0,5
Distance maximale jusqu'au voisin le plus proche (m)	29
Distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_o$ )	14,75
Distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_e$ )	23,31
Indice d'agrégation (R)	0,63
Erreur standard (Sr)	1,67
Déviatoin standard normale (C)	5,12*

\* = p < 0,01

L'examen du tableau I indique que sur une superficie de 11,52 ha, la densité moyenne du peuplement de *Khaya senegalensis* est de 0,18 ± 0,11 individus/ha avec une distance maximale de 29 m entre les individus ; l'indice d'agrégation est de 0,63. Cela implique que la distribution de *Khaya senegalensis* est aléatoire dans le secteur d'étude.

#### 4.1.2 Modèle de répartition spatiale de *Azelia africana*

Le tableau II présente les paramètres calculés pour la caractérisation du modèle de répartition de *Azelia africana* dans les parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

Tableau II : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de *Afzelia africana*

	<i>Afzelia africana.</i>
Superficie inventoriée	11,52 ha
Nombre d'individus recensés	70
Densité du peuplement en ha	0,25 ± 0,18
Distance minimale jusqu'au voisin le plus proche (m)	1
Distance maximale jusqu'au voisin le plus proche (m)	28
Distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_o$ )	14,5
Distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_e$ )	20,29
Indice d'agrégation (R)	0,72
Erreur standard (Sr)	1,27
Déviatoin standard normale (C)	4,56*

\* =  $p < 0,01$

Le tableau II indique que sur une superficie de 11,52 ha, la densité moyenne de *Afzelia africana* est de 0,25 ± 0,18 individus/ha. La distance moyenne observée est de 14,5 m et la distance attendue au voisin le plus proche est d'environ 20 m avec un indice d'agrégation de 0,72. Ainsi, on peut déduire que la répartition spatiale de *Afzelia africana* dans les parcours de transhumance est aléatoire.

#### 4.1.3 Modèle de répartition spatiale de *Pterocarpus erinaceus*

Le tableau III présente les paramètres calculés pour la caractérisation du modèle de répartition de *Pterocarpus erinaceus*

Tableau III : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de *Pterocarpus erinaceus*

	<i>Pterocarpus erinaceus</i>
Superficie inventoriée	11,52 ha
Nombre d'individus recensés	107
Densité du peuplement en ha	0,21 ± 0,14
Distance minimale jusqu'au voisin le plus proche (m)	0,5
Distance maximale jusqu'au voisin le plus proche (m)	27
Distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_o$ )	13,75
Distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_e$ )	16,41
Indice d'agrégation (R)	0,84
Erreur standard (Sr)	1,03
Déviatoin standard normale (C)	2,59*

\* =  $p < 0,01$

L'observation du tableau III indique que superficie de 11,52 ha, la densité moyenne de *Pterocarpus erinaceus* des parcours de transhumance du bassin supérieur de la Sota est de  $0,21 \pm 0,14$  individus/ha. La distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche est d'environ 14 m avec un indice d'agrégation de 0,84. Cela témoigne d'une répartition aléatoire de *Pterocarpus erinaceus*

#### 4.1.4 Modèle de répartition spatiale de *Daniellia oliveri*

Le tableau IV présente les paramètres calculés pour la caractérisation du modèle de répartition de *Daniellia oliveri*

Tableau IV : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de *Daniellia oliveri*

	<i>Daniellia oliveri</i>
Superficie inventoriée	11,52 ha
Nombre d'individus recensés	49
Densité du peuplement en ha	$0,18 \pm 0,11$
Distance minimale jusqu'au voisin le plus proche (m)	0,5
Distance maximale jusqu'au voisin le plus proche (m)	18
Distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_o$ )	9,25
Distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $\bar{r}_e$ )	24,24
Indice d'agrégation (R)	0,38
Erreur standard (Sr)	1,81
Déviatation standard normale (C)	8,28*

\* =  $p < 0,01$

Le tableau IV indique que sur une superficie de 11,52 ha, la densité moyenne de *Daniellia oliveri* des parcours de transhumance du bassin supérieur de la Sota est de  $0,18 \pm 0,11$  individus/ha avec une distance moyenne observée de 9, 25 m jusqu'au voisin le plus proche. L'indice d'agrégation est de 0,38 ; cela implique que la répartition spatiale de *Daniellia oliveri* est en agrégat.

## 4.2 Caractérisation structurale des espèces étudiées

La structure dendrométrique de la classe de régénération et des individus adultes ainsi que la relation allométrique hauteur-diamètre ont été utilisées pour caractériser la structure des espèces étudiées.

### 4.2.1 Caractérisation structurale de *Khaya senegalensis*

#### 4.2.1 1 Structure dendrométrique de *Khaya senegalensis*

La densité moyenne des individus de la catégorie (dbh < 10 cm) de régénération de *Khaya senegalensis* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude est de  $1, 85 \pm 1, 80$

individus/ha. Par contre, celle des individus adultes ( $dbh \geq 10$  cm) est de  $18,52 \pm 9,65$  individus/ha avec une surface terrière de  $5,55 \cdot 10^{-09} \pm 1,71 \cdot 10^{-05}$  m<sup>2</sup>/ha. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne est de 42,05 cm. La figure 6 (a et b) présente la structure dendrométrique de *Khaya senegalensis*.

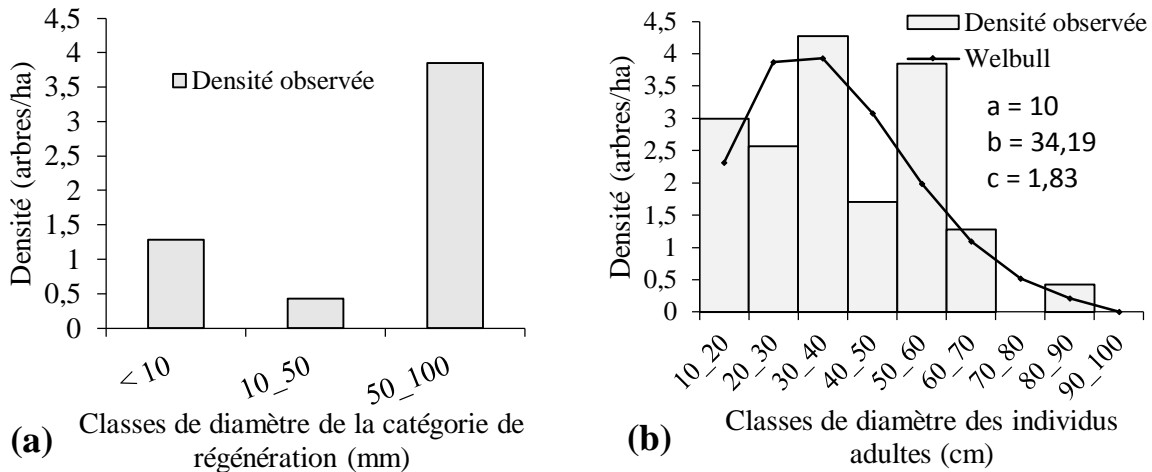


Figure 6 (a et b) : Structure dendrométrique de *Khaya senegalensis*

Il ressort de l'observation de la figure 6 a, que les individus des jeunes plants de *Khaya senegalensis* sont les plus représentés dans les parcours de transhumance étudiés ; ils sont suivis de ceux de la catégorie des plantules. Par contre, les individus de la catégorie des juvéniles sont faiblement représentés.

En ce qui concerne la figure 6 b, il convient de retenir que les individus des classes de diamètre de 30 à 40 cm et de 50 à 60 cm sont les plus abondants ; ils sont suivis des individus des classes de diamètre de 10 à 20 cm puis de ceux de 20 à 30 cm. Les individus faiblement représentés sont ceux appartenant aux classes de diamètre de 40 à 50 cm ; de 60 à 70 cm puis de 80 à 90 cm. Par ailleurs, les individus des classes de diamètre de 70 à 80 cm et de 90 à 100 cm sont absents. La structure dendrométrique des individus adultes de *Khaya senegalensis* présente une distribution asymétrique positive avec un paramètre de forme  $c = 1,83$  de la distribution de Weibull. Ceci est caractéristique des peuplements monspécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.

Dans l'ensemble (Figure 6 (a et b)), il convient de retenir que les parcours de transhumance étudiés sont caractérisés par une faible représentativité des individus de la catégorie de régénération de *Khaya senegalensis* et ceux de gros diamètre.

#### 4.2.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de *Khaya senegalensis*

Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) du modèle de prédiction de la hauteur en fonction du diamètre de *Khaya senegalensis* est de 0,72. Le test statistique de Fisher calculé ( $F_c = 186,48$ )

a été lu au seuil  $\alpha = 0,01$ . Ce seuil est inférieur au seuil critique de 5 %. Donc, le modèle  $H = 0,25D + 2,67$  est globalement significatif au seuil de 0,01 %. La figure 7 présente la relation allométrique entre la hauteur et le diamètre de *Khaya senegalensis* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

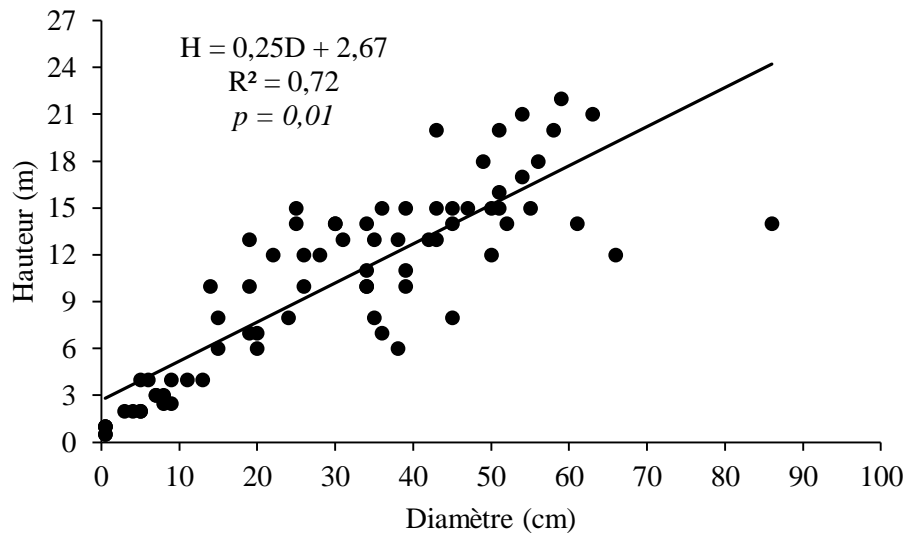


Figure 7 : Relation allométrique hauteur-diamètre de *Khaya senegalensis*

De l'examen de la figure 7, il ressort qu'il existe une relation entre la hauteur et le diamètre de *Khaya senegalensis*. Le coefficient de détermination du modèle utilisé indique que 72 % de la variation des hauteurs des individus de *Khaya senegalensis* sont expliquées par la variation de leurs diamètres. Ainsi, lorsque le diamètre d'un individu de l'espèce varie de 1 cm, sa hauteur augmente de 0,25 m.

#### 4.2.3 Caractérisation structurale de *Afzelia africana*

##### 4.2.3.1 Structure dendrométrique de *Afzelia africana*

La densité moyenne des individus de la catégorie ( $dbh < 10$  cm) de régénération de *Afzelia africana* des parcours de transhumance du secteur d'étude est de  $1,39 \pm 1,67$  individus/ha. Celle des individus adultes ( $dbh \geq 10$  cm) est de  $29,95 \pm 19,66$  individus/ha avec une surface terrière de  $4,20 \cdot 10^{-08} \pm 2,55 \cdot 10^{-05}$  m<sup>2</sup>/ha. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne est de 30,09 cm. La figure 8 (a et b) présente la structure dendrométrique de *Afzelia africana*.

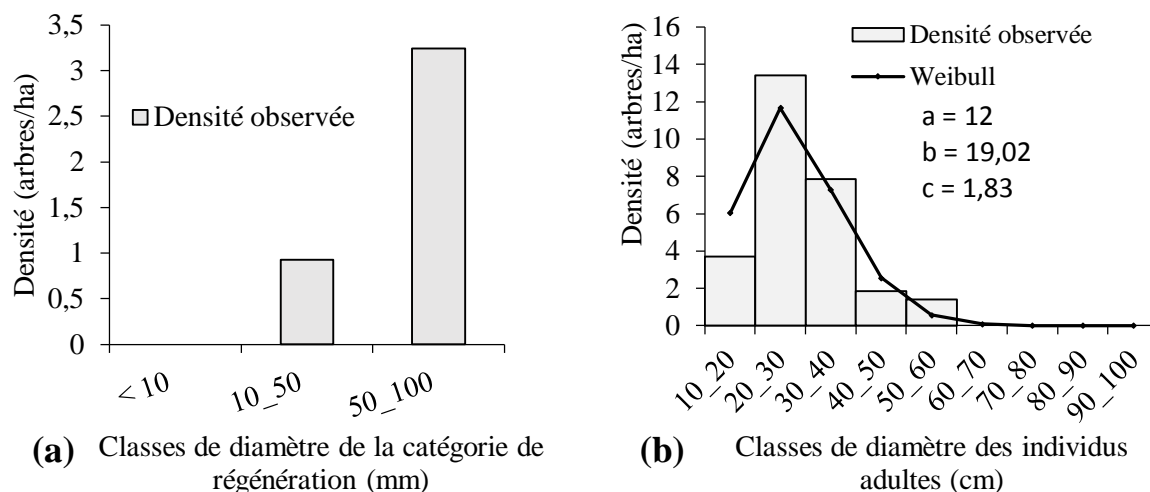


Figure 8 (a et b) : Structure dendrométrique de *Afzelia africana*

L'examen de la figure 8 a indique que les individus de la catégorie des jeunes plants de *Afzelia africana* sont les plus représentés ; ils sont suivis des individus de la classe des juvéniles qui sont peu représentés. Les individus de la classe des plantules sont absents.

Les individus adultes de la classe de diamètre de 20 à 30 cm sont les plus représentés (figure 8 b) ; ils sont suivis de ceux des classes de diamètre de 30 à 40 cm puis de 10 à 20 cm. Par contre, les individus faiblement représentés sont ceux appartenant à la classe de diamètre de 40 à 80 cm. Les individus de la classe de diamètre de 80 à 100 cm sont absents. La structure dendrométrique des individus adultes de *Afzelia africana* des parcours de transhumance étudié présente une distribution asymétrique positive avec un paramètre de forme  $c = 1,83$  de la distribution de Weibull. Ceci est caractéristique des peuplements monspécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.

Il ressort de l'analyse de la figure 8 (a et b), que les parcours de transhumance du secteur d'étude sont caractérisés par une faible représentativité des individus de la catégorie de régénération de *Afzelia africana* et une quasi absence de ceux de gros diamètre.

#### 4.2.3.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de *Afzelia africana*

Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) du modèle de prédiction de la hauteur en fonction du diamètre de *Afzelia africana* est de 0,52. Le test statistique de Fisher calculé ( $F_c = 83,51$ ) a été lu au seuil  $\alpha = 0,01$ . Ce seuil est inférieur au seuil critique de 5 %. Donc, le modèle  $\text{LnH} = 1,15 + 0,03\text{LnD}$  est globalement significatif au seuil de 0,01 %. La figure 9 présente la relation allométrique entre la hauteur et le diamètre de *Afzelia africana* des parcours de transhumance étudié.

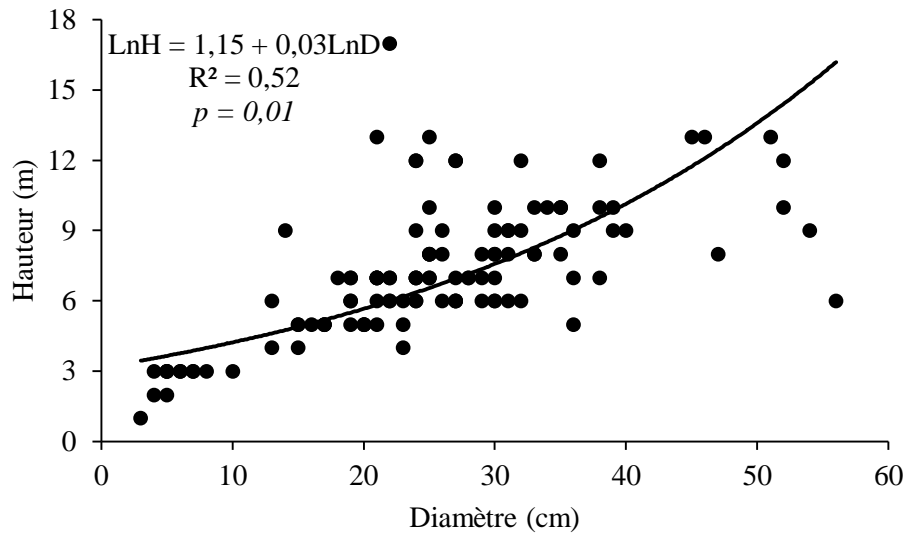


Figure 9 : Relation allométrique hauteur-diamètre de *Afzelia africana*

De l'examen de la figure 9, il ressort qu'il existe une relation entre la hauteur et le diamètre de *Afzelia africana*. Le coefficient de détermination du modèle utilisé indique que 52 % de la variation des hauteurs des individus de *Afzelia africana* sont expliquées par la variation de leurs diamètres. Lorsque le diamètre d'un individu de l'espèce varie de 1 cm, sa hauteur augmente de 0,03 m.

#### 4.2.4 Caractérisation structurale de *Pterocarpus erinaceus*

##### 4.2.4.1 Structure dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus*

La densité moyenne des individus de la catégorie (dbh < 10 cm) de régénération de *Pterocarpus erinaceus* des parcours de transhumance du secteur d'étude est de  $2,61 \pm 1,44$  individus/ha. Par contre, celle des individus adultes (dbh  $\geq$  10 cm) est de  $23,46 \pm 14,49$  individus/ha ; avec une surface terrière est de  $4,68 \cdot 10^{-09} \pm 1,15 \cdot 10^{-05}$  m<sup>2</sup>/ha. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne est de 28,02 cm. La figure 10 (a et b) présente la structure dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus*.

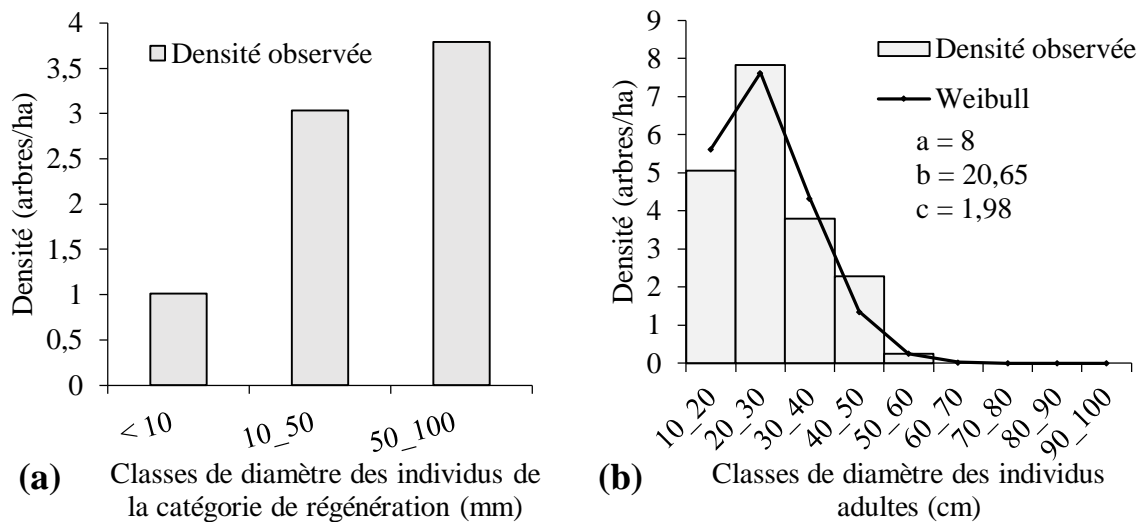


Figure 10 (a et b) : Structure dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus*

De l'examen de la figure 10 a, il ressort que les individus de *Pterocarpus erinaceus* de la catégorie des jeunes plants sont les plus abondants. Ils sont suivis des individus de la catégorie des juvéniles. Par contre, les individus faiblement représentés sont ceux appartenant à la catégorie des plantules.

En ce qui concerne la figure 10 b, il en ressort que les individus de la classe de diamètre de 20 à 30 cm sont les plus représentés ; ils sont respectivement suivis de ceux appartenant aux classes de diamètre de 10 à 20 cm ; de 30 à 40 cm puis de 40 à 50 cm. Les individus faiblement représentés appartiennent à la classe de diamètre de 50 à 80 cm. Cependant, on note une absence totale des individus de la classe de diamètre de 80 à 100 cm. La structure dendrométrique des individus adultes de *Pterocarpus erinaceus* des parcours de transhumance étudié présente une distribution asymétrique positive avec un paramètre de forme  $c = 1,98$  de la distribution de Weibull. Ceci est caractéristique des peuplements monspécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.

Dans l'ensemble (figure 10 (a et b)), il ressort que le secteur d'étude est caractérisé par une relative abondance des individus de la catégorie de régénération de *Pterocarpus erinaceus* et une absence de ceux de gros diamètre.

#### 4.2.4.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de *Pterocarpus erinaceus*

Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) du modèle de prédiction de la hauteur en fonction du diamètre de *Pterocarpus erinaceus* est de 0,82. Le test statistique de Fisher calculé ( $F_c = 758,11$ ) a été lu au seuil  $\alpha = 0,01$ . Ce seuil est inférieur au seuil critique de 5 %. Donc, le modèle  $H = 0,30D + 2,07$  est globalement significatif au seuil de 0,01 %. La figure 11 présente la relation allométrique entre la hauteur et le diamètre de *Pterocarpus erinaceus* des parcours de transhumance du secteur d'étude.

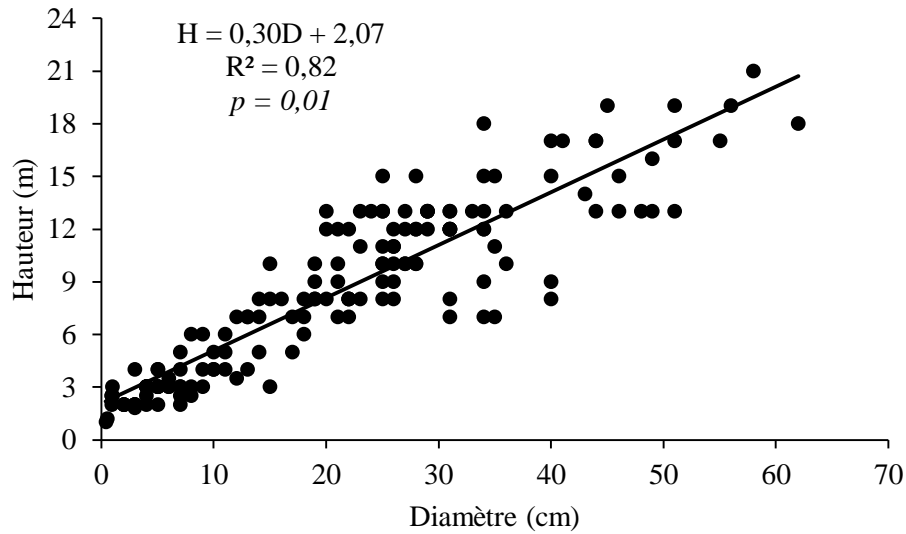


Figure 11 : Relation allométrique hauteur-diamètre de *Pterocarpus erinaceus*

De l'observation de la figure 11, il ressort qu'il existe une relation entre la hauteur et le diamètre de *Pterocarpus erinaceus*. Le coefficient de détermination du modèle utilisé indique que 82 % de la variation des hauteurs des individus de *Pterocarpus erinaceus* sont expliquées par la variation de leurs diamètres. Cependant, lorsque le diamètre d'un individu de cette espèce varie de 1 cm, sa hauteur augmente de 0,30 m.

#### 4.2.5 Caractérisation structurale de *Daniellia oliveri*

##### 4.2.5.1 Structure dendrométrique de *Daniellia oliveri*

La densité moyenne des individus de la catégorie ( $dbh < 10$  cm) de régénération de *Daniellia oliveri* des parcours de transhumance du secteur d'étude est de  $2,01 \pm 1,75$  individus/ha. Par contre, celle des individus adultes ( $dbh \geq 10$  cm) est de  $17,68 \pm 10,09$  individus/ha ; avec une surface terrière est de  $4,20 \cdot 10^{-08} \pm 2,55 \cdot 10^{-05}$  m<sup>2</sup>/ha. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne est de 39,39 cm. La figure 12 (a et b) présente la structure dendrométrique de *Daniellia oliveri* des parcours de transhumance du secteur d'étude.

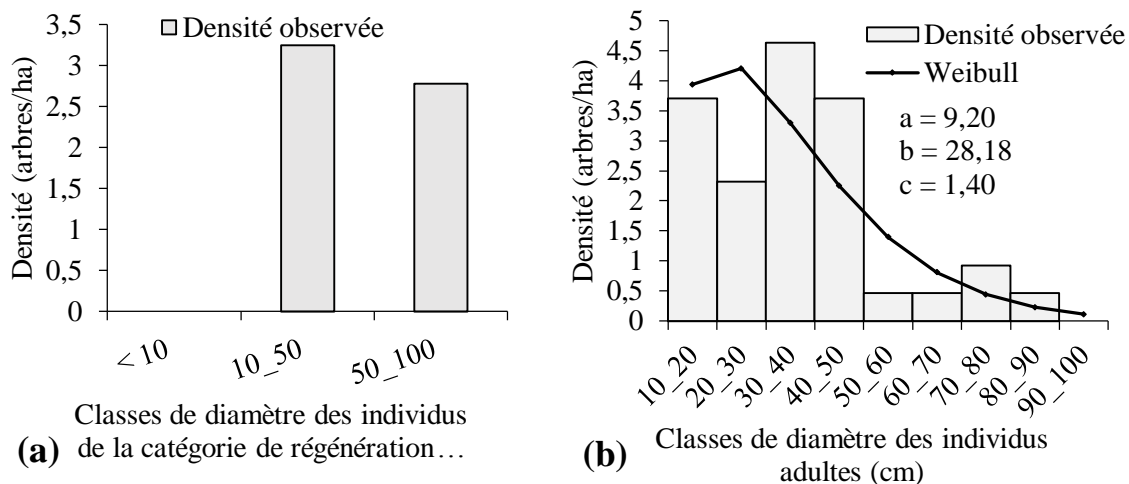


Figure 12 (a et b) : Structure dendrométrique de *Daniellia oliveri*

L'examen de la figure 12 a indique que les individus de *Daniellia oliveri* de la classe des juvéniles sont les plus représentés ; ils sont suivis de ceux de la catégorie des jeunes plants. Cependant, on note une absence des individus de la catégorie des plantules.

Il ressort de la figure 12 b que les individus de la classe de diamètre de 30 à 40 cm sont les plus abondants ; ils sont suivis de la coabondance des individus des classes de diamètres de 10 à 20 cm et de 40 à 50 cm puis des individus de la classe de diamètre de 20 à 30 cm. Les individus faiblement représentés sont ceux appartenant aux classes de diamètre compris entre 50 et 100 cm. La structure dendrométrique des individus adultes de *Daniellia oliveri* des parcours de transhumance étudié présente une distribution asymétrique positive avec un paramètre de forme  $c = 1,40$  de la distribution de Weibull. Ceci est caractéristique des peuplements monspécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.

Dans l'ensemble (figure 12 (a et b)), il ressort que les parcours de transhumance du secteur est caractérisé par une relative abondance des individus de la catégorie de régénération de *Daniellia oliveri* et une faible représentativité des individus de gros diamètre.

#### 4.2.5.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de *Daniellia oliveri*

Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) du modèle de prédiction de la hauteur en fonction du diamètre de *Daniellia oliveri* est de 0,69. Le test statistique de Fisher calculé ( $F_c = 145,82$ ) a été lu au seuil  $\alpha = 0,01$ . Ce seuil est inférieur au seuil critique de 5 %. Donc, le modèle  $H = 0,20D + 2,681$  est globalement significatif au seuil de 0,01 %. La figure 13 présente la relation allométrique entre la hauteur et le diamètre de *Daniellia oliveri* des parcours de transhumance du secteur d'étude.

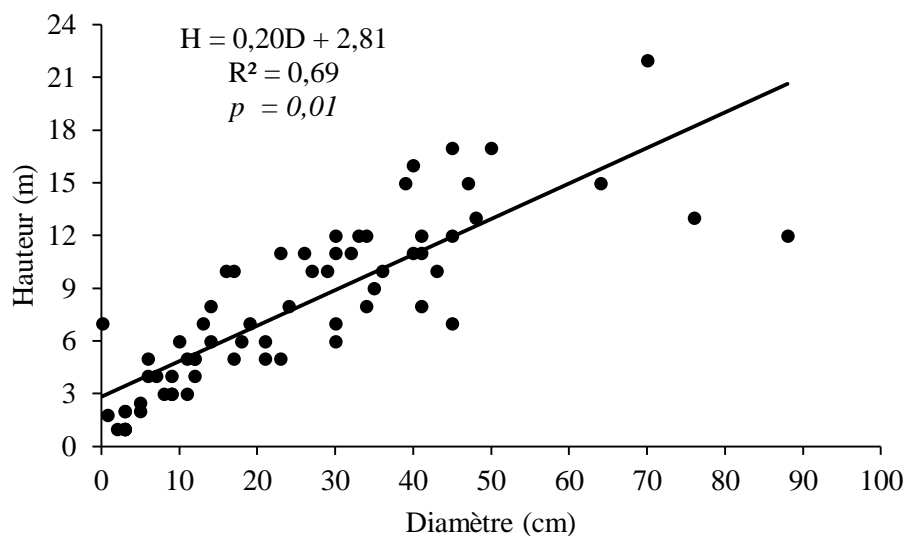


Figure 13 : Relation allométrique hauteur-diamètre de *Daniellia oliveri*

L'observation de la figure 13, indique qu'il existe une relation entre la hauteur et le diamètre de *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude. Le coefficient de détermination du modèle utilisé indique que 69 % de la variation des hauteurs des individus de *Daniellia oliveri* sont expliquées par la variation de leurs diamètres.. Ainsi, lorsque le diamètre d'un individu de cette espèce varie de 1 cm, sa hauteur augmente de 0, 20 m.

#### 4.3 Modélisation de la distribution de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota à l'horizon 2050

##### 4.3.1 Points de présence actuelle des espèces étudiées dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota

Les figures 14; 15, 16 et 17 présentent les points de présence actuelle des espèces étudiées dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota.

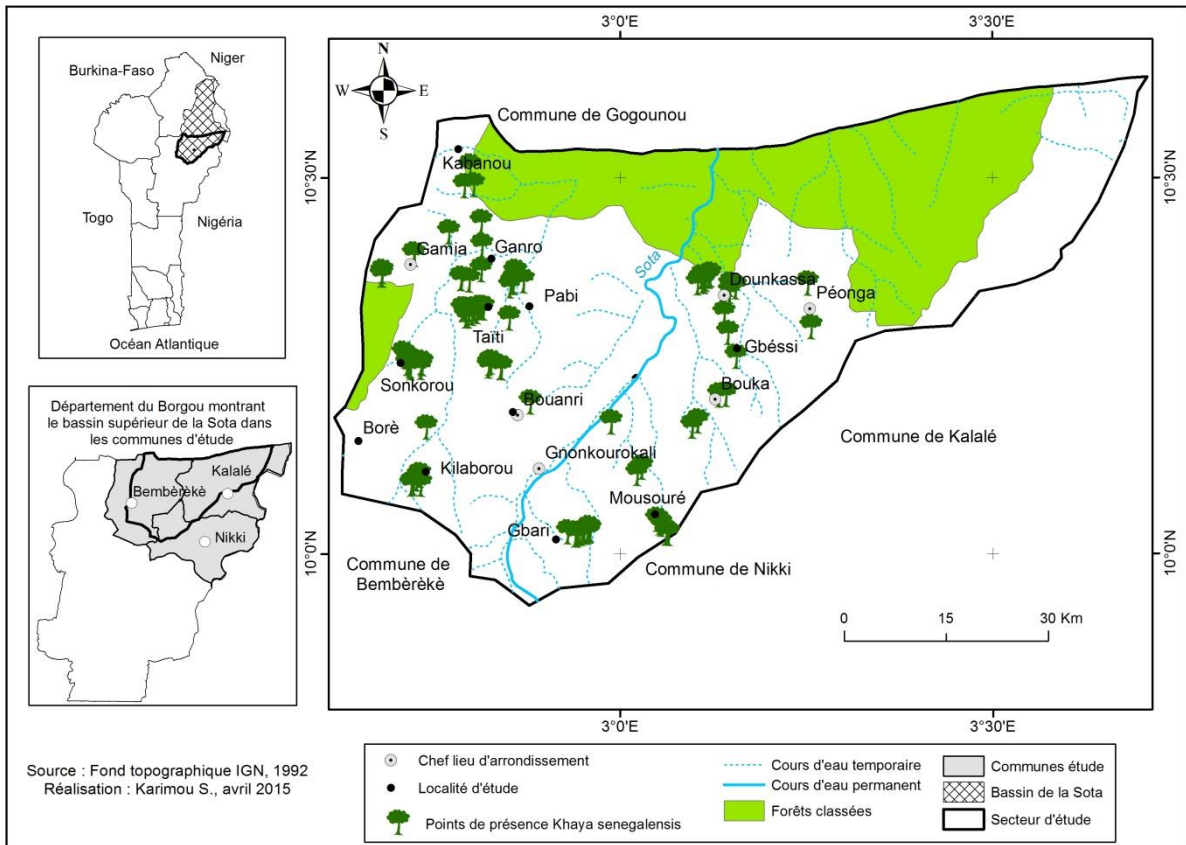


Figure 14 : Spatialisation des points de présence de *Khaya senegalensis* dans le secteur d'étude

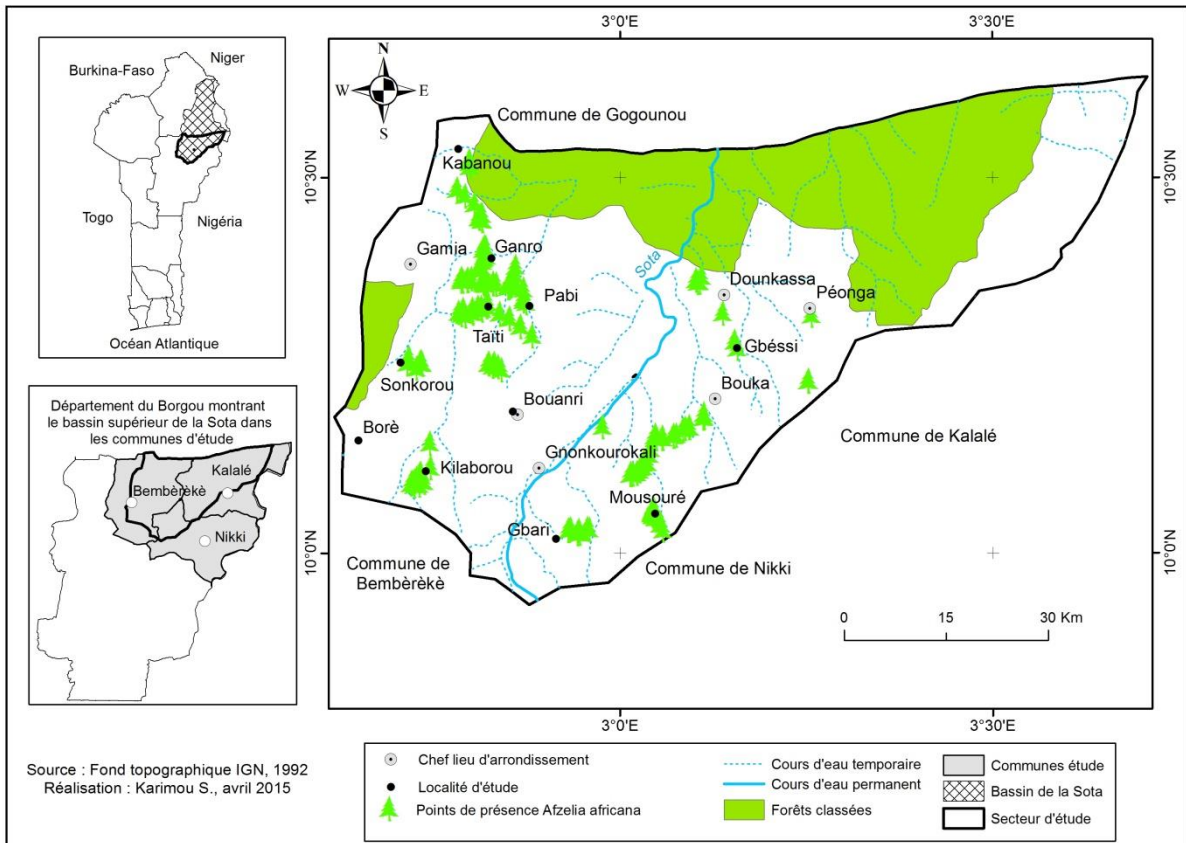
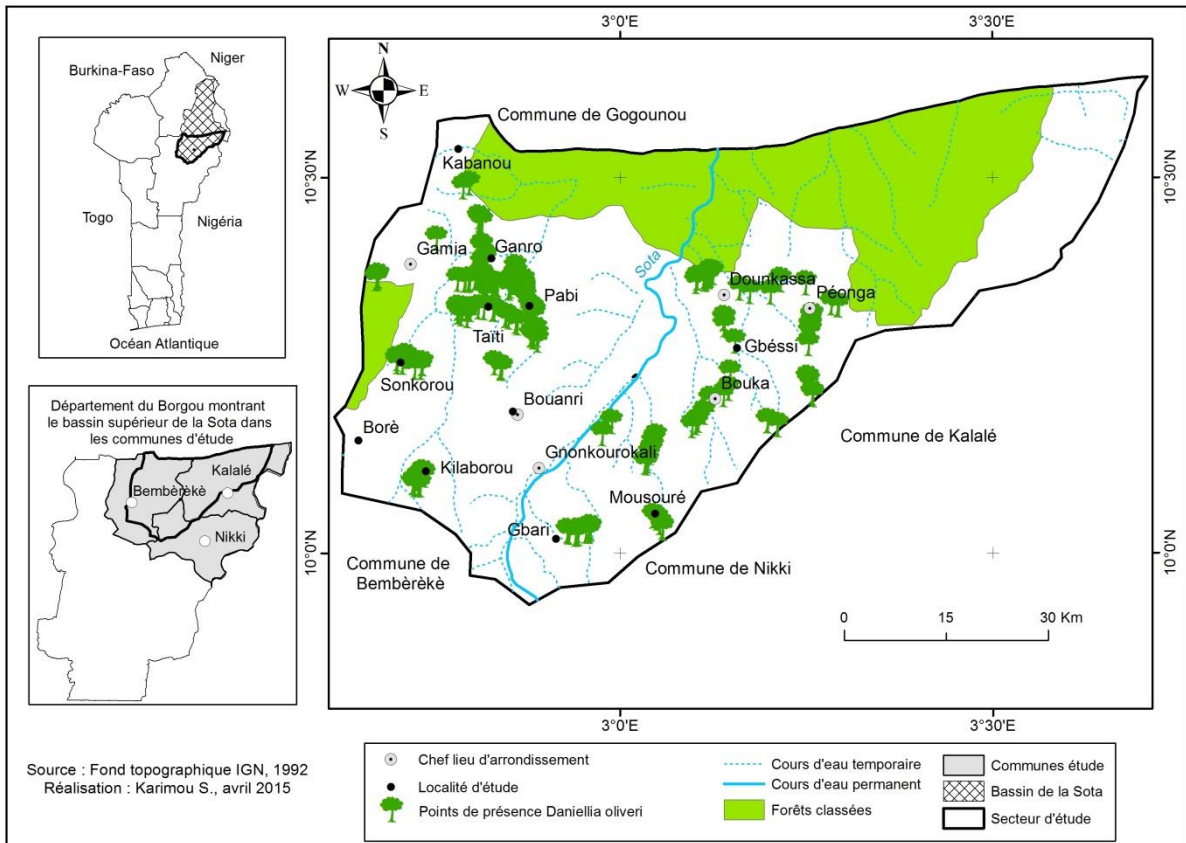
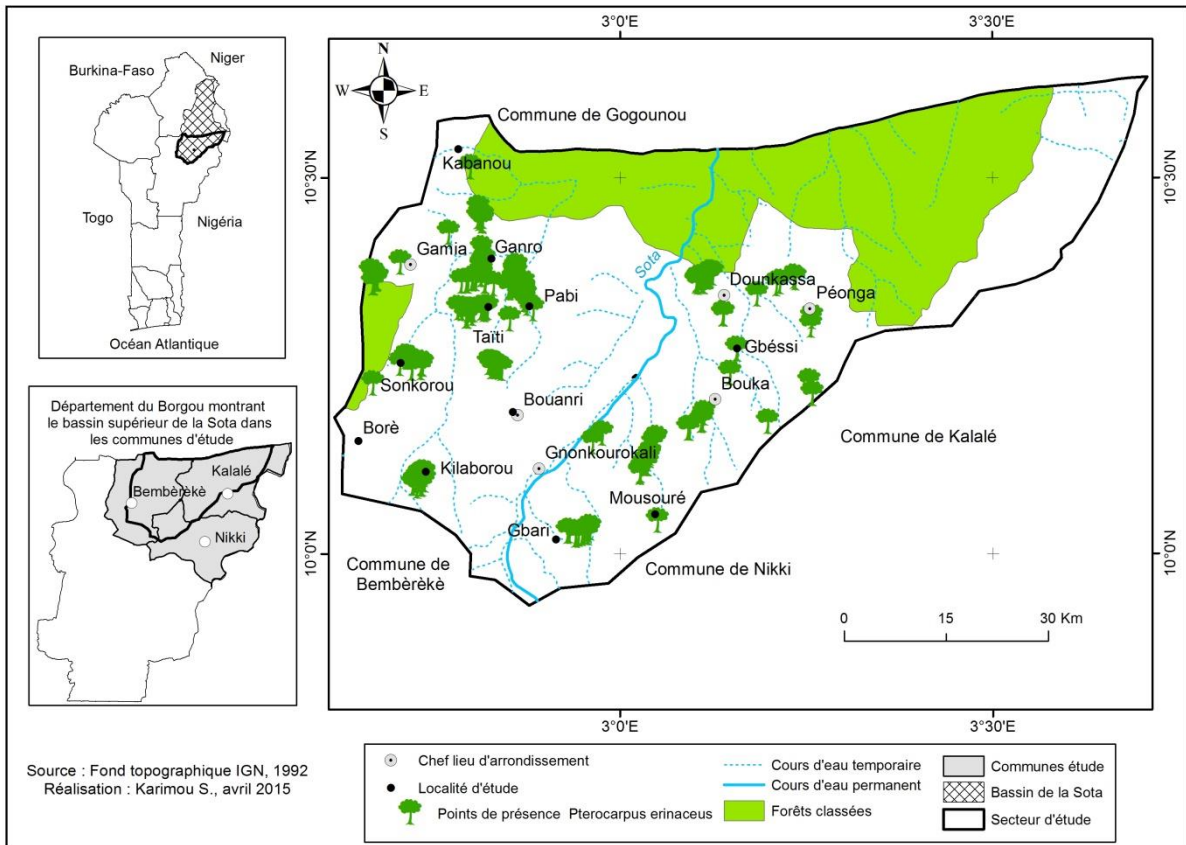


Figure 15 : Spatialisation des points de présence de *Afzelia africana* dans le secteur d'étude



#### 4.3.2 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Khaya senegalensis*

La figure 18 présente les statistiques de l'AUC issues des modèles de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Khaya senegalensis* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

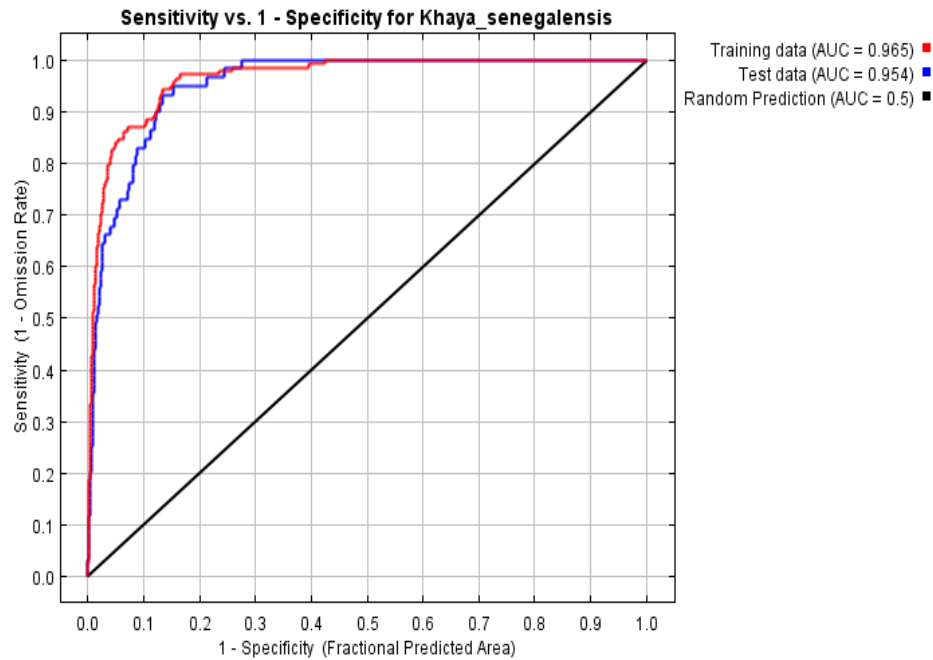


Figure 18 : Présentation des valeurs de AUC relatives à *Khaya senegalensis*

L'examen de la figure 18 indique que les valeurs de calibration et du test de l'AUC sont respectivement de 0,97 et de 0,95. Ces valeurs indiquent que le modèle de prédiction de *Khaya senegalensis* est performant.

#### 4.3.3 Contribution des variables environnementales utilisées pour *Khaya senegalensis*

La figure 19 présente le test de Jackknife sur l'importance des variables individuelles utilisées dans le modèle de prédiction. Ce test a permis de déterminer les variables qui ont le plus contribué à la prédiction du modèle.

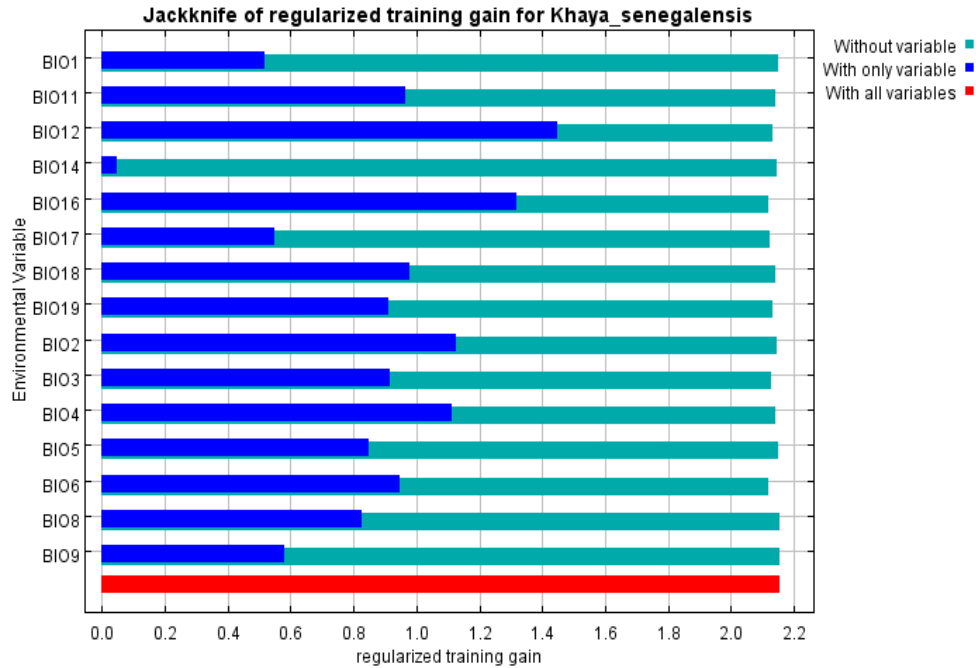


Figure 19 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour *Khaya senegalensis*

De l'observation de la figure 19, il ressort que les variables environnementales individuelles telles que : le BIO12, le BIO16, le BIO2 et le BIO4 ont beaucoup plus contribué à la prédiction du modèle de distribution.

#### 4.3.4 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables à *Khaya senegalensis*

La superficie de la distribution actuelle des aires très favorables à *Khaya senegalensis* est de 4050 km<sup>2</sup> soit 68 % de la proportion du secteur d'étude (Annexe III). Celles des aires favorables et peu favorables représentent respectivement 28 % et 4 % de la superficie du secteur d'étude. La figure 20 présente la variation de la proportion des habitats favorables suivant les modèles de prédiction utilisés à l'horizon 2050 et la figure 21 présente la spatialisation de ces habitats dans le bassin supérieur de la Sota.

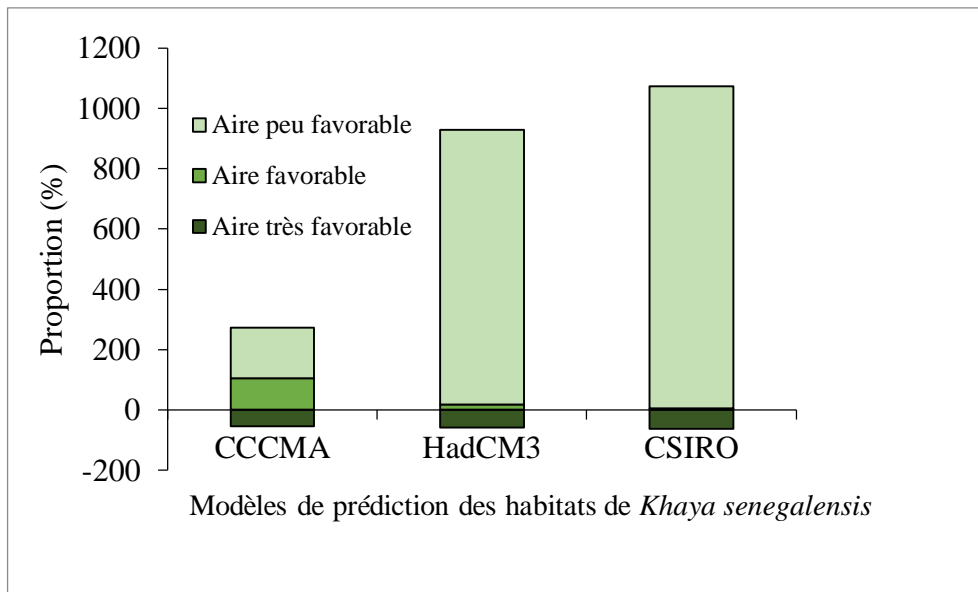


Figure 20 : Proportion des habitats favorables à *Khaya. senegalensis*

L'examen de la figure 20 indique que les résultats de la modélisation varient d'un modèle à un autre. Ainsi, selon les projections du modèle CCCMA, les habitats actuellement très favorables à *Khaya senegalensis* connaîtront une diminution de près de 55 % de leurs superficies à l'horizon 2050 ; ceux actuellement favorables et peu favorables connaîtront respectivement un accroissement de près de 106 % et de 167 % de leurs superficies.

Le HadCM3 indique une diminution d'environ 58 % des habitats actuellement très favorables ; une augmentation de 17 % et de 911 % respectivement aux habitats favorables et peu favorables.

Quant au modèle CSIRO, il indique une diminution de près de 62 % des habitats très favorables, un accroissement de 6 % des habitats favorables et de 1067 % de ceux peu favorables.

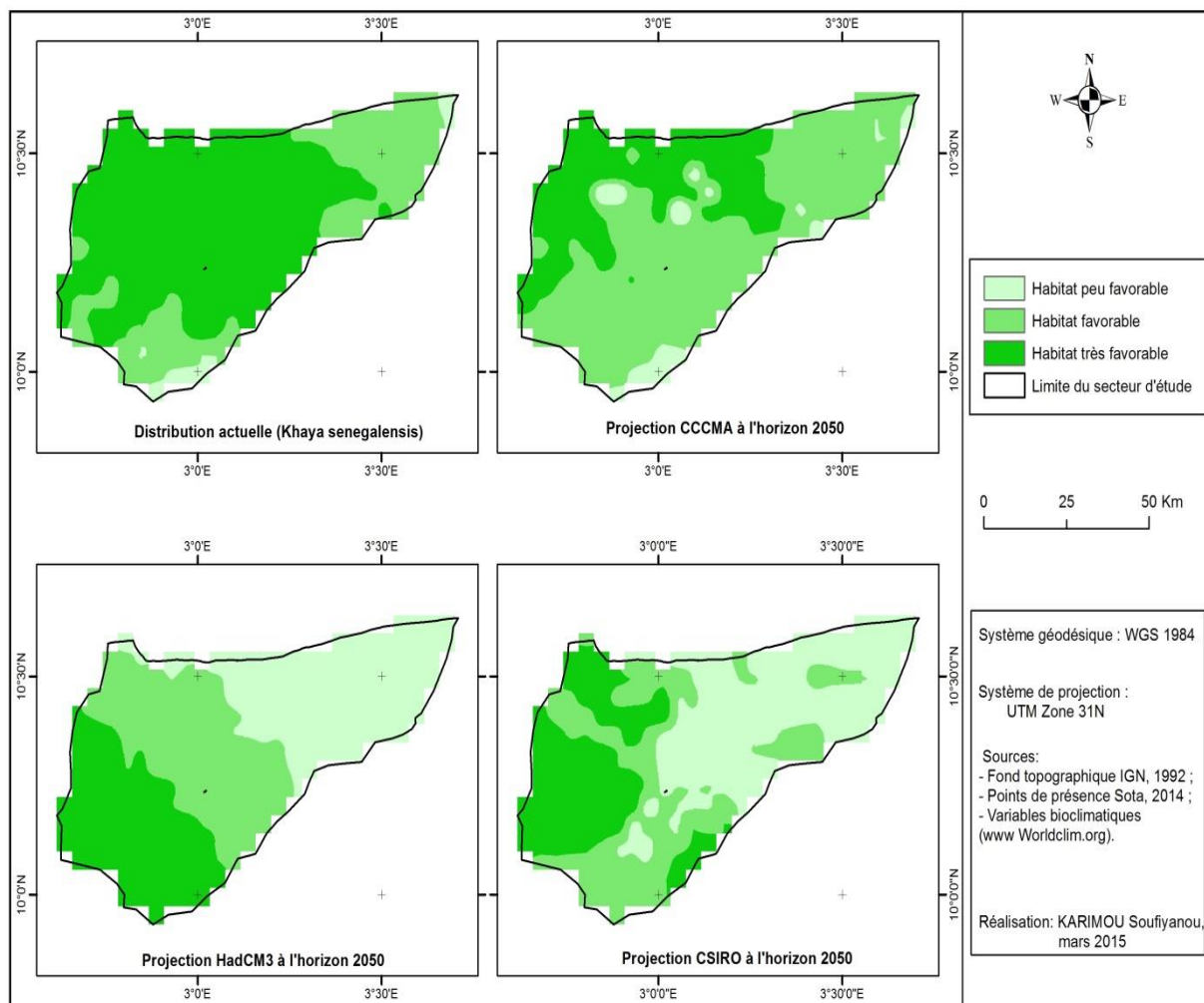


Figure 21 : Spatialisation des aires favorables à *Khaya senegalensis*

#### 4.3.5 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Afzelia africana*

La figure 22 présente les statistiques de l'AUC issues des modèles de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Afzelia africana* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

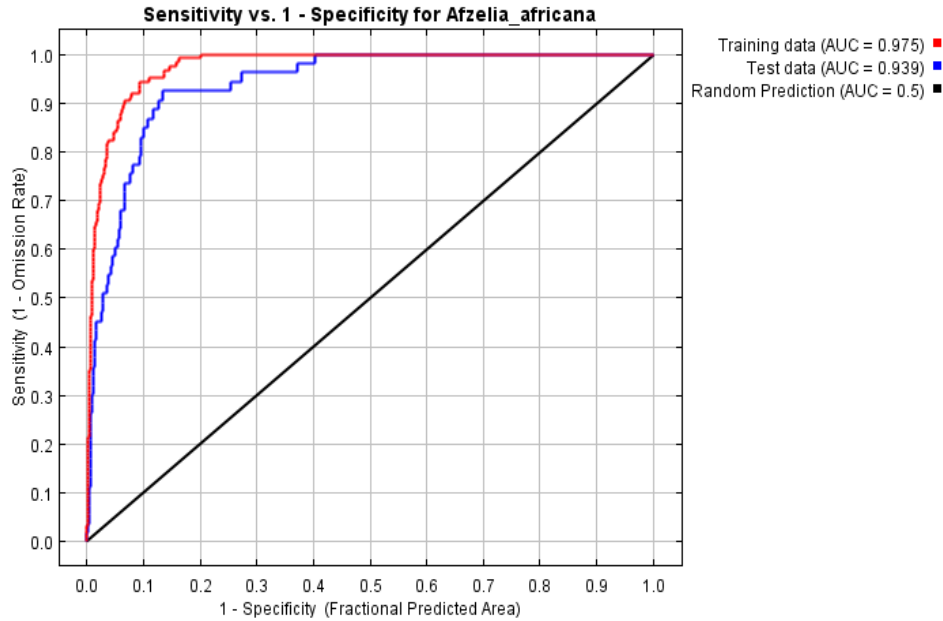


Figure 22 : Présentation des valeurs de AUC relatives à *Afzelia africana*

L'examen de la figure 22 indique que les valeurs de calibration et du test de l'AUC sont respectivement de 0,98 et de 0,94. Ces valeurs indiquent que le modèle de prédiction de *Afzelia africana* est performant.

#### 4.3.6 Contribution des variables environnementales utilisées pour *Afzelia africana*

La figure 23 présente le test de Jackknife sur l'importance des variables individuelles utilisées dans le modèle de prédiction. Ce test a permis de déterminer les variables qui ont le plus contribué à la prédiction du modèle.

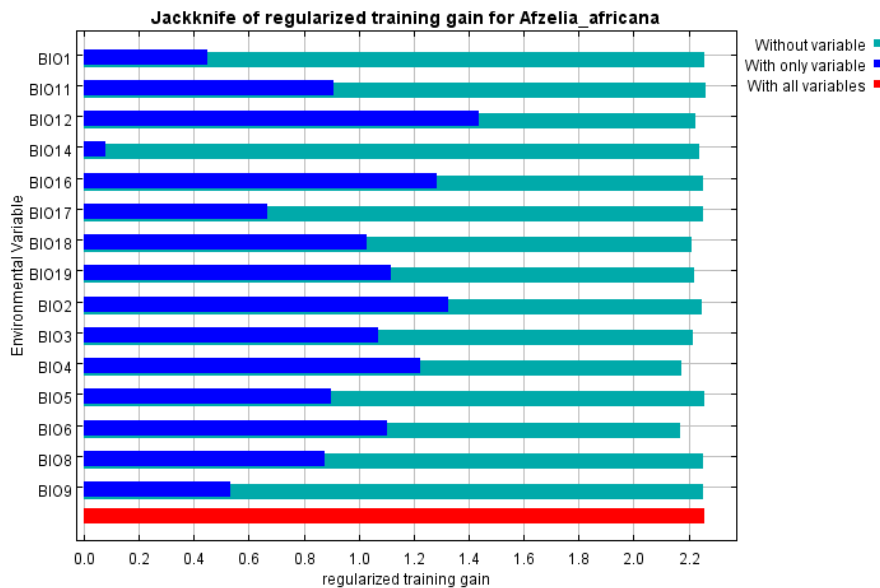


Figure 23 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour *Afzelia africana*

De l'examen de la figure 23, il ressort que les variables environnementales individuelles telles que : le BIO12, le BIO2, le BIO16, le BIO4, le BIO6, le BIO3, le BIO19 et le BIO18 ont beaucoup plus contribué à la prédiction du modèle de distribution.

#### 4.3.7 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables *Afzelia africana*

La superficie de la distribution actuelle des aires très favorables à *Afzelia africana* est de 1725 km<sup>2</sup> soit 29 % de la proportion du secteur d'étude (Annexe IV). Celles des aires favorables et peu favorables représentent respectivement 5 % et 21 % de la superficie du secteur d'étude. La figure 24 présente la variation de la proportion des habitats favorables suivant les modèles de prédiction utilisés à l'horizon 2050 et la figure 25 présente la spatialisation de ces habitats dans le Bassin Supérieur de la Sota.

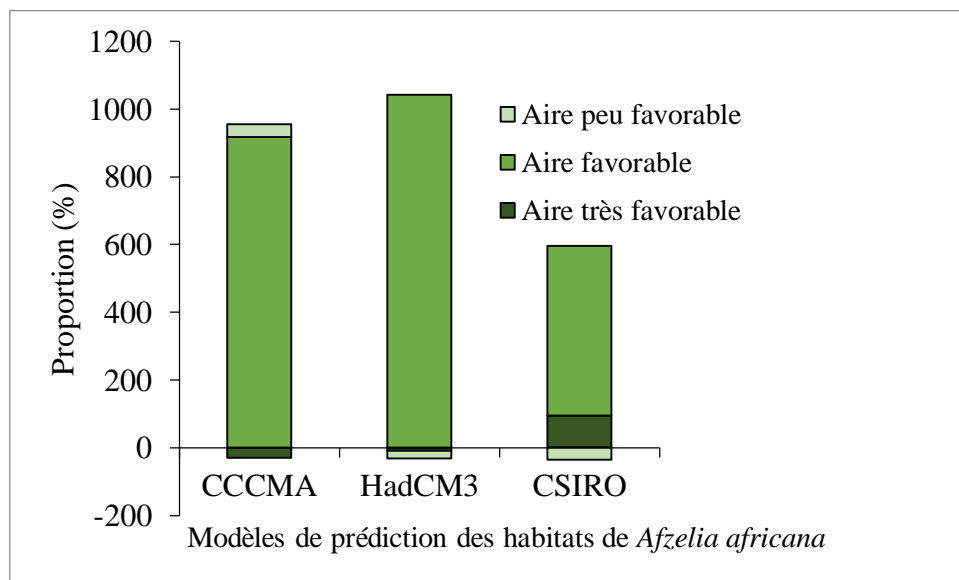


Figure 24 : Proportion des habitats favorables à *Afzelia africana*

Selon les projections du modèle CCCMA (figure 24), les habitats actuellement très favorables à *Afzelia africana* connaîtront une diminution de près de 30 % de leurs superficies à l'horizon 2050 ; ceux actuellement favorables et peu favorables connaîtront respectivement un accroissement de près de 917 % et de 38 % de leurs superficies.

Le modèle HadCM3 indique une diminution d'environ 9 % des habitats actuellement très favorables ; une augmentation de 1042 % et une diminution de 22 % respectivement aux habitats favorables et peu favorables.

Par contre, pour la prédiction du modèle CSIRO, on note un accroissement de près de 96 % et de 500 % respectivement aux habitats actuellement très favorables et favorables. De plus, on note une diminution de 36 % de ceux peu favorables.

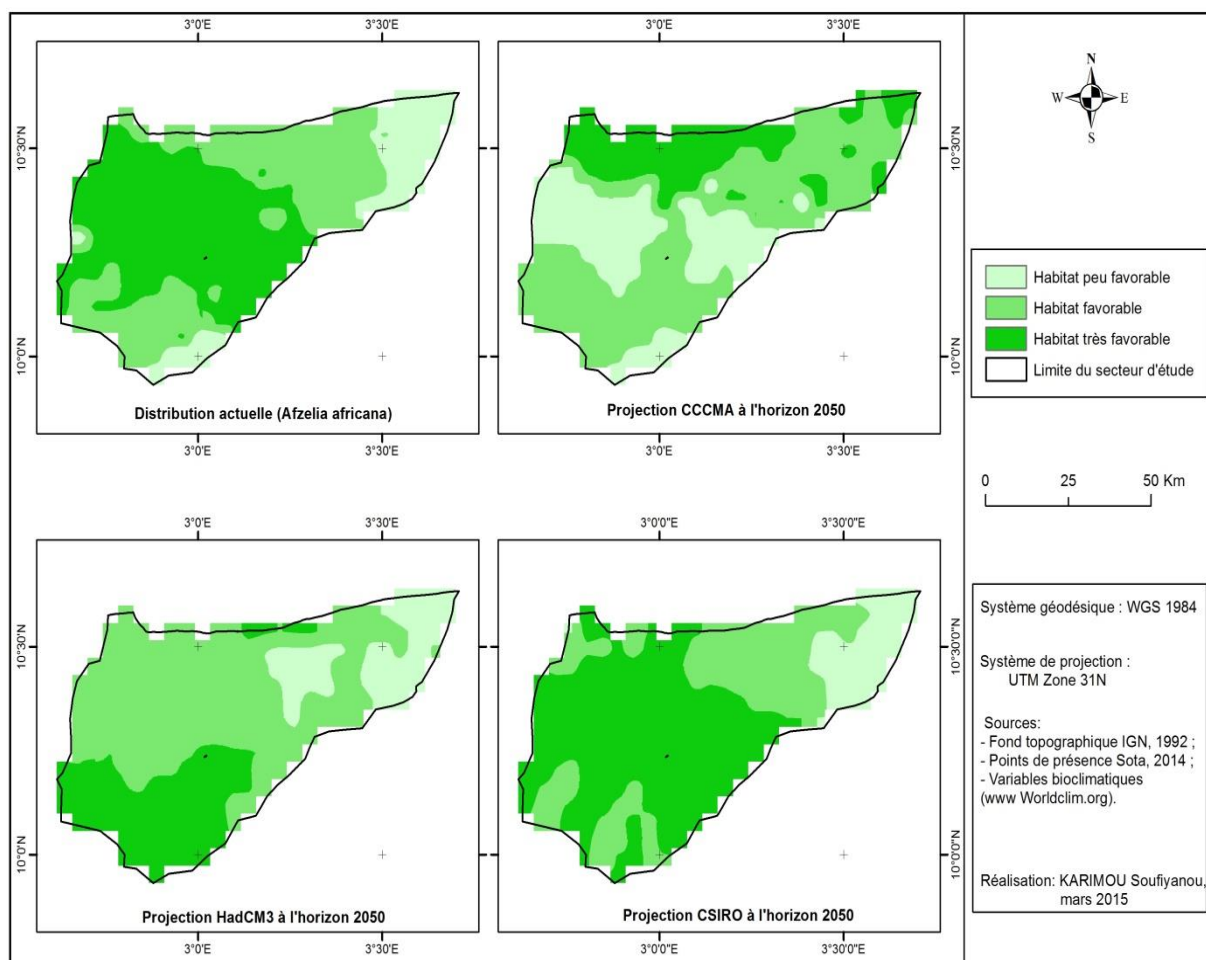


Figure 25 : Spatialisation des aires favorables à *Afzelia africana*

#### 4.3.8 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Pterocarpus erinaceus*

La figure 26 présente la statistique de l'AUC issue des modèles de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Pterocarpus erinaceus* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

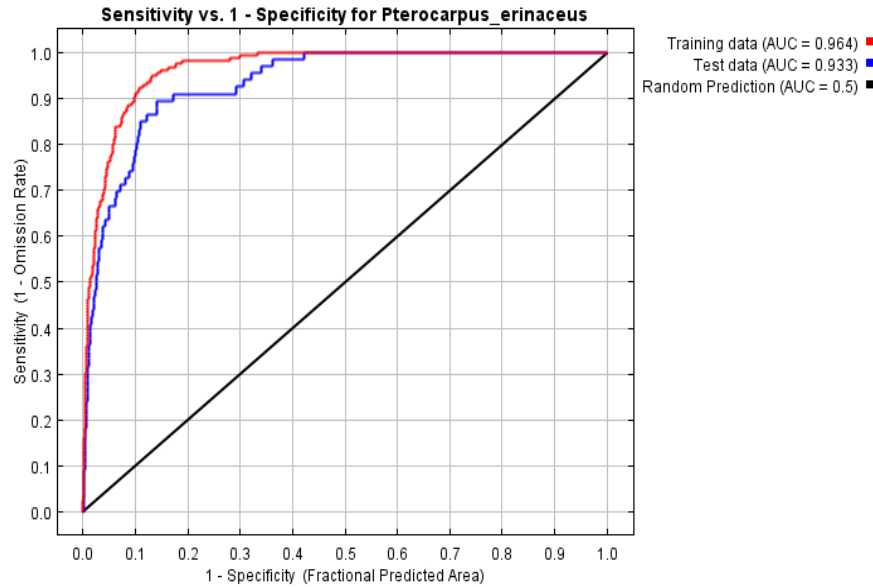


Figure 26 : Présentation des valeurs de AUC relatives à *Pterocarpus erinaceus*

L'observation de la figure 26 indique que les valeurs de calibration et du test de l'AUC sont respectivement de 0,96 et de 0,93. Ces valeurs indiquent que le modèle de prédiction de *Pterocarpus erinaceus* est performant.

#### 4.3.9 Contribution des variables environnementales utilisées pour *Pterocarpus erinaceus*

La figure 27 présente le test de Jackknife sur l'importance des variables individuelles utilisées dans le modèle de prédiction. Ce test a permis de déterminer les variables qui ont le plus contribué à la prédiction du modèle.

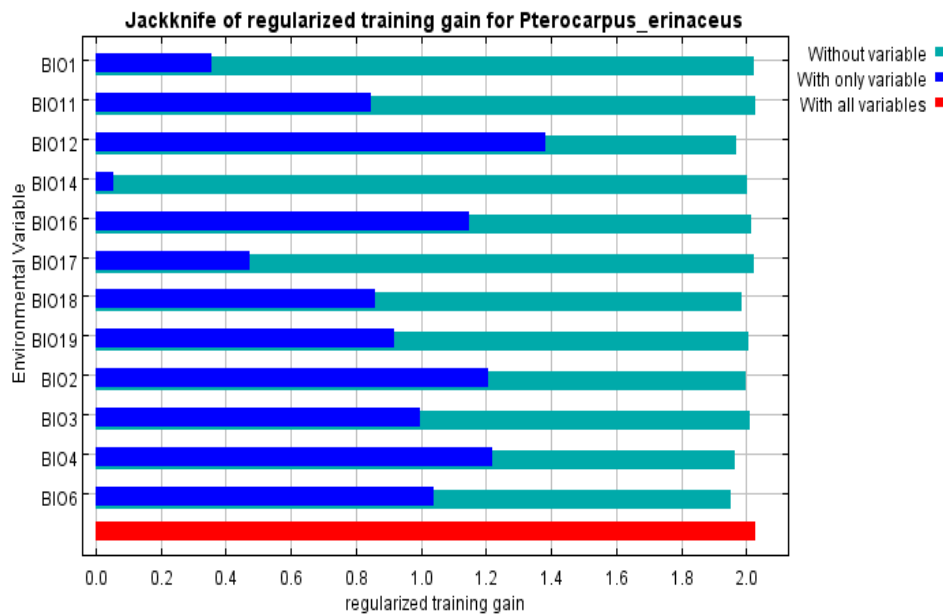


Figure 27 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour *Pterocarpus erinaceus*

De l'observation de la figure 27, il ressort que les variables environnementales individuelles telles que : le BIO12, le BIO4, le BIO2, le BIO16 et le BIO6 ont beaucoup plus contribué à la prédiction du modèle de distribution.

#### 4.3.10 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables *Pterocarpus erinaceus*

La superficie de la distribution actuelle des aires très favorables à *Pterocarpus erinaceus* est de 3225 km<sup>2</sup> soit 54 % de la proportion du secteur d'étude (Annexe V). Celles des aires favorables et peu favorables représentent respectivement 36 % et 10 % de la superficie du secteur d'étude. La figure 28 présente la variation de la proportion des habitats favorables suivant les modèles de prédiction utilisés à l'horizon 2050 et la figure 29 présente la spatialisation de ces habitats dans le bassin supérieur de la sota.

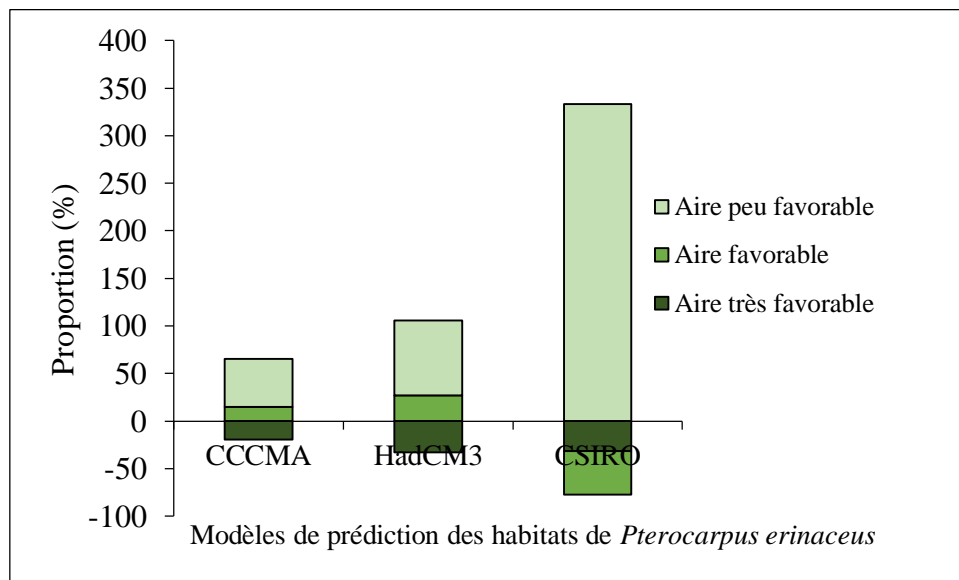


Figure 28 : Proportion des habitats favorables à *Pterocarpus erinaceus*

Les projections du modèle CCCMA (figure 28) indiquent que les habitats actuellement très favorables à *Pterocarpus erinaceus* connaîtront une diminution de plus de 19 % de leurs superficies à l'horizon 2050 ; ceux actuellement favorables et peu favorables connaîtront respectivement un accroissement de près de 15 % et de 50 % de leurs superficies.

Le modèle HadCM3 indique une diminution d'environ 33 % des habitats actuellement très favorables et un accroissement de 27 % et de 79 % respectivement aux habitats favorables et peu favorables.

Quant aux résultats du modèle CSIRO, ils indiquent une diminution de près de 32 % des habitats très favorables et de près de 45 % des habitats favorables. Les habitats peu favorables connaîtront un accroissement de près de 333 % de leurs superficies actuelle.

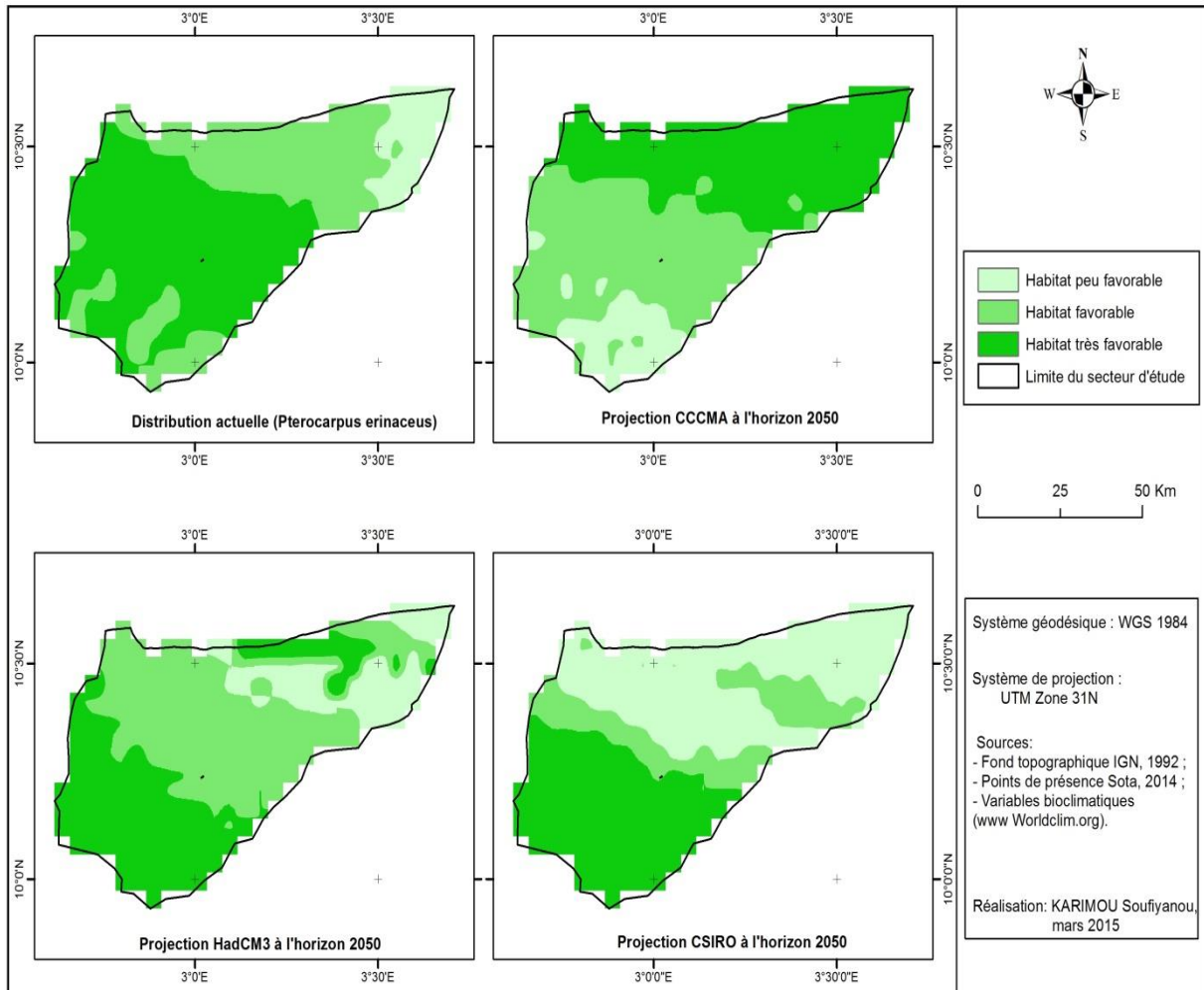


Figure 29 : Spatialisation des aires favorables à *Pterocarpus erinaceus*

#### 4.3.11 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Daniellia oliveri*

La figure 30 présente la statistique de l'AUC issue des modèles de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du secteur d'étude.

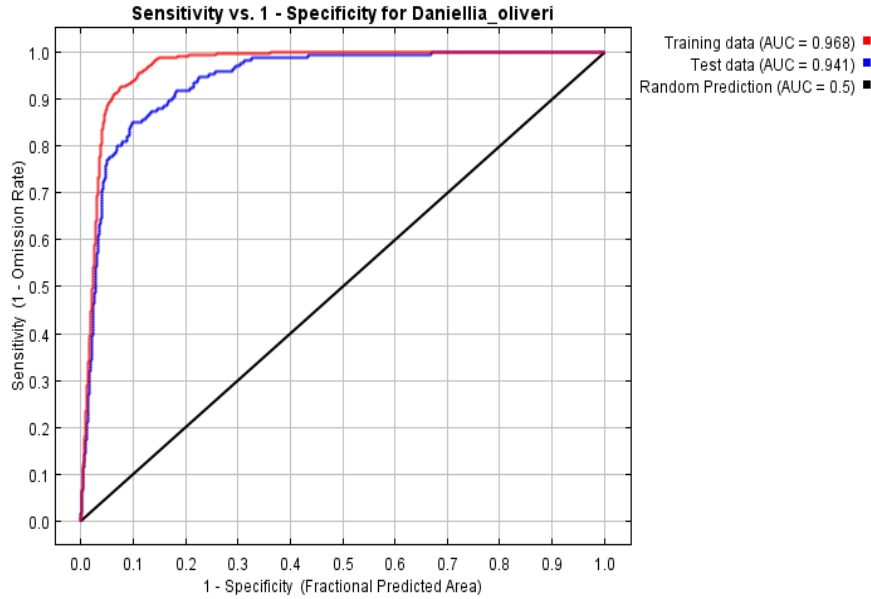


Figure 30 : Présentation des valeurs de AUC relatives à *Daniellia oliveri*

L'examen de la figure 30 indique que les valeurs de calibration et du test de l'AUC sont respectivement de 0,97 et de 0,94. Ces valeurs indiquent que le modèle de prédiction de *Daniellia oliveri* est performant.

#### 4.3.12 Contribution des variables environnementales utilisées pour *Daniellia oliveri*

La figure 31 présente le test de Jackknife sur l'importance des variables individuelles utilisées dans le modèle de prédiction. Ce test a permis de déterminer les variables qui ont le plus contribué à la prédiction du modèle

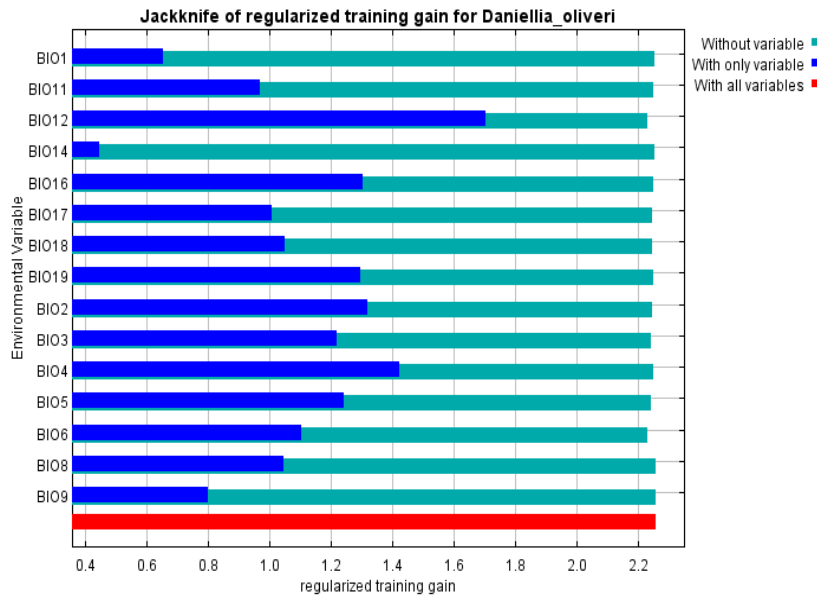


Figure 31 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour *Daniellia oliveri*

De l'observation de la figure 31, il ressort que les variables environnementales individuelles telles que : le BIO12, le BIO4, le BIO2, le BIO19, le BIO16, le BIO5, le BIO6, le BIO18 et le BIO8 ont beaucoup plus contribué à la prédiction du modèle de distribution.

#### 4.3.13 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables *Daniellia oliveri*

La superficie de la distribution actuelle des aires très favorables à *Daniellia oliveri* est de 1425 km<sup>2</sup> soit 24 % de la proportion du secteur d'étude (Annexe VI). Celles des aires favorables et peu favorables représentent respectivement 49 % et 27 % de la superficie du secteur d'étude. La figure 32 présente la variation de la proportion des habitats favorables suivant les modèles de prédiction utilisés à l'horizon 2050 et la figure 33 présente la spatialisation de ces habitats dans le Bassin Supérieur de la Sota.

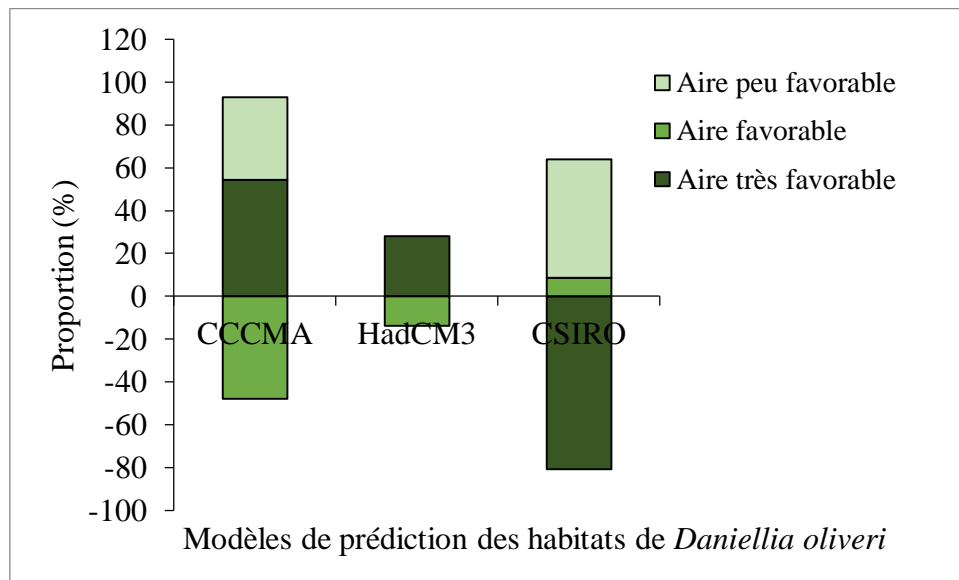


Figure 32 : Proportion des habitats favorables à *Daniellia oliveri*

Selon les projections du modèle CCCMA (figure 32), les habitats actuellement très favorables à *Daniellia oliveri* connaîtront un accroissement de près de 54 % de leurs superficies à l'horizon 2050 ; ceux actuellement favorables connaîtront une diminution de près de 48 % de leur superficies. De plus, on note un accroissement de près de 38 % des habitats peu favorables.

Le modèle HadCM3 indique une augmentation d'environ 28 % des habitats actuellement très favorables et une diminution de 14 % des habitats favorables. Cependant, les habitats actuellement peu favorables ne connaîtront pas de variation de superficie.

Quant au modèle CSIRO, il indique une diminution de près de 81 % des habitats très favorables, un accroissement de 9 % des habitats favorables et de 55 % de ceux peu favorables.

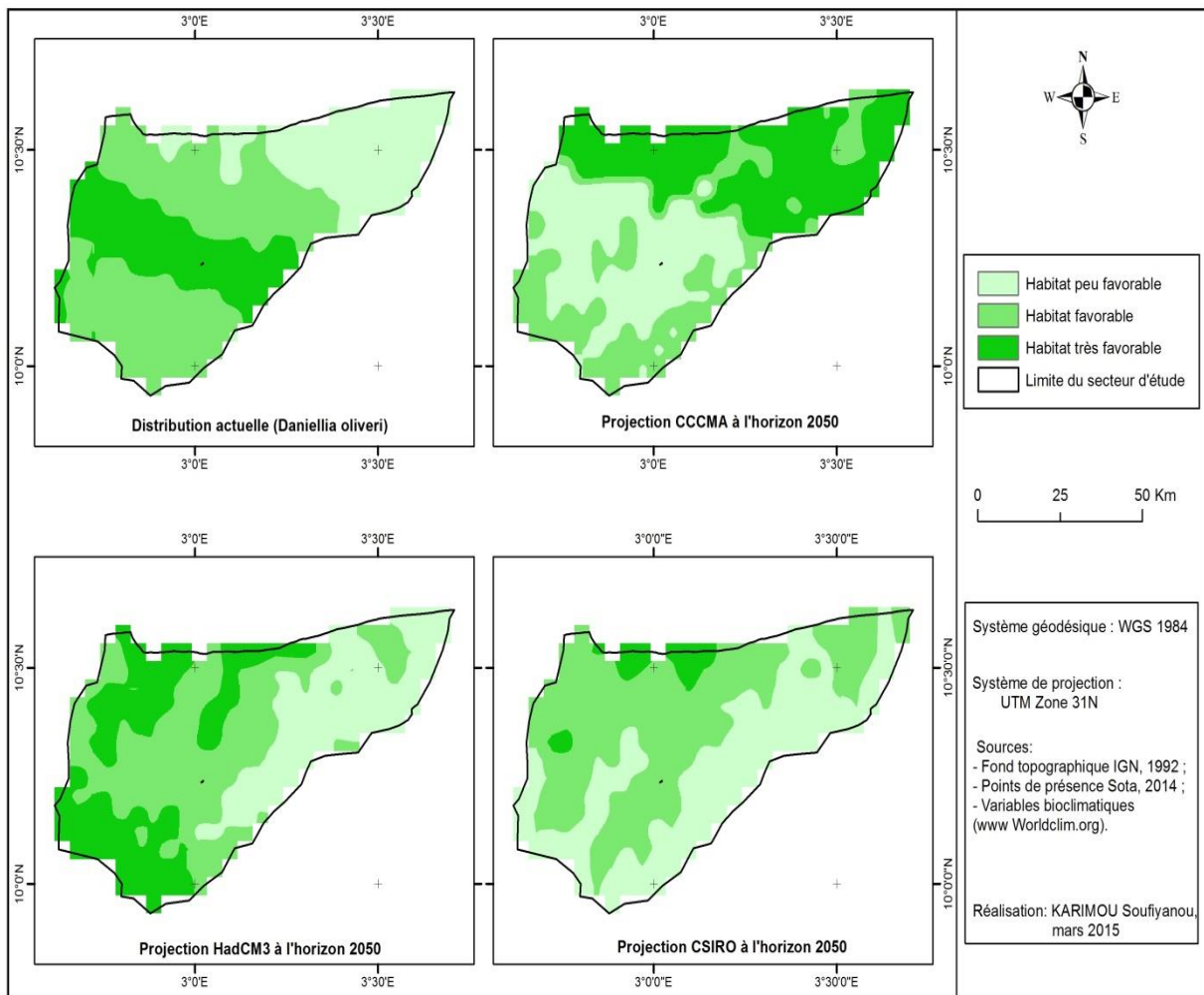


Figure 33 : Spatialisation des aires favorables à *Daniellia oliveri*

## CHAPITRE V : DISCUSSION

Le chapitre V présente la discussion des principaux résultats obtenus. Ces résultats ont été discutés par objectif spécifique.

### 5.1 Distribution spatiale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance

La répartition spatiale de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* a été étudiée sur une superficie de 11,52 ha dans les parcours naturels de transhumance. Dans l'ensemble, les résultats obtenus révèlent deux modèles de répartition spatiale : une répartition aléatoire commune pour les espèces telles que *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* et une répartition agrégée pour *Daniellia Oliveri*. Ces deux modèles de répartition ont été déjà mises en évidence par plusieurs auteurs (Kumba *et al.*, 2013 ; Shimba, 2008) qui ont utilisés la méthode de Clark et Evans (1954) sur les espèces telles que *Gilbertiodendron dewevrei*, *Scorodophloeus zenkeri* et *Uapaca guineensis*. La différence du modèle de répartition obtenu peut s'expliquer par plusieurs facteurs dont la distance maximale observée entre les voisins les plus proches, le mode de dispersion des diaspores et surtout les pressions que subissent ces espèces. Sur le terrain, la distance maximale observée entre les voisins les plus proches de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* est respectivement 29 m, 28 m et 27 m ; par contre, celle de *Daniellia oliveri* est de 18 m. En étudiant la structure spatiale des arbres en République Démocratique du Congo, Kumba *et al.* (2013) ont trouvé comme distance maximale entre voisins les plus proches, des valeurs comprises entre 10 et 17 m avec une structure agrégée. Ainsi, les faibles distances à laquelle les graines sont dispersées témoignent d'une répartition agrégée (Hubbell, 2001). Les quatre espèces étudiées sont toutes autochores. La dispersion de leurs graines se fait par un mécanisme propre à chaque espèce. Selon plusieurs auteurs (Jesel, 2005 et Muller-Landau, 2002), la répartition spatiale des individus d'une espèce est en partie fonction du mode de dissémination de ces graines.

En réalité, *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* sont des espèces disséminées, communes et localement grégaires (Arbonier, 2005). Mais aujourd'hui ces espèces sont localement menacées. Ce qui les rend de moins en moins communes par endroits. Ainsi, l'environnement local d'un individu influence fortement sa dynamique ; car il renseigne également sur la dynamique passée et influence la dynamique future. Par ailleurs, Goreaud (2000) souligne que la caractérisation d'une répartition spatiale dépend de l'échelle d'observation à laquelle on se place. En effet, l'étendue ou l'échelle spatiale pourrait

influencer l'observation de la distribution spatiale de l'espèce selon qu'elle est petite ou grande (Dungan, 2002 et Dale, 1999). Une espèce peut donc avoir une distribution agrégée à grande étendue ou échelle, alors qu'en diminuant l'aire d'étude, le modèle de distribution change. Pour le cas de cette étude, étant donné que le bassin supérieur de la Sota a été largement investigué et au regard des observations faites sur le terrain, on estime que les modèles de répartition obtenus avec la méthode Clark et Evans (1954) sont valables dans les conditions actuelles du secteur d'étude. Ces résultats indiquent que dans les parcours naturels de transhumance du secteur d'étude l'accessibilité aux fourrages aériens surtout pour les espèces telles que *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* sera sanctionné par de longs déplacements des troupeaux. Par contre, le contraire sera observé au niveau de *Daniellia oliveri*.

## 5.2 Caractérisation structurale des espèces étudiées

L'analyse de la structure diamétrique de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* révèle que ces espèces présentent toute une distribution asymétrique positive avec un paramètre de forme  $c$  ( $1 < c < 3,6$ ) de la distribution de Weibull. Ceci est caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes. Cependant, la densité, le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne et la hauteur moyenne observée diffèrent d'une espèce à une autre.

De l'analyse des résultats obtenus, il ressort que la densité ( $dbh \geq 10$  cm) de *Azelia africana* est la plus élevée à l'hectare ; elle est suivie de celle de *Pterocarpus erinaceus*, de *Khaya senegalensis* puis de celle de *Daniellia oliveri*.

La valeur élevée de la densité ( $dbh \geq 10$  cm) de *Azelia africana* peut se justifier par le fait que la plupart de ces individus présentent des irrégularités au niveau du tronc parfois du collet jusqu'au-delà d'un mètre de hauteur ; ce qui ne favorise pas leur exploitation par les scieurs et par conséquent la plupart de ces espèces ne subissent que de forte pression d'émondage.

En ce qui concerne la catégorie de régénération, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* présentent des valeurs élevées de la densité ( $dbh < 10$  cm) que *Khaya senegalensis* et *Azelia africana*. Mais dans l'ensemble, la régénération de chacune des espèces étudiées est caractérisée par de faible valeur de densité. Ce constat peut s'expliquer par des pressions sélectives des juvéniles par les animaux mais également par l'anthropisation de leurs biotopes. Ces observations sont similaires à ceux obtenues par Glèlè Kakaï *et al.* (2008) ; Teka *et al.* (2007) et Sinsin *et al.* (2004). De plus, ces espèces n'ont pas l'aptitude à supporter de forte pression anthropique (Fandohan *et al.*, 2008). Le maintien d'une espèce dans une

forêt, ainsi que la réussite de sa gestion sylvicole peuvent être évalués par le succès de sa régénération (Geldenhuis, 2010). Dans l'ensemble, la densité de la catégorie de régénération de chacune des espèces étudiées est largement inférieure à celle des individus adultes. Or, la régénération naturelle est la faculté d'un écosystème à se reconstituer spontanément, après destruction de tout ou partie du couvert forestier (Bangirinama *et al.*, 2013). Il s'en suit alors que la viabilité des individus des espèces étudiées dans les parcours naturels de transhumance est compromise.

Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne de ces espèces varie entre 28 et 42 cm. Ainsi, les populations de ces espèces n'ont pas atteint le diamètre d'exploitabilité des essences forestières qui est de 45 cm (Sagbo, 2000 et Biaou, 1999). Malgré cela, ces espèces sont exploitées de jour en jour alors que leur exploitation devrait être interdite pour assurer leur renouvellement à moyen et à long terme.

La relation entre la hauteur et le diamètre a été déterminée suivant deux types de modèles. Le modèle linéaire commune aux espèces telles que *Khaya senegalensis* ; *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* avec des coefficients de détermination respectifs 72 %, 82 % et 69 %. Le second modèle est de type parabolique et relatif à *Azelia africana* avec un coefficient de détermination de 52 %. La différence obtenue au niveau du modèle linéaire serait due aux conditions topoédaphiques et à la capacité intrinsèque de chaque espèce à réaliser sa niche écologique.

Pour *Pterocarpus erinaceus*, Glèlè Kakai *et al.* (2008) et Sagbo (2000) ont trouvé des coefficients de détermination inférieur à 50 % ; ce qui n'est pas le cas pour cette étude. La différence serait due au type de modèle utilisé et aux conditions écologiques sous lesquelles évolue cette espèce.

Sinsin *et al.* (2004) ont montré que dans les différentes zones climatiques du Bénin, plus fortes sont les pressions exercées sur les individus de *Azelia africana*, plus faibles sont les hauteurs des arbres.

Tous ces modèles ne prédisent pas à cent pour cent la relation entre la hauteur et le diamètre. Les conditions environnementales sous lesquelles évolue une espèce sont aussi indispensables à la prédiction de cette relation.

### **5.3 Modélisation de la distribution de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* à l'horizon 2050**

La distribution actuelle et future des différentes espèces modélisées a été en partie possible grâce à la contribution de certaines variables bioclimatiques. Ces variables ont différemment

contribué à la prédiction des habitats suivants les espèces étudiées. Parmi ces variables, le BIO12 (précipitation annuelle) est celle ayant le plus contribué à la prédiction des habitats des espèces étudiées. Ce constat peut s'expliquer par le fait que, la pluviométrie a un impact significatif sur la distribution des espèces végétales en général et en particulier sur celles étudiées.

Pour tous ces modèles, les projections climatiques indiquent une diminution très sensible des habitats très favorables de *Khaya senegalensis* et de *Pterocarpus erinaceus* à l'horizon 2050. Or, dans le schéma d'une augmentation des précipitations (Modèle CCCMA et HadCM3) et en considérant le préférendum écologique de ces deux espèces, l'on pourrait s'attendre à une augmentation considérable de la superficie des habitats qui leurs sont actuellement très favorables ; telle n'est pas le cas. Il en est de même pour *Azizium africanum*. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Fandohan *et al.* (2013) avec les modèles CCCMA et HadCM3 sur *Tamarindus indica*. Cette situation peut s'expliquer par le fait que, lors du calibrage du modèle, les données relatives aux caractéristiques écologiques des points de présences de ces espèces n'ont pas été prises en compte. Ainsi, la prise en compte de certaines caractéristiques écologiques telle que la température, la nature du substrat et l'altitude pourrait améliorer les résultats obtenus et par conséquent permettra de mieux les expliquer. Ce point de vue rejoint celui de Saliou *et al.* (2015) et Gbesso *et al.* (2013).

Pour les autres modèles, on note une variation aléatoire des différents habitats de ces espèces à l'horizon 2050.

En général, les résultats obtenus démontrent que la plupart des habitats actuellement très favorables seront très négativement impactés par les changements climatiques. En revanche, la viabilité de ces espèces n'est pas en tant que telle compromise en considérant les résultats obtenus des projections au niveau des habitats actuellement favorables et peu favorables. Ainsi, quelque soit le modèle (CCCMA, HadCM3 et CSIRO) utilisé, la variabilité climatique influence d'une manière ou d'une autre, la distribution des espèces étudiées. Le véritable problème auquel ces espèces sont actuellement confrontées reste et demeure l'exploitation forestière et l'émondage répété. Aussi, la dynamique actuelle d'occupation du sol et sa tendance évolutive indique que la quasi-totalité des habitats favorables à la présence de ces espèces d'ici 2050 est déjà occupé par de mosaïques de cultures et jachères et agglomérations. Ainsi, le problème de la conservation de ces espèces demeure.

## Conclusion et suggestions

L'étude de la dynamique de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota a permis de caractériser la dynamique spatiale de ces espèces fourragères. De cette caractérisation, la configuration spatiale de ces espèces a été mise en évidence. Ce qui permet d'affirmer que la configuration spatiale actuelle serait la résultante de la dynamique passée sous l'influence des mécanismes de dispersion propre à chaque espèce et surtout des actions anthropiques. De la caractérisation structurale de ces espèces, il convient de retenir que de faibles valeurs caractérisent leurs paramètres structuraux. Il s'agit notamment de la densité, de la surface terrière et du diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne ainsi que la densité des individus de la catégorie de régénération de chacune de ces espèces. Ces résultats témoignent de la forte pression anthropique exercée sur les populations de ces espèces en raison de multiples services qu'elles rendent à la population locale ; ce qui compromet alors leur viabilité. Dans cette optique et avec l'évolution du front agricole vers les zones de pâturage et les couloirs de transhumance, la problématique de la gestion durable de la transhumance et des conflits entre agriculteurs et éleveurs est loin de trouver une solution définitive puisque les résidus de récoltes n'arrivent plus à couvrir les besoins du bétail en période de soudure. Aussi la modification des couloirs de transhumance ne règle-t-elle toujours pas le problème de disponibilité fourragère. Elle ne fera qu'amplifier les tensions entre agriculteurs et éleveurs. Car les couloirs de transhumance qui existent déjà font l'objet d'accrochage entre ces deux acteurs au point où l'on enregistre chaque année des conflits sanglants voire meurtriers. Des résultats issus de la modélisation de ces ligneux fourragers, il ressort que la plupart des conditions écologiques actuellement très favorables à leurs présences seront fortement menacées par la variabilité climatique à l'horizon 2050. Cependant, les habitats favorables et peu favorables présentent des chances de survie de ces espèces. Ainsi, avec les changements climatiques et en l'absence de toute action anthropique exercée sur les populations de ces espèces, leur viabilité n'est pas compromise à l'horizon 2050. Face à cette situation, il urge de :

- enrichir la forêt classée des trois Rivières (qui se trouve dans le Bassin de la Sota) avec les espèces étudiées ;
- promouvoir l'agroforesterie à base desdites espèces ;
- reboiser les aires de passage, de pâturage et de parcage du bétail dans le bassin supérieur de la Sota.

La présente étude, loin d'avoir une portée exhaustive a plutôt réalisée un bilan analytique de la dynamique de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota.

## **Perspectives pour la thèse**

### **Sujet**

**Dynamique et évaluation de la biomasse foliaire de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* des parcours naturels de transhumance du bassin de la Sota au Bénin.**

### **Justification**

- Le bassin de la Sota dispose plusieurs couloirs de transhumance et accueille chaque année des transhumants de la sous-région (du Niger, du Nigéria, du Burkina Faso et du Mali).
- La Sota a un régime d'écoulement permanent avec un débit d'étiage (qui survient en avril ou mai, selon les saisons) généralement compris entre 3 et 6 m<sup>3</sup>/s (Le Barbe *et al.*, 1993). Il constitue à cet effet une place de choix pour la transhumance surtout en saison sèche.
- Les ligneux fourragers constitués essentiellement de *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri* subissent diverses pressions anthropogènes compromettant alors leur viabilité. De ce fait, leur conservation et l'avenir de la transhumance dans ce milieu est en jeu.

## Références bibliographiques

Adjonou K., Bellefontaine R., Kokou K., 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse* vol. 20 (4), 3 p.

Akoègninou A., W. J. Van der Burg, L. J. G. Van der Manesen, V. Adjakidjè, J. P. Essou, B. Sinsin & H. Yédomonhan, 2006. Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers Wageningen 1019 p.

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

Arbonnier M., 2002. Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest. CIRAD/MNHN/UICN. 541p.

Convers A., Chaibou I., Binot A. et Dulieu D., « La gestion de la transhumance dans la zone d'influence du parc régional du w par le programme ecopas », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 4 | novembre 2007, mis en ligne le 27 mai 2008, consulté le 15 février 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/761> ; DOI : 10.4000/vertigo.761

Bangirinama F., Masharabu T., et Havyarimana F., 2013. Analyse des traits biologiques au cours de la dynamique post-culturelle: cas des jachères de la zone périphérique de la Réserve naturelle forestière de Bururi. *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.* 12: 61-69 ISSN 2220-6981.

Biaou H., 1999. *Etude des possibilités d'aménagement de la forêt classée de Bassila: structure et dynamique des principaux groupements végétaux et périodicité de coupe*. Thèse d'ingénieur agronome, Université d'Abomey- Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Bénin, 190 p

Bognounou F., Savadogo M., Boussim I. J. et GuinkoS., 2008. Équations d'estimation de la biomasse foliaire de cinq espèces ligneuses soudaniennes du Burkina Faso. *Sécheresse* 19 (3) : 201-5.

Brémond P., 2011. *Caractérisation et évaluation économique de la vulnérabilité des exploitations agricoles aux inondations*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier I, 427 p.

Clark J.P. & Evans C.F., 1954. Distances to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in population. *Ecology*, 35, 445-453.

Dale M.R.T., 1999, Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 326 p

Djènontin J. A., 2010. *Dynamique des stratégies et pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord- Est du Bénin*. Université d'Abomey- Calavi. Thèse de Doctorat. 203 p.

Dugué P. & Jouve Ph., 2003. Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, Montpellier, France pp25-27.

Dungan J.L., Perry J.N., Dale M.R.T., Legendre P., Citron- Pousty S., Fortin M-J., Jakomulska A., Miriti M. & Rosenberg M.S., 2002, A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography*, 25, 626-640.

Eboh E.C., Oji K.O., Oji O.G., Amakom U. S., Ujah O. C., 2008. Towards the ECOWAS Common Agricultural Policy Framework: Nigeria Case Study and Regional Analysis. African Institute for Applied Economics. Enugu, Nigeria. 197 p.

Fandohan B, Gouwakinnou G, Fonton NH, Sinsin B, Liu J. 2013. Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 17 (3), pp 450-462.

FAO, 2005 b. Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport national, République Démocratique du Congo, Département des forêts, Rome, 159 p.

Feeley KJ, Davies JS, Noor NS, Rahman KA, Tan S. 2007. Do current stem size distributions predict future populations changes ? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. *Journal of Tropical Ecology*, **23**: 191-198.

Franquin P., 1969. Analyse agroclimatique en régions tropicales : saison pluvieuse et saison humide. Application. Cahiers ORSTOM, série biologie, Paris, N° 9, pp.65-95.

Gbèssou FHG., Tente BHA., Gouwakinnou NG., et Sinsin BA., 2013. Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2007-2018

Geldenhuys CJ. 2010. Managing forest complexity through application of disturbance–recovery knowledge in development of silvicultural systems and ecological rehabilitation in natural forest systems in Africa. *Journal Forest Research*, 15: 3-13.

- GIEC, 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité (Rapport du groupe de travail II), résumé à l'intention des décideurs. Genève, Suisse, 101 p.
- Goreaud F., 2000. *Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes*. Thèse de doctorat en Sciences Forestières, ENGREF, 362 p.
- Guisan A. & Zimmermann N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.*, 135, 147-186.
- Hubbell S.P., 2001, *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Oxford, 375 p.
- IPCC, 2007. *Climate change: synthesis report*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Jesel S., 2005, *Ecologie et dynamique de la régénération de Dicorynia guineensis (Caesalpiniaceae) dans la forêt guyannaise*. Thèse de Doctorat, INRA, Paris-Grignon, 307 p.
- Koukoubou G. A., 2008. *Contribution à l'étude ethnobotanique et caractérisation des populations de quatre espèces ligneuses (Afzelia africana Smith ex Pers., Daniellia oliveri (Rolfe) Hutch et Dalz., Pterocarpus erinaceus Poir et Khaya senegalensis (Ders.) A. Juss.) : Cas de la réserve de Biosphère de la Pendjari et ses terroirs riverains*. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC, 118 p.
- Kumba S., Nshimba H., Ndjele L., De Cannière C. Visser M. & Bogaert J., 2013. Structure spatiale des trois espèces les plus abondantes dans la Réserve Forestière de la Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo. *Tropicultura*, 2013, 31,1, 53-61
- Le Barbe L., Ale G., Millet B., Texier H., Borel Y., 1993. *Monographie des ressources en eaux superficielles de la République du Bénin*. Paris, ORSTOM, 540 p.
- Lesse A. D. P., 2011. *Analyse de la gestion pastorale et de l'adaptation des éleveurs transhumants face aux variabilités climatiques dans les communes riveraines de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin)*. Mémoire de DEA/FSA/UAC, 100 p.
- Ludwig J. A., Bastin G N., 2008. Rangeland condition: its meaning and use a discussion paper. ACRIS (Australian Collaborative Rangelands Information System) 90 p.
- Motz K., Sterba H. & Pommerening A., 2010, Sampling measures of tree diversity. *For. Ecol. Manage.* 260, 1985-1996.

Muller-Landau H.C., 2002. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case studies from a tropical forest. In: D.J. Levey, W.R. Silva & M. Galetti, (Eds), Seed Dispersal and Frugivory: *Ecology, Evolution and Conservation*. CAB International, Oxfordshire, UK, 35-53.

Nshimba S.W.M., 2008. *Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D. Congo*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 271 p

PFN, 2004. Plan Forestier National du Bénin élaboré à l'occasion de la cinquième session du Forum des Nations Unies sur les Forêts (FNUF-5) sous la direction de Mahazou, G.I., Tchiwanou, M., Avonomadegbe, B. Version du 30 octobre 2004. 21 p.

Phillips S.J., Anderson R.P. & Schapire R.E., 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol. Model.*, 190, 231-259.

Pocheville A., 2010. *La niche écologique : concepts, modèles, applications*. Thèse de Doctorat, Ecole Normale Supérieure, 164 p.

R. L. Glèlè Kakai, B. Sinsin et R. Palm., 2008. Etude dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus* poir. des formations naturelles de la zone soudanienne au Bénin. *Agronomie Africaine* 20 (3) : 245 - 255.

RéDéV., 2005. Concertations multi-acteurs pour une gestion agro-pastorale, synthèse thématique, iram, 24 p.

Sagbo P. 2000. *Etude des caractéristiques dendrométriques des peuplements naturels à dominance Isoberlinia spp. : Cas de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin*. Mém. Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 124 p.

Saliou A. R. A., Oumorou M. et Sinsin B.A., 2015. Modélisation des niches écologiques des ligneux fourragers en condition de variabilité bioclimatique dans le moyen-Bénin (Afrique de l'ouest). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 70 (4), 12 p.

Sinsin B., Eyog Matig O., Assogbadjo A. E., Gaoué O. G. and T. Sinadouwirou. 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azalia africana* Sm. Trees dynamics in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and Conservation* 13 (8) : 1555 - 1570.

Sokpon N. 2000. Diversité des écosystèmes terrestres et forêts sacrées au Bénin. Projet Stratégie nationale biodiversité, Rapport MEHU, 59 p.

- Swets J.A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240, 1285-1293.
- Teka O., Kindomihou V., Houessou L., et Sinsin B., 2010. Diversité, capacité de charge et valeur pastorale des terres de parcours naturels, pp 204-213. In : Sinsin B. et Kampmann D. (eds). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt / Main, 726 p.
- Téka, O., Vogt J. et Sinsin B., 2007. Impacts de l'élevage sur les ligneux fourragers et contribution à la gestion intégrée de *Khaya senegalensis* et *Azelia africana*, deux espèces menacées d'extinction dans la région des Monts-Kouffé au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, N° 55 – Mars 2007, 11 p.
- Toko Mouhamadou I., 2014. *Facteurs déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers : cas des îlots de forêts denses sèches de la forêt classée des Monts Kouffé et de sa périphérie au Bénin*. Thèse de Doctorat Unique, FLASH/UAC, 202 p.
- IUCN, 2008. The IUCN red list of threatened species. [www. iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) Update of 2008.
- Vissin E. W., 2001. *Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin béninois du fleuve Niger*. Mémoire de DEA. Université de Bourgogne, Dijon, France, 53 p.
- Vissin E. W., 2007. *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 310 p.
- Williams J.W., Jackson S.T. & Kutsbach J.E., 2007. Projected distribution of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104, 5738-5742.
- Yehouénoù Tèssi D. R.; Akouéhou G. S. et Ganglo J. C., 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Benin, ISSN 1991-8631, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(6): 5056-5067

## Annexes

**Annexe I :** Centres de documentations visités et types d'informations recueillies lors de la recherche documentaire.

Centres de documentations visités	Nature des documents	Types d'informations recueillies
Bibliothèque centrale de l'UAC, FLASH, BIDOC(FSA), Salle de documentation de géographie, Laboratoire de cartographie.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Thèses</li><li>- Mémoires</li><li>- Livres</li><li>- Articles</li></ul>	Informations générales, spécifiques technique de rédaction des mémoires, approche méthodologique
MEHU	<ul style="list-style-type: none"><li>- Livres</li><li>- Rapports</li><li>- Articles</li></ul>	Informations générales sur l'environnement
INSAE	Rapports	Données démographiques
ASECNA	Rapports	Données pluviométriques

**Annexe II :** Variables environnementales utilisées pour la modélisation de la niche écologique des espèces étudiées.

	<b>Variables environnementales BIOCLIM</b>
Bio_1	Température moyenne annuelle
Bio_2	Variation journalière moyenne des températures [moyenne mensuelle (max température – mini température)]
Bio_3	Ratio de l'amplitude thermique journalière sur l'amplitude thermique annuelle
Bio_4	Saisonnalité de la température (écart-type *100)
Bio_5	Température maximale du mois le plus chaud
Bio_6	Température minimale du mois le plus froid
Bio_7	Variation annuelle de température
Bio_8	Température moyenne du trimestre le plus humide
Bio_9	Température moyenne du trimestre le plus sec
Bio_10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
Bio_11	Température moyenne du trimestre le plus froid
Bio_12	Précipitation annuelle
Bio_13	Précipitation du mois le plus humide
Bio_14	Précipitation du mois le plus sec
Bio_15	Saisonnalité de la précipitation (coefficient de variation)
Bio_16	Précipitation du trimestre le plus humide
Bio_17	Précipitation du trimestre le plus sec
Bio_18	Précipitation du trimestre le plus chaud
Bio_19	Précipitation du trimestre le plus froid

Source : <http://www.worldclim.org>

Annexe III : Variation de la superficie des aires favorables à *Khaya senegalensis*

<i>Khaya senegalensis</i>	Aire très favorable		Aire favorable		Aire peu favorable		Aire total (Km <sup>2</sup> )
	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	
Présent	4050	67,78	1700	28,45	225	3,77	5975
CCCMA	1825	30,54	3500	58,58	600	10,04	
HadCM3	1700	28,45	2000	33,47	2275	38,08	
CSIRO	1550	25,94	1800	30,13	2625	43,93	

Annexe IV : Variation de la superficie des aires favorables à *Azizelia africana*

<i>Azizelia africana</i>	Aire très favorable		Aire favorable		Aire peu favorable		Aire total (Km <sup>2</sup> )
	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	
Présent	1725	28,87	300	5,02	1250	20,92	5975
CCCMA	1200	20,08	3050	51,05	1725	28,87	
HadCM3	1575	26,36	3425	57,32	975	16,32	
CSIRO	3375	56,49	1800	30,13	800	13,39	

Annexe V : Variation de la superficie des aires favorables à *Pterocarpus erinaceus*

<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Aire très favorable		Aire favorable		Aire peu favorable		Aire total (Km <sup>2</sup> )
	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	
Présent	3225	53,97	2150	35,98	600	10,04	5975
CCCMA	2600	43,51	2475	41,42	900	15,06	
HadCM3	2175	36,40	2725	45,61	1075	17,99	
CSIRO	2200	36,82	1175	19,67	2600	43,51	

Annexe VI : Variation de la superficie des aires favorables à *Daniellia oliveri*

<i>Daniellia oliveri</i>	Aire très favorable		Aire favorable		Aire peu favorable		Aire total (Km <sup>2</sup> )
	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Proportion (%)	
Présent	1425	23,85	2925	48,95	1625	27,20	5975
CCCMA	2200	36,82	1525	25,52	2250	37,66	
HadCM3	1825	30,54	2525	42,26	1625	27,20	
CSIRO	275	4,60	3175	53,14	2525	42,26	

## Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du secteur d'étude .....	18
Figure 2: Diagramme climatique de la station de Parakou (1971-2011).....	19
Figure 3 : Variation interannuelle de la température à la station de Parakou .....	20
Figure 4 : Carte pédologique du bassin supérieur de la Sota.....	21
Figure 5 : Evolution de la population des Communes riveraines du bassin supérieur de la Sota .....	23
Figure 6 (a et b) : Structure dendrométrique de <i>Khaya senegalensis</i> .....	33
Figure 7 : Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Khaya senegalensis</i> .....	34
Figure 8 (a et b) : Structure dendrométrique de <i>Afzelia africana</i> .....	35
Figure 9 : Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Afzelia africana</i> .....	36
Figure 10 (a et b) : Structure dendrométrique de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	37
Figure 11 : Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	38
Figure 12 (a et b) : Structure dendrométrique de <i>Daniellia oliveri</i> .....	39
Figure 13 : Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Daniellia oliveri</i> .....	40
Figure 14 : Spatialisation des points de présence de <i>Khaya senegalensis</i> dans le secteur d'étude .....	41
Figure 15 : Spatialisation des points de présence de <i>Afzelia africana</i> dans le secteur d'étude .....	41
Figure 16 : Spatialisation des points de présence de <i>Pterocarpus. erinaceus</i> dans secteur d'étude .....	42
Figure 17 : Spatialisation des points de présence de <i>Daniellia oliveri</i> dans secteur d'étude ...	42
Figure 18 : Présentation des valeurs de AUC relatives à <i>Khaya senegalensis</i> .....	43
Figure 19 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour <i>Khaya senegalensis</i> .....	44
Figure 20 : Proportion des habitats favorables à <i>Khaya. senegalensis</i> .....	45
Figure 21 : Spatialisation des aires favorables à <i>Khaya senegalensis</i> .....	46
Figure 22 : Présentation des valeurs de AUC relatives à <i>Afzelia africana</i> .....	47
Figure 23 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour <i>Afzelia africana</i> .....	47
Figure 24 : Proportion des habitats favorables à <i>Afzelia africana</i> .....	48
Figure 25 : Spatialisation des aires favorables à <i>Afzelia africana</i> .....	49
Figure 26 : Présentation des valeurs de AUC relatives à <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	50
Figure 27 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	50

Figure 28 : Proportion des habitats favorables à <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	51
Figure 29 : Spatialisation des aires favorables à <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	52
Figure 30 : Présentation des valeurs de AUC relatives à <i>Daniellia oliveri</i> .....	53
Figure 31 : Test de Jackknife sur l'importance des variables environnementales individuelles utilisées pour <i>Daniellia oliveri</i> .....	53
Figure 32 : Proportion des habitats favorables à <i>Daniellia oliveri</i> .....	54
Figure 33 : Spatialisation des aires favorables à <i>Daniellia oliveri</i> .....	55

### Liste des tableaux

Tableau I : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de <i>Khaya senegalensis</i>	30
Tableau II : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de <i>Afzelia africana</i> ....	31
Tableau III : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	31
Tableau IV : Paramètres calculés déterminant le modèle de répartition de <i>Daniellia oliveri</i> ..	32

### Liste des planches

Planche 1 : Quelques organes de <i>Khaya senegalensis</i> .....	12
Planche 2 : Quelques organes de <i>Afzelia africana</i> .....	13
Planche 3 : Quelques organes de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	14
Planche 4 : Quelques organes de <i>Daniellia oliveri</i> .....	15

### Table des matières

SOMMAIRE .....	1
Sigles et acronymes .....	2
Dédicace.....	3
Remerciements.....	4
Résumé .....	5
Abstract.....	6
Introduction.....	7
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE D'ETUDE .....	9
1.1 Problématique .....	9
1.2 Objectifs de recherche .....	10
1.2.1 Objectif global .....	10
1.2.2 Objectifs spécifiques .....	11
1.3 Hypothèses de recherche .....	11
1.4 Description botanique des espèces étudiées .....	11

1.4.1 <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss (Meliaceae).....	11
1.4.2 <i>Afzelia africana</i> Smith ex Pers (Leguminosae – Caesalpinioideae).....	12
1.4.3 <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir (Leguminosae – Papilionoideae).....	13
1.4.4 <i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch (Leguminosae – Caesalpinioideae).....	14
1.5 Clarification des concepts.....	15
<b>CHAPITRE II : CADRE D’ETUDE.....</b>	<b>18</b>
2.1 Situation géographique.....	18
2.2 Caractéristiques biophysiques.....	18
2.2.1 Diagramme climatique.....	18
2.2.2 Température.....	20
2.2.3 Caractéristiques géologiques et pédologiques.....	20
2.2.4 Réseau hydrographique.....	21
2.2.5 Végétation des parcours naturels.....	22
2.3 Caractéristiques humaines.....	22
2.3.1 Groupes socio-culturels et évolution de la population.....	22
2.3.2 Activités socioéconomiques.....	23
<b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>24</b>
3.1 Recherche documentaire.....	24
3.2 Travaux de terrain.....	24
3.3 Distribution spatiale de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Afzelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> des parcours naturels de transhumance.....	24
3.3.1 Matériel.....	24
3.3.2 Méthode de collecte des données.....	25
3.3.3 Traitement des données.....	25
3.4 Caractérisation structurale de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Afzelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> des parcours naturels de transhumance.....	26
3.4.1 Matériel.....	26
3.4.2 Méthode de collecte des données et échantillonnage.....	26
3.4.3 Traitement des données.....	27
3.5 Modélisation des espèces fourragères dans les parcours naturels de transhumance.....	28
3.5.1 Données utilisées.....	28
3.5.2 Méthode de traitement des données.....	28
3.5.3 Calibration du modèle.....	29
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS.....</b>	<b>30</b>

4.1 Distribution spatiale de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Afzelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> dans les parcours naturels de transhumance .....	30
4.1.1 Modèle de répartition spatiale de <i>Khaya senegalensis</i> .....	30
4.1.2 Modèle de répartition spatiale de <i>Afzelia africana</i> .....	30
4.1.3 Modèle de répartition spatiale de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	31
4.1.4 Modèle de répartition spatiale de <i>Daniellia oliveri</i> .....	32
4.2 Caractérisation structurale des espèces étudiées .....	32
4.2.1 Caractérisation structurale de <i>Khaya senegalensis</i> .....	32
4.2.1.1 Structure dendrométrique de <i>Khaya senegalensis</i> .....	32
4.2.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Khaya senegalensis</i> .....	33
4.2.3 Caractérisation structurale de <i>Afzelia africana</i> .....	34
4.2.3.1 Structure dendrométrique de <i>Afzelia africana</i> .....	34
4.2.3.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Afzelia africana</i> .....	35
4.2.4 Caractérisation structurale de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	36
4.2.4.1 Structure dendrométrique de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	36
4.2.4.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	37
4.2.5 Caractérisation structurale de <i>Daniellia oliveri</i> .....	38
4.2.5.1 Structure dendrométrique de <i>Daniellia oliveri</i> .....	38
4.2.5.2 Relation allométrique hauteur-diamètre de <i>Daniellia oliveri</i> .....	39
4.3 Modélisation de la distribution de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Afzelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota à l'horizon 2050 .....	40
4.3.1 Points de présence actuelle des espèces étudiées dans les parcours naturels de transhumance du bassin supérieur de la Sota .....	40
4.3.2 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de <i>Khaya senegalensis</i> .....	43
4.3.3 Contribution des variables environnementales utilisées pour <i>Khaya senegalensis</i> .....	43
4.3.4 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables à <i>Khaya senegalensis</i> .....	44
4.3.5 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de <i>Afzelia africana</i> .....	46
4.3.6 Contribution des variables environnementales utilisées pour <i>Afzelia africana</i> .....	47
4.3.7 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables <i>Afzelia africana</i> .....	48
4.3.8 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	49

4.3.9 Contribution des variables environnementales utilisées pour <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	50
4.3.10 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables <i>Pterocarpus erinaceus</i> .....	51
4.3.11 Validation du modèle de prédiction des habitats favorables à la présence actuelle et future de <i>Daniellia oliveri</i> .....	52
4.3.12 Contribution des variables environnementales utilisées pour <i>Daniellia oliveri</i> .....	53
4.3.13 Aires de distribution actuelle et future des habitats favorables <i>Daniellia oliveri</i> .....	54
CHAPITRE V : DISCUSSION.....	56
5.1 Distribution spatiale de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> des parcours naturels de transhumance.....	56
5.2 Caractérisation structurale des espèces étudiées .....	57
5.3 Modélisation de la distribution de <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Daniellia oliveri</i> à l'horizon 2050 .....	58
Conclusion et suggestions.....	60
Perspectives pour la thèse .....	61
Références bibliographiques .....	62
Annexes .....	67
Liste des figures .....	70
Liste des tableaux .....	71
Liste des planches.....	71
Table des matières .....	71