

République du Bénin



Université de Parakou

Thème

ETUDES ETHNOBOTANIQUE, ECOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE *PROSOPIS AFRICANA* (GUILL., PERROTT. ET RICH.) TAUBERT AU BENIN ET IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ESPECE.

Thèse de Doctorat Unique défendue publiquement le 8 septembre 2016 à Parakou pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences Agronomiques à l'Université de Parakou

Par

Directrice de la thèse

HOUETCHEGNON Towanou O.

Dr. Ir. OUINSAVI Christine, Maître de Conférences des Universités (CAMES) en Sylviculture et Biologie Forestière

Composition du jury :

Président : M. KOKOU Kouami, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo

Promoteur: Mme OUINSAVI Christine, Maître de Conférences, Université de Parakou,

Bénin

Examinateur 1: M. OUMOROU Madjidou, Professeur Titulaire, Université de Parakou,

Bénin

Examinateur 2: M. MAHAMANE Ali, Professeur Titulaire, Université de Diffa, Niger

Examinateur 3 : M. ASSOGBADJO E. Achille, Maître de Conférences, Université d'Abomey-

Calavi, Bénin

Examinateur 4 : M. YABI A. Jacob, Maître de Conférences, Université de Parakou, Bénin

Promoteur: Dr Ir. Christine A. I. N. OUINSAVI

Maître de Conférences des Uniersités (CAMES) en Sylviculture et Biologie Forestière, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

Pré-évaluateurs :

Pr Dr. Kouami KOKOU, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo Dr Ir. Achille Ephrem ASSOGBADJO, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Pr Dr. Madjidou OUMOROU, Professeur Titulaire, Université de Parakou, Bénin

Composition du jury :

- **Président :** M. KOKOU Kouami, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Promoteur :** Mme OUINSAVI Christine, Maître de Conférences, Université de Parakou, Bénin
- **Examinateur 1**: M. OUMOROU Madjidou, Professeur Titulaire, Université de Parakou, Bénin
- **Examinateur 2**: M. MAHAMANE Ali, Professeur Titulaire, Université de Diffa, Niger
- **Examinateur 3**: M. ASSOGBADJO E. Achille, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Examinateur 4**: M. YABI A. Jacob, Maître de Conférences, Université de Parakou, Bénin

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
REMERCIEMENTS	vi
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	хi
LISTE DES PHOTOS	xiii
Résumé	xiv
Abstract	χV
1-Introduction	2
1.1-Problématique et justification	2
1.2-Questions de recherche	3
1.3-Objectifs	4
1.4-Hypothèses de recherches	4
1.5-Organisation de la thèse	4
2. Milieu d'étude	7
3. Synthèse bibliographique sur <i>Prosopis africana</i>	12
3.1-Description botanique et morphologique de Prosopis africana	12
3.2-Distribution et écologie de l'espèce	14
3.3-Appelations et quelques usages de prosopis africain (P. africana)	17
3.4-Germination de P. africana	19
4. Connaissances ethnobotaniques et préservation de <i>Prosopis africana</i> .	22
4.1-Introduction	22
4.2- Matériel et méthodes	23
4.2.1-Échantillonnage et collecte des données	23
4.2.2-Traitement statistique des données	27
4.3-Résultats	29
4.3.1-Différentes appellations de P. africana au Bénin	29
4.3.2-Utilisations de <i>Prosopis africana</i>	29
4 3 3-Valeur ethnohotanique des organes de P. africana	35

4.3.4-Importance économique de <i>P. africana</i>	37
4.3.5-Caractérisation de la vulnérabilité et des menaces sur l'espèce	37
4.3.6-Préservation des populations de Prosopis africana	38
4.4-Discussions	39
4.4.1-Importance de <i>Prosopis africana</i>	39
4.4.2-Impacts de l'exploitation de <i>P. africana</i>	40
4.4.3-Préservation de prosopis	42
4.5 Conclusion partielle	43
5. Caractérisation dendrométrique et structurale des peuplements à <i>Proafricana</i> au Bénin, Afrique de l'Ouest.	sopis 45
5.1-Introduction	45
5.2- Méthodologie	46
5.2.1-Méthodes de collecte des données	46
5.2.2-Méthodes d'analyse des données	49
5.2.2.1-Calcul des paramètres dendrométriques	49
5.2.2.2-Structure des populations	50
5.2.2.3-Analyse statistique	51
5.3-Résultats	51
5.3.1-Caractéristiques dendrométriques de P. africana	51
5.3.1.1- Caractéristiques dendrométriques suivant les types d'occupations	s de
sol	51
5.3.1.2- Caractéristiques dendrométriques suivants les zones climatiques	53
5.3.2-Répartition des individus de <i>P. africana</i> par classe de diamètre	54
5.3.3- Répartition des individus de <i>P. africana</i> par classe de hauteur	56
5.4-Discussion	<i>57</i>
5.4.1- Caractéristiques dendrométriques de P. africana	57
5.4.2- Caractéristiques structurales de <i>P. africana</i>	59
5.5 Conclusion partielle	60
6. Variabilité morphologique de <i>Prosopis africana</i> au Bénin.	63
6.1-Introduction	63
6.2-Matériel et méthode	64

6.2.2-Méthodes de collecte des données	64
6.2.3- Analyse statistique des données	65
6.3- Résultats	66
6.3.1-Variation des caractéristiques morphométriques de Prosopis africana	66
6.3.2- Discrimination des paramètres morphologiques	67
6.3.3- Principaux morphotypes identifiés	68
6.3.4-Caractéristiques morphométriques des morphotypes de prosopis iden	tifiés
	72
6.4-Discussion	<i>78</i>
6.4.1-Les caractères morphométriques de P. africana	78
6.4.2-Caractères morphométriques plus discriminants de P. africana	78
6.5 Conclusion partielle	80
7. Influence de l'ombrage Prosopis africana sur le rendement de Manihot esca	ulenta
dans les agrosystemes manioc-prosopis du Sud Bénin.	82
7.1-Introduction	82
7.2-Matériel et méthodes	83
7.2.1. Milieu d'étude et choix des sites d'étude	83
7.2 .2-Description des espèces étudiées	85
7.2.3-Collecte des données	86
7.2.4-Traitement statistique des données	87
7.3-Résultats	87
7.3.1-Influence de l'ombrage du prosopis sur la hauteur du manioc	87
7.3.2-Influence de l'ombrage du prosopis sur la densité de la culture du mar	nioc89
7.3.3- Effet de l'ombrage sur la productivité des plants du manioc	90
7.4-Discussion	91
7.5- Conclison partielle	93
8. Prédiction des changements climatiques sur la distribution spatiale des favorables à la conservation de <i>Prosopis africana</i> au Bénin.	aires 95
• •	
8.1-Introduction	95

64

6.2.1-Matériel

8.2-Matériel méthodes	96
8.2.1-Milieu d'étude	96
8.2.2-Collecte des données	97
8.2.2.1-Données d'occurrence	97
8.2.2.2-Variables environnementales	97
8.2.3-Analyse des données	97
8.2.3.1-Présentation du modèle de MaxEnt	97
8.2.3.2-Validation du modèle de MaxEnt	98
8.2.3.3- Etapes de la modélisation de niche écologique	99
8.2.3.4-Cartographie et analyse spatiale	100
8.3. Résultats	101
8.3.1-Contribution des variables et validation du modèle	101
8.3.2-Distribution actuelle et future des habitats favorables à P. africana	102
8.3.3-Effet des variables environnementales sur la prédiction des modèles	107
8.4. DISCUSSION	108
8.4.1. Modélisation et fiabilité du modèle	108
8.4.2-Aire de distribution potentielle de <i>P. africana</i>	109
8.4.3-Eventualités de conservation de Prosopis africana	109
8.4.4-Implications de l'étude	110
8.5-Conclusion partielle	111
9. Discussion générale, conclusion générale et perspectives	114
9.1. Discussion générale	114
9.1.1. Critique de la méthodologie	118
9.1.2. Implication agronomique générale des résultats	119
9.1.3. Valorisation des ressources de <i>Prosopis africana</i>	121
9.1.4. Limites de l'étude	122
9.2. Conclusion générale et perspectives	122
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	126
ANNEXES	149
Annexes 1.	150
Bibliographie	157

DEDICACE

A

- La Vierge Marie, Gloire à Toi Sainte Marie.
- Mon Ex promoteur de thèse feu Professeur Nestor SOKPON.

REMERCIEMENTS

Une thèse, bien qu'elle porte le nom d'un individu ne saurait se réaliser sans la contribution, le soutien et l'encouragement direct ou indirect d'autres individus au nombre desquels, les parents, les collègues et les amis.

Je voudrais en premier abord remercier l'Organisation International des Bois Tropicaux (OIBT), pour avoir financé ce travail à travers son programme de bourses.

Mes gratitudes à mon Promoteur de thèse, Docteur Christine OUINSAVI, Maître de Conférences des Universités (CAMES) en Sylviculture et Biologie Forestière, qui a su vite prendre les commandes pour l'achèvement du présent travail qu'elle dirigeait avec Feu Professeur Nestor SOKPON. Elle a été et continuera d'être pour moi un modèle d'ouverture d'esprit, de consécration, de motivation.

Mes remerciements vont au Dr. Ir Gérard GOUWAKINNOU pour ses conseils et soutiens quotidiens. Sincères remerciements.

C'est aussi le moment pour moi de remercier les enseignants-chercheurs les Professeurs Brice SINSIN et Jan BOGAERT puis Docteur Achille E. ASSOGBADJO, Maître de Conférences des Universités (CAMES) qui m'ont initié à la recherche forestière.

Mes remerciements vont à l'endroit des Docteurs Charlemagne GBEMAVO ; Rémy HOUEHOUHA et au Docteur Yacob YABI, Maître de Conférences des Universités (CAMES) puis au Professeur Madjidou OUMOROUpour leurs appuis.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de mes parents Assouan GNANCADJA HOUETCHEGNON et Odile Ayaba GNITONNADJEHOU, qui m'ont élevé dans l'honneur et la dignité. Qu'ils voient en ce travail le témoignage de leur amour, de ma plus profonde admiration, de la fierté que j'éprouve d'être leur fils, et que ceci constitue le début de réalisation de leurs rêves. A tous mes frères et soeurs, que ceci serve encore plus de modèle de détermination et de persévérance.

Mes remercions également aux collègues et amis du Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières avec qui j'ai eu des discussions fructueuses et constructives dans une ambiance conviviale et familiale. Je veux citer Firmin AKPO, Bienvenue SOUROU, Evariste ALOHOU, Bienvenu HOUEHANOU, Murielle TONOUEWA, Appolinaire WEDJANGNON et Asaël DOSSA.

Que soient remerciés les collègues de la 75^{ème} promotion du Collège d'Enseignement Technique Agricole d'Adja-Ouèrè, de la 32^{ème} promotion du Lycée Agricole Médji de Sékou et de la 1^{ère} promotion Master RESBIO de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi particulièrement Cosme ZINSE, Paulin ZABO, Vivien DEGBELO, Hervé AKOUTE, Aliou LAMIDI, Thierry LANGBENON, Eric NOUNANGNON, Bakounouré AKPO, Valentin DOSSOU, Bertin HOUNSINOU, Gontran GBOYO, Siméon DEHOKIN, Paul KOUAGRE, Appolinaire ELAVAGNON, Nari Maboudou BOUKARI, Marcel DONOU, Victorin HOUMENOU, Antoine GBOFAN et Alexandre KONATE.

Je ne saurais oublier l'appui constant de mes assistants de terrain. Il s'agit notamment de Placide GNANCADJA, Elisé ALLADASSI et Gildas HEMANDJE qui ont investi de leur temps et de leur énergie pour contribuer à la réalisation de ce travail. Toutes mes reconnaissances aux populations locales des communes d'étude pour leur soutien, assistance et volonté de partage. Je tiens à un remerciement particulier à tout le personnel des SCDA de ces communes notamment celui de Covè.

Je remercie le père Sosthène GODJO et messieurs Jacob KASSIWI, Mathias MEHOU, Nadel DAGBADJI et Edouard YAMONTCHE pour leurs soutiens spirituel et moral.

Ma plus profonde reconnaissance va à l'endroit de ma chère épouse Charlotte YAMONTCHE qui, malgré les moments difficiles, ne m'a jamais marchandé son encouragement et son soutien. Que Godbless, Wonderful et Magnificent HOUETCHEGNON mes enfants trouvent à travers ce travail un réconfort. Ils sont, tout autant que moi, acteurs de ce travail.

A toutes les personnes qui se retrouvent à travers ce travail et que je n'ai pas pu citer, je dis sincèrement merci.

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

CAMES: Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur

CEC: crédits d'émissions de carbone

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

GBIF: Global Biodiversity Information Facility

GCMs: Global Circulation Models

GIEC: Groupe d'expertsIntergouvernemental sur l'Evolution du Climat

HadGCM2: Hadley Centre version2)

INSAE: Institut National de Statistique et d'Analyse Economique

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

Miroc5: Model for Interdisciplinary Research on Climate' version 5

OIBT: Organisation Internationale des Bois Tropicaux

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

RCP: Representative Concentration Pathway

RESBIO: Master en Gestion des Ressources naturelles et de la Biodiversité

SCDA: Secteur Communal pour le Développement Agricole

TSS: True Skill Statistic

UICN: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

WHO: World Health Organization WWF: World Wide Fauna for Nature

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1. Comparaison des Communes d'étude
- Tableau 2. Noms vernaculaires du prosopis (P. africana)
- Tableau 3. Structure des enquêtés suivant les catégories sociales
- Tableau 4. Indicateur de vulnérabilités
- Tableau 5. Les paramètres ethnobotaniques calculés.
- **Tableau 6.** Noms locaux de *P. africana* dans différents groupes socio-culturels du Bénin
- Tableau 7. Différentes utilisations médicinales de Prosopis africana
- **Tableau 8.** Différentes utilisations non médicinales des organes de *Prosopis africana*
- **Tableau 9.** Connaissances ethnobotaniques sur *Prosopis africana* suivant les âges et sexes (m = moyenne).
- **Tableau 10.** Connaissances ethnobotaniques sur*Prosopis africana* suivant les groupes socioculturels (m = moyenne)
- Tableau 11. Synthèse du plan d'échantillonnage
- **Tableau 12.** Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre c
- **Tableau 13.** Caractérisations dendrométriques des peuplements à P. africana dans chaque type d'occupations de sol : moyennes issues des moindres carrés (m), écart-type (se) et probabilité.
- **Tableau 14.** Caractérisations dendrométriques des peuplements à *P. africana* dans chaque zone climatique : moyennes issues des moindres carrés (m), écart-type (se) et probabilité.
- **Tableau 15.** Résultats de l'analyse des composantes de la variance sur les caractéristiques morphométriques de prosopis (*P. africana*) au Bénin
- **Tableau 16.** Pouvoir discriminant des caractéristiques morphométriques des pieds de *P. africana* suivant les types d'occupations de sol et les zones climatiques de provenance
- **Tableau 17**. Niveau de représentation des différentes zones climatiques et types d'occupations de sol de provenance par groupe d'individus de *P. africana*
- Tableau 18. Corrélation entre variables et axes discriminants

Tableau 19. Représentation de chaque groupe sur chacun des axes canoniques **Tableau 20.** Variations de 18 paramètres morphométriques de *P. africana*

suivant les zones climatiques : moyenne (m) et coefficient de variation (Cv, %)

Tableau 21. Présentation des sites d'études

Tableau 22. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction d'Orientation

Tableau 23. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction de Site

Tableau 24. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction de Position

Tableau 25. Paramètres du manioc suivant les types de houppiers au niveau des villages

Tableau 26. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tuberisées en fonction de Site

Tableau 27. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tuberisées en fonction d'Orientation

Tableau 28. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tuberisées en fonction de Position

Tableau 29. Variables bioclimatiques utilisées et leurs contributions au modèle **Tableau 30.** Variation des habitats favorables à la conservation de *P. africana* au Bénin

LISTE DES FIGURES

- Figure 1. origine approximative et actuelle distribution du genre Prosopis
- Figure 2. carte de distribution de Prosopis africana en Afrique
- Figure 3. Communes d'enquête
- **Figure 4.** Résultats de l'analyse en composantes principales pour la description des relations entre catégories d'âge et de sexe et la valeur des Vertus liés aux Organes. a) Cercle de corrélation de la valeur des Vertus liées aux Organes de *P. africana*; b) Projection des catégories d'âge et sexe dans le système d'axes défini par la valeur des Vertus liées aux Organes de *P. africana*.
- **Figure 5.** Résultats de l'analyse en composantes principales pour la description des relations entre les groupes socioculturels et la valeur des vertus liées aux organes. a) Cercle de corrélation de la valeur des vertus liées aux organes de *P. africana*; b) Projection des groupes socioculturels dans le système d'axes défini par la valeur des vertus liés aux organes de *P. africana*.
- Figure 6. Vulnérabilité de P. africana au sein des aires socio-culturelles
- Figure 7. Carte des Communes d'inventaire
- **Figure 8.** Structure en diamètre des populations à *P. africana* de la zone guinéenne
- **Figure 9.** Structure en diamètre des populations à *P. africana* dans la zone soudano-guinéenne
- **Figure 10.** Structure en diamètre des populations à *P. africana* de la zone soudanienne
- **Figure 11.** Structure en hauteur des populations à *P. africana* de la zone guinéenne
- **Figure 12.** Structure en hauteur des populations à *P. africana* de la zone soudano-guinéenne
- **Figure 13.** Structure en hauteur des populations à *P. africana* de la zone soudanienne
- Figure 14. Poids de chaque groupe de prosopis
- Figure 15. Communes d'Aplahoué et de Klouékanmè.
- **Figure 16.** Dispositif d'étude et paramètres mesurés (Schéma adapté de Gbèmavô *et al.*, 2010).

- **Figure 17.** Point d'occurence actuel du prosopis (*Prosopis africana*) en Afrique de l'Ouest utilisée dans cette étude.
- Figure 18. Résultat du test de Jackknife sur la contribution des modèles
- **Figure 19.** Habitats favorables actuellement à la conservation de *Prosopis africana*
- **Figure 20.** Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique HadGCM2_rcp6.0.
- **Figure 21.** Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique HadGCM2_rcp8.5.
- **Figure 22.** Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique Miroc5_rcp6.0.
- **Figure 23.** Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique Miroc5_rcp8.5.
- Figure 24. Effet des variables environnementales sur la prédiction Maxent

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Vue d'ensemble de *P. africana*

Photo 2. Tronc de P. africana

Photo 3. Fruit de *P. africana*

Photo 4. Pulpe de *P. africana*

Photo 5. Graine de *P. africana*

Photo 6. Bois de *P. africana*

Photo 7. Graines de *P. africana* préparées

Photo 8. Graines de *P. africana* en mouture

Photo 9. Graines de P. africana moulues en Afintin

Photo 10. Mortier à base de P. africana

Photo 11. Bois de *P. africana* dans l'eau de bain

Photo 12. Brosse végétale à base de *P. africana*

Photo 13. Pieux de cabane à base de P. africana

Photo 14. Tata Somba à base de P. africana

Photo 15. *P. africana* privé de ses branches

Photo 16. P. africana coupé complètement

Photo 17a. Effets de l'écorçage de P. africana

Photo 17b. Effets de l'écorçage de P. africana

Résumé

La présente étude porte sur les aspects ethnobotaniques, dendrométriques et morphologiques de Prosopis africana au Bénin et impacts des changements climatiques sur l'espèce. P. africana est une espèce indigène phare pour la production de charbon. L'objectif de cette étude a été de contribuer à la domestication de cette espèce, et spécifiquement de : (i) étudier l'importance ethnobotanique de prosopis, (ii) faire une caractérisation dendrométrique de prosopis suivant les zones climatiques, (iii) évaluer la variabilité morphologique de P. africana suivant les zones climatiques du Bénin, (iv) évaluer l'influence de l'ombrage de prosopis sur le rendement de manioc dans le système agroforestier au Bénin et puis (v) prédire les effets des changements climatiques sur la distribution de P. africana au Bénin. Pour atteindre ces objectifs, des enquêtes ethnobotaniques et des études de terrain ont été effectuées pour la caractérisation morphologique et dendrométrique de l'espèce puis enfin une évaluation des effets de prosopis sur les systèmes des cultures et des effets de changements climatiques sur la distribution de l'espèce. Il ressort des travaux que P. africana est une espèce à usages multiples au Bénin. La diversité des connaissances sur l'utilisation de P. africana n'a pas été bien répartie entre les enquêtés. L'étude a aussi montré que prosopis est distribué à des densités variables dans toutes les zones climatiques du Bénin et selon les types d'occupations de sol. La surface terrière, la densité et le diamètre moyen sont respectivement 4,47 m²/ha, 35 pieds/ha et 37,02 cm dans les champs, 3,01 m²/ha, 35 pieds/ha et 33,66 cm dans les jachères puis 3,31 m²/ha, 53 pieds/ha et 29,61 cm dans les savanes. Les caractères morphologiques varient suivant les zones climatiques et les types d'occupations de sol. L'influence de l'ombrage du prosopis sur la culture du manioc a révélé une différence très hautement significative des variables entre les placettes sous influence et hors influence. L'analyse d'impacts des changements climatiques sur la répartition géographique des habitats favorables de P. africana montre qu'une augmentation des précipitations pourrait convertir les zones actuellement très favorables en zones peu favorables à l'horizon 2050. Mots clés: Prosopis africana, Bénin, Afrique de l'Ouest, ethnobotanique, dendrométrie, morphologie, agroforesterie, changements climatiques.

Abstract

This study focuses on ethnobotanical, dendrometric, morphological features of *Prosopis africana* in Benin and impacts of climate changes on the species.

P. africana is native beacon for charcoal production. The objective of this study was to contribute to the domestication of this species, specifically: (i) to study the ethnobotanic importance of mesquite, (ii) to characterize ecologically mesquite populations following climatic zones, (iii) to evaluate morphological variability of P. africana following climatic zones in Benin, (iv) to evaluate the influence of mesquite shading on cassava yield in agroforestry system in Benin and then (v) to predict the effects of climate changes on the distribution of P. africana in Benin. To achieve these objectives, ethnobotanical surveys and field studies for the morphological and dendrometric characterization of the species and finally an evaluation of mesquite effects on crops systems and effect of climate change on the species' distribution were made. P. africana is a multipurpose species in Benin. The diversity of knowledge on the use of the species was not well distributed among the respondents. The study also found that mesquite is distributed at varying densities in all climatic zones of Benin and according to land uses. Stand basal area, density, and the average diameter are respectively 4.47 m²/ha, 35 individuals / ha and 37.02 cm in farms; 3.01 m²/ha, 35 individuals / ha and 33.66 cm in fallows lands and 3.31 m² / ha, 53 individuals / ha and 29.61 cm in savannas. Morphological characteristics vary according to climatic zones and types of land uses. The influence of P. africana shading on cassava cultivation revealed a very highly significant difference between the plots under influence and those off influence. The analysis of impacts of climate change on the geographic distribution of suitable habitat of P. africana shows that increasing precipitation could convert currently very favorable areas into unfavorable areas in 2050.

Key words: *Prosopis africana*, Benin, West Africa, ethnobotany, dendrometry, morphology, Agroforestry, Climate Change.

CHAPITRE 1: INTRODUCTION GENERALE

1-Introduction

1.1-Problématique et justification

La communauté internationale et l'opinion publique nationale s'accordent aujourd'hui sur l'importance sociale, économique, culturelle, alimentaire et écologique que jouent les ressources forestières. Cependant la pression démographique, les pertes de valeurs et les pratiques agricoles peu respectueuses de l'environnement tendent de plus en plus à éroder les ressources animales et végétales. Les pertes annuelles en couverture forestière au Bénin sur la période de 2005 à 2010 sont estimées à 50.000 ha (FAO, 2015) avec pour conséquence la disparition des espèces végétales de leurs écosystèmes naturels (Adomou, 2005). L'avenir des ressources naturelles, en général, et celui des ressources forestières, en particulier, devient ainsi une préoccupation permanente (Dadjo, 2011). Assogbadjo et al., (2010) ont signalé que la perte des plantes indigènes est due aujourd'hui à la pression démographique, à la déforestation, aux feux de végétation, à l'agriculture et à l'élevage, aux changements climatiques. Prosopis africana est partie intégrante de ces plantes. Des études ont été consacrées à ces plantes et abordent, entre autres, les aspects ethnobotaniques (Fandohan et al., 2010; Goussanou et al., 2011; Gouwakinnou et al., 2011), l'importance socioéconomique (Assogbadjo, 2006; Avocèvou et al., 2009; Codjia et al., 2009), l'écologie (Ouinsavi, 2006; Dadjo, 2011; Déguénonvô, 2011) et l'influence des changements climatiques (Fandohan et al., 2013 ; Gouwakinnou, 2011 ; Sodé, 2013 ; Gbesso et al., 2013). La plupart de ces espèces endogènes dont P. africana sont caractérisées par une lenteur de croissance (Weber et al., 2008). P. africana est une espèce aux usages multiples reconnue pour son utilisation comme fourrage, complément alimentaire pour les animaux et comme moutarde, soupe, saucissons, gâteaux pour les hommes (Saré, 2004 ; Geesing et al., 2004; Aremu et al., 2006; Kalinganire et al., 2007; Annongu et al., 2004; Dah, 2009; Agboola, 2004). Ses feuilles, branches, et racines sont utilisées pour plusieurs traitements de maladies en médecine traditionnelle (Arbonnier, 2002 ; Kalinganire et al., 2007). P. africana se rencontre souvent dans les jachères, sur des sols sablo-argileux au-dessus de la latérite (Von Maydell, 1983). Dans ce type d'habitat, l'espèce est vulnérable du fait de la forte propension de ces milieux à la déforestation. En effet, Damette et Delacote (2011) ont trouvé que l'agriculture

itinérante sur brûlis et les besoins en énergie domestique constituent aujourd'hui les principales sources de déforestation. Par ailleurs plusieurs auteurs (Akossou et al. 2013, Idjigbérou 2007, Geesing et al. 2004, Pasiecznik et al., 2004 et Kokou et al., 2009) ont indiqué que P. africana est très utilisé comme bois de feu et pour la fabrication du charbon de bois du fait de la très bonne qualité de produit qu'on en tire. D'après Larwanou (2005), l'utilisation du bois de P. africana comme source d'énergie est fortement corrélée à la dégradation de l'espèce dans son habitat.

Eu égard à ce qui précède, il est une nécessité impérieuse de produire des données fiables sur l'écologie, la distribution, la structure et les risques probables de disparition de l'espèce qui sont nécessaires à l'élaboration de plan de valorisation optimale et de conservation. Les politiques de gestion des ressources forestières ne sauraient être durables si elles n'intègrent les valeurs sociale, culturelle et économique que les communautés locales leur associent. Dans ce sens, des études ethnobotaniques apparaissent comme une bonne approche pour comprendre dans une région donnée, les utilisations ainsi que les perceptions socioculturelle et économique des ressources forestières par les populations locales (Akouèhou *et al.*, 2014; Lougbégnon *et al.*, 2011; Agbogidi, 2010 et Dossou *et al.*, 2012). Ces informations s'avèrent pourtant indispensables pour la sauvegarde, la valorisation, la gestion rationnelle et la conservation pour les générations présentes et futures de cette espèce fruitière autochtone.

1.2-Questions de recherche

De ces constats, il découle les questions fondamentales ci-après :

- 1- Quelles sont les connaissances ethnobotaniques des populations rurales du Bénin sur *P. africana* et quelles sont les conséquences de ces connaissances sur la survie de l'espèce ?
- 2- Le gradient climatique et la distribution suivant les zones agroécologiques ont-t-ils une influence sur la variabilité morphologique des individus et des populations de prosopis?
- 3- Les changements climatiques ont ils un effet sur la conservation de *P. africana* ?

4- De même, existe t- il une influence de *P. africana* sur les cultures produites dans les mêmes agrosystèmes ?

1.3-Objectifs

L'objectif global est de contribuer à la conservation, à la valorisation et à la gestion rationnelle de *Prosopis africana* dans les systèmes agroforestiers traditionnels du Bénin.

Spécifiquement, il s'agit de :

- (1) Étudier l'importance ethnobotanique de prosopis au niveau des grands groupes socioculturels du Bénin,
- (2) Faire la caractérisation dendrométrique du prosopis suivant les zones climatiques,
- (3) Évaluer la variabilité morphologique de *P. africana* suivant les zones climatiques du Bénin,
- (4) Évaluer l'influence de prosopis dans le système agroforestier au Bénin et,
- (5) Prédire les effets des changements climatiques sur la distribution de *P. africana* au Bénin.

1.4-Hypothèses de recherches

- 1- Les connaissances ethnobotaniques sur *Prosopis africana* varient en fonction des groupes socioculturels du Bénin,
- 2- Les caractéristiques dendrométriques de *P. africana* varient d'une zone climatique à une autre,
- 3- La conservation de *P. africana* a une influence significative sur les cultures produites dans les mêmes agrosystèmes,
 - 4- Les changements climatiques ont d'influence sur les zones favorables à la conservation de *P. africana*.

1.5-Organisation de la thèse

La présente thèse qui porte sur *Prosopis africana* comporte neuf chapitres :

- ✓ Le premier chapitre (partie introductive) présente la problématique et la justification du sujet, les questions de recherche, les objectifs ainsi que les hypothèses de recherches ;
- ✓ Le deuxième chapitre présente le milieu d'étude en ce qui concerne la présentation des milieux physique et humain selon les différentes zones du Bénin ;
- ✓ Le troisième chapitre fait une synthèse bibliographique de *Prosopis* africana;
- ✓ Le quatrième chapitre présente les caractéristiques ethnobotaniques de *P. africana* suivant les différentes régions du Bénin et selon différents groupes socio-culturels.
- \checkmark Le cinquième chapitre porte sur les caractères dendrométriques de P. africana suivant les différentes zones climatiques ;
- ✓ Le sixième chapitre met en exergue les études de variabilité morphologique suivant les gradients climatiques dans la perspective d'identification des populations ou des individus intéressants pour un travail de sélection et d'amélioration génétique ;
- ✓ Le septième chapitre présente les effets de l'ombrage de *P. africana* dans les systèmes agroforesterie de prosopis suivant les gradients climatiques ;
- ✓ Le huitième chapitre présente les effets des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires favorables à la conservation du *Prosopis africana* au Bénin.
- ✓ Le neuvième chapitre qui est le dernier, présente une discussion générale des résultats obtenus. Ceci a permis de tirer des conclusions pratiques et de faire quelques recommandations pour la domestication de l'espèce au profit des communautés rurales.

La méthodologie de travail est donnée dans les différents chapitres exceptés les trois premiers qui résultent d'une recherche bibliographique. Les chapitres 4 à 8 relèvent des recherches de terrain dont les résultats ont déjà été publiés ou soumis pour publication.

CHAPITRE 2. MILIEU D'ETUDE

2. Milieu d'étude

La République du Bénin, avec une superficie totale de 114 763 km², est située entièrement dans la zone intertropicale, entre les parallèles 6°30' et 12°30' de latitude Nord et les méridiens 1° et 3°40' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par les Républiques du Niger et du Burkina Faso, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Ouest par la République du Togo et à l'Est par la République Fédérale du Nigéria. Par son extension entre la côte du Golfe du Bénin et la vallée du Niger (6°17 à 12°4 N), la République du Bénin présente une gamme variée de climats. Selon Adjanohoun *et al.* (1989), on y distingue :

- au Sud, un climat subéquatorial à 4 saisons (deux saisons de pluies et deux saisons sèches intercalées);
- au Nord, un climat soudanien à deux saisons (une humide et une sèche).

Ces deux zones sont séparées au centre par un régime de transition soudanoguinéen. La combinaison de ces différentes saisons donne naissance à trois zones climatiques étalées du Sud au Nord : la zone guinéo-congolaise, la zone soudanoguinéenne et la zone soudanienne. L'ensemble de ces zones abrite une population de 10 008 749 habitants avec une diversité de groupes socioculturels ayant des assises territoriales réparties comme suit :

- ➤ Alibori (867 463 habitants) dont les Bariba (32,6%), les Peuls (22,1%) et les Dendi (18,2%);
- Atacora (772 262 habitants) dont les Bariba (19,1 %), les Berba (14,2%), les Waama (11,2%), Bèsorabè (11%), les Natimba (9,9%), les Peulh (9,8%) les Otamari (4,9%) et les Gourmantché (4,4%);
- Borgou (1 214 249 habitants) dont les Bariba (37,6%), les Peuls (20%), les Gando (9,9%);
- Collines (717 477 habitants) dont les Yoruba (46,8%), les Mahi (25,7%), les Idaasha (14,9%) et les Fon (13%);
- Couffo (745 328 habitants) dont les Adja (88,4%) et les Fon (8,3%);
- Donga (543 130 habitants) dont les Yao (28,5%), les Lokpa (18,5%), les Peulh (11,5%), les Dendi (5,7%), les Nago (5,5%) et les Ani (5,1%);
- ➤ Plateau (622 372 habitants) dont les Nagots (45,7%), les Hollidjè (20,9%), les Goun (12,4%), les Fon (8,2%) et les Torri (6,5%).

Le tableau 1 résume les caractéristiques, biophysique, biodémographique et socio-économique du milieu d'étude.

Tableau 1. Comparaison des Communes d'étude

		Principales caractéristiques biophysiques		Caractéristiques démographiques et socio- économiques	
Communes	Climat	Principaux types de sol	Principales formations végétales	Bio- démographiques	Socio-économie
Aplahoué Klouékanmè	Guinéen à deux	Ferralitiques sans concrétions	Forêts semi décidues	- Population : 3168029	 GSC : Fon et apparentées, Adja et apparentées, Yoruba et
Covè	saisons de			habitants	apparentées.
Kétou	pluie avec			- Taux	- Activités : agriculture, pêche,
	900-1300			d'accroissement :	agroforesterie, exploitation du
	mm			3,31 %.	bois
Djidja	Soudano-	- Ferrugineux tropicaux sur	- Savane arbustive à	- Population :	- GSC : Fon et apparentées,
Dassa-Zoumè	guinéen à	socle cristallin de	dominance du Panifia	5090990	Adja et apparentées puis
Savalou	deux	caractéristiques très	Ohieri	habitants	Yoruba et apparentées
Savè	saisons de	variables.	- Essentiellement	- Taux	- Activités : cultures vivrières
Ouessè	pluie avec	- Terre de barre sur	anthropique : fourré	d'accroissement:	(igname, maïs, manioc, niébé);
Tchaourou	600	continental terminal	arbustive à palmier à	3,32%	riziculture (bas-fonds);
N'dali	à 1.400 mm	profonds et faciles à	huile et graminées,		cultures industrielles (coton);
Bassila	/ an	travailler pour la plupart	existence de quelques		cultures pérennes (teck,
Djougou		actuellement dégradés.	reliques forestières par		manguiers, anacardiers,
Ouaké		- Sols très argileux profonds	endroits.		agrumes, palmiers à huile);
		et humifères mais souvent	- Forêt dense semi-		cultures maraîchères;
		hydromophes et difficiles à	décidue.		activités génératrices de revenu
		travailler.	- Savane herbeuse,		
		- Sols alluviaux très fertiles	prairie, marécages		
		sur le littoral.	et quelques mangroves.		
Copargo	Soudanien	Ferrugineux tropicaux à	Savane arbustive avec	- Population :	- GSC : Bariba et apparentées,
Natitingou Kouandé	avec une seule saison	caractéristiques très	Acacia sahélienne (épineux) et savane	2117045 habitants	Dendi et apparentées, Peulh et apparentées, Otamari et
			(1		11

GSC : Groupe Socio-culturel

Source: PNUD/ECVR (1995), INSAE (2002), INSAE (2013), FAO, (1998) et Adjanohoun et al. (1989)

CHAPITRE 3 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR PROSOPIS AFRICANA

3. Synthèse bibliographique sur Prosopis africana

3.1-Description botanique et morphologique de Prosopis africana

P. africana est un arbre de la famille des Fabaceae Mimosoïdeae. Il est caractérisé par une cime légère et un feuillage (photo 1) retombant, ressemblant à celui de Tamarindus indica, mais plus clair puis de petites fleurs jaunes (ou blanches) réunies en épis (ou balles). Il est non épineux (photo 2) et a des fruits épais (longueur de gousses) avec une couleur variant entre le brun et le noir (photo 3) qui n'est jamais divisé naturellement, soit sur l'arbre ou une fois tombé. Les pulpes (photo 4) sont cependant de couleurs différentes des fruits. Il appartient à l'Ordre des Rosales, la Sous classe des Rosideae, la Classe des Dicotylédones, le Sous-embranchement des Angiospermes et de l'Embranchements Spermaphytes. P. africana a une hauteur variant entre 4-7 m et a une importance pour la population rurale. Il est entièrement sans épine avec un feuillage glabre ou finement pubescent. Sa fleur a une longueur de grappe qui va de 5 à 9 cm. Le nombre de paires de folioles et de foliolules varie respectivement de 1 à 4 et de 4 à 13. Leurs longueurs sont respectivement de 1 à 15 cm et 13 à 35 mm. La foliolule a une largeur de 4 à 15 mm et une forme ovée ou lancéolée. Les fruits (gousses) de *P. africana* ont une couleur allant de brun à noirâtre et brillant. Leurs longueurs et largeurs allant respectivement de 10 à 20 cm et de 1,5 à 3,3 cm contiennent beaucoup de graines (photo 5). Celle du bois affiche une couleur rouge au vin (photo 6).



Photo 1. Vue d'ensemble de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2014)



Photo 2. Tronc de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2014)



Photo 3. Fruit de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2014)



Photo 4. Pulpe de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2014)



Photo 5. Graine de *P. africana* (Source : Houèchégnon, 2014)



Photo 6. Bois de *P. africana* (Source : Houèchégnon, 2014)

3.2-Distribution et écologie de l'espèce

Avec une distribution paléogéographique d'après l'origine des flores (Aubreville, 1950), *Prosopis africana* appartient à la flore sèche guinéenne qui comprend :

- la flore paléoéthiopienne,
- la flore paléotropicale septentrionale constituée d'espèces indifférenciées de la flore sèche paléoafricaine, la flore satellite de la flore équatoriale humide appartenant à des formations semi-humides et des séquelles différenciées de la flore humide équatoriale.

Selon Pasiecznik *et al.* (2004), les toutes premières descriptions de présence de prosopis sont en Afrique de l'Ouest et en île Pacifique en 1820 ou avant, en Inde et au Pakistan dans les années 1870, enAustralie et en Afrique du Sud avant 1900 (figure 1). Le genre Prosopis comporte 44 espèces reconnues, dont 40 sont originaires d'Amérique, réparties sur une vaste aire écologique (Pasiecznik *et al.*, 2004). Une seule espèce, *Prosopis africana*, est originaire d'Afrique et pousse dans la zone sahélienne comprise entre le Sénégal et le Soudan, l'Ouganda et l'Ethiopie (Geesing *et al.*, 2004). Les trois autres espèces de l'ancien monde, *P. cineraria*, *P. farcta* et *P. koelziana*, sont originaires du Proche-Orient et du Pakistan, leur aire de répartition naturelle s'étend de l'Inde (*P. cineraria*) à l'Afrique du Nord subtropicale (*P. farcta*).

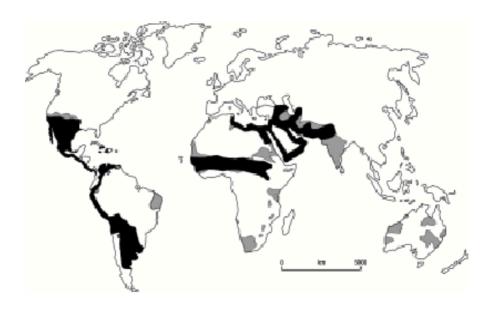


Figure 1. Origine approximative et actuelle distribution du genre Prosopis

- Noirs: distribution naturelle approximative de prosopis (en 1500)
- Gris:expansion et introduction approximative des espèces de prosopis dans les années 2000

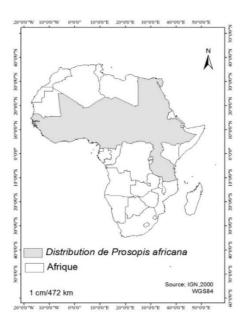


Figure 2. Distribution de Prosopis africana en Afrique

La distribution du prosopis sur le continent africain par zone climatique telle qu'identifiée par Agboola (2004); Pasiecznik et al. (2004); Arbonnier (2000); (Aubreville, 1950) inclut les zones sahéliennes, soudano-sahéliennes et soudaniennes puis guinéennes (figure 2). P. africana a une distribution naturelle allant du Sénégal à l'Ethiopie au nord, de Guinée au Cameroun au sud et d'Uganda à l'Egypte à l'est (Pasiecznik et al., 2004). Au Bénin, il est présent dans les phytodistricts de Basssila, du Zou, du Borgou Sud, du Borgou Nord, de la Chaîne de l'Atacora et du Mékrou-Pendjari (Adomou, 2005). Il se rencontre souvent dans les jachères, sur des sols sablo-argileux au-dessus de la latérite. Prosopis africana ne tolère habituellement pas des milieux secs mais préfère une pluviométrie annuelle de 600-1500 mm (Weber et al., 2008). Le prosopis pousse sur une gamme variée de sols. Le sol a une texture sablo-argileuse au-dessus de la latérite (Von Maydell, 1983). Selon Lompo (1992), P. africana pousse bien sur des sols gravillonnaires, inondables et sableux. Kaloga (1973), a distingué deux types de sols de P. africana:

- Sols sur cuirasses ferrugineuses : ils appartiennent au groupe des sols minéraux bruts ou sols lithiques.
- Sols ferrugineux tropicaux remaniés sur matériaux argilo-sableux.

Giffard (1974) trouve que l'espèce se rencontre sur sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés ou lessivés à cuirasse peu profonde, ferralitiques sur grès sablo-argileux, sur terrasse et glacis, hydromorphes à structure dégradée, minéraux bruts.

Les proportions en éléments grossiers, argile, limon et sable sont respectivement de 6, 13, 20 et 67 % dans le premier horizon et de 12, 10, 31 et 51 % dans le second horizon. Le pH eau et le pH KCl sont respectivement de 6,1 et 4,8 dans le premier horizon et respectivement de 5,2 et 3,8 dans le second horizon.

D'après Delwavile (1978), sa limite de pluviométrie minimum est approximativement l'isohyète 700 mm en zone continentale alors qu'en zone maritime (Sénégal), on le rencontre bien en dessous. *Prosopis africana* ne tolère habituellement pas des milieux secs mais préfère une pluviométrie annuelle de 600-1500 mm (Weber *et al.*, 2008).

3.3-Appelations et quelques usages de prosopis africain (P. africana)

Partout où il est présent et connu, le prosopis africain prend différents noms selon les pays voire les régions ou les groupes socio-linguistiques d'un même pays (Tableau2).

Par ailleurs les importances alimentaire et nutritionnelle de *P. africana* sont documentées par Von Maydell (1983), Aremu *et al.* (2006), Kalinganire *et al.* (2007), Barminas *et al.* (1998), FAO (2003), Annongu *et al.* (2004), Arbonnier (2000), Arbonnier (2002), Adikwu *et al.* (2001). Egalement, ses feuilles, branches, et racines sont utilisées pour plusieurs traitements de maladies en médecine traditionnelle. Sa colle est utilisée en industrie médicale au Nigeria. L'écorce de *P. africana*, associée aux feuilles, constitue un remède contre le rhumatisme et ses rameaux, associés aux feuilles, luttent contre les hémorroïdes. Ses graines fermentées servent de condiment dans les préparations au Nigéria, au Niger, etc. (Aremu *et al.*, 2006; Kalinganire *et al.*, 2007; Laouali *et al.*, 2014). Son bois est modérément dur (Nygard et Elving 2000) et très résistant contre les attaques des termites et des champignons (Gérardin *et al.*, 2004) et est également

utilisé pour la fabrication de poteaux, mortiers, planches et de manches d'outils. Il est très utilisé comme bois de chauffe et de charbon (Pasiecznik *et al.*, 2004). Le bois de feu tiré de prosopis est de très bonne qualité et donne un excellent charbon de bois (Geesing *et al.*, 2004). Les grands mortiers au Niger se vendent entre 6000 et 12000 FCFA, les petits mortiers avec leurs pilons à 2500 FCFA en moyenne et les pilons entre 1500 et 2500 FCFA. Le pied d'un prosopis selon sa taille s'achète chez les paysans au Niger à un prix variant entre 10000FCFA et 20000FCFA (Laouali *et al.*, 2014).

Tableau 2. Noms vernaculaires

Langues	Pays	Nom	Sources
Anglais	-	Iron wood, Mesquite african,	Pasiecznik et al., 2004
		Locust bean	
Portugais	-	Paucarvão	Pasiecznik et al., 2004
Arabe	-	Abu suruj, Abu surung	Pasiecznik et al., 2004
Haussa	-	Kiryia	Pasiecznik et al., 2004
Peulh	Mali	kohi, Rimajogaahi	Garrouste – Aarao, 2007
Wolof	Burkina	Her, Yir	Lompo, 1992
	-Faso		
Gourmantché	Burkina	Li Suaulagli	Lompo, 1992
	-Faso		
Moré	Burkina	Danduangha	Lompo, 1992
	-Faso		
Serer	Burkina	Som	Lompo, 1992
	-Faso		
Bambara	Mali	Gele, Gouele	Garrouste – Aarao, 2007
Fongbé/Mahi/Goun	Bénin	Kakè	Houètchégnon et al.,
			2015a
Adja/Mina	Bénin	Kakèchi/Kakètchi	Houètchégnon et al.,
			2015a
Nago/Idasha/Yoruba	Bénin	Akakagni/Akakaï	Houètchégnon et al.,
			2015a
Bariba	Bénin	Guinsôwa/Soba/Gedo/Gerud	Houètchégnon et al.,
		o/Gesoba/Gedo	2015a
Peulh/ Fulani/Haouss	Bénin	Tchéhountchégoun/Kohidim	Houètchégnon et al.,
a		i/	2015a, de Souza, 2008
		Tchégnéléhi/Kohi/Wangare	

Ditamari/	Bénin	Mouconticon/Bouconticon	Houètchégnon et al.,
Natini/Kounténi			2015a, de Souza, 2008
Yao/Lokpa	Bénin	Spatchangan	Houètchégnon et al.,
			2015a
Waama	Bénin	Gesowuru	Houètchégnon et al.,
			2015a
Zarma	Bénin	Zamturi	de Souza, 2008
Yom	Bénin	Kun	de Souza, 2008
Dendi	Bénin	Monsôkô/Hobokossi	Houètchégnon et al.,
			2015a
Malinké	Sénégal	Guélengo	Fotius et al., 1967
Mossi	Burkina	Yamagui	Moreau, 1970
	-Faso		
Peulh Wassolo	Burkina	Gouéllé	Moreau, 1970
	-Faso		
Bobo Oulé	Burkina	Tiyenga	Moreau, 1970
	-Faso		
Dioula	Burkina	Gouélé	Moreau, 1970
	-Faso		
Ibo	-	Ubwa	Eyog Matig et al., 1999
Dagomba	-	Nagile	Eyog Matig et al., 1999
Mamprussi	-	Langbina	Eyog Matig et al., 1999
Creole	-	Karbon	Eyog Matig et al., 1999
Yoruba	Nigéria	Ayan	Akindele et Olutayo, 2007
Igbo	Nigéria	Ubwa	Akindele et Olutayo, 2007
Hausa	Nigéria	Kiriya	Akindele et Olutayo, 2007
Fula	Nigéria	Kohi	Akindele et Olutayo, 2007

3.4-Germination de P. africana

Pour favoriser une levée plus rapide des graines, quelques travaux ont été effectués. Il s'agit des travaux de Ahoton et al., (2009) et de Niang-Diop et al., (2010). Les premiers ont montré que la scarification des graines à la lame de rasoir, de même que leur ébouillantage se sont révélés les prétraitements les plus efficaces pour favoriser une germination rapide et homogène de P. africana. Ces deux prétraitements peuvent être recommandés aux planteurs et aux pépiniéristes parce qu'ils sont peu coûteux et simples à réaliser. Les seconds quant à eux ont signalé que malgré l'existence d'une dormance tégumentaire, les graines de Prosopis africana ont la possibilité de germer in situ en l'absence de feu et du

bétail mais avec un temps de latence assez long. *Prosopis africana* est aussi capable de germer après le passage des graines à de hautes températures et aussi avec l'arrosage des graines avec de l'eau à pH élevé. Le passage des graines dans le tractus digestif des animaux ne semble pas améliorer leur capacité de germination.

Jusqu'à présent, les recherches effectuées du point de vue génétique ont surtout porté sur la variation génétique de la densité du bois et corrélations avec la croissance de l'arbre provenant du Burkina Faso et du Niger (Montes et Weber, 2009). La variation de la densité du bois et sa corrélation avec la croissance de été étudiées à l'âge de 13 l'arbre ont ans dans essai de provenances/descendances de Prosopis africana au Niger. L'essai a inclus les descendances de 256 arbres mères provenant de 24 provenances de l'écozone sahélienne du Burkina Faso et du Niger. La variation de la densité du bois a été significative en relation avec les provenances et les familles à l'intérieur des provenances. L'héritabilité a été plus élevée pour la densité que pour les caractères de croissance de l'arbre. Les corrélations phénotypiques ont montré que les plus grands arbres ont eu tendance à avoir le bois le plus dense. Les corrélations et les héritabilités estimées suggèrent que la sélection d'arbres à croissance rapide peut produire un faible gain en volume de bois et très peu de gain en densité du bois dans la génération suivante.

CHAPITRE 4. CONNAISSANCES ETHNOBOTANIQUES ET GESTION TRADITIONNELLE DE *PROSOPIS AFRICANA*.

Publié sous la référence : Houètchégnon T., Gbemavo D.S.J.C., Ouinsavi C., Sokpon N. (2015). Ethnobotanical knowledge and traditional management of african mesquite (*Prosopis africana*) populations in Benin, West Africa. The Journal of Ethnobiology and Traditional Medicine. Photon 125 (2015) 1124-1135 https://sites.google.com/site/photonfoundationorganization/home/the-journal-of-thnobiology-and-traditional-medicine. Original Research Article. ISJN: 6642-3194: Impact Index: 6.38

4. Connaissances ethnobotaniques et préservation de *Prosopis africana*.

4.1-Introduction

Dans son rapport portant sur l'évaluation des ressources forestières mondiales, l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), note que la déforestation est à un rythme alarmant dans certaines régions du monde (Amérique du Sud, Afrique et Océanie) (FAO, 2010). S'agissant de l'Afrique, le continent a perdu environ 4 millions d'hectares de forêt par an de 2000 à 2005, soit près d'un tiers de la superficie déboisée dans le monde. En Afrique de l'Ouest et particulièrement au Bénin, les maigres ressources forestières disponibles ces dernières années sont le résultat d'une dégradation des forêts par l'homme et de nos jours, les pressions humaines sur les forêts sont encore très fortes en terme de besoin d'utilisation des organes des plantes. Il resulte ainsi qu'en Afrique de l'Ouest en général et au Bénin en particulier, les ligneux jouent un rôle capital dans la vie des communautés rurales. Plusieurs auteurs sont unanimes sur l'importance des produits et services qu'ils procurent aux populations (Avocèvou et al., 2009; Lougbégnon et al., 2011; Larwanou et al., 2010; Priso et al., 2011; Thiombiano et al., 2012; Yameogo et al., 2013). L'utilisation des différentes ressources forestières dans une zone donnée se fait généralement en fonction de leur abondance. Cependant, il existe des espèces dont l'importance s'avère particulière pour certaines communautés. Les espèces qui se trouvent dans cette situation sont convoitées et exploitées sans tenir compte de leur abondance ni de leur taux de régénération, ce qui les menace de disparition. C'est le cas de Prosopis africana dont aucune partie n'échappe à des usages domestiques (Arbonnier, 2000) pendant qu'elle est confrontée à un problème de régénération (Ahoton et al., 2009 ; Niang-Diop et al., 2010). Au Bénin, P. africana est l'une des principales espèces la plus recherchée pour la production de charbon (Idjigbérou, 2007) qui ne se trouve que dans les zones soudano-guinéenne et soudanienne (Adomou, 2005). Le Bénin, situé dans le Dahomey gap, la survie de cette essence et de sa population devra désormais reposer sur des approches d'exploitation appropriées associées à des techniques de régénération naturelle et/ou assistée (Ahoton et al., 2009) en passant par la connaissance précise de sa contribution dans les différents usages de ligneux.

Pour ce faire, il s'avère nécessaire de disposer des données fiables sur les différentes utilisations faites de l'espèce et le niveau des menaces suivant les assises territoriales des groupes socio-culturels au Bénin pour sa gestion durable. Il urge ainsi de mener des recherches scientifiques ethnobotaniques afin d'établir des stratégies de conservation pour une utilisation durable des ressources de *P. africana*. Le but de cette étude est d'identifier et de caractériser les connaissances ethnobotaniques, utilités et pratiques de gestion locales de *P. africana*. De ceci se dégagent les hypothèses ci-après : (I) les connaissances ethnobotaniques de *Prosopis africana* sont homogènes au sein de la population locale au Bénin; (II) la valeur ethnobotanique des organes de *P. africana* varie en fonction de l'âge et du sexe ; (III) les pratiques de gestion locales du prosopis diffèrent d'un milieu socioculturel à un autre.

4.2- Matériel et méthodes

4.2.1-Échantillonnage et collecte des données

Prosopis africana est présent dans toutes les zones climatiques (zones soudanienne, soudano-guinéenne et guinéenne) du Bénin après une exploration effectuée en 2011.

La combinaison des assises territoriales des grands groupes socioculturels et de l'abondance relative de *Prosopis africana* après l'exploration des milieux ont permis de retenir des communes et des localités pour mener les travaux d'enquêtes. Il s'agit des communes de Kandi, de Bembérèkè, de Boukoumbé, de Dassa-Zoumè, de Kétou, de Djidja, de Covè, de Klouékanmè et d'Aplahoué (figure 3).

Au niveau de chacune de ces communes, des enquêtes préliminaires ont été réalisées sur 100 individus échantillonnés au hasard et la proportion (Fn) des répondants reconnaissant au moins une utilisation de l'espèce a été déterminée. Pour l'ensemble de ces enquêtes préliminaires dans la zone d'étude, il a été constaté en moyenne que 34% des répondants avaient la connaissance d'au moins une utilisation de l'espèce. Cette information a été utilisée pour calculer la taille de l'échantillon total qui est de 960 (voir tableau 3), selon la formule de Dagnelie (Dagnelie, 1998) :

$$N = \mu^{2}_{1} - \alpha/_{2} \frac{Fn(1-Fn)}{\delta^{2}}$$

 μ_1 - $\alpha/_2$ = 1,96 et représente la valeur de la variable aléatoire normale pour un risque α égal à 0,05. La marge d'erreur δ prévue pour tout paramètre à estimer à partir de l'enquête est de 3 %.

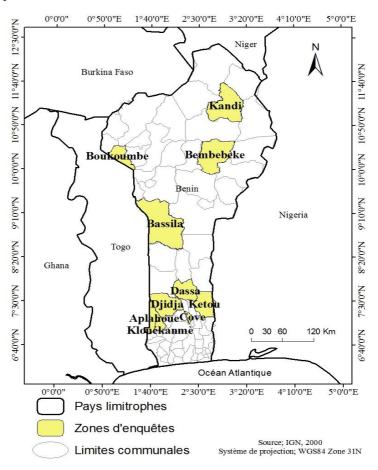


Figure 3. Communes d'enquête

Tableau 3. Structure des enquêtés suivant les catégories sociales

Age par	FJ	HJ (15	FA	HA	FV	HV	Total
sexe	(15 à	à 29	(30	(30	(≥60	(≥60	
Ethnies	29	ans)	à 59	à 59	ans)	ans)	
	ans)		ans)	ans)			
Fon et apparentées	20	20	20	20	20	20	120
Adja et apparentées	20	20	20	20	20	20	120
Yoruba et	20	20	20	20	20	20	120
apparentées							
Bariba et	20	20	20	20	20	20	120
apparentées							
Peul et apparentées	20	20	20	20	20	20	120
Dendi et apparentées	20	20	20	20	20	20	120
Otamari et	20	20	20	20	20	20	120
apparentées							
Yao-Lokpa et	20	20	20	20	20	20	120
apparentées							
Total	160	160	160	160	160	160	960

Légende : HV : Homme vieux HA : Homme Adulte ; HJ : Homme Jeune ; FV : Femme vielle ; FA : Femme Adulte ; FJ : Femme Jeune

Les données ont été recueillies entre mi-juillet et mi-novembre 2012 à partir des entretiens semi-structurés. Les données collectées concernent les noms de l'espèce, la motivation des répondants à conserver *P. africana* dans leur système d'utilisation des terres, les usages locaux et les impacts des utilisations sur la survie de l'espèce puis les pratiques de gestion visant à améliorer la production et la régénération (voir annexe 1 : fiche d'enquête).

Pour caractériser la vulnérabilité de l'espèce, 7 descripteurs de menace ont été utilisés (tableau 4). La technique utilisée est celle de construction d'échelle. Ainsi, lorsque les classes de valeur ou modalités d'un indicateur rendent très vulnérable l'espèce, la note 3 est attribuée, peu vulnérable la note 1 et la note 2 pour la situation intermédiaire. Cependant, pour les indicateurs critiques comme l'importance commerciale et les méthodes qui prévalent énormément sur les autres, la notation a été particulière. Les indicateurs considérés sont :

Tableau 4. Indicateur de vulnérabilités

N°	Indicateur	Modalités	Valeur	Références
1	Utilisation et importance commerciale	Plus de la moitié des enquêtés collecteurs des organes convoient les parties de l'espèce hors du village	9	Lejoly, 2001 ; Vodouhê,
		Si moins de la moitié les convoient hors du village	6	2005
		Lorsque des collectrices des parties de l'espèce n'ont pas été constatées au cours des investigations	3	
2	Méthode de	La méthode est destructrice de la plante	6	Lejoly,
	récolte et réactions à l'exploitation	La méthode n'est pas destructrice de la plante	3	2001 ; Assogba, 2007
3	Les organes recherchés	Organes très préjudiciables : racine, plante entière, jeune pousse	3	Cunningham, 2001;
		Organes préjudiciables : écorce de la tige et sève	2	Lejoly, 2001
		Organes peu ou pas préjudiciables : feuilles, fleurs, graines, noix, bulbes	1	
4	Nombre	3 organes recherchés	3	Delvaux et
	d'organes recherchés	2 organes recherchés	2	Sinsin, 2003
		1 organe recherché	1	
5	Fréquences de	Fréquences et quantités élevées	3	Assogba,
	récolte et	Situation intermédiaire	2	2007;
	quantités récoltées	Fréquences et quantités faibles	1	Delvaux et Sinsin, 2003
6	Pratiques traditionnelles	Pratiques de conservation non existantes et espèce non plantée	3	Assogba, 2007 ;
	de conservation	Pratiques de conservation discriminatoire en faveur d'autres utilisations	2	Delvaux et Sinsin, 2003
	et culture de l'espèce	Pratiques de conservation excluant la destruction de l'espèce ou espèce plantées	1	
7	Forme de vie	Une espèce ligneuse (phanérophyte) ou à bulbe (géophyte) est plus vulnérable qu'une espèce annuelle (thérophyte). L'espèce en étude est une phanérophyte, ce qui constitue déjà un degré de vulnérabilité.	3	Lejoly, 2001

4.2.2-Traitement statistique des données

Les personnes enquêtées ont été regroupées par catégorie de groupe socioculturel (Fon, Adja, Yoruba, Bariba, Peulh, Ditamari, Lokpa et Dendi) et par catégorie d'âge et sexe (hommes jeunes et femmes jeunes ; hommes adultes et femmes adultes; hommes vieux et femmes vieilles) à partir de la structuration proposée par Assogbadjo et al. (2008). Différents indices ethnobotaniques ont été calculés pour déterminer la distribution des connaissances (ID et IE) et la valeur d'usage (IVO) de P. africana auprès des communautés (Tableau 5). Trois (3) différents paramètres ont été calculés (tableau 5). Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer l'ID suivant les groupes socioculturels et les catégories d'âge et sexe puisque les données recueillies n'étaient pas normalement distribuées (Test de normalité de Ryan-Joiner). Des Analyses en Composantes Principales ont été effectuées sur les matrices de données constituées par l'IVO en fonction des catégories d'âge et sexe d'une part, l'IVO et les groupes sociolinguistiques d'autre part pour mieux décrire les relations entre l'IVO de P. africana et les catégories d'âge, de sexe et des groupes sociolinguistiques.

Tableau 5. Les paramètres ethnobotaniques calculés.

Paramètres	Formules	Interprétation	Références
Indice de diversité des enquêtés (ID) ID = U _x /U _t	ID, nombre d'utilisations cité par un enquêté (Ux) divisé par le nombre total d'utilisations (Ut).	Mesure combien d'enquêtés utilisent une espèce donnée et comment cette connaissance est répartie entre les enquêtés. Sa valeur varie entre 0 et m, m le nombre d'enquêtés faisant recours à cette utilisation. Elle est faible si très peu de personnes connaissent et utilisent l'espèce et forte lorsque beaucoup de personnes la connaissent et l'utilisent.	Byg et Baslev (2001); Kouraet al. (2011); Dadjo et al. (2012)
Indice d'Equitabilité des enquêtés (IE) IE = ID/ID _{max}	IE, valeur de diversité (ID) divisée par l'indice maximal de valeur de diversité obtenue (IDmax)	Mesure le degré d'homogénéité des connaissances des enquêtés. Elle est comprise entre 0 et 1 . Si $1E < 0,5$ la diversité des connaissances des enquêtés n'est pas homogène mais si $1E \ge 0,5$ cette diversité est homogène. Cela signifie que très peu de personnes connaissent beaucoup d'usages de l'espèce. Une minorité utilise beaucoup l'espèce.	Byg et Baslev (2001); Koura <i>et al.</i> (2011); Dadjo <i>et al.</i> (2012)
Indices de valeurs des vertus liés aux organes (IVO).	IVO, nombre de vertu utilisant l'organe concerné (Nvo) divisé par nombre total des vertus recensées (Ntv) multiplié par cent.	Détermine l'organe le plus vertueux.	Phillips et Gentry (1993); Assogbadjo et al. (2010)

4.3-Résultats

4.3.1-Différentes appellations de P. africana au Bénin

Les populations locales du Bénin enquêtées connaissent *Prosopis africana* depuis des décennies (Tableau 6). Différents noms locaux ont été attribués à l'espèce selon les groupes ethniques. Le nom local "Tchégnéléhi" en Peulh chez les enfants est donné à cause du son que produisent les graines dans la gousse. Les enfants l'utilisent comme jouet. Ceci est descriptif des gousses de *P. africana* qui sont différentes de celles de *Parkia biglobosa* qui est de la même famille que *P. africana*. Les Fon et Yoruba l'appellent en français 'arbre de fer' pour deux raisons : l'arbre est dur comme le fer puis il est très riche en fer et en foldine au point où ils l'utilisent en cas d'anémie.

Tableau 6. Noms locaux de P. africana dans différents groupes socio-culturels du Bénin

Groupes socio- culturels	Langues	Noms locaux
Fon	Fongbé/Mahi	Kakè
Adja	Adja/Mina	Kakèchi/Kakètchi
Yoruba	Nago/Idasha	Akakagni/Akakaï
Bariba	Bariba/Boko	Guinsôwa/Soba
Peulh	Peulh/ Fulani/Haoussa	Tchéhountchégoun/Kohidimi/Tchégnéléhi
Ditamari	Ditamari/ Natini/Kounténi	Mouconticon/Bouconticon
Yao-Lokpa	Yao/Lokpa	Spatchangan
Dendi	Dendi	Monsôkô/Hobokossi

4.3.2-Utilisations de Prosopis africana

a. Utilisations médicinales

Au total, 51 maladies et symptômes sont reconnus pour être traitées avec *Prosopis africana*. Les tiges, les feuilles, l'écorce, les racines, les gousses, les graines et les fleurs sont toutes utilisées dans le traitement de maladies et symptômes (Tableau 7).

Tableau 7. Différentes utilisations médicinales de Prosopis africana

Organes	Maladies, affections et symptômes traités
Racines	Impuissance sexuelle, Okéïlè (palissement), Faible vison (ne pas voir de
Racines	loin), Indigestion, Dysenterie, Vermifuge
	Gale, Rougeole, Souffle (pour courir), Solidité de prématurés, Avortement,
Ecorces	Plaie, Ulcère, Œdème, Paralysie des enfants, Maux de rein, Anti-coagulant,
	Infections, Kwashiorkor, Gonococcie
	Tonifiant, Aphrodisiaque, Battement de cœur, Anémie, Rigidité d'enfants
Tiges	non espacés, Arrêt de menstrues continues, appétit, Drépanocytose,
riges	Rigidité, Grossesse arrêtée, Brosse végétale, Carie dentaire, Mauvaise
	haleine
	Convolution chez les enfants, Hémorroïde, Abcès, Panaris, Fièvre jaune,
Feuilles	Plaie incurable, Rhumatisme, Vomissement, Fièvre, Diarrhée,
reunies	Trypanosomiase, Maux de ventre, Stimulant des glandes mammaires,
	Défatigant, Paludisme
Gousses	Avitaminose, Fontanelle affaissée
Graines	Piqure de scorpion, Diabète, Tension



Graines
de P.
africana
cuites
pour être
transfor
mées en
afintin

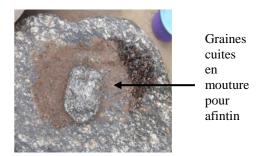


Photo 7. Graines de *P. africana* préparées (Source : Houètchégnon, 2013)

Photo 8. Graines de *P. africana* en mouture (Source : Houètchégnon, 2013)



Photo 9. Graines de *P. africana* moulues en afintin (Source : Houètchégnon, 2012)



Mortier à base de *P*. *africana*

Photo 10. Mortier à base de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2012)



Bois de *P. africana* dans l'eau de bain contre œdème, anémie, non rigidité

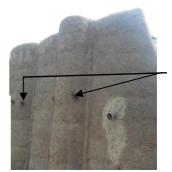
Brosse végétale à base de *P. africana* vendue sur le marché de Boukoumbé

Photo 11. Bois de *P. africana* dans l'eau de bain (Source : Houètchégnon, 2012)

Photo 12. Brosse végétale à base de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2012)



Pieux de cabane à base de *P. africana*



Piliers de Tata Somba à base de *P. africana*

Photo 13. Pieux de cabane à base de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2012)

Photo 14. Tata Somba à base de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2012)

b. Autres utilisations de P. africana

Les graines sont très largement consommées et commercialisées comme condiment (Afintin) chez les Adja et les Yoruba au Sud et au Centre Bénin (photos 7, 8 et 9). Une minorité de Ditamari se trouvant à Kouandé (Nord Bénin) en consomme également. Ce condiment utilisé pour préparer le gluant donne la saveur d'une sauce faite à base de viande de brousse. Selon les populations locales cet Afintin est plus nutritif que celui de Parkia biglobosa. Les feuilles et les gousses sont très appétées par les ruminants surtout les bovidés. Les arbres de prosopis ont une grande importance socio-culturelle et mythologique pour les populations locales. Les feuilles sont utilisées pour la conservation des produits agricoles (maïs, niébé, etc.) au Nord Bénin (chez les Yao-Lokpa, les Bariba et les Dendi). De même, les gousses sont utilisées comme produit de pêche au Nord Bénin (chez les Yao-Lokpa). Prosopis est utilisé comme une espèce phare pour la carbonisation chez tous les groupes socio-culturels du Bénin sauf les Peulh qui l'utilisent comme fagot de bois. Il existe deux sortes de carbonisation avec prosopis : charbon ordinaire utilisé à la cuisine et charbon de forge très utilisé pour la forge. D'autres utilisations ont inclus le bois (photos 10, 11, 12, 13 et 14) dans divers domaines (statue, dalle pour plafond, WC, etc., mortier, pilon, manche d'outils agricoles, véranda, pont local, clôture, lit, échelle, etc.). Ainsi, ces différentes utilisations non médicinales de P. africana sont résumées dans le tableau 8.

Tableau 8. Différentes utilisations non médicinales des organes de Prosopis africana

Organes	Domaine	Actions envisagées
	d'utilisation	
Tiges	Magico-thérapeute	Contre attaque des termites aux cultures, Anti-
		boxe, Prolifération de troupeaux, Envoutement,
		Contre attaque sorcière, Changement d'année,
		Longévité, Avances aux filles, Anti-alcoolisme
	Energie	Charbon de forge, Charbon de bois pour le
		chauffage et la préparation des aliments, Bois de
		chauffe pour le chauffage et la préparation des aliments
	Construction	Lit, Plafond, Dalle de WC, Pont, Dalle pour
	immobilière	plafond, Paillotte, Grenier, Clôture, Véranda
	Artisanat	Mortier, Pilon, Manche de houe, Manche de daba,
		Manche hache, Manche de hachette, Echelle,
		Pieux, Statut
	Culturel	Sexe de diable (Tolègba),
Feuilles	Magico-thérapeute	Fixation des femmes au foyer, Contre les esprits
		maléfiques, Déposséder par esprits maléfiques
		(serpent), Vœux, Puissance physique et financière
		pour construire, Etre apprécié, chance
	Inspection	Conservation des produits agricoles
	phytosanitaire	
	Alimentaire	Fourrage
Graines	Culturel	Instrument de danse de Tèkè ou de Sinsinnou
	Alimentaire	Afintin, fourrage
Fleurs	Magico-thérapeute	Mauvais rêve
Pulpe	Alimentaire	Succion à cause de son goût très sucré
Fruit	Culturel	Jouet des enfants
(gousse)	Produit de pêche	Piler et éparpiller dans cours d'eau pour souler les poissons

L'indice de diversité totale des enquêtés (ID) est faible et égale à 0.34 ± 0.005 . Cette valeur indique que la diversité des connaissances sur l'utilisation de P. africana n'est pas bien répartie entre les populations locales. La valeur de cet indice (ID) est significative suivant les catégories d'âge et sexe (H= 12,51, P<0,01) et les groupes sociolinguistiques (H= 42,36, P<0,01) des enquêtés (Tableaux 9 et 10).

L'indice d'équitabilité totale des enquêtés (IE) est faible et est égal à 0,48. Cette valeur montre que la diversité des connaissances des enquêtés sur les connaissances ethnobotaniques du *P. africana* pour l'ensemble des enquêtés est hétérogène (IE<0,5). Elle est pour chacune des catégories âge et sexe et chacun des groupes ethniques supérieure à 0,5 (Tableaux 9 et 10). La diversité des connaissances entre les catégories d'âge et sexe et les groupes socioculturels des enquêtés est alors homogène. Cela signifie que très peu de personnes connaissent beaucoup d'usages de l'espèce.

Tableau 9. Connaissances ethnobotaniques sur *Prosopis africana* suivant les âges et sexes (m = moyenne).

Age-Sexe	ID (m±se)	IE
FA	0,3446±0,009	0,6030
MA	$0,3571\pm0,010$	0,50
FJ	$0,3107\pm0,008$	0,5437
НЈ	$0,2991\pm0,008$	0,5234
FV	0,3593±0,009	0,6288
HV	0,3904±0,010	0,5466
Prob		0,02

 $HV: Homme\ vieux\ HA: Homme\ Adulte\ ;\ HJ: Homme\ Jeune\ ;\ FV: Femme\ vielle\ ;\ FA: Femme\ Adulte\ ;\ FJ: Femme\ Jeune.$

Tableau 10. Connaissances ethnobotaniques sur*Prosopis africana* suivant les groupes socioculturels (m = moyenne)

Groupes socio-culturels	ID (m±se)	IE Mean
Fon	$0,3607\pm0,009$	0,6312
Adja	$0,4060\pm0,010$	0,7105
Yoruba	$0,3798\pm0,009$	0,6646
Bariba	$0,3857\pm0,011$	0,5400
Peulh	$0,2405\pm0,008$	0,5612
Ditamari	$0,3155\pm0,010$	0,5521
Yao-Lokpa	$0,3238\pm0,011$	0,5666
Dendi	$0,3369\pm0,011$	0,4717
Prob	0,000	

4.3.3-Valeur ethnobotanique des organes de P. africana

Les résultats de l'Analyse en Composante Principale réalisée sur la valeur des Indices de Vertus liées aux Organes (IVO) par catégorie d'âge et de sexe montrent que les deux premiers axes expliquent 72,31 % de la variation totale des variables. Par conséquent, ces deux axes ont été retenus pour décrire la relation entre la valeur des vertus liées aux organes de P. africana et les catégories d'âge et de sexe. Le premier axe montre un lien positif avec la gousse (0,93), l'écorce (0,91), la graine (0,77) et un lien négatif avec la pulpe (-0,82) et la tige (-0,76) (Figure 4a). L'axe 2 montre un lien positif avec la racine (0,95), la fleur (0,52) et un lien négatif avec la tige (-0,60) (Figure 9a). La projection des catégories d'âge et sexe dans le système d'axe (figure 4b) montre une connaissance différentielle selon l'âge des vertus liées aux organes. Les jeunes (FJ et HJ) ont une connaissance élevée de vertus liées à la pulpe et la tige, tandis que les adultes (FA et HA) et les personnes âgées (HV et FV) ont une connaissance élevée de vertus liées à la gousse, l'écorce et la graine. Par ailleurs, les hommes et les femmes âgés ont spécifiquement une connaissance élevée de vertus liées à la racine et la fleur.

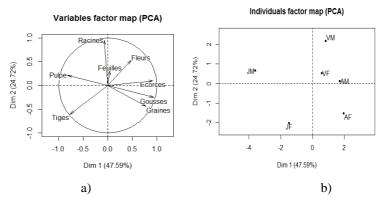


Figure 4. Résultats de l'analyse en composantes principales pour la description des relations entre catégories d'âge et de sexe et la valeur des Vertus liés aux Organes.

a) Cercle de corrélation de la valeur des Vertus liées aux Organes de *P. africana*; b) Projection des catégories d'âge et sexe dans le système d'axes défini par la valeur des Vertus liées aux Organes de *P. africana*.

HV : Homme vieux HA : Homme Adulte ; HJ : Homme Jeune ; FV : Femme vielle ; FA : Femme Adulte ; FJ : Femme Jeune.

Les résultats de l'Analyse en Composante Principale réalisée sur la valeur des Vertus liées aux Organes (IVO) par groupe socioculturel montrent que les deux premiers axes expliquent 78,77 % de la variation totale des variables. Par conséquent ces deux axes ont été retenus pour décrire la relation entre la valeur des vertus liés aux organes de *P. africana* et les groupes socioculturels. Le premier axe montre un lien positif avec la feuille (0,71), l'écorce (0,71) et la fleur (0,71) et un lien négatif avec la tige (-0,86) et la graine (-0,81) (Figure 5a). L'axe 2 montre un lien positif avec la racine (0,93), la graine (0,5) et un lien négatif avec la pulpe (-0,83) et la gousse (-0,79) (Figure 5a). La projection des groupes socioculturels dans le système d'axe (figure 5b) montre que les Bariba, Dendi, Peulh et Ditamari ont une connaissance élevée de vertus liées à la feuille, l'écorce et la fleur, tandis que les Adja, Fon, et Yoruba ont une connaissance élevée de vertus liées à la tige et la graine puis la connaissance élevée en vertus des pulpes est du ressort des Lokpa.

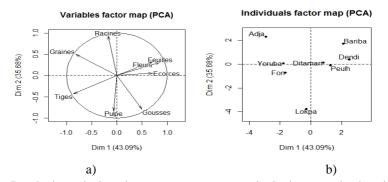


Figure 5. Résultats de l'analyse en composantes principales pour la description des relations entre les groupes socioculturels et la valeur des vertus liées aux organes.

a) Cercle de corrélation de la valeur des vertus liées aux organes de *P. africana*: b)

a) Cercle de corrélation de la valeur des vertus liées aux organes de *P. africana*; b) Projection des groupes socioculturels dans le système d'axes défini par la valeur des vertus liés aux organes de *P. africana*.

4.3.4-Importance économique de P. africana

Certains organes de prosopis font objet de commerce dont l'importance est non négligeable. Il s'agit des graines et des tiges. Ces organes sont vendus respetivement pour leur usage en Afintin et en brosse végétale dans les marchés au Sud (Effèoutèdji dans Kétou, Godohou dans Aplahoué, de Lanta dans Klouékanmmè, de Dassa-Zoumé, de Glazoué, etc.) et au Nord (Bassila, Djougou, Ouaké, Natitingou, Boukoumbé, etc.) du Bénin. Le prix de la mesure locale "Sôgô" qui correspond à trois kilogrammes de graines de *P. africana* varie de 1500 FCFA à 3000 FCFA au moment où cette même quantité pour le néré varie de 1000 FCFA à 2000 FCFA. Les tiges sont très recherchées pour la fabrication de mortier et de charbon par tous les groupes socio-culturels à l'exception des Peulh. Le prix du mortier varie de 2000 FCFA à 5000 FCFA. Quant au charbon, le prix du sac varie de 1000 FCFA à 3000 FCFA.

4.3.5-Caractérisation de la vulnérabilité et des menaces sur l'espèce

La figure 6 montre les menaces sur *P. africana*. De l'analyse de cette figure, il ressort que le niveau 3vient en tête dans au moins 71 % des cas au niveau de chaque groupe socio-culturel. Cela signifie que l'exploitation des organes de *P*.

africana la rend très vulnérable. Cela est plus accentué au niveau des aires culturelles Yoruba et apparentées, Peulh et apparentées, Ditamari et apparentées, Lokpa et apparentées puis Dendi et apparentées du fait des organes récoltés.

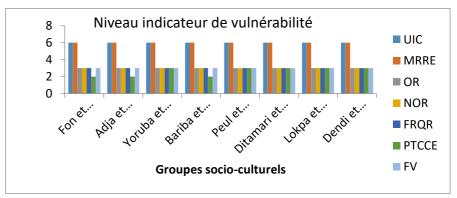


Figure 6. Vulnérabilité de P. africana au sein des aires socio-culturelles

UIC : Utilisation et importance commerciale ; MRRE : Méthode de récolte et réactions à l'exploitation ; OR : organes recherchés ; NOR : Nombre d'organes recherchés ; FRQR : Fréquences de récolte et quantités récoltées ; PTCCE : Pratiques traditionnelles de conservation et culture de l'espèce ; FV : Forme de vie.

4.3.6-Préservation des populations de Prosopis africana

Selon les enquêtés, prosopis est géré dans les champs, les jachères et les forêts/savanes. Les Adja préservent plus prosopis dans les champs (55,54%) suivis des groupes socio-culturels Bariba (39,58%), Dendi (38,30%), Lokpa (37,78%) et Yoruba (36,67%). Quant à la négligence de la préservation de l'espèce, les Peulh sont les premiers (100%). Ils sont suivis des Ditamari (77,59%), Fon (60,38%). Ils font recours en cas de besoin de l'espèce dans les savanes/forêts : milieu où l'espèce pousse naturellement.

La principale motivation pour conserver prosopis est son utilisation médicinale (77% chez les Bariba, 73% chez les Adja, 72% chez les Peulh, 70% chez les Ditamari, 69% chez les Fon, 63% chez les Yoruba et les Lokpa puis 27% chez les Dendi). Quarante-trois pour cent (43%) des Adja ainsi que trente-huit pour cent (38%) des Yoruba conservent *P. africana* à des fins alimentaires. Par contre trente-huit pour cent (38%) des Lokpa, trente-sept pour cent (37%) des Ditamari

et vingt-cinq pour cent (25%) des Fon trouvent la préservation de prosopis pour des fins commerciales. Au total, 29% des enquêtés n'ont pas de raison pour la conservation de l'espèce.

4.4-Discussions

4.4.1-Importance de Prosopis africana

Au Bénin, chaque groupe socio-culturel ou ethnique a un nom pour désigner prosopis, ce qui suppose l'existence d'une longue histoire de l'utilisation de cette essence. Les arbres de prosopis sont conservés pour leurs multiples fonctions : fonctions médicinale, alimentaire (fourrage et moutarde), artisanale et commerciale. L'utilisation des différentes parties de l'espèce pour le traitement de diverses affections contribue à la sécurité sanitaire de la communauté locale. La moutarde à base de graines de prosopis est plus chère que celle de néré vendue dans les marchés de Klouékanmè, Aplahoué, Dassa-Zoumè et Glazoué. Le nombre et la diversité des usages sont indicatifs du rôle de cette plante dans le sondage des groupes socio-culturels. En dehors des utilisations mentionnées à cette étude, d'autres utilisations des différentes parties de la plante ont été signalées ailleurs en Afrique au nombre desquelles celle de la gomme de P. africana (Adikwu et al., 2001). Cette variation des utilisations peut être expliquée par des différences culturelles et les besoins des populations locales. Les connaissances de l'utilisation et la gestion de prosopis sont hétérogènes et sont réparties selon l'âge et le sexe et selon chaque groupe socio-culturel du Bénin. Les hommes âgés connaissent plus les d'utilisations médicinales, magicothérapeutes et artisanales. L'utilisation de P. africana comme source de médicament est commune au Bénin tandis que son utilisation comme source d'alimentation humaine est surtout développée au Sud et au Centre Bénin. Ceci pourrait être expliqué par le fait que les connaissances endogènes et l'alimentation des populations sont culturelles et donc variables d'un groupe ethnique à un autre. Cette propagation apparemment uniforme au sein de chaque génération des connaissances pourrait être expliquée aussi par le fait que les connaissances sont transmises de génération en génération. Cette homogénéité est également associée avec le fait que P. africana est utilisé par les populations locales comme une source de médicaments et de nourriture de valeur (Lins Neto

et al., 2010 ; Dadjo et al., 2012). Autrement une minorité (toutes catégories de génération et de groupes socio-culturels confondus) de personnes utilisent beaucoup l'espèce au Bénin et cette utilisation n'est pas commune à tout le monde mais plutôt à un ou des groupe (s) socio-culturle (s) : cas de afintin de P. africana chez les Yoruba et apparentées puis les Adja et apparentées. Il en est de même de la connaissance de l'usage de charbon de bois de P. africana qui est commune chez tous groupes socio-culturels exceptés les Peulh. En effet le Bénin a une diversité culturelle et écologique très riche et pourrait être la raison de cette homogénéité des connaissances ethnobotaniques. De même, les peuples ont toujours disposé de connaissances ethnobotaniques traditionnellement très riches grâce aux diversités culturelles et écologiques de l'environnement dans lequel ils vivent et selon Vandebroek et al., (2004), ces connaissances réflètent la richesse des végétations dans lesquelles vivent ces populations locales : plus la végétation est riche, plus il y a d'espèces qui sont utilisées par les populations. Egalement, plusieurs plantes alimentaires sauvages sont utilisées à des fins médicinales. Selon Etkin et al., (1994) ''les aliments provenant des plantes sauvages sont consommés non seulement pour leur pouvoir calorifique, mais aussi pour d'autres avantages nutritionnels et pharmacologiques''.

4.4.2-Impacts de l'exploitation de P. africana

Tous les organes de *P. africana* sont utilisés par les populations au Bénin. Ceci corrobore les résultats de Ezebilo et Mattsson (2010) et de Dossou *et al.*, (2012) qui stipulent que divers organes des plantes sont utilisés par la population du Sud-Nigéria et de la forêt marécageuse d'Agonvè au Sud-Bénin pour la satisfaction de leurs besoins économiques, alimentaires et socio-culturels. Ils vont des fruits, des feuilles, des racines, aux écorces et parfois même aux fleurs et exsudats d'écorces (Agbogidi, 2010 ; Codjia *et al.*, 2007). Dans les savanes, les jachères et surtout dans les champs, les individus de *P. africana* sont très souvent coupés dans leur entièreté ou mutilés (photos 15 et 16). Ces individus écorcés présentent des troncs déformés. Les photos 17a et 17b montrent les dégâts dus à l'écorçage. Les récoltes de l'écorce semblent avoir d'incidences écologiques néfastes (Bonati, 1991; Cunningham, 1991; WWF *et al.* 1993; Walkers et Hamilton, 1994).

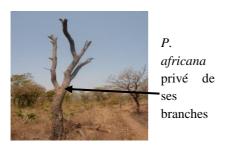


Photo 15. *P. africana* privé de ses branches (Source : Houètchégnon, 2014)

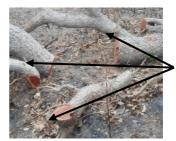


Photo 15. P. africana privé de ses branches Photo 16. P. africana coupé complètement

(Source: Houètchégnon, 2014)

P. africana

coupé pour

charbonisa-

la



P.
africana
écorsé
dans un
champ à
DassaZoumè

P. africana écorsé dans un champ à Aplahoué

Photo 17a. Effets de l'écorçage de *P. africana*

(Source: Houètchégnon, 2012)

services de la forêt

Photo 17b. Effets de l'écorçage de *P. africana* (Source : Houètchégnon, 2013)

Sokpon et Ouinsavi (2002) puis Koukoubou (2008) avaient fait le même constat pour *Khaya senegalensis* dont l'écorce est souvent prélevée en milieu anthropisé. Sachant qu'il existe d'une part, une relation manifeste entre la partie de la plante exploitée et la régénération des espèces (Delvaux *et al.*, 2009) et d'autre part, le mode de prélèvement et l'intensité de prélèvement sur la régénération des espèces (Botha *et al.*, 2004; Gaoué et Ticktin, 2007), il est important de sensibiliser les populations sur les techniques rationnelles de prélèvement des organes des plantes afin de ne pas entamer la possibilité de bénéficier durablement des

Le programme national de la pharmacopée et de la médecine traditionnelle au Bénin a évoqué sur la liste des plantes médicinales rares ou en voie de disparition *P. africana*. Ceci est en adéquation des résultats de cette étude. De même ces résultats corroborent ceux de Pasiecznik *et al.* (2004); Cadoret *et al.*, (2000);

Akinnagbe et Olutayo (2007) qui stipulent que *P. africana* a disparu de vastes parties de son aire de répartition naturelle en raison de la surexploitation.

4.4.3-Préservation de prosopis

Les enquêtes menées dans tous les grands groupes socio-culturels ont révélé que P. africana n'a fait que très peu l'objet de plantation. Ceci est un inconvénient comme l'ont signalé Deleke (2005) et Koukoubou (2008). En effet il y a inconvénient lorsque l'utilisation fréquente d'une espèce végétale n'est pas suivie de plantation et donc sans aucune tentative de domestication. Ceci augmente sa vulnérabilité. C'est pourquoi, en réponse à une dégradation rapide et intense de la végétation forestière, la domestication des plantes forestières utiles est de plus en plus recommandée à travers l'Afrique (Chantal et Salifou, 2008; Becker, 1983 ; Okigbo, 1983 ; Okigbo, 1990 ; WHO et al., 1993 ; Ouédraogo et Alexandre, 1994). Toutefois, la domestication des plantes ligneuses est un processus complexe et global en ce sens qu'il englobe à la fois les aspects biologiques, socio-économiques des espèces concernées ainsi que la situation socioéconomique du paysan qui s'engage dans ce processus. La domestication a été définie comme un changement provoqué par l'homme en la génétique de l'espèce afin de se conformer aux désirs humains et aux agroécosystèmes (Clement et al., 1999). Ainsi, Clement et al. (1999) ont décrit cinq étapes du processus de la domestication : 1) sauvages (plantes ne présentant pas de modification due à l'activité humaine); 2) accessoirement coévolué (plantes montrant des adaptations à l'environnement anthropique perturbé, mais n'ont été modifiées que par sélection humaine); 3) naissante domestication (plantes montrant quelques modifications en raison de la sélection humaine, mais dont le phénotype moyen est toujours dans la plante trouvée l'état sauvage) ; 4) semi-domestiqué (plantes montrant une modification significative par la sélection humaine pour la survie) et 5) domestiqué (plantes pouvant survivre dans des paysages cultivés). Selon ce scénario, *P. africana* est encore au début (première et deuxième étapes) du processus de domestication. Ceci confirme l'assertion de Okafor selon laquelle P. africana est très peu domestiqué (Okafor, 1981).

4.5 Conclusion partielle

Les connaissances locales sur *Prosopis africana* sont diversifiées et varient en fonction du sexe, de l'âge et du groupe socioculturel. Ainsi, les connaissances sur *l'espèce* étaient plus diversifiées et plus réparties chez les hommes plus âgés que les jeunes et les adultes hommes. Il en est de même pour les femmes. La connaissance est distribuée de façon homogène dans les groupes ethniques. Toutes les parties de *P. africana* sont utilisées pour diverses fins. La conservation de *P. africana* indigène par les populations locales est en fonction des connaissances ethnobotaniques détenues de cette espèce par ces dernières. *P. africana* est vulnérable au sein des aires socio-culturelles.

CHAPITRE 5. CARACTERISATION DENDROMETRIQUE ET STRUCTURALE DES PEUPLEMENTS A *PROSOPIS AFRICANA* AU BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST.

Publié sous la référence : Houètchégnon T., Gbèmavô D.S.J.C., Ouinsavi C., Sokpon N. (2015). **Structural Characterization of** *Prosopis africana* **Populations in Benin.** *International Journal of Forestry Research Volume 2015, Article ID 101373, 9 pages* http://dx.doi.org/10.1155/2015/101373

5. Caractérisation dendrométrique et structurale des peuplements à *Prosopis africana* au Bénin, Afrique de l'Ouest.

5.1-Introduction

En Afrique, le secteur forestier joue un rôle essentiel dans la survie de nombreuses communautés et dans le développement économique de nombreux pays particulièrement en Afrique occidentale, centrale et orientale où il existe un couvert forestier considérable (PNUE, 2006). La végétation fournit le bois d'œuvre et de service, le bois d'énergie, des produits alimentaires variés comme les fruits ou indirectement la viande de chasse, de fourrage pour le bétail, des substances diverses pour l'artisanat, l'industrie et les médicaments. Les espèces végétales sont utilisées selon leurs usages, qu'ils soient thérapeutiques, alimentaires, vétérinaires, agro forestiers, domestiques, artisanaux ou industriels (Arbonnier, 2002). Parmi ces espèces il y a Prosopis africana qui a de nombreuses utilités (Houètchégnon et al., 2015a; Essou etal., 2011). La médecine traditionnelle utilise de nombreuses ressources naturelles parmi lesquelles les végétaux occupent une place de choix (Bassabi, 2009). Cependant la croissance démographique galopante et les changements climatiques ont créé une situation nouvelle en imposant des déformations profondes et rapides de l'environnement et une exploitation accélérée des ressources forestières qui sont de plus en plus menacées de disparition. La gestion rationnelle de l'environnement apparaît donc comme une des conditions essentielles de subsistance des peuples et de développement. Les forêts contribuent également à l'identité culturelle des peuples et jouent un rôle esthétique et spirituel significatif (Guéneau, 2006). L'article 8 de la convention de la biodiversité reconnait explicitement que grâce à leur mode de vie séculaire, les populations locales ont contribué à préserver la riche biodiversité des régions qu'elles habitent (Bérard et al., 2005). Au niveau mondial, près de deux millions d'espèces vivantes sont décrites à ce jour sur un nombre total minimum d'organismes vivants estimés à dix millions espèces. Cependant, la majorité des espèces vivantes décrites reste encore mal connue du point de vue de leur écologie pour le bien-être de l'Homme (Sinsin et Kampmann, 2010). Les données disponibles sur l'écologie de P. africana sont relatives à sa distribution et à sa biogéographie sur le continent

africain, dans la sous-région et sur le plan national. La forte pression anthropique au Bénin et la durée des jachères (habitat plus favorable de prosopis) de plus en plus réduite affectent localement la structure des populations de *P. africana*. Cette situation est aggravée par le fait que l'espèce n'existe jusqu'aujourd'hui qu'en peuplements naturels et n'a pas encore fait l'objet d'étude d'aménagement, ni d'étude de régénération au Bénin. L'objectif scientifique de la présente étude est de décrire les caractéristiques dendrométriques des populations de *P. africana* dans différents types d'occupations de sol pour un aménagement futur. De façon spécifiques il s'agit de :

- 1- déterminer les caractéristiques dendrométriques de *Prosopis africana* dans différents types d'occupations de sol (savanes, jachères et champs) et dans différentes zones climatiques (guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne) du Bénin :
- 2- déterminer la structure horizontale et verticale des arbres de *P. africana* dans chacun de ces différents types d'occupations de sol et dans chacune de ces zones climatiques.

La présente étude a comme hypothèses : (i) les caractéristiques dendrométriques de *P. africana* varient d'un type d'occupations de sol à un autre et d'une zone climatique à une autre ; (ii) les caractéristiques structurales des arbres à *P. africana* varient suivant les différents types d'occupations de sol (savanes, jachères et champs) et les différentes zones climatiques.

5.2- Méthodologie

5.2.1-Méthodes de collecte des données

La caractérisation écologique et structurale de *P. africana* a été effectuée à partir d'un inventaire réalisé dans trois types d'occupations de sol (champ, jachère et savane) à dominance de *P. africana* dans les trois zones climatiques du Bénin (Figure 7). L'unité d'échantillonnage a été un placeau circulaire de 1000 m² à raison de 17,84 m de rayon avec 5 placettes de 3 m de rayon installés à l'intérieur de l'unité d'échantillonnage pour la mesure des données sur les régénérations de *P. africana*. Il a été adopté des placeaux circulaires pour des raisons de leur facilité d'utilisation

Au total 39 placeaux dans la zone guinéenne, 46 placeaux dans la zone soudanoguinéenne et 54 placeaux dans la zone soudanienne ont été inventoriés à raison de 40 placeaux dans les champs, 47 placeaux dans les jachères et 52 placeaux dans les savanes (tableau 11). Dans le même type d'occupations de sol, les placeaux circulaires sont distants d'au moins 100 m.

Tableau 11. Synthèse du plan d'échantillonnage

		_		
Zones climatiques	Champ	Jachère	Savane	Total
Guinéenne	16	12	11	39
Soudano-guinéenne	14	14	18	46
Soudanienne	10	21	23	54
Total	40	47	52	139

Les données dendrométriques qui ont été prises au niveau des unités d'observation sont le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol de tous les arbres dont le diamètre est supérieur ou égal à 10 cm, la hauteur du fût et la hauteur totale. Le nom de chaque espèce et le nombre d'arbres par espèce sont également enregistrés.

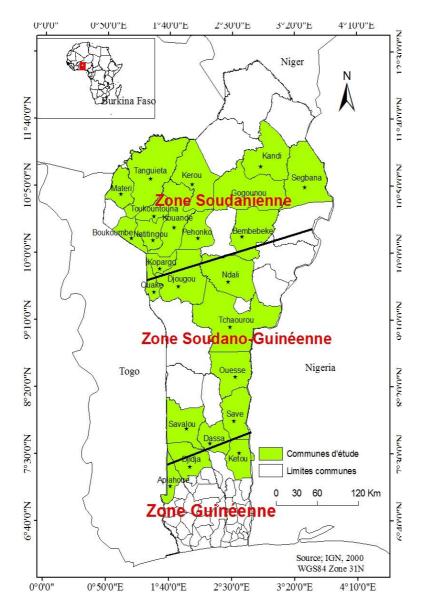


Figure 7. Communes inventoriées

5.2.2-Méthodes d'analyse des données

5.2.2.1-Calcul des paramètres dendrométriques

Les principales caractéristiques dendrométriques concernant l'ensemble des arbres présents dans les types d'occupations de sol et des populations à *P. africana* des unités d'observations à savoir la densité et la surface terrière pour *P. africana*, la surface terrière pour l'ensemble des arbres et le degré de dominance de *P. africana* ont été calculés par types d'occupations de sol à partir des formules ci-dessous présentées. La contribution à la surface terrière de *P. africana* est définie comme la proportion en pourcentage de la surface terrière des arbres de *P. africana* par rapport à l'ensemble des arbres du placeau.

- Densité des arbres par types d'occupations de sol :
 n= nombre total d'arbres du placeau de superficie s (s=0,1 ha).
 - Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne par population $Dg = \sqrt{\frac{1}{n}} \sum_{i=1}^{n} di^{2}$

n = nombre d'arbres du placeau et di= diamètre (en cm) de l'arbre i.

■ Surface terrière moyenne (G en m²/ha) des arbres

$$G = \frac{\pi}{400005} \sum_{i=1}^{n} di^2$$

Di= diamètre (en cm) de l'arbre i du placeau considéré; s =0,1 ha.

■ Hautenur de Lorey (H_L en m)

HL =
$$\frac{\sum_{i=1}^{n} gihi}{\sum_{i=1}^{n} gi}$$
 avec gi = $\frac{\pi}{4} di^2$

Diamètre de *P. africana* de surface terrière moyenne par population $Dg = \sqrt{\frac{1}{n}} \sum_{i=1}^{n} di^{2}$

n = nombre d'arbres du placeau et di = diamètre (en cm) de l'arbre i.

■ Surface terrière moyenne de *P. africana* (m²/ha).

$$G = \frac{\pi}{40000s} \sum_{i=1}^{n} di^2$$

di = diamètre (en cm) de l'arbre i du placeau considéré ; s =0,1 ha.

L'indice de Blackman (IB) et l'indice de Green (IG)

Pour analyser la structure spatiale des populations à *P. africana*, l'indice de Green et celui de Blackman ont été calculés pour étudier la distribution spatiale de l'espèce.

$$IB = S_N^2/N$$

$$IG = \frac{(IB-1)}{n-1}$$

N et S_N^2 sont respectivement la moyenne et la variance de la densité des arbres des populations à *P. africana* par types d'occupations de sol et zone climatique. IG varie de 0 (distribution aléatoire) à 1 (distribution agrégative maximale).

5.2.2.Structure des populations

L'étude du regroupement des tiges par catégories de hauteur présente un grand intérêt en matière de gestion forestière car elle est une expression de la structure du peuplement (Rondeux, 1999). Les populations à *P. africana* ont été réparties par classes de hauteur d'amplitude 2 m.

En ce qui concerne la structure en diamètre, les arbres sont regroupés par classes de diamètre d'amplitude 10 cm. Les différents histogrammes construits ont été ajustés à la distribution de Weibull à 3 paramètres (a, b et c). Cette distribution assez couramment citée dans la littérature forestière se caractérise par une grande souplesse d'emploi (Johnson et Kotz, 1970). Sa fonction de densité de probabilité se présente sous la forme ci-dessous (Rondeux, 1999).

$$f(x) = \frac{c}{h} \left(\frac{x-a}{h}\right)^{c-1} e^{-\left[\frac{x-a}{h}\right]^{c}}$$

où x = diamètre des arbres;

a = paramètre d'origine (ou de position) ; il est égal 0 si toutes catégories d'arbres sont considérés (des plantules jusqu'aux semenciers); il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre supérieur ou égal à 10 cm ; dans la présente étude, a est égal à 10 cm dans le cas des structures en diamètre et égal à 3 m et 3 m puis 1,3 m respectivement dans les zones guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne dans le cas des structures en hauteur des arbres.

b = paramètre d'échelle ou de taille ; il est lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des arbres du peuplement considéré.

c = paramètre de forme lié à la structure en diamètre ou hauteur considéré.

Pour chaque peuplement, les données de diamètre à 1,3 m du sol et de hauteur ont été utilisées pour estimer les paramètres b et c, au moyen de la méthode du maximum de vraisemblance (Burk et Newberry, 1984).

Par ailleurs, la distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme c (tableau 12).

Tableau 12. Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre c

Valeur de c	Type de distribution	Références
c<1	Distribution en «J renversé », caractéristiques des	Husch et al.,
	peuplements multispécifiques ou inéquiennes.	2003
c=1	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique	Husch et al.,
	des populations en extinction.	2003
1 <c<3,6< td=""><td>Distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche,</td><td>Husch et al.,</td></c<3,6<>	Distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche,	Husch et al.,
	caractéristique des peuplements monospécifiques avec	2003
	prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres.	
c=3,6	Distribution symétrique; structure normale, caractéristique	Husch et al.,
	des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.	2003
c>3,6	Distribution asymétrique négative ou asymétrique droite,	Husch et al.,
	caractéristique des peuplements monospécifiques à dominance	2003
	d'individus âgés.	

La distribution de la hauteur ou de diamètre des arbres a été adaptée pour entrer la fonction de Weibull avec le logiciel Minitab 16.

5.2.2.3-Analyse statistique

Les données dendrométriques par type d'occupation du sol (savane, jachère et champ) et par zone climatique (guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne) ont été soumises à une ANOVA à 2 critères de classification.

5.3-Résultats

5.3.1-Caractéristiques dendrométriques de P. africana

5.3.1.1- Caractéristiques dendrométriques suivant les types d'occupations de sol

Le tableau 13 présente les caractéristiques dendrométriques au niveau peuplement global et au niveau des populations à *P. africana* selon les types d'occupations de sol étudiés.

Pour ce qui est de l'ensemble des espèces dans ces types d'occupations, la densité est en moyenne de 126,28 tiges/ha; 109 tiges/ha et 58 tiges/ha respectivement dans les savanes, les jachères et les champs. Le diamètre de l'arbre moyen pour ces types d'occupation est compris entre 9 et 11 cm avec la forte valeur au niveau

du champ. Pour ce qui est de la surface terrière, elle est en moyenne de 4,44 m²/ha au niveau du champ ; 5 m²/ha au niveau de la savane et puis 5m²/ha au niveau de la jachère. Le test de comparaison des moyennes effectué pour ces différents paramètres en considérant les trois types d'occupations montre une différence hautement significative au seuil de 1% de probabilité.

En ce qui concerne, les populations à *P. africana*, au sein des types d'occupations de sol, la densité est de 41 pieds/ha en moyenne. Cette valeur représente le potentiel ligneux sur pied en *P. africana* dans les savanes, jachères et champs. Suivant les types d'occupations de sol, elle varie de 52 pieds/ha dans la savane ; de 35 pieds/ha dans la jachère et dans le champ.

L'analyse du tableau 13 révèle que le diamètre, la surface terrière, la hauteur de Lorey des populations de l'espèce varient respectivement de 30 à 37cm; 3 à 4m²/ha et 9 à 11 m entre ces types d'occupations avec les valeurs élevées au niveau du champ pour les deux premiers paramètres et au niveau de la jachère pour le dernier paramètre. Comme l'indique les probabilités consignées dans le tableau 13, une différence significative au seuil de 5% est notée entre les types d'occupations de sol.

La densité des régénérations est plus forte dans les milieux les moins anthropisés. Elle est en moyenne 28 pieds/ha au niveau de la savane ; 23 pieds/ha au niveau de la jachère et puis 7 pieds/ha au niveau du champ.

Tableau 13. Caractérisations dendrométriques des peuplements à *P. africana* dans chaque type d'occupations de sol : moyennes issues des moindres carrés (m), écart-type (se) et probabilité.

Paramètres	Champ (p	hamp (pl= 40) Jachère (pl= 47)		Savane (pl=52)		Prob	
	m	se	m	se	m	se	
P. africana							
Densité (N, pieds/ha)	34,95ab	5,54	34,74b	5,16	52,39a	4,97	0,022
Diamètre (Dg, cm)	37,02a	2,36	33,66a	2,20	29,61a	2,12	0,067
Surface terrière (G, m²/ha)	4,47a	0,71	3,01a	0,67	3,31a	0,65	0,303
Hauteur de Lorey (HL, m)	9,25a	0,42	10,72b	0,39	8,66b	0,38	0,001
Densité de régénération	7,28a	12,3	23,21a	11,48	27,96a	11,05	0,438
(Nr, plants/ha)							
Global							

Densité (N, pieds/ha)	58,23b	16,81	108,62ab	15,68	126,28a	15,09	0,010
Diamètre (Dg, cm)	10,73a	0,66	8,91ab	0,62	8,57b	0,60	0,041
Surface terrière (G, m²/ha)	4,44a	0,89	5,47a	0,83	4,97a	0,80	0,696

5.3.1.2- Caractéristiques dendrométriques suivants les zones climatiques

Le tableau 14 présente les caractéristiques dendrométriques du peuplement global et des populations à *P. africana* par zone climatique. Pour ce qui est de l'ensemble des espèces dans ces zones climatiques, la densité est de 97,71 tiges en moyenne et varie entre 61,71 à 123 tiges/ha. Le diamètre pour ces zones varie entre 6,7 à 11,57cm avec la forte valeur au niveau de la zone guinéenne. Le test de comparaison des moyennes effectué pour ces différents paramètres en considérant les trois types de zones climatiques montre une différence hautement significative au seuil de 1% de probabilité pour la densité, le diamètre et la surface terrière moyenne.

En ce qui concerne, les populations à *P. africana*, au sein de ces zones climatiques, la densité est de 41 pieds/ha en moyenne. Soit une densité de 28 pieds/ha ; 58 pieds/ha et 35 pieds/ha respectivement dans les zones guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne.

La densité de régénération varie entre 5 et 43 tiges/ha. Elle est plus élevée dans les zones soudano-guinéenne (43 individus/ha) et soudanienne (11 individus/ha). La plus faible densité de régénération se trouve dans la zone guinéenne (5 individus/ha). L'analyse du tableau 14 révèle que, le diamètre et la hauteur de Lorey des populations de l'espèce est, respectivement, en moyenne 33 cm et 10 m. Plus le milieu est arrosé plus est élevée la valeur des diamètres. Par contre, le gradient climatique n'a probablement pas d'influence sur la hauteur. En effet, on constate du tableau 14 qu'elle est en moyenne de 11 m dans la zone guinéenne ; 9 m dans la zone soudano-guinéenne et dans la zone soudanienne. Le test de comparaison des moyennes de ces paramètres entre les zones climatiques montre une différence significative au seuil de probabilité de 5%. Quant à la surface terrière moyenne et la contribution à la surface terrière de l'espèce, elles sont respectivement de 3 m²/ha en zone guinéenne ; 6 m²/ha en zone soudano-guinéenne et 1 m²/ha en zone soudanienne. Comme l'indiquent les probabilités consignées dans le tableau 14, une différence significative au seuil de 5% est

notée entre les zones climatiques en ce qui concerne tous ces différents paramètres.

L'indice de dispersion de Green (IG = 0.054 est proche de la valeur 0) montre que les sujets de P. africana au sein de ces zones climatiques sont caractérisés par une distribution aléatoire, ce qui concorde bien avec les observations faites sur le terrain.

Tableau 14. Caractérisations dendrométriques des peuplements à *P. africana* dans chaque zone climatique : moyennes issues des moindres carrés (m), écart-type (se) et probabilité.

Paramètres	Zone guinéenne (pl= 39)		Zone soudano- guinéenne (pl=46)		Zone soudanienne (pl= 54)		Prob
	m	se	m	se	m	se	_'
P. africana							
Densité (N, pieds/ha)	28,45b	5,59	58,21a	5,09	35,41b	4,98	0,000
Diamètre (Dg, cm)	40,38a	2,38	37,28a	2,17	22,63b	2,12	0,000
Surface terrière (G, m²/ha)	3,33b	0,73	6,08a	0,66	1,38b	0,65	0,000
Hauteur de Lorey (HL, m)	11,25a	0,43	8,51b	0,39	8,88b	0,38	0,000
Densité de régénération (Nr, plants/ha) Global	4,85a	12,44	42,50a	11,31	11,10a	11,08	0,051
Densité (N, pieds/ha)	108,15ab	16,98	123,27a	15,45	61,71b	15,13	0,014
Diamètre (Dg, cm) Surface terrière (G, m²/ha)	11,57a 5,07a	0,67 0,90	9,94a 7,72a	0,61 0,82	6,70b 2,10b	0,60 0,80	0,000 0,000

5.3.2-Répartition des individus de P. africana par classe de diamètre

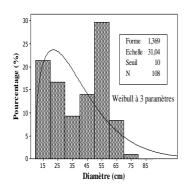
Les figures 8 ; 9 et 10 présentent la structure en diamètre des populations à *P. africana* des trois zones climatiques du Bénin. Il ressort des figures 8 et 10 que les populations des zones guinéenne et soudanienne présentent une distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres

avec de valeur du paramètre de forme c de la distribution de Weibull comprise entre 1 < c < 3,6. Quant à la figure 9 il y a une distribution en « J renversé», caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes avec de valeur du paramètre de forme c de la distribution de Weibull c < 1.

Au niveau des populations de la zone guinéenne, les individus de diamètres compris entre 50 cm et 60 cm sont largement les plus dominants. Par ailleurs, les individus de diamètre supérieur à 80 cm sont quasi absents au sein de cette population.

Par contre, ce sont les individus de diamètres compris entre 10 cm à 20 cm qui sont largement les plus dominants au niveau des populations de la zone soudano-guinéenne.

Les individus de la population de la zone soudanienne présentant des diamètres compris entre 10 cm et 30 cm sont largement dominants. Les individus de diamètre supérieur à 90 cm sont quasi absents au sein de cette population.



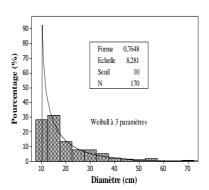


Figure 8. Structure en diamètre des populations populations àà *P. africana* de la zone guinéenne

Figure 9. Structure en diamètre des *P. africana* dans la zone soudano-guinéenne

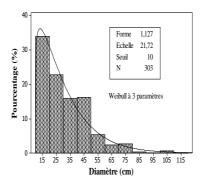
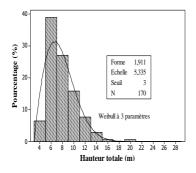


Figure 10. Structure en diamètre des populations à P. africana de la zone soudanienne

5.3.3- Répartition des individus de P. africana par classe de hauteur

Les figures 11 ; 12 et 13 montrent les structures en hauteur des individus pour les populations à *P. africana* dans les trois zones climatiques du Bénin. Il ressort de cette distribution que le paramètre (*c* de Weibull) est compris entre les valeurs 1 et 3,6. Il s'agit donc d'une distribution asymétrique gauche, caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus de faibles hauteurs. Les individus les plus représentés ont des hauteurs appartenant aux classes de hauteur 8 m à 12 m dans la zone guinéenne ; 6 m à 10 m dans la zone soudano-guinéenne et 6 m à 12 m dans la zone soudanienne. Les classes de hauteur supérieure à 21 m sont quasi absentes dans la zone guinéenne. Elles sont par contre absentes à plus de 23 m dans la zone soudano-guinéenne. Quant à la zone soudanienne, les classes de hauteur supérieure à 22 m sont quasi absentes.



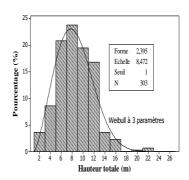


Figure 11. Structure en hauteur des populations à à *P. africana* de la zone guinéenne

Figure 12. Structure en hauteur des populations à *P.africana* de la zone soudano-guinéenne

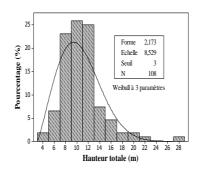


Figure 13. Structure en hauteur des populations à P. africana de la zone soudanienne

5.4-Discussion

5.4.1- Caractéristiques dendrométriques de P. africana

Les paramètres dendrométriques sont des outils importants utilisés en foresterie. Sokpon (1995) a signalé que le diamètre de l'arbre moyen est un paramètre d'intérêt très pratique et qui est souvent recommandé en sylviculture. Selon ce dernier, la surface terrière est un bon outil de classification de maturité des forêts. Les valeurs moyennes de densité notées dans les peuplements de savane (52,39 arbres/ha) sont nettement inférieures à celles obtenues dans les régions de savanes

par Glèlè Kakaï *et al.*, (2008) pour les peuplements de *Pterocarpus erinaceus* (169,4 arbres/ha), Sagbo (2000) dans les peuplements à dominance de *Isoberlinia* spp. (205 arbres/ha) et par Ouédraogo *et al.*, (2006) au Burkina-Faso (4000 individus/ha).

Les valeurs dendrométriques dans la zone soudano-guinéenne (58,21 individus/ha) sont également inférieures à celles obtenues dans la même zone par Gbesso *et al.*, 2014) (78 et 133 individus/ha) pour *Borassus aethiopum*.

Les écarts peuvent être, en partie, dus aux méthodes d'inventaire utilisées et aussi au fait que les espèces étudiées n'ont pas les mêmes biologies bien qu'occupant le même habitat. Ils peuvent également traduire, en partie, la forte pression anthropique exercée par les populations riveraines sur les essences forestières de valeur. Le diamètre des populations de *P. africana* est plus élevé dans les champs et dans les zones guinéennes et soudano-guinéennes. Ceci peut être lié à une absence de pression et à une meilleure protection des *P. africana* par les paysans. De même cela peut être dû à l'abondance de la pluviométrie qui pourrait avoir un effet positif sur la grosseur des diamètres. Notons que la conservation dans les champs par les populations locales à des fins alimentaires humaines (condiments à base des graines qui se vendent à Effèoutè dans Kétou, aux marchés de Dassa-Zoumè, de Glazoué, d'Aplahoué et de Klouékanmè) dans ces zones climatiques pourrait avoir un effet positif. Les arbres auraient bénéficié des entretiens faits aux cultures dans les champs. De plus les grands écartements notés dans les champs et les jachères pourraient favoriser la croissance en diamètre en limitant l'effet de densification et en réduisant la compétition pour les éléments nutritifs et la lumière.

La variation de la surface terrière des groupes végétaux étudiés, laisse apparaître l'importance de l'exploitation de *P. africana* en arboriculture. Les résultats de densité et de régénération indiquent que le peuplement est très dense dans les savanes que dans les types d'occupations anthropisées ; ce qui peut faire dire que l'espèce subit une forte pression. Ces résultats sont similaires à ceux de Assogbadjo *et al.*, (2009) dans la forêt classée de Wari-Maro qui a montré que les caractéristiques dendrométriques ont plus de valeurs pour *Anogeissus leiocarpa* dans les peuplements soumis à une faible pression.

De tels résultats ont été également obtenus par Kiki (2008) sur *Vitex doniana*, Fandohan *et al.*, (2010) sur *Tamarindus indica* qui ont montré que les pressions anthropiques ont un effet négatif sur les paramètres dendrométriques tels que la densité de régénération et la densité des adultes mais un effet positif sur le diamètre moyen.

Par contre les hauteurs sont plus élevées dans la zone la plus arrosée (guinéenne) que les autres zones. C'est ainsi qu'on retrouve des individus de 11,25 m. Ces valeurs sont inférieures à celles de Ouinsavi *et al.* (2011) qui ont obtenu respectivement pour le rônier plus de 15 m de hauteur dans la zone soudanienne puis à ceux de Bonou *et al.* (2009) et de Sinsin *et al.*(2004) qui ont obtenu respectivement des valeurs de 16,9 m et 17 m pour *Afezelia africana*.

5.4.2- Caractéristiques structurales de P. africana

L'aménagement des peuplements forestiers nécessite la maîtrise de la structure en diamètre et en hauteur des arbres. Ces structures sont révélatrices des événements liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999). Les peuplements forestiers, selon qu'ils soient monospécifiques ou multispécifiques, équiniennes, jeunes ou âgés présentent des structures-types. Il est connu que les structures en diamètre et en hauteur de ces types de peuplements forestiers s'ajustent à des distributions théoriques connues (Husch et al., 2003). D'après Rondeux (1999), Philip (2002) et Chris et al. (2005), en structure équienne, les grosseurs par classes de diamètre présentent une distribution typique s'apparentant souvent à une courbe de Gauss qui peut devenir dissymétrique voir bimodale dans certaines circonstances. Selon les mêmes auteurs, dans un peuplement équienne, tous les arbres ont le même âge ou à peu près avec une faible variable de la hauteur s'expliquant principalement par leur position sociale (dominants, co-dominants). Les structures horizontales des populations ont pour la plupart une asymétrie gauche caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres ou de faibles hauteurs. Cependant, la structure en diamètre de la zone soudano-guinéenne a présenté une distribution dont l'allure est en "J renversé" qui, selon Rondeux (1999) et Husch (Husch et al., 2003), est caractéristique des peuplements multispécifiques. Selon les mêmes auteurs, la dissymétrie gauche est tributaire de la sylviculture pratiquée et est

notamment observée si la vigueur des coupes est forte dès le jeune âge. Dans le cas de cette étude, l'ensemble des structures en diamètres au niveau des types d'occupations de sol et des zones climatiques exceptée la zone soudanoguinéenne présentent une distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche. Ces structures en diamètres de *P. africana*, au niveau de ces types d'occupations de sol et zones climatiques présentent une allure en forme de cloche, caractéristique des peuplements monospécifiques. Ces distributions présentant une dissymétrie gauche (1<c<3,6), ont une caractéristique d'une prédominance relative des individus jeunes ou de petits diamètres. Mais puisque l'on peut affirmer que les individus de *P. africana* de ces types d'occupations de sol et zones climatiques ne sont ni tous de même âge et qu'ils ne sont ni jeunes pour autant, alors les dissymétries gauches observées ne pourront être expliquées par la jeunesse des populations de l'espèce mais plutôt par leur perturbation ou leur vulnérabilité à certains stades de leur développent.

En ce qui concerne la distribution en hauteur des arbres, elle présente globalement une forme gaussienne qui peut être asymétrique selon les conditions de vie du peuplement. Quant à la structure en hauteur, l'ensemble présente une allure en cloche d'une distribution à dissymétrie gauche, caractéristique des peuplements avec prédominances d'individus de faibles hauteurs.

5.5 Conclusion partielle

La caractérisation structurale des peuplements à P. africana a permis d'avoir la structuration dendrométrique et horizontale des groupes de peuplements de P. africana, distincts par leurs traits spécifiques induits par les conditions climatiques et les strates végétatives que sont les champs, les jachères et les savanes. On peut retenir que deux types d'habitat sont favorables au développement de l'espèce. Il s'agit des zones de savanes et de jachères. En outre, on peut également retenir que l'espèce est pratiquement présente dans toutes les zones climatiques du Bénin mais en densité très variée ; et que c'est dans les zones soudanienne et soudano-guinéenne qu'elle est assez abondante.

La Structure horizontale des populations de prosopis du Bénin, ajustée à la distribution de Weibull a montré une distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance de jeunes arbres au sein de ces populations. Les caractéristiques

structurales des peuplements variaient beaucoup d'une zone climatique à l'autre et d'une formation végétale à une autre.

CHAPITRE 6. VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DE PROSOPIS AFRICANA AU BENIN

Publié sous la référence : Houètchégnon T., Gbemavo D.S.J.C., Ouinsavi C., Sokpon N. (2015). Morphological Variability of *Prosopis africana* in Benin, West Africa. **American Journal of Plant Sciences, 2015, 6, 1069-1079** Published Online April 2015 in SciRes. http://www.scirp.org/journal/ajpshttp://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.67111

6. Variabilité morphologique de *Prosopis africana* au Bénin. 6.1-Introduction

L'Afrique est riche en espèces de plantes cultivées ou non cultivées possédant un grand potentiel agronomique et commercial. Toutefois, certaines de ces espèces restent sous-utilisées par manque d'attention de la part des politiques et des scientifiques. Aujourd'hui, la majorité de ces espèces est menacée de disparition à cause de l'exploitation peu durable qui accompagne la croissance de la population humaine (Assogbadjo et al., 2010). L'utilisation et la gestion durable des arbres demandent une caractérisation de leur matériel végétal sur les plans morphologique, biochimique et moléculaire afin de différencier les individus. Plusieurs travaux sur la variabilité des espèces ligneuses importantes pour les populations rurales ont été menés. Il y a entre autres les travaux de Kouyaté (Kouyaté et al., 2011) sur la variabilité morphologique du baobab au Mali, de Zahidi (Zahidi et al., 2013) sur Argania spinosa au Sud-Ouest de Maroc, de Assogbadjo (2006) sur Adansonia digitata au Bénin, de Bationo/Kando (Bationo/Kando et al., 2008) sur Sclerocarya birrea au Burkina Faso, de Ouinsavi et Sokpon (2010) sur Milica excelsa. De même, plusieurs auteurs ont travaillé sur la variabilité du genre Prosopis compte tenu de ses nombreuses utilités (Houètchégnon et al., 2015a; Essou et al., 2011). Il en est de même pour les recherches de Pasiecznik et al., (2001) sur la monographie de Prosopis juliflora et de *Prosopis pallida*, de Arbonnier (2002) ; de Helen et Moctar (2007). De toutes ces recherches morphologiques sur Prosopis en général et P. africana en particulier, aucune n'a abordé spécifiquement les descripteurs du port et de l'architecture de la plante ainsi que les descripteurs de production. La connaissance de ces descripteurs est pourtant indispensable et ces derniers ont été utilisés par Leakey et al., (2005a, 2005b) et Bationo/Kando (Bationo/Kando et al., 2008) pour caractériser la diversité génétique chez S. birrea. La variabilité des espèces végétales, en général, s'exprime au niveau des caractéristiques de l'appareil végétatif et/ou de l'appareil reproducteur de la plante. Pour Kouyaté(2005), la caractérisation variétale doit concerner les individus qui se sont adaptés à des conditions écologiques spécifiques. Selon ce dernier et Zhang (2012), la description est nécessaire pour l'ensemble des activités d'amélioration génétique et de sélection variétale des plantes, car elle permet (1) de cibler les descripteurs morphologiques intéressants et (2) de connaître ceux qui sont liés aux facteurs environnementaux. Toute démarche de domestication débute par l'exploitation de la variabilité naturelle existante en sélectionnant, avec l'aide des populations, les sujets aux phénotypes les plus intéressants pour les critères considérés, désignés comme 'arbres plus' (Soloviev *et al.*, 2004).

Au regard de la nécessité d'identifier les morphotypes de *Prosopis africana* pour la promotion de sa culture en Afrique en général et au Bénin en particulier, il est urgent d'identifier le niveau de la plus grande variabilité des caractéristiques de la plante et de ressortir les caractéristiques les plus discriminants. La présente étude prend en compte à la fois les descripteurs de croissance et de production de *P. africana* pour l'analyse de sa variabilité. Une question de recherche fondamentale fonde cette étude : Existe-t-il des populations morphologiquement différentes de *P. africana* au Bénin ?

6.2-Matériel et méthode

6.2.1-Matériel

Le matériel biologique de cette étude est constitué par les organes (gousses, feuilles et troncs) de *Prosopis africana*. Le matériel de mesures est constitué d'un décamètre pour la délimitation des placeaux ; de coupe-coupe pour l'ouverture des layons et la confection des piquets de coins ; du ruban π pour la mesure des diamètres des arbres à 1,30 m au-dessus du sol. Du clinomètre SUNNTO pour la mesure des hauteurs (hauteur fût, hauteur houppier, hauteur à la première ramification) ; du pied à coulisse pour la mesure de diamètre des gousses, des graines et des pétioles puis la longueur des foliolules. Il y a aussi l'usage du GPS (Global Positioning System) pour le géo-référencement des sites échantillonnés puis de balance électronique pour la pesée des gousses, des pulpes et des graines et enfin de mètre ruban pour des mesures de longueur des gousses, des feuilles, des folioles

6.2.2-Méthodes de collecte des données

La caractérisation morphologique concerne 486 arbres identifiés dans huit départements avec vint six (26) Communes du Bénin (Figure 7) en suivant le

gradient climatique. Il faut noter que ces zones ont été déjà objets des études dendrométriques et ethnobotaniques (chapitres 4 et 5). Un lot de sept cent trentecinq (735) fruits mûrs (gousse entière contenant pulpe, graine et coque) a été collecté sur vingt-huit (28) arbres pour constituer un échantillon de base. Chaque fruit a été mesuré (longueur, diamètre des bouts inférieur, supérieur et du milieu de gousse). La longueur de sept cent trente-cinq (735) graines a été déterminée. La masse totale de fruit, de pulpe et de graines avec un peson électronique de 50 grammes a été effectuée. Cent trente-neuf (139) feuilles ont été également collectées et mesurées (longueurs des feuilles, des folioles et des foliolules ; le nombre de folioles et de foliolules ; le diamètre des pétioles). En s'inspirant des méthodes de Leakey et al., (2000, 2005a, 2005b) et de Bationo/Kando et al., (2008) sur Sclerocarya birreaun inventaire a été effectué dans trois types d'occupations de sol (champ, jachère et savane) à dominance de P. africana dans les trois zones climatiques du Bénin. L'unité d'échantillonnage a été un placeau circulaire de 1000 m². Au total 39 placeaux dans la zone guinéenne, 46 placeaux dans la zone soudano-guinéenne et 54 placeaux dans la zone soudanienne ont été inventoriés à raison de 40 placeaux dans les champs, 47 placeaux dans les jachères et 52 placeaux dans les savanes. Il a été adopté des placeaux circulaires car ils permettent d'avoir une meilleure relation entre la surface de l'échantillon et son périmètre. De plus, leur facilité d'utilisation reste un atout et surtout du fait que l'effet de bordure reste limité.

Les données prises au niveau des unités d'observation sur les individus de dbh ≥ 10 cm sont : la hauteur du fût, du houppier et à la première ramification, le diamètre à hauteur de poitrine (DBH) et le nombre de branches principales ; la longueur et le diamètre des gousses, le poids de la gousse entière, le poids de la pulpe, le poids d'une graine, le nombre de graines par gousse, le diamètre houppier, la longueur feuille, la longueur foliole, la longueur foliolule, le nombre de folioles, le nombre de foliolules.

6.2.3- Analyse statistique des données

Pour la détermination des caractères morphologiques, une analyse des composantes de la variance à six facteurs (zone climatique, département, commune, localité, types d'occupations de sol et individus) modèle

complètement hiérarchisé a été réalisée sur la matrice de 1038 lignes représentant les 486 pieds de prosopis et de 25 colonnes représentant les 19 paramètres morphométriques ainsi que leur zone climatique, département, commune, localité, type d'occupations de sol de provenance et pieds de prosopis. L'analyse des composantes de la variance a permis d'indiquer le niveau où se situe la plus grande variabilité d'un caractère.

L'identification des classes de prosopis morphologiquement distinctes requiert l'utilisation des variables morphométriques les plus discriminantes. A cet effet, une analyse factorielle discriminante pas à pas a été réalisée pour identifier les variables les plus discriminantes des zones climatiques, des départements, des communes, des localités, des types d'occupations de sol et des pieds de prosopis. Cette analyse a permis de savoir que toutes les 19 variables étaient significativement discriminantes et devraient être prises toutes en compte.

La classification hiérarchique ascendante (CHA) des paramètres morphométriques de prosopis a donc été réalisée au niveau des pieds de prosopis sur la base d'une matrice de 1038 lignes représentant les 486 individus de prosopis et de 19 colonnes représentant les 19 paramètres morphométriques. Le nombre de classe représentatif a été déterminé en suivant la valeur du coefficient de détermination (R²) qui indique la quantité d'information conservée pour chaque nombre de classes de prosopis retenu. Le seuil considéré est de 50% (Glèlè Kakaï *et al.*, 2006).

Une analyse factorielle discriminante (AFD) a été ensuite réalisée sur ces classes afin d'analyser leurs caractéristiques morphométriques. Enfin, les moyennes et coefficient de variation de chaque paramètre ont été calculés pour chaque classe afin de faciliter l'analyse des résultats. Pour le traitement des données, le tableur Excel a été utilisé et les analyses ont été réalisées au moyen du logiciel SAS v9.2.

6.3- Résultats

6.3.1-Variation des caractéristiques morphométriques de *Prosopis africana* L'analyse des composantes de la variance révèle que la variabilité de prosopis est

L'analyse des composantes de la variance révèle que la variabilité de prosopis est globalement plus grande au sein des individus (Tableau15). La variation d'une zone climatique à une autre observée est plus faible. La plus grande variabilité (22%) entre zones climatiques est observée au niveau de la longueur des

foliolules. Il ressort de ces résultats que la plus grande variabilité de prosopis est observée entre les pieds de prosopis et non entre les types d'occupations de sol, ni entre les localités, ni entre les communes, ni entre les départements et encore moins entre les zones climatiques. Le diamètre à hauteur d'Homme, la hauteur du fût, la hauteur à première ramification, le diamètre houppier, la longueur foliole et le nombre de foliolules ainsi que le nombre de folioles, de graines puis le diamètre gousse ont une plus grande variabilité au sein des zones climatiques alors que les autres variables : la longueur feuille, le diamètre pétiole, la longueur gousse et le nombre de ramifications ont leur plus grande variabilité au sein des types d'occupations de sol. Il existe donc une grande hétérogénéité au sein des prosopis d'une même zone climatique, Département, Commune, localité et type d'occupations de sol. Il ressort de cette analyse que le groupe des individus de prosopis (*P. africana*) est donc préférable au groupe des zones climatiques, départements, communes, localités et types d'occupations de sol de provenance des prosopis.

6.3.2- Discrimination des paramètres morphologiques

Une bonne caractérisation des individus de prosopis suivant les types d'occupations de sol ou les zones climatiques de provenance ou même des classes requiert l'identification préalable caractéristiques de prosopis des morphométriques les plus discriminantes. Les résultats d'analyse discriminante pas à pas (Tableau 16) effectuée à cet effet révèlent que sur les 19 caractères morphométriques, sept (7) dans les types d'occupations de sol et douze (12) dans les zones climatiques ont un pouvoir discriminant statistiquement significatif (Prob<0,0001). En d'autres termes, la classification des prosopis de même que l'analyse de la variation des caractères morphométriques suivant les classes de prosopis, les types d'occupations de sol et les zones climatiques nécessiteront la prise en compte des 7 et 12 variables respectivement pour les types d'occupations de sol et les zones climatiques.

Les résultats indiquent par ailleurs que pour discriminer les pieds de prosopis des types d'occupations de sol, les 7 caractères morphométriques les plus discriminants sont la longueur feuille, le diamètre à hauteur d'homme, la hauteur houppier, la longueur gousse, le nombre de foliolules, le nombre de ramifications

et le diamètre pétiole. A l'échelle des zones climatiques, les 12 caractères morphométriques les plus discriminants sont la hauteur houppier, la longueur foliolule, la longueur foliole, le poids total fruit, la hauteur à la première ramification, le nombre de graines, le poids pulpe, le nombre de foliolules, le diamètre à hauteur d'homme, la hauteur fût, le diamètre pétiole et le nombre de ramifications.

6.3.3- Principaux morphotypes identifiés

La classification hiérarchique ascendante des 481 individus de prosopis mesurés sur la base des 19 caractéristiques morphométriques a permis d'identifier 10 groupes pouvant être considérés comme des morphotypes (tableau 15) avec un coefficient de détermination (R²) de 52,6%. La valeur de R² retenue est suffisante pour obtenir des classes suffisamment distinctes les unes des autres. Les groupes C2, C1 et C3 comportent un nombre élevé d'individus de prosopis alors que les groupes C9 et C10 recèlent moins d'individus mesurés (Figure 14).

Tableau 15. Résultats de l'analyse des composantes de la variance sur les caractéristiques morphométriques de prosopis (*P. africana*) au Bénin

Composante de la variance	dbh	Hf	Hh	dh	hr	nr	Lf	Lfo lu	Lfoli o	Nf oli	Nf olu	Dpet io	Lgo	Dgou	PT	Ppu	Pgr	Lgra	Ngr
ZC	29,3	0,2	0,2	0,4	0,1	0	1,5	1,1	0,6	0,2	0	0,1	0,3	0,3	0	0	0	0	0,9
	(6%)*	(3%)*	(1%)n	(2 %) n	(2%)*	(0%) n	(5%) n	(22 %)*	(8%) n	(2 %) n	(0 %) n	(2%)n	(3%)*	(2%) n	(0%)n	(0%)n	(0%)n	(0%) n	(3%)n
Dep(ZC)	106,6 (21%) ns	1,6 (27 %)n	3,5 (12%) ***	2,2 (12 %) *	1 (34 %)n	0,8 (16%)***	3,8 (14%)n	0,1 (5%)n	0,2 (2%) n	0,2 (2 %) n	0,2 (1 %) n	0 (0%)n	0,3 (3%)n	0,6 (4%) n	0 (0%)n	0 (0%)n	0 (0%)n	0 (0%) n	0,6 (2%)n
Commune (ZC*Dep)	77,1	0,7	3,4	3	0,1	0,5	1,3	0,6	2,3	0,2	2,5	0,1	0,3	3,2	0	0	0	0,1	1,1
(=====)	(15%) ns	(12 %)n	(12%) n	(16 %) n	(3%)n	(9%) n	(5%) n	(12 %)n	(30%)n	(2)	(23)n	(2%)n	(3%)n	(23%)***	(0%)n	(0%)n	(0%)n	(14)n	(4%)n
Loca(ZC*Dep*C om)	123,1	2,7	13,6	4,8	1,8	0,5	5,7	0	2,7	2,3	4	0	0,5	3,3	0	0	0	0	1,4
om,	(24%) ns	(43 %)n	(47%) n	(27 %) n	(60 %) n	(9%) n	(21%)n	(0%)n	(35%)n	(21 %) n	(37 %) n	(0%)n	(6%)n	(24%)n	(0%)n	(0%)n	(0%)n	(0%) n	(5%)
TOC(ZC*Dep*C om*Loca)	63,1	0,4	2,8	2,8	0	2,4	14	0,1	0,8	2,2	0,5	0,1	0,7	1,7	0	0	0	0,1	3,9
	(12%) ***	(7%)** *	(10%) ***	(15 %) ***	(0%)***	(46%)***	(51%)***	(2%)n	(11%)***	(20 %) n	(4 %) n	(5%)***	(9%)***	(12%)***	(0%)***	(0%)***	(0%)***	(14%)n	(13%) ***
Erreur ¹	112,3 22%	0,4 7%	5,4 19%	4,9 27 %	0 0%	1 19%	1,2 4%	3,1 59 %	1,1 14%	5,7 52 %	3,8 35 %	2,9 91%	6,6 76%	4,9 35%	0,3 100 %	0,1 100 %	0,1 100 %	0,6 74%	22,1 74%

ns=non significatif, *=significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 0,1%

dbh=diamètre à hauteur d'homme ; Hf=Hauteur fût ; Hh=Hauteur houppier ; dh=diamètre houppier ; hr=hauteur à la première ramification ; nr=nombre de ramification ; Lf=longueur feuille ; Lfolu=Longueur foliolule ; Lfolio=Longueur foliole ; Nfolio=Nombre de folioles ; Nfolu=Nombre de foliolules ; Dpetio=Diamètre de pétiole ; Lgo=Longueur gousse ; Dgou=Diamètre gousse ; PT= Poids total fruit ; Ppu=poids pulpe ; Pgr=Poids graine ; Lgra=Longueur graine ; Ngr=Nombre de graine par gousse ; ZC= Zone Climatique ; Dep=Département ; Com=Commune ; Loca=Localité ; TOC=Types d'Occupations de Sol. Variance entre pieds de prosopis au sein d'un type d'occupations de sol

Tableau 16. Pouvoir discriminant des caractéristiques morphométriques des pieds de *P. africana* suivant les types d'occupations de sol et les zones climatiques de provenance

Dis	crimination de	es zones climati	ques			Discriminati	on des types d'o	occupations de	sol
Nº	Variables	F -Value	Wilks' ?	ASCC	N°	Variables	F -Value	Wilks' λ	ASCC
1	Hh	51,91***	0,59***	0,21***	1	Lf	45,40***	0,62***	0,19***
2	Lfolu	29,17***	0,42***	0,34***	2	dbh	15,92***	0,51***	0,27***
3	Lfolio	20,16***	0,33***	0,40***	3	Hh	15,60***	0,42***	0,33***
4	PT	17,07***	0,27***	0,45***	4	Lgousse	6,85*	0,39***	0,35***
5	hr	12,93***	0,23***	0,49***	5	Nfolu	3,26*	0,37***	0,36***
6	Ngrai	6,85***	0,21***	0,51***	6	nr	2,77n	0,36***	0,38***
7	Ppulpe	10,95***	0,18***	0,53***	7	Dpetiole	3,33*	0,34***	0,39***
8	Nfolu	4,06*	0,17***	0,54***	<u>'</u>				
9	dbh	3,16*	0,16***	0,55***					
10	Hf	3,55*	0,16***	0,56***					
11	Dpetiole	3,94*	0,15***	0,58***					
12	nr	4,63*	0,14***	0,60***					

Average Squared Correlation Canonical, *** = Significatif à 1‰, *=significatif à 0,5%, n=non significatif Lf=Longueur feuille; dbh=diamètre à hauteur d'Homme; Hauteur houppier; Lgousse=Longueur gousse; Nfolu=Nombre de foliolules; nr=nombre de ramification; Dpetiole=Diamètre pétiole; Lfolu=Longueur foliolule; Lfolio=Longueur foliole; PT=poids total fruit; hr=hauteur première ramification; Ngrai=Nombre de graines; Ppulpe=Poids pulpe; Hf=Hauteur fût

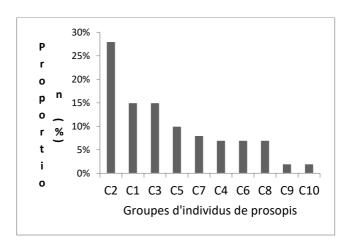


Figure 14. Poids de chaque groupe de prosopis

L'analyse de la composition de chaque groupe d'individus de prosopis en termes de zones climatiques de provenance des prosopis (Tableau 17) révèle que les groupes C5, C7, C9 et C10 sont ceux des individus de prosopis de la zone climatique guinéenne, les groupes C6 et C8 sont ceux des individus de prosopis de la zone climatique soudano-guinéenne. De plus, les groupes C2 et C3 sont ceux d'individus de prosopis des zones climatiques guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne. En outre on note que les groupes C4 et C1 sont ceux respectivement des zones climatiques guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne.

Cette même analyse au niveau des types d'occupations de sol (Tableau 17) révèle que les individus des groupes C1, C2, C3, C4 et C6 sont un mélange assez hétérogène des individus de prosopis de tous les types d'occupations de sol (champ, jachère et savane). De même, le groupe C7 est un mélange assez hétérogène des individus de prosopis de plusieurs types d'occupations de sol (champ et savane). Par contre, les groupes C5, C8, C9 et C10 sont ceux des individus des jachères.

Tableau 17. Niveau de représentation des différentes zones climatiques et types d'occupations de sol de provenance par groupe d'individus de *P. africana*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
			Zone	es climat	iques a	le proven	ance			
G	0	0,47	0,30	0,50	1	0	1	0	1	1
SG	0,67	0,41	0,40	0,50	0	1	0	1	0	0
S	0,33	0,12	0,30	0	0	0	0	0	0	0
		-	Types d'	occupati	ons de	solde pro	ovenanc	ee		
C	0,22	0,47	0,10	0,25	0	0,20	0,4	0	0	0
J	0,33	0,12	0,20	0,25	1	0,60	0	1	1	1
Sa	0,44	0,41	0,70	0,50	0	0,20	0,6	0	0	0

 $\textbf{L\'egende:} \ G: zone \ guin\'eenne \ ; \ SG: zone \ soudano-guin\'eenne \ ; \ S: zone \ soudanienne$

C : champ ; J : jachère ; Sa : savane

6.3.4-Caractéristiques morphométriques des morphotypes de prosopis identifiés

Les résultats d'analyse factorielle discriminante (AFD) effectuée sur les dix groupes d'individus de prosopis indiquent une différence significative (Wilks' Lambda = 0,0114; P <0,0001) entre les groupes. Ces mêmes résultats révèlent que les quatre premiers axes sont hautement significatifs (Prob<0,001) et expliquent à eux seuls 84,53 % les informations liées aux différents groupes (Tableau 18). Les corrélations entre axes canoniques et variables morphométriques d'individus de prosopis (Tableau 18) révèlent que les variables (la longueur feuille, la longueur foliole, le nombre de folioles et le numero individu) sont positivement et fortement corrélées avec l'axe 1 alors que le poids graine et le nombre de graines sont négativement et fortement corrélés avec cet axe. L'axe 1 est donc un axe des caractéristiques de la feuille. Les variables longueur gousse et diamètre gousse sont positivement et bien corrélées avec l'axe 2. L'axe 2 est donc l'axe des caractéristiques des fruits (gousses). L'axe 4 est quant à lui l'axe qui a révélé que les variables diamètre à hauteur

d'homme, hauteur fût, hauteur houppier et hauteur à la première ramification ont une corrélation positive et forte avec lui. Cet axe est donc l'axe des caractéristiques des paramètres dendrométriques.

Tableau 18. Corrélation entre variables et axes discriminants

Variable	Can1	Can2	Can3	Can4
Diamètre à hauteur d'homme	-0,053	0,188	0,036	0,650
Hauteur fût	0,085	0,249	-0,153	0,729
Hauteur houppier	0,383	0,064	-0,293	0,595
Diamètre houppier	0,216	0,134	0,410	0,195
Hauteur à première ramification	-0,038	0,276	0,322	0,572
Nombre ramification	-0,080	-0,242	-0,703	0,445
Longueur feuille	0,697	-0,129	-0,003	0,407
Longueur foliolule	-0,055	0,173	0,021	-0,105
Longueur foliole	0,586	0,196	0,049	0,274
Nombre foliole	0,722	-0,028	-0,053	0,142
Nombre foiolule	0,299	-0,068	0,013	0,100
N° Pieds	0,585	-0,180	-0,157	0,112
Diamètre petiole	-0,313	0,108	0,281	0,403
Longueur gousse	-0,161	0,609	-0,246	-0,481
Diamètre gousse	-0,239	0,559	0,061	-0,282
Poids Total fruit	-0,400	-0,092	0,388	0,211
Nombre graine	-0,494	0,186	0,456	0,202
Poids graine	-0,691	0,295	0,178	-0,063
Poids pulpe	-0,421	-0,250	0,141	0,095

L'analyse des scores de chaque groupe sur chacun des axes canoniques (Tableau 19) révèle que les groupes d'individus de prosopis 4 (zones climatiques guinéenne et soudano-guinéenne puis des types d'occupations de sol savane, jachère et champ), 5 (zone climatique guinéenne et types d'occupations de sol jachère), 7 (types d'occupations de sol savane et champ; zone climatique

guinéenne), 8 (types d'occupations de sol jachère; zone climatique soudano-guinéenne) et 9 (types d'occupations de sol jachère; zone climatique soudano-guinéenne) présentent successivement les scores les plus élevés (supérieurs à la moyenne) sur l'axe 1 avec des scores négatif et positif (Tableau 19). Les groupes 3 (types d'occupations de sol savane, jachère et champ; zones climatiques soudano-guinéenne, soudanienne et guinéenne), 4 (types d'occupations de sol savane, jachère et champ; zones climatiques guinéenne et soudano-guinéenne) et 7 (types d'occupations de sol savane et champ; zone climatique guinéenne) sont encore ceux les mieux représentés sur l'axe 2 avec des scores négatif et positif. Les groupes 6 (types d'occupations de sol jachères et champ; zone climatique soudano-guinéenne) et 9 (types d'occupations de sol; zone climatique guinéenne) présentent un bon score négatif sur l'axe 3 alors que le groupe 2 (savane, champ et jachère; zone climatique soudano-guinéenne, guinéenne et soudanienne) présente un score positif sur l'axe 3 (Tableau19).

Tableau 19. Représentation de chaque groupe sur chacun des axes canoniques

	*		*
Groupe	Can1	Can2	Can3
C1	0,726	-0,953	-0,358
C2	0,765	0,035	1,597
C3	-0,435	1,981	-0,478
C4	-2,042	5,609	0,612
C5	3,160	-1,025	-0,558
C6	1,280	-0,150	-2,182
C7	-2,693	-1,964	0,412
C8	-3,776	-0,718	-0,614
C9	-4,104	-0,989	-0,896
C10	1,084	0,326	-0,688
m	2,001	1,375	0,840
e	0,426	0,516	0,186

Le tableau 20 vient compléter les analyses précédentes et présente les moyennes et coefficient de variation des 18 paramètres morphométriques suivant les zones climatiques. La moyenne permet d'avoir la grandeur moyenne. Le coefficient de

variation permet d'apprécier l'hétérogénéité de chaque zone climatique. Par rapport à chacune des variables, le tableau 20 permet de ressortir les spécificités suivantes :

- Diamètre à hauteur d'Homme : la zone guinéenne a le plus grand diamètre à hauteur d'Homme 40,8 m±42,1% tandis que les zones soudano-guinéenne et soudanienne ont les plus petits qui sont respectivement de 23 m±54,8% et 28 m±63,7%.
- Hauteur fût : la zone guinéenne a la plus grande hauteur fût 4,6 m±48,3% alors que les zones soudanienne et soudano-guinéenne ont les plus petites hauteurs qui sont respectivement : 2,3 m±33,1% et 3 m±37,3%.
- Hauteur houppier : zone guinéenne a la plus grande hauteur houppier 7,8 m±47,9% et les zones soudano-guinéenne et soudanienne ont les plus petites hauteurs qui sont respectivement : 5,3 m±%27,3 et 5,9 m±38,2%.
- Diamètre houppier : le plus grand diamètre est observé dans la zone guinéenne (7,2 m±43,2%) et les plus petits dans les zones soudanienne 5,7 m±46,3% et soudano-guinéenne 6,3 m±30,6%.
- Hauteur à la première ramification : la zone guinéenne a la plus grande hauteur 3,8 m± 47,5% et les zones soudanienne et soudano-guinéenne ont les plus petites hauteurs à la première ramification qui sont respectivement de 2,2 m±40% et 2,5 m±39,7%.
- Nombre de ramifications : le plus grand nombre provient de la zone guinéenne $4,6\pm68,8$ et les plus petits proviennent respectivement des zones soudanoguinéenne $2,9\pm19,6\%$ et soudanienne $4,5\pm70,3\%$.
- Longueur feuille : la plus grande longueur se trouve dans la zone guinéenne 10,7 m±32,4% et les plus petites se trouvent respectivement dans les zones soudano-guinéenne 9,3 m ±19,3% et soudanienne 10,1 m±17,2%.
- Longueur foliolule : la plus grande longueur foliolule est dans la zone soudano-guinéenne 16,2 mm±11,3% et les plus petites sont respectivement dans les zones soudanienne 13,1 mm ±12,3% et guinéenne 15 mm±11,9 %.
- Longueur foliole : les plus grandes longueurs sortent des zones guinéenne 8,2 cm±18,9 et soudano-guinéenne 8,2 cm±10,1 puis la plus petite longueur vient de la zone soudanienne 7,3 cm ±16,2%.

- Nombre de folioles : il est plus grand dans la zone soudano-guinéenne $3,5\pm17,8\%$ et plus petits dans les zones guinéenne $3,4\pm22,4\%$ et soudanienne $3,4\pm13,9\%$.
- Nombre de foliolules : le plus grand se trouve dans la zone soudano-guinéenne 11,8±11,6% et les plus petits se trouvent dans les zones soudanienne 11,5 ±17,4% et guinéenne 11,7 ±15,8%.
- Diamètre pétiole : le plus grand diamètre est dans la zone guinéenne 15,4 mm±9,4% et les plus petits sont dans les zones soudanienne 10,4 mm±60,4% et soudano-guinéenne 12,1 mm±42,1%.
- Longueur gousse : la plus grande longueur gousse se situe dans la zone soudano-guinéenne 19,3 cm±17,9% et les plus petites se situent dans les zones guinéenne 18,4 cm±7,4% et soudanienne 19,1 cm±16,8%.
- Diamètre gousse : le plus grand diamètre gousse est dans la zone soudanienne 7,6 mm±126,4% et les plus petits sont dans les zones guinéenne 0,6 mm±27,5% et soudano-guinéenne 5 mm±165,1%.
- Poids total fruit : le plus grand poids est dans la zone guinéenne 15 g±29,2% et les plus petits poids sont dans les zones soudanienne 9 g±83,2% et soudanoguinéenne 10 g±61,4%.
- Nombre de graines par gousse : le nombre le plus grand se situe dans la zone guinéenne 14±43% et les nombres les plus petits se situent dans les zones soudanienne 11,89 ±136,3% et soudano-guinéenne 12 ±191,7%.
- Poids d'une graine : toutes les zones guinéenne 0,3 g±45% ; soudano-guinéenne 0,3 g±48,3% et soudanienne 0,3 g±52,4% sont égales en matière du poids d'une graine.
- Poids pulpe : le plus poids se trouve dans la zone guinéenne 5,4 g±10% et les plus petits poids se trouvent dans les zones soudanienne 3,4 g±75,6% et soudano-guinéenne 3,9 ±50,4%.

Tableau 20. Variations de 18 paramètres morphométriques de *P. africana* suivant les zones climatiques : moyenne (m) et coefficient de variation (Cv, %)

		dbh	Hf	Hh	dh	hr	nr	LF	Lfol u	Lfoli o	Nfoli o	Nfol u	Dpetio 1	Lgous s	Dgous s	PT	Ngra i	Pgra i	Ppul p
C	M	40, 8	4,6	7,8	7,2	3,8	4,6	10, 7	15	8,2	3,4	11,7	15,4 9,4	18,4	0,6	15, 3	14,4 6	0,3	5,4
G	CV(%)	42, 1	48, 3	47, 9	43, 2	47, 5	68, 8	32, 4	11,9	18,9	22,4	15,8	9,4	7,4	27,5	29, 2	43	45	10
c	M	28	2,3	5,9	5,7	2,2	4,5	10, 1	13,1	7,3	3,4	11,5	10,4	19,1	7,6	9,5	11,8 9	0,3	3,4
3	CV(%	63, 7	33, 1	38, 2	46, 3	40	70, 3	17, 2	12,3	16,2	13,9	17,4	60,4	16,8	126,4	83, 2	136, 3	52,4	75,6
S	M	23	3	5,3	6,3	2,5	2,9	9,3	16,2	8,2	3,5	11,8	12,1	19,3	5	9,8	11,9 1	0,3	3,9
G	CV(%)	54, 8	37, 3	27, 3	30, 6	39, 7	19, 6	19, 3	11,3	10,1	17,8	11,6	42,1	17,9	165,1	61, 4	191, 7	48,2	50,4

Variables : dbh : Diamètre à hauteur d'Homme, Hf : Hauteur fût, Hh : Hauteur houppier, dh : diamètre houppier, hr : hauteur à la première ramification, nr : nombre de ramifications, LF : Longueur feuille, Lfolu : Longueur foliolule, Lfolio : Longueur foliole, Nfolio : Nombre de folioles, Nfolu : Nombre de foliolules, Dpetiol : Diamètre pétiole, Lgouss : Longueur gousse, Dgouss : Diamètre gousse, PT : Poids total fruit, Ngrai : Nombre de graines par gousse, Pgrai : Poids d'une graine et Ppulp : Poids pulpe.

6.4-Discussion

6.4.1-Les caractères morphométriques de P. africana

La plus grande variabilité observée au sein des localités suggère que les caractères morphométriques : la longueur feuille, le diamètre pétiole, la longueur gousse et le nombre de ramifications sont plus déterminés par la végétation. Cette observation corrobore les travaux de plusieurs auteurs (Fresnaye, 1981 ; Garnery, 1998 ; Toullec, 2008 ; Abiola, 2012) qui ont montré que les caractères morphométriques peuvent varier en fonction de l'environnement et d'autres facteurs abiotiques.

Les facteurs climatiques et pédologiques déterminent la distribution et la morphologie des espèces végétales (White, 1986) et animales le long d'un territoire. De l'analyse de la composition de chaque classe d'individus de prosopis en termes de zones climatiques de provenance des prosopis (Tableau 17), il ressort que certains groupes tels que C5, C7, C9 et C10 sont ceux des individus de prosopis de la zone climatique guinéenne. Par contre les groupes C6 et C8 sont ceux des individus de prosopis de la zone climatique soudanoguinéenne. De l'analyse de la figure 22, on retient que les groupes C9 et C10 par exemple sont très pauvres en termes de nombre d'individus de prosopis.

6.4.2-Caractères morphométriques plus discriminants de P. africana

Plusieurs auteurs (Von Maydell, 1983; Mahamane, 1999; Arbonnier 2000; Helen and Moctar, 2007) ont utilisé certains caractères morphométriques tels que la hauteur totale, la longueur foliolule, le nombre de foliolules, de graines par gousse, la longueur feuille, la longueur gousse pour caractériser botaniquement *Prosopis africana*.

Les résultats de ce travail révèlant les caractères discrimants dans les zones climatiques et dans les types d'occupations de sol sont en accord avec les travaux de Von Maydell (1983) ; de Mahamane (1999) ; de Arbonnier (2000) ; de Helen et Moctar (2007).

Ouinsavi et Sokpon (2010) ont trouvé que la taille des feuilles caractérise les populations d'Iroko de Niaouli au Bénin. Zahidi *et al.*, (2013) ont aussi trouvé au Sud-Ouest du Maroc que les feuilles peuvent être utilisées pour caractériser

Argania spinosa. De même selon Kouyaté (2005) les descripteurs performants sur le plan végétatif de Detarium microcarpum sont la longueur de la foliole, la largeur de la foliole, la surface de la foliole, le nombre de foliole, l'épaisseur de la pulpe, la longueur des fruits, la longueur de l'endocarpe et la longueur des graines. Le baobab (Adansonia digitata) au Bénin a les variables les plus discriminantes des types de capsules : la longueur, le nombre de graines, l'épaisseur, le poids pulpe-graine, le poids total capsules et le rapport longueur/largeur des capsules (Assogbadjo, 2006) et au Burkina Faso les descripteurs morphologiques discriminants sont la longueur et la largeur des fruits, la longueur du pédoncule des fruits, la longueur, la largeur et le nombre de lobes des feuilles (Kouyaté et al., 2011). Quant au prunier d'Afrique (Sclerocarya birrea) les caractères discriminants sont le diamètre du fruit, le nombre de graines par noyau, le poids de la graine, la hauteur du fût de l'arbre et le nombre de branches principales (Bationo/Kando et al., 2008). Par contre Koura et al., (2013) ont signalé que les pieds de néré de la sous-population Kalalé au Bénin présentent des valeurs moyennes élevées de poids de gousse, de nombre de graines par gousse et de nombre de gousses par infrutescence et peuvent être pris en compte dans le cadre d'une sélection de variétés à haut rendement. Je remarque ainsi que P. africana est distingué par ses feuilles comme l'iroko de Niaouli au Bénin et comme Argania spinosa au Sud-Ouest du Maroc ; par sa longueur foliolule, son nombre de folioles, sa longueur gousse comme Detarium microcarpum; par sa longueur fruit (gousse), son nombre de graines par fruit, son poids total fruit, son poids pulpe comme le baobab; par son nombre de branches de ramifications, sa hauteur fût, son nombre de graines comme Sclerocarya birrea et enfin par son nombre de graines par gousse comme le néré.

Notons que l'aspect le plus recherché chez prosopis (*P. africana*) au Bénin particulièrement au Sud et au Centre est sa production fruitière (pour la consommation alimentaire développée chez les ethnies Yoruba et apparentées puis Adja et apparentées qui se trouvent dans les zones guinéennes et soudanoguinéennes). Les individus de prosopis des zones guinéennes et soudanoguinéennes sont alors particulièrement intéressants (tableau 20) et peuvent être pris en compte dans le cadre d'une sélection de variétés à haut rendement. De même, les gousses sont appétées par les bovins et elles sont très riches en matières

azotées digestibles (Dah, 2009). Les résultats consignés dans le tableau 20 montrent que le poids total moyen d'une gousse (fruit) est plus élevé (15,3 g) dans la zone guinéenne et la longueur moyenne d'une gousse est plus grande (19,3 cm) dans la zone soudano-guinéenne. Les individus de prosopis des zones guinéennes et soudano-guinéennes sont alors toujours plus intéressants en cas d'alimentation des bétails et peuvent être pris en compte dans le cadre d'une sélection de variétés à haut rendement.

6.5 Conclusion partielle

La variabilité morphologique de prosopis (*P. africana*) a permis de dégager 12 caractères morphologiques dans les zones climatiques et 7 caractères dans les formations végétales discriminent l'espèce. Plus de 83% de ces variables intéressantes de l'ensemble des zones climatiques se trouvent dans la zone guinéenne. Il en est de même de celles des formations végétales : plus de 71% se trouvent dans la zone guinéenne. Il serait plus intéressant de prendre en compte les populations de prosopis de la zone guinéenne dans le cadre d'une sélection de variétés à haut rendement.



Publié dans les Actes du Vème Colloque de l'UAC (ISSN 1840-5851). (http://colloque.uac.bj).

7. Influence de l'ombrage *Prosopis africana* sur le rendement de *Manihot esculenta* dans les agrosystemes manioc-prosopis du Sud Bénin.

7.1-Introduction

La présence des arbres au milieu des zones de cultures crée des paysages appelés parcs ou "paysages agrosylvicoles" (Zomboudré et al., 2005). Ces paysages agrosylvicoles sont des systèmes d'utilisation des terres qui associent l'arbre et les cultures dans un arrangement spatial aléatoire (Sinclair, 1999; Boffa, 2000). De même, ce système qui intègre, dans un but précis, l'arbre aux cultures, répond, selon World Agroforestry Centre, (2013), à un système d'utilisation du territoire dans lequel des espèces pérennes ligneuses (arbres, buissons, palmiers et bambous) sont délibérément utilisées sur la même unité de gestion du territoire que des cultures agricoles (ligneuses ou non), des animaux ou les deux, sous une forme d'arrangement spatial ou de séquence temporelle. Dans les systèmes agroforestiers, on retrouve des interactions écologiques et économiques entre les différentes « composantes ». Plusieurs espèces bien connues des populations telles que le néré (Parkia biglobosa), le karité (Vitellaria paradoxa), le prosopis (Prosopis cineraria et Prosopis africana) sont conservées dans les champs de cultures vivrière et industrielle au Bénin, en Inde, au Burkina-Faso (Agbahungba et Depommier, 1989 ; Gbèmavo et al., 2010 ; Gnanglè et al., 2013 ; Pasiecznik et al., 2004; Lompo, 1992). L'avantage de l'intégration de l'arbre dans les systèmes de production par les paysans a été souligné par plusieurs auteurs (Jonsson et al., 1999; Maiga, 1987; Nyberg et Högberg, 1995). Le parc arboré permet de maintenir la fertilité des terres et la durabilité des systèmes de culture (Traoré, 2003). En effet, la biomasse produite par les arbres est décomposée, ce qui permet un recyclage des nutriments pompés par l'arbre des horizons de profondeur vers les horizons de surface. Par contre, les influences de l'arbre sur les cultures en association semblent être contradictoires. Selon certains auteurs (Kessler, 1992; Young, 1986; Zomboudré et al., 2005), dans la zone d'influence de l'arbre, les rendements des cultures sont tantôt meilleurs (Zomboudré et al., 2005) et tantôt réduits (Kessler, 1992 ; Gbèmanvo et al., 2010 ; Gnanglè et al., 2013). Dans ce dernier cas, la compétition entre l'arbre et la culture pour

l'utilisation de l'eau, des nutriments et de la lumière a été souvent mise en cause. La compétition pour l'eau et la lumière dépend du type de houppier et surtout son diamètre qui peut influencer la production de la culture annuelle sous-jacente (Zomboudré et al., 2005). La combinaison de manioc et de prosopis est l'un des systèmes d'exploitation les plus courants en milieu Adja dans les Communes Aplahoué et Klouékanmè au Sud du Bénin. Prosopis africana et Manihot esculenta contribuent considérablement à l'économie et assurent la sécurité alimentaire d'une grande partie de la population de cette zone (Houècthégnon et al., 2015a; SCDA Aplahoué, 2013; SCDA Klouékanmè, 2013). De plus Prosopis africana qui a une multitude d'usages pour les populations locales a une densité de plus en plus réduite d'une part et une régénération quasi-inexistente d'autre part au Sud du Bénin (Houètchégnon et al., 2015a; Houètchégnon et al., 2015b). Il est donc nécessaire de renforcer la conservation de ce système agroforestier et d'améliorer sa productivité en étudiant l'influence de l'ombrage de prosopis sur la hauteur des plantes et le rendement des cultures. En Afrique, la seule recherche effectuée sur le sujet, au Burkina-Faso (Lompo, 1992) a trait à la structure des parcs agroforestiers de Prosopis africana. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'influence de la couronne de l'arbre de prosopis sur la productivité (hauteur, la densité, le rendement) de manioc en milieu Adja au Sud du Bénin.

7.2-Matériel et méthodes

7.2.1. Milieu d'étude et choix des sites d'étude

L'étude a été réalisée dans quatre villages des Communes de Klouékanmè et d'Aplahoué (Figure 15). Géographiquement, Klouékanmè est comprise entre les latitudes 6° 58′ 49″ Nord et 1° 50′ 32″ de longitude Est puis, Aplahoué est comprise entre latitude Nord 6° 56′ 32″ et 1° 40′ 25 de longitude Est (tableau 21). Le climat de type subéquatorial humide et chaud avec une pluviométrie annuelle varie entre 900 et 1200 mm à Aplahoué à Klouékanmè. La végétation est assez homogène et dominée par la savane arborée et herbeuse. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux sur socle cristallin aux caractéristiques très variables. On observe encore une disponibilité en terres inexploitées.

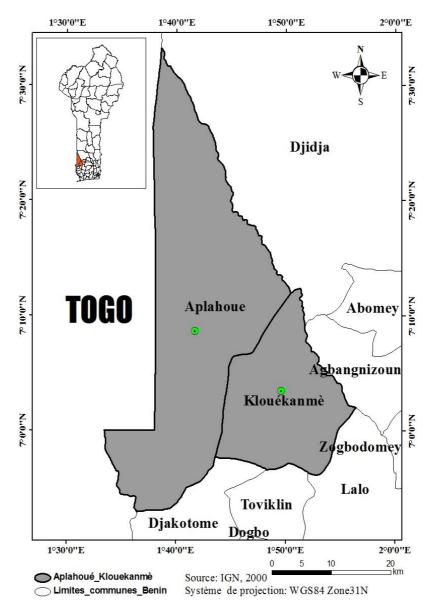


Figure 15. Communes d'Aplahoué et de Klouékanmè.

Tableau 21. Présentation des sites d'études

С	S					Carac	téristiques		
Communes	Sites d'étude	Latitude	Longitud e	Nomb re ména ges	Taille ména ge	Populat ion	Nomb re ménag es agrico les	Populat ion agricole s	Système agrofores tier
Klouékanmè	Tokan mè- Aliho	07°07'09. 0"N	01°49'45. 5"E	190	8,9	1 697	160	1 557	Système agrofores tier
ınmè	Tokan mè- Kpodji	07°02'27. 2"N	01°50'19. 9"E	238	4,3	1 021	232	988	traditionn el d'associat
Aplahoué	Hoky	07°10'31. 1"N	01°39'29. 4"E	216	6,1	1 325	157	1 023	ion plante (Palmier et
ué	Eglimè	07°04'51. 0"N	01°40'33. 0"E	278	7,6	2 121	275	2 112	prosopis) et culture de rente ou culture vivrière.

7.2 .2-Description des espèces étudiées

Le prosopis (*Prosopis africana*) et le manioc (*Manihot esculenta* L.) sont les deux espèces étudiées. Le prosopis est une espèce de la famille des Fabaceae-Mimosoïdeae. C'est un arbre des savanes guinéennes et soudaniennes, il se développe lentement et peut atteindre une hauteur de 20 m dans des stations naturelles et les arbres ont généralement une forme droite et sont très ramifiés à la base du tronc (Weber *et al.*, 2008). Le manioc (*M. esculenta*) est une espèce de la famille des Euphorbiacées. C'est une plante à racine amylacée, introduite en Afrique au 16^{ème} siècle par des marchands portugais (Westphal, 1985; Ambang *et al.*, 2007). Le manioc est très cultivé dans les zones tropicales et sert d'aliment de base à plus de 500 millions de personnes à travers le monde. L'Afrique subsaharienne produit plus de 85 millions de tonnes de manioc par an, soit environ la moitié de la production mondiale (Fews, 1998).

7.2.3-Collecte des données

Afin d'évaluer le niveau d'influence des arbres de prosopis sur la culture du manioc, des types de houppier (sous et hors houppiers) des arbres de prosopis ont été retenus pour la phase d'inventaire. Les diamètres houppiers varient de 3,5 à 11 mètres. Au total 6 arbres par village, soit 24 arbres ont été considérés pour l'expérimentation. Les arbres qui sont choisis sont ceux dont le houppier n'interagit pas avec d'autres arbres dans le parc. Sous chaque arbre de prosopis échantillonné pour l'expérimentation et dans chacune des quatre directions cardinales (nord, sud, est, ouest), une placette circulaire d'observation de 3 m de diamètre à ½ r est installée (Figure 16). De même, il a été installé dans chacune des quatre directions cardinales (nord, sud, est, ouest) de l'arbre une placette circulaire d'observation témoin de 3 m de diamètre à 2r (non influencée par le houppier). Au total, 8 unités expérimentales autour de chaque arbre échantillon sont considérées, soit 192 unités expérimentales pour cette étude à raison de 48 par village. Les observations sur le manioc des placettes expérimentales ont concerné : le nombre de plants par placette, la hauteur de plants de manioc par placette, le rendement du manioc par placette. Les cultures de manioc ont été installées et traitées suivant les systèmes traditionnels des paysans.

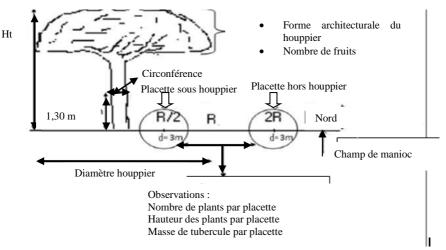


Figure 16. Dispositif d'étude et paramètres mesurés (Schéma adapté de Gbèmavô *et al.*, 2010).

7.2.4-Traitement statistique des données

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer la hauteur, la densité et le nombre de tubercules en fonction des sites, des positions et des orientationspuis que les données recueillies n'étaient pas normalement distribuées (Test de normalité de Ryan-Joiner). Le logiciel statistique Minitab 16 a été utilisé à cet effet.

7.3-Résultats

7.3.1-Influence de l'ombrage du prosopis sur la hauteur du manioc

Les résultats du test du Kruskal-Wallis relatifs à l'effet de l'ombrage du prosopis sur la hauteur du manioc révèlent qu'il existe une similitude entre les sites d'étude en ce qui concerne la hauteur des plants (P= 0,556). Il en a de même pour l'orientation (Nord, Sud, Est et Ouest) avec P = 0,643. Par contre les résultats relatifs à la position (hors houppier et sous houppier) révèlent qu'il y a une différence très hautement significative (P= 0,000) de la hauteur des plants entre positions. Cela implique que l'influence du facteur position sur la hauteur des plants (tableau 22) dépend du type houppier du prosopis et vice versa. Toutes les autres interactions des facteurs sur la hauteur des plants n'ont aucun effet significatif (Tableau 23; tableau 24). A Lanta-Aliho et Lanta-Kpodji, la hauteur moyenne des plantes de manioc (tableau 25) est plus faible sous houppiers (1,40 cm à Lanta-Aliho et 1,35 cm à Lanta-Kpodji) que des hors houppier Tokanmè-Kpodji (1,64 cm) et Tokanmè-Aliho (1,67 cm). A Hoky et Egrimè, on note également une tendance analogue où les hauteurs de manioc sont presque les mêmes (1,37 cm à Hoky et 1,37 cm à Egrimè) et faibles que les plants de manioc hors houppier (1,65 cm à Hoky et 1,66 cm à Egrimè). Ces différentes variations expliquent l'effet conjugué du site et de position (hors houppier et sous houppier) sur la survie des plantes de manioc. Par ailleurs, la hauteur moyenne de plants de manioc au niveau des placettes sous houppier de prosopis est de 1,38 cm, tandis qu'il est en moyenne de 1,66 cm au niveau des placettes hors houppier de prosopis (Tableau 25). La différence entre la croissance relative des plants de manioc sous houppier par rapport à la zone « hors houppier » est alors en moyenne de 0,28 cm, ce qui représente en fait une influence négative de

l'ombrage du prosopis sur la survie des plants de manioc. On peut donc conclure qu'il existe des facteurs défavorables à la survie des plantes de manioc sous les arbres de prosopis.

Tableau 22. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction d'Orientation

Orientation	N	Médiane	Moyen	Z
Est	66	1,600	136,2	0,20
Nord	72	1,600	125,0	-1,22
Ouest	69	1,600	137,4	0,36
Sud	61	1,600	140,6	0,70
Global		268	13	34,5
	H = 1,6	7	P = 0,643	

Tableau 23. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction de Site

Site	N	Médiane	Moyen	Z
Egrimè	65	1,600	143,7	1,10
Hoky	71	1,600	135,1	0,08
Tokanmè-Aliho	64	1,600	134,7	0,03
Tokanmè-Kpodji	68	1,600	124,8	-1,19
Global	2	268		134,5
	H = 2,0	8	P = 0.55	56

Tableau 24. Test de Kruskal-Wallis: Hauteur en fonction de Position

Position	N	Médiane	Moyen	Z
Hors houppier	180	1,700	177,2	12,88
Sous houppier	88	1,400	47,3	-12,88
Global	268		134,5	
	H = 174,49		P = 0.000	0

Tableau 25. Paramètres du manioc suivant les types de houppiers au niveau des villages

Types houppiers	Village	Hors h	ouppier	Sous	houppier
Paramètres	Village	m	se	m	se
	Hoky	1,6567	0,0160	1,3709	0,0225
	Egrimè	1,6667	0,0146	1,3776	0,0313
Hauteur (en m)	Tokanmè-Aliho	1,6708	0,0153	1,4068	0,0172
	Tokanmè-Kpodji	1,6438	0,0118	1,3568	0,0229
	-	1,6595	0,00722	1,3780	0,0119
	Hoky	2892	134	1480,8	64,4
	Egrimè	2538	170	1416,4	0,000000
Densité (pieds/ha)	Tokanmè-Aliho	2479	128	1480,8	64,4
	Tokanmè-Kpodji	2714,8	81,6	1416,4	0,000000
	-	2655,8	67,2	1449,0	22,9
	Hoky	3149	139	1281,2	28,7
	Egrimè	2702	176	1274,8	46,9
Rendement (kg/ha)	Tokanmè-Aliho	2724	144	1319,9	30,0
	Tokanmè-Kpodji	2832	115	1313,4	43,9
		2851,7	73,8	1297,6	18,8

7.3.2-Influence de l'ombrage du prosopis sur la densité de la culture du manioc

Le nombre moyen de manioc est plus élevé au niveau des plantes hors houppier des prosopis (tableau 25). Le nombre moyen de manioc au niveau des plantes hors houppier de prosopis est plus élevé à Hoky (2892 plantes/ha) et à Tokanmè-Kpodji (2714,8 plantes/ha), tandis qu'il avoisine 2538 plantes/ha à Egrimè et reste faible à Tokanmè-Aliho (2479 plantes/ha). Par ailleurs, le nombre de plants de manioc par hectare diminue d'un site à l'autre au niveau des plants sous houppier de prosopis avec la valeur la plus élevée enregistrée à Tokanmè-Aliho et à Hoky (1480,8 plants/ha) et la plus faible à Tokanmè-Kpodji et à Egrimè (1416,4 plantes/ha). Aussi, le nombre moyen au niveau des plants sous houppier prosopis est de 1449 plants, tandis qu'il est en moyenne de 2655,8 plants au niveau des plants hors houppier du prosopis (tableau 25). L'effet de l'ombrage du prosopis sur le nombre de plants de manioc sous-jacent est négatif et entraîne ainsi une réduction du nombre de plants de 4,35%. On peut donc conclure qu'il

existe des facteurs défavorables qui affectent la densité des plants de manioc sous le houppier des arbres de prosopis.

7.3.3- Effet de l'ombrage sur la productivité des plants du manioc

Les résultats des tableaux 26 et 28 indiquent qu'il n'existe pas une différence significative du rendement des plants de manioc entre respectivement sites d'étude (P = 0,314) et entre l'orientation des plants (P=0,971). Les différentes interactions des facteurs sur la productivité des plants n'ont aucun effet significatif (tableaux 26 et 27). Par contre les résultats relatifs à la position (tableau 28) montrent qu'il existe une différence très hautement significative du rendement des plants de manioc entre position d'études (P = 0,000). Le rendement moyen de manioc au niveau des plants sous houppier de prosopis est de 1416,4 kg/ha; tandis qu'il est en moyenne de 3364 kg/ha au niveau des plants hors houppier de (Tableau 28). Le rendement moyen de manioc est moins élevé sous houppier de manioc de 57,9 % par rapport aux maniocs hors houppier du prosopis. On peut donc conclure qu'il existe des facteurs défavorables à la production des plants de manioc dans la zone d'influence de l'ombrage des arbres de manioc.

Tableau 26. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tubérisées en fonction de Site

Site		N	Médiane	Moyen	Z
Egrimè		65	4,000	144,8	1,23
Hoky		71	4,000	138,7	0,54
Tokanmè-Aliho		64	4,000	132,6	-0,22
Tokanmè-Kpodji		68	4,000	122,0	-1,54
Global		2	268		134,5
	H = 3,55		P =	= 0,314	

Tableau 27. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tubérisées en fonction d'Orientation

Orientation	N	Médiane	Moyen	Z
Est	66	4,000	133,3	0,46
Nord	72	4,000	133,0	-0,19
Ouest	69	4,000	133,6	-0,11
Sud	61	4,000	133,1	-0,16
Global	268 H = 0,24		134,5	
			P = 0.971	

Tableau 28. Test de Kruskal-Wallis : Nombre de racines tubérisées en fonction de Position

Position	N	Médiane	Moyen	Z
Hors houppier	180	4,000	175,8	12,48
Sous houppier	88	2,000	50,0	-12,48
Global	268		134,5	
	H = 175,6	4	P = 0,000	

7.4-Discussion

La hauteur, la densité et le rendement des plants de manioc sont significativement plus élevés en dehors du houppier du prosopis que sous le houppier. La densité varie d'un milieu à l'autre (sous prosopis et hors prosopis), ce qui permet de soupçonner que la baisse de rendement observée au niveau des plants de manioc sous houppier de prosopis comparativement à ceux hors houppier de prosopis est due à l'effet de l'ombrage. La nature du sol, la disponibilité en eau et l'incidence des rayons solaires sont les trois facteurs principaux qui peuvent expliquer la variation de la densité des plants et du rendement de manioc sous houppier de prosopis et hors houppier de prosopis. En effet, Zomboudré *et al.* (2005) ont noté une nette amélioration de l'humidité et de la fertilité du sol sous les houppiers du karité. En ce qui concerne l'eau, une partie des pluies est interceptée par le houppier des arbres. La quantité d'eau qui atteint le sol situé sous houppier peut s'avérer insuffisante du fait qu'ensemble, l'arbre et la culture sous-jacente,

absorbent plus d'eau que la composante culturale unique (Boffa, 1995). Toutefois il faudra nuancer car les arbres ont aussi la capacité d'empêcher la chute brutale de l'eau durant les pluies réduisant ainsi l'érosion du sol. Mais il faut noter que le couvert participe aussi à l'économie de l'utilisation de l'eau du sol (Akpo, 1998). Zomboudré et al., (2005) ont signalé que les températures sont modérées sous karité sous l'effet de l'ombrage de leur houppier. La diminution de la densité et du rendement sous houppier de prosopis des plantes de manioc est donc fortement corrélée à la diminution régulière de l'intensité lumineuse et de l'eau constatée sous le houppier des prosopis à cause de leur ombrage. La densité moyenne des plants de manioc est moins élevée sous prosopis de 4,35% dans la présente étude. Ce pourcentage est inférieur à ceux rapportés par Gbèmavô et al (2010) et Libert et Eyog-Matig (1996) qui ont trouvé une diminution respectivement de 24,14 % et de 20 % du nombre de plantes de cotonnier sous le karité et le Faidherbia albida. Cette différence du taux de l'effet du houppier pourrait s'expliquer par le fait que le cotonnier a un cycle végétatif plus court que celui du manioc. La présente étude a révélé que le rendement des plants diminue de 57,9 % en moyenne sous houppier de prosopis. Les résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs en ce qui concerne l'influence de l'arbre sur les rendements agricoles. En effet, Zouboudré et al. (2005) remarquent que malgré l'importance de l'humidité et la fertilité du sol sous les houppiers, la production du maïs est restée bien inférieure à celle relevée hors houppier. Louppe et Ouattara (1997) en Côte d'Ivoire ont trouvé que l'arbre induit de faibles pertes de rendements. Des observations semblables ont été faites sur une culture de sorgho associée au néré et au karité où les rendements avaient fléchi dans les parcelles sous houppier (Gnanglè et al., 2013; Maiga, 1987; Nyberg et Högberg, 1995). Sarr (Sarr, 2001) a trouvé au Sénégal que le néré entraîne une baisse du rendement en gousses de l'arachide. Zhu et al. (1991) concluent dans leurs travaux que le rendement des cultures est fortement réduit par les arbres dans les associations blé-paulownia en Chine. Les résultats de l'analyse du rendement en coton graine dans les parcs à Faidherbia albida sont plus nuancés : 9 arbres sur 15 ont montré un effet en faveur de la culture sous l'arbre et 6 en défaveur (Libert et Eyog-Matig, 1996). Ce résultat conclut à un effet globalement positif du Faidherbia sur le rendement du cotonnier. Les auteurs ont tenté d'expliquer cela par le fait que Faidherbia albida aurait un effet variable en fonction de la fertilité de la station ; il favorise les cotonniers en mauvaises conditions et les concurrences lorsque les conditions sont meilleures. Louppe et Ouattara (1997) en Côte d'Ivoire ont trouvé que l'arbre à karité induit de très légers gains pour le maïs et l'arachide sur les parcelles les plus fertiles. Ces auteurs se rejoignent sur la fertilité des stations qui peut faire varier l'influence exercée par les arbres. Globalement les influences de l'arbre sur les rendements agricoles semblent être contradictoires. On comprend donc que l'existence de relations symbiotiques entre deux espèces données soit possible. L'intêrêt de l'association arbre-culture réside donc dans le maintien de la fertilité des terres et dans la durabilité des systèmes de culture (Traoré, 2003) d'autant plus que beaucoup d'auteurs ont trouvé que les arbres de prosopis sont des fertilisants des parcs de par leur biomasse foliaire et des nodosités de leur racine. En effet les études de Kater et al. (Kater et al., 1992) et de Tomlinson et al. (1995) rapportent que les arbres des champs ont des effets positifs sur la fertilité des sols, notamment sur les teneurs en matière organique et en azote, leurs zones d'influence représentant des îlots de fertilité en zone semi-aride. De même, les travaux de Bayala et al. (2002) à Saponé au Burkina-Faso ont montré que le mulch des feuilles de karité a induit chez le mil, une augmentation de 120% de son rendement grain et 43% de son rendement en matière sèche totale.

7.5- Conclison partielle

Prosopis africana peut cohabiter facilement avec les cultures annuelles sans influencer négativement leur production si l'on sait gérer l'ombrage. Ceci amène à suggérer comme une des pistes de conservation de l'espèce, son introduction et sa gestion dans les systèmes agroforestiers traditionnels.

CHAPITRE 8. PREDICTION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA DISTRIBUTION SPATIALE DES AIRES FAVORABLES A LA CONSERVATION DE *PROSOPIS AFRICANA* AU BENIN

Soumis pour publication dans *'Ecological Modelling'' suivant la référence :* **Houètchégnon T., Gouwakinnou N. G., Ouinsavi C., Sokpon N.** (2016). Climate change effect on the geographical distribution of suitable areas for conservation of *Prosopis africana*in Benin.

8. Prédiction des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires favorables à la conservation de *Prosopis africana* au Bénin. 8.1-Introduction

En Afrique, 25 à 42% des espèces végétales pourraient être menacées d'extinction du fait d'une perte de 81 à 97% des habitats favorables d'ici 2085 (Boko et al., 2007). D'après les projections, 20 à 30% des espèces végétales et animales feront face à un plus grand risque d'extinction si le réchauffement global excède 1,5 °C à 2,5 °C en Afrique (Busby et al., 2010). Toutefois, de nos jours, avec les menaces qui pèsent sur la biodiversité, certaines de ces espèces deviennent de plus en plus rares au niveau de leurs habitats naturels. Selon les projections, en cas de réchauffement moyen mondial supérieur à 1,5-2,5 °C, 20 à 30% des espèces végétales et animales seront menacées d'extinction, et des changements majeurs affecteront la structure et le fonctionnement des écosystèmes, les interactions entre espèces, leur distribution géographique, avec des conséquences négatives sur les biens et services associés à ces écosystèmes (GIEC, 2007). Le consensus scientifique international sur les changements climatiques est sans appel. « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque » et, selon une probabilité supérieure à 90%, l'essentiel du réchauffement qui s'est produit depuis 1950 est dû à l'augmentation rapide des concentrations de gaz à effet de serre causée par l'activité humaine (GIEC, 2007). De nouvelles études ont montré que les changements climatiques évoluent plus rapidement que dans les pires scénarios du GIEC. Ces changements climatiques vont avoir de nombreuses répercussions, plus ou moins complexes, sur les arbres. L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO2, l'augmentation des températures, les modifications des précipitations, les inondations, les sécheresses fréquentes et de plus longues durées auront des effets significatifs sur la croissance des arbres (Elith et Leathwick, 2009). Dans un environnement changeant, prédire les variations de distribution d'espèces peut être un enjeu important, notamment en termes de gestion et de domestication de l'espèce. Ceci étant, l'intégration des effets dus aux changements climatiques dans la planification des politiques de conservation apparaît aujourd'hui comme une question plus que jamais nécessaire en matière d'une conservation efficace et durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires.

Par ailleurs, l'intégration des espèces fruitières locales à fort potentiel agroforestier a été recommandée comme une solution à l'augmentation croissante de la population et ses implications ultérieures sur la disponibilité et la sécurité alimentaire ainsi que la durabilité environnementale (World Agroforestry Center, 2008). Au Bénin, P. africana revêt une importance capitale pour les populations locales et a déjà fait l'objet de quelques investigations. En effet, certains travaux au Bénin se sont intéressés à des aspects tels que la structure des populations (Houètchégnon et al., 2015b), l'utilisation ethnobotanique de l'espèce (Houètchégnon et al., 2015a). Bien que les différents organes de la plante tels que les fruits, les feuilles, l'écorce et les racines soient sujets à de multiples usages notamment l'usage alimentaire et médicinal puis énergétique (Houètchégnon et al., 2015a; Akossou et al., 2013; Idjigbérou, 2007), l'espèce est menacée par un déclin de sa population à cause de la déforestation et la surexploitation des ressources. En addition de ces facteurs et comme souligné plus haut, le changement climatique est apparu comme une contrainte additionnelle à la conservation des ressources phytogénétiques comme P. africana. Il apparait donc urgent d'investiguer les effets probables des changements climatiques sur la distribution géographique de l'espèce afin d'en déduire les habitats favorables à la domestication de l'espèce.

Ainsi, le présent travail s'est donné comme objectif d'étudier les effets des changements climatiques sur la distribution géographique de *Prosopis africana* au Bénin et de faire ressortir les habitats futurs favorables à sa domestication.

8.2-Matériel méthodes

8.2.1-Milieu d'étude

La présente étude a été conduite en République du Bénin (6°-12,25°N; 0,40°-3°E). Le Bénin est situé dans le Dahomey Gap, un corridor d'écosystèmes savanicoles interrompant le bloc Ouest africain de forêts sempervirentes (0°-3°E), suite aux changements climatiques intervenus au cours de l'Holocène (Salzmann et Hoelzmann, 2005). L'étude couvre les trois zones climatiques du Bénin: la zone guinéenne qui s'étend de la côte (6°25 N) à la latitude de 7°30 N; la zone soudano-guinéenne située entre 7°30' N et 9°45' N et la zone soudanienne située entre 9°45 N et 12°25 N (Figure 8).

8.2.2-Collecte des données

8.2.2.1-Données d'occurrence

Plusieurs explorations de terrain ont été organisées dans tout le Bénin. Lors des sorties, on a procédé à l'inventaire systématique des individus de l'espèce dans les différentes zones climatiques du Bénin. Les données de présence ont été prises à l'aide d'un GPS (Global Positioning System). Cette base de données a été complétée par les points de présence disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

8.2.2.2-Variables environnementales

Dix-neuf (19) variables environnementales ont été obtenues à partir des données brutes de Worldclim (Hijmans etGraham, 2006) avec une résolution de 2,5 arc minute au sol. Pour les conditions présentes (moyenne sur la période 1950-2000), ces données sont issues d'interpolations à partir de données de plus de 20000 stations météorologiques couvrant les 5 continents (Koffi et al., 2008). Pour les projections climatiques futures, deux modèles de circulation générale (Global Circulation Models: GCMs) parmi les plus recommandés (IPCC, 2014; Taithe, 2013 ; Beavogui, 2012) ont été utilisés : les modèles HadGCM2 (Hadley Centre version2) et Miroc5 (Model for Interdisciplinary Research on Climate' version 5, dévelopé par le *Center for Climate System Research* de l'Université de Tokyo). Les coefficients de corrélation calculés entre les 19 variables ont permis de définir les variables fortement corrélées, deux variables sont fortement corrélées entre elles si le coefficient de corrélation de Pearson est supérieur à 0.80. Pour tous ces modèles, les projections faites pour 2050 ont été utilisées sous les scénarios RCP 6.0 et RCP8.5. Ces scénarii ont été utilisés de préférence car ils prédisent une situation considérée plus probable pour l'Afrique à l'horizon 2050 (IPCC, 2014).

8.2.3-Analyse des données

8.2.3.1-Présentation du modèle de MaxEnt

Les modèles de niches ont été construits avec le programme MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006). MaxEnt utilise une approche statistique appelée entropie maximum

pour faire des prévisions à partir de données incomplètes. MaxEnt estime la distribution la plus uniforme/étendue (maximum entropie) des points d'occurrence au sein de la zone d'étude, en tenant compte de la contrainte que, la valeur prévue de chaque variable environnementale de facteur prédictif sous cette distribution estimée, apparie sa moyenne empirique (valeurs moyennes pour le jeu de données d'occurrence). MaxEnt estime la distribution spatiale de l'espèce en fonction de l'entropie maximale de chaque variable environnementale soumise (Phillips *et al.*, 2004, 2006).

L'algorithme du maximum d'entropie est déterministe et converge vers la distribution de probabilité maximale entropie (Phillips *et al.*, 2006). Maxent a l'avantage supplémentaire de permettre l'utilisation de deux variables continues et catégorielles. Maxent est sujette à des essais, résultant des distributions prévues qui sont regroupés autour des points de localisation. Par conséquent, une composante de relaxation, appelé régularisation, a été ajoutée à Maxent pour contraindre la distribution estimée permettant de ce fait la valeur moyenne de chaque variable échantillonnée à se rapprocher de sa moyenne empirique mais pas égaler. Cette composante de régularisation peut être ajustée pour chaque zone d'échantillonnage. Cependant, des simulations récentes ont indiqué que les paramètres par défaut réussissent aussi bien que les paramètres ajustés (Phillips *et al.*, 2008).

8.2.3.2-Validation du modèle de MaxEnt

Les 19 variables environnementales ont été soumises à un test de corrélation pour sélectionner celles les moins corrélées (r <0,0.80) compte tenu des biais que les corrélations ont sur les prédictions futures (Elith *et al.*, 2011). Un test de Jackknife a été ensuite effectué sur les variables bioclimatiques considérées pour déterminer celles qui contribuent le plus à la modélisation. Pour évaluer le modèle, 20% des points d'observation de l'espèce ont été utilisés pour tester le modèle et 80% des points ont été utilisés pour calibrer le modèle. La validation croisée du modèle a été répétée cinq fois pour produire des estimations robustes des performances du modèle. La performance du modèle a été évaluée en utilisant la statistique TSS (True Skill Statistic) (Phillips et Dudík, 2008; Allouche *et al.*, 2006; Bourou *et al.*, 2012). TSS fournit une mesure de seuil dépendant de la

précision qui est facilement appliquée pour la présence-absence prédictions. TSS est approprié dans les cas où des prédictions du modèle sont formulés sous forme de cartes de présence-absence (Allouche *et al.*, 2006).

8.2.3.3- Etapes de la modélisation de niche écologique

Les étapes de la modélisation de niche écologique favorable sont les suivantes : Introduire dans l'algorithme de traitement MaxEnt les coordonnées géographiques de présence de l'espèce en fichier csv (les coordonnées doivent être converties sous forme décimale).

Intégrer dans le même algorithme les enveloppes bioclimatiques (données sur la précipitation et la température pour un site déterminé dont la plus petite surface prise en considération est de 5 m x 5 m) disponible pour les scenarii du climat de 2000 et de celles prédites de changement climatique en 2050. On entend par scenarii de changement climatique les descriptions du futur climat possibles fondées sur des hypothèses à l'égard du fonctionnement du climat de la terre et des émissions des gaz à effet de serre (GIEC, 2007).

Evaluer les données intégrées dans l'algorithme MaxEnt qui génèrera après un modèle de niche écologique favorable. La prédiction est obtenue à partir d'interpolation des caractéristiques bioclimatiques de chaque point de présence de l'espèce (Figure 17).

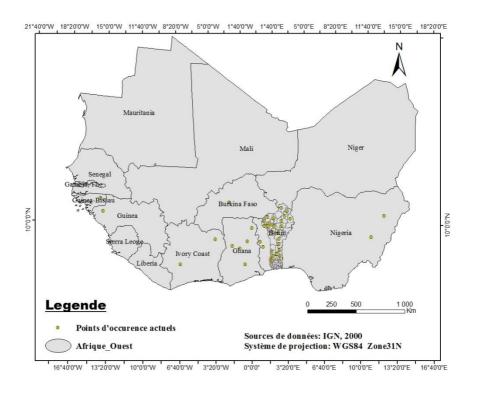


Figure 17. Point d'occurrence actuel du prosopis (*Prosopis africana*) en Afrique de l'Ouest utilisée dans cette étude.

8.2.3.4-Cartographie et analyse spatiale

Les résultats de modélisation produits par MaxEnt ont été importés dans Arc GIS 10.1 pour cartographier les habitats favorables à l'espèce aussi bien pour les conditions climatiques actuelles que pour les conditions climatiques futures (horizon 2050). Avec l'outil d'analyse spatiale de Arc GIS, l'étendue de chaque type d'habitat sous des conditions climatiques présentes et futures a été estimée à partir du nombre de pixels occupés par chaque type d'habitat en vue d'évaluer le gain ou la perte dans l'aire favorable à l'espèce à l'échelle du pays (Bénin) suivant les projections climatiques.

8.3. Résultats

8.3.1-Contribution des variables et validation du modèle

L'analyse des corrélations et le test de Jackknife ont permis d'identifier six variables moins corrélées (r < 0,80) et contribuant le plus à la modélisation. L'écart diurne moyen de température (Bio2) et les précipitations annuelles (Bio12) sont les variables ayant le plus contribué au modèle (Tableau 29). La modélisation a donné un TSS sensiblement égal à 0,82 ce qui suggère une bonne capacité du modèle à prédire les habitats favorables à l'espèce. Le seuil logistique percentile est 10.

La figure suivante (figure 18) montre les résultats du test de jackknife sur l'importance des variables. La variable environnementale qui a le gain le plus élevé lorsqu'il est utilisé seul est bio12 (figure 18), qui semble donc avoir l'information la plus utile par lui-même. La variable environnementale qui diminue le gain le plus quand il est omis est bio2, qui semble donc avoir le plus d'informations qui n'est pas présent dans les autres variables. Les valeurs indiquées sont des moyennes des sorties répétées du modèle.

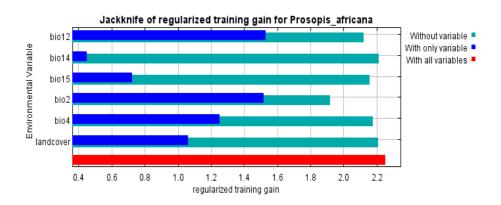


Figure 18. Résultat du test de Jackknife sur la contribution des modèles

Tableau 29. Variables bioclimatiques utilisées et leurs contributions au modèle

Code	Variables bioclimatiques	Explication	
bio2	Ecart diurne moyen (température	Différence pendant le jour entre	
	maximale - température minimale ;	les températures maximale et	
	moyenne mensuelle)	minimale de chaque mois	
bio12	Précipitations annuelles	Somme de toutes les	
		précipitations mensuelles	
		estimatives	
bio4	Saisonnalité de la température	Coefficient de variation des	
	(Coefficient de variation)	températures	
bio15	Saisonnalité des précipitations	Coefficient de variation des	
	(Coefficient de variation)	précipitations	
bio14	Précipitations de la période la plus	Précipitations totales du mois le	
	sèche	plus sec	
landcover	Couverture végétale		

8.3.2-Distribution actuelle et future des habitats favorables à $\it{P. africana}$

D'après les résultats de la modélisation, près de 78% du territoire national béninois (non compris les iles sur le fleuve Niger) sont actuellement favorables à la conservation du prosopis (Figure 19, tableau 30). Ces habitats favorables (élevés) à la conservation de l'espèce sont essentiellement compris entre 12° et 6° de latitude Nord, ce qui correspond à la zone soudanienne et à la zone soudanoguinéenne. Les habitats peu favorables (faibles) à l'espèce se situent essentiellement dans la zone subhumide sèche (entre 10° et 9° de latitude Nord) et la zone subhumide humide (en dessous de 6° de latitude Nord).

Selon les projections bioclimatiques du modèle HadGCM2 sous le scénario 6.0, le prosopis perdra près de 50 % des habitats qui sont actuellement favorables à sa conservation d'ici l'horizon 2050 (Tableau 30). Ces habitats seront essentiellement convertis en habitats peu favorables à sa conservation (Figure 20). Ce modèle prédit également un accroissement de près de 168 % des habitats peu favorables à l'espèce, essentiellement par conversion des habitats actuellement relativement favorables. Le modèle HadGCM2 sous le scénario 8.5

donne des tendances similaires. Cependant, comparé au modèle précédent, ce modèle prédit un plus grand taux de conversion (plus de 71%) d'habitats très favorables en habitats peu favorables à la conservation du prosopis, notamment entre 12° et 8° de latitude Nord (Tableau 30, figures 21 et 22). Contrairement au modèle HadGCM2 sous le scénario 6.0 précédent, le modèle Miroc5 sous le scénario 6.0 prédit une réduction des habitats très favorables à la conservation du prosopis (de près de 57 % de l'aire actuelle) par conversion des habitats peu favorables (Tableau 30, figure 23). Toutefois, le modèle prédit aussi une conversion d'une portion des habitats actuellement peu favorables (de près de 198% de l'aire actuelle) à l'espèce en habitats relativement favorables, entre 11° et 12°25' Nord (Figure 23). Quant au modèle Miroc5 sous le scénario 8.5, il prédit une réduction des habitats très favorables à la conservation du prosopis (de plus de 66 % de l'aire actuelle) par conversion des habitats peu favorables (Tableau 30, figure 24). Toutefois, ce modèle sous ce scénario prédit aussi une conversion d'une portion des habitats actuellement peu favorables (de plus de 231 % de l'aire actuelle) à l'espèce en habitats relativement favorables, entre 7° et 11° Nord (Figure 24).

Tableau 30. Variation des habitats favorables à la conservation de P. africana au Bénin

	Dynamisme des habitats				
	Faible		Elevé		
	Superficie(Km²	Tendance(%	Superficie(Km²	Tendance(%	
))))	
Présent	25997,48	22,3	90564,29	77,7	
HadGCM2_6.	69454,68	167,16	47107,09	-47,98	
0					
HadGCM2_8.	90713,70	248,93	25848,07	-71,46	
5					
Miroc5_6.0	77458,83	197,95	39102,94	-56,82	
Miroc5_8.5	86103,31	231,20	30458,46	-66,37	

Le signe (-) indique une perte d'habitat favorable et le signe (+) indique un gain. La différence au niveau des aires globales est liée à l'étendue prédite comme non habitat pour l'espèce.



Distribution actuelle d'habitat favorable

Figure 19. Habitats favorables actuellement à la conservation de *Prosopis africana*

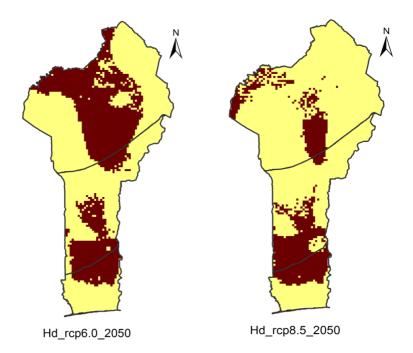


Figure 20. Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique HadGCM2_rcp6.0

Figure 20. Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique HadGCM2_rcp8.5



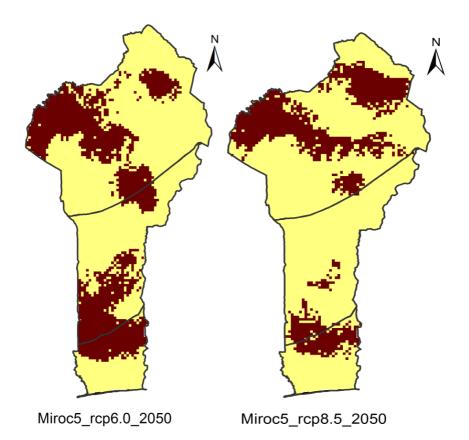


Figure 20. Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique Miroc5_rcp6.0

Figure 20. Habitats favorables à *P. africana* dans le futur (2050) : modèle climatique Miroc5_rcp8.5



8.3.3-Effet des variables environnementales sur la prédiction des modèles

Les courbes (Figure 24) montrent comment chaque variable environnementale affecte la prédiction Maxent. Les courbes montrent comment la prédiction logistique change comme chaque variable environnementale est variée, en gardant toutes les autres variables environnementales à leur valeur moyenne de l'échantillon. En d'autres termes, les courbes montrent l'effet marginal de changer exactement une variable, alors que le modèle peut profiter de l'évolution des ensembles de variables. Les courbes montrent la réponse moyenne de 5 répliques fonctionne Maxent (rouge) et la moyenne+/-un écart-type (bleu, deux teintes pour les variables catégorielles).

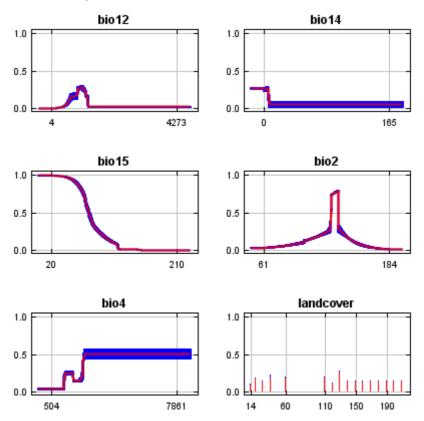


Figure 24. Effet des variables environnementales sur la prédiction Maxent

8.4. DISCUSSION

8.4.1. Modélisation et fiabilité du modèle

La modélisation des niches écologiques a souvent été citée comme un puissant outil pour cartographier la distribution actuelle et future des espèces et prédire l'effet des changements climatiques sur leur distribution (Van Zonneveld et al., 2009 ; Nakao et al., 2010). Néanmoins, ces modèles ont aussi été très critiqués en raison de leurs faiblesses quant à prédire l'effet des changements climatiques sur la répartition géographique des espèces. Au nombre de ces faiblesses, on a les incertitudes liées aux modèles utilisés, les difficultés à paramétrer les interactions écologiques, les réponses idiosyncratiques individuelles des espèces aux changements climatiques, les limitations de disséminations spécifiques à chaque espèce, la plasticité des limites physiologiques et les réponses adaptatives des agents disséminateurs (Elith et al., 2006; Schwartz, 2012; Fandohan et al., 2013). En outre, le principe de base selon lequel le climat actuel où une espèce est rencontrée (sa niche réalisée actuelle) est sa niche originelle, est également discutable. Il est en effet possible qu'au moment de l'établissement de l'espèce dans ses zones d'occurrence actuelles, le climat ait été très différent (plus humide ou plus sec) et que sa présence actuelle implique plusieurs millénaires d'adaptation à différents changements climatiques. Dans le cas du prosopis, Pasieecznik et al (2004) ont signalé que les toutes premières descriptions de présence de prosopis sont en Afrique de l'Ouest et en île Pacifique ou avant 1820, en Inde et au Pakistan dans les années 1870, en Australie et en Afrique du Sud avant 1900. Il serait donc hasardeux de prédire une disparition de l'espèce de son aire actuelle à l'horizon 2050. Malgré ces faiblesses, ces modèles procurent des informations bioclimatiques très capitales en matière de prise de décisions, notamment pour identifier de nouvelles zones potentiellement favorables à la culture (Cuni-Sanchez et al., 2010) ou à la conservation d'une espèce donnée (Schwartz, 2012). De même, les cas de mortalité de fruitiers agroforestiers observés pendant les fortes poches de sècheresse dans le Sahel au cours du siècle passé (Maranz, 2009) indiquent l'intérêt des projections climatiques pour de futures prises de décisions (ex., Quelles espèces agroforestières prioriser dans les politiques de diversification agricole et/ou de conservation ?). En effet, il a été

récemment mis en évidence que certains fruitiers agroforestiers à fortes valeurs économiques ont été introduits dans le Sahel à la faveur des périodes où les conditions climatiques y étaient plus humides (Maranz, 2009). Selon le même auteur, la migration des isohyètes pluviométriques vers le Sud (parfois en dessous de 600 mm pour la pluviométrie annuelle) aurait eu des effets néfastes sur ces espèces. Les modèles climatiques peuvent donc être utilisés pour montrer les zones potentielles où les variables bioclimatiques pourraient significativement changer de valeurs et ainsi influencer la physiologie, la productivité et la dynamique des populations des espèces agroforestières. Ces informations pourront ensuite être utilisées pour l'élaboration de politiques adéquates de production et de conservation.

Dans le cadre de cette étude, en général, les modèles prédisent une élévation des températures à l'horizon 2050 dans l'aire d'étude. Les résultats varient donc selon qu'un modèle prédise une augmentation ou une diminution des précipitations et selon les modifications dans la distribution des précipitations.

8.4.2-Aire de distribution potentielle de P. africana

Les projections climatiques sur les périodes à venir indiquent que la taille des surfaces des zones propices au développement de *P. africana* augmenterait de manière significative au-delà de 2020. L'augmentation de la zone de distribution de *P. africna* au Bénin à l'horizon 2050 s'expliquerait principalement par l'augmentation projetée de la pluviométrie. Ceci indique que la conservation de *Prosopis africana* sera plus favorable sur une étendue plus importante. Cependant si les actions anthropiques s'intensifient la conservation de *P. africana* prendra un coup. Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus par Fandohan *et al.* (2013) sur *Tamarindus indica* et Gouwakinnou (2011) sur *Sclerocarya birrea* qui sont des espèces de la zone soudanienne et de Sodé (2013) sur *Dialium guineense* puis de Gbesso *et al.* (2013) sur *Chrysophyllum albidum* qui sont des espèces de la zone guinéenne.

8.4.3-Eventualités de conservation de Prosopis africana

Les résultats de ce travail démontrent qu'aucun modèle climatique n'a prédit un recul total de l'aire de distribution de *Prosopis africana* au Bénin. Ces résultats

semblent contraster avec les travaux antérieurs qui annoncent l'effet négatif des changements climatiques sur la biodiversité (Pearson et Dawson., 2003 ; Thomas et al., 2004). La plus grande contrainte quant à la conservation reste les modes d'utilisation des terres. Comme l'a souligné Houètchégnon et al., (2015b), la régression de *Prosopis africana* au Bénin est liée en grande partie à la destruction de l'habitat naturel de l'espèce suite à l'expansion des surfaces agricoles et à l'urbanisation de plus en plus accélérée au Bénin et qui est le corollaire d'une croissance démographique galopante. De plus, la dynamique actuelle d'occupation des terres laisse déjà présager une régression des milieux naturels (vestige de forêt par exemple) au détriment des habitats (Oloukoi, 2006). En définitif, les changements climatiques ne constituent pas une menace à la conservation durable de l'espèce mais plutôt les actions anthropiques. Ainsi, pour augmenter les chances de conservation de l'espèce à long terme, il s'avère important de développer des actions de conservation in-situ et ex-situ de l'espèce dans les systèmes agroforestiers au Bénin afin de la sauvegarder de la pression de l'occupation des terres suite à l'exploitation à outrance de l'espèce. La conservation de l'espèce dans les jardins botaniques pourrait aussi améliorer l'état de conservation de l'espèce en tant que banque vivante de gènes vivante de Prosopis africana. Néanmoins, une grande attention doit être accordée à la variabilité.

8.4.4-Implications de l'étude

Les conditions climatiques prévalant dans les zones guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne actuelles sont favorables à la conservation des écotypes locaux du prosopis. En considérant les conditions actuelles comme optimales pour ces écotypes, en cas d'augmentation des précipitations (MIROC5 sous le scénario 8.5), les zones actuellement favorables à leur conservation pourraient devenir peu favorables (ex., probable réduction des rendements des arbres) à l'horizon 2050. En cas de diminution des précipitations (modèle Miroc5 sous le scénario 6.0), les zones qui leur sont actuellement peu favorables pourraient devenir favorables. Dans le schéma d'une aridification (Miroc5 sous le scénario 6.0), la conservation des écotypes locaux de l'espèce serait possible sur toute l'étendue de la zone d'étude.

Pour faciliter une gestion adaptative des fruitiers agroforestiers autochtones et leur intégration dans les systèmes de production, des études approfondies doivent être menées sur l'effet potentiel des changements climatiques sur ces espèces (habitats favorables, phénologie et productivité), notamment, dans les pays sahéliens comme la Mauritanie, le Niger, le Mali, le Burkina Faso, le Sénégal, etc. où les variations des variables bioclimatiques seront plus sévères, et pour des espèces agroforestières ayant une distribution moins large que celle du prosopis (ex. le dattier du désert, Balanites aegyptiaca L. Del. ; le palmier dattier, Phoenix dactylifera L.; le marula, Sclerocarya birrea A. Rich. Hochst.; le karité, Vitellaria paradoxa Gaertn.; le jujubier, Ziziphus mauritiana Lam.). La constitution de bases de données sur l'effet potentiel des changements climatiques sur les fruitiers agroforestiers autochtones en fonction des différents scenarii disponibles pourrait accélérer les prises de décisions adaptatives dans le cadre de leur intégration dans les systèmes formels de production (ex. élaborer des modèles de prise de décisions intégrant les changements climatiques pour identifier les fruitiers les plus éligibles à promouvoir). De telles études doivent être menées au fur et à mesure que les pouvoirs prédictifs des modèles climatiques seront améliorés, pour une plus grande pertinence des prises de décisions car de mauvaises options de gestion peuvent s'avérer encore plus graves que les changements climatiques. Les variations des résultats des différents modèles permettent d'avoir une meilleure idée des incertitudes et appellent à en tenir compte dans les planifications. Cela appelle aussi à la prise en compte de la physiologie de reproduction des espèces étudiées et de leur base génétique pour une meilleure interprétation des résultats.

8.5-Conclusion partielle

Tenant compte des effets des changements climatiques, la conservation de *Prosopis africana* est plus propice dans les zones guinéenne et soudano-guinéenne. Ces informations pourront servir à l'élaboration des stratégies de conservation de *P. africana* et à l'amélioration des capacités adaptatives des populations locales afin de réduire leur vulnérabilité aux effets des changements climatiques. Les zones climatiques associées aux agrosystèmes continueront à assurer la conservation de l'espèce sous le climat futur (horizon 2050). Toutefois,

d'autres facteurs influençant la distribution des espèces tels que les interactions biotiques, l'adaptation génétique et les capacités de dispersion de l'espèce doivent être prises en compte afin de tirer des conclusions pertinentes devant permettre de mieux orienter les prises de décision en matière de conservation.

CHAPITRE 9. DISCUSSION GENERALE, CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

9. Discussion générale, conclusion générale et perspectives 9.1. Discussion générale

Le prosopis (P. africana) est une espèce à usage multiple utilisée par les populations rurales africaines à des fins alimentaire, médicinale, culturelle et économique (Saré, 2004; Toutain, 1980; Geesing et al., 2004; Barminas et al., 1998; Von Maydell, 1983; Aremu et al., 2006; Kalinganire et al., 2007; Annongu et al., 2004; Dah, 2009; Agboola, 2004; Boureima et al., 2001). Malgré ses multiples usages, l'espèce demeure sous-valorisée par les communautés rurales. L'espèce est menacée dans son aire de distribution par les feux de végétation, l'agriculture, le pâturage des bovins et la pollution des agrosystèmes par les pesticides puis par son exploitation pour la carbonisation (Weber et al., 2008; Larwanou, 2005; Kokou et al., 2009; Geesing et al., 2004 ; Idjigbérou, 2007 ; Pasiecznik et al., 2004 ; Akossou et al., 2013). Face aux menaces d'ordres anthropique et climatique sur la survie de l'espèce, il importe d'acquérir le plus possible d'informations sur l'espèce en vue de sa bonne gestion dans les systèmes agroforestiers traditionnels. C'est pour ces différentes raisons que la présente étude sur P. africana a été initiée au Bénin et devrait conduire à moyen terme à sa domestication. Dans un premier temps, l'étude a été concentrée sur l'évaluation des connaissances ethnobotaniques et la gestion traditionnelle liées à l'espèce, sa variabilité écologique et morphologique puis l'impact de son ombrage dans les systèmes agroforestiers traditionnels et des changements climatiques.

En se basant sur les résultats des différentes utilisations reconnues aux organes du prosopis (chapitre 4), il ressort que les utilités peuvent se diviser en 9 segments à savoir : médecine traditionnelle, magico-thérapeute, énergie, construction immobilière, artisanat, culture, inspection phytosanitaire, alimentation et produit de pêche.

L'utilisation traditionnelle des plantes médicinales est d'une grande importance socio-économique dans la majorité des pays de l'Afrique de l'Ouest. Dans un contexte économique difficile où la majorité des ménages ne peuvent pas payer des médicaments issus de l'industrie pharmaceutique en raison de leur coût élevé, les plantes médicinales ont un rôle majeur dans les systèmes de santé traditionnels (FAO, 2012). C'est le cas de *P. africana* dont la pharmacopée traditionnelle

s'avère l'une des plus importantes utilisations chez tous les groupes socioculturels. Cet intérêt particulier pourrait aussi s'expliquer par l'efficacité de cette espèce dans le traitement de plusieurs maladies. Cependant, la pharmacopée n'est pas la seule utilisation de P. africana. P. africana occupe une place de choix chez les éleveurs comme fourrage. Ceci du fait que les feuilles et les gousses sont très appétées par les animaux, surtout les gros ruminants. Les résultats de ce travail rejoignent ceux de FAO (2012) qui ont souligné l'importance de l'utilisation de plantes fourragères en Afrique de l'ouest car en saison sèche les herbacées deviennent rares et peu nutritives et ne permettent plus aux animaux de couvrir leurs besoins. Les fruits de P. africana sont utilisés pour des fins alimentaires, bien que moins importante que les autres formes d'utilisation, fait partie des activités des groupes socio-culturels du sud et du centre Bénin. Cela confirme l'idée de plusieurs auteurs qui sont unanimes sur l'importance des produits forestiers non ligneux (PFNL) en Afrique (Hawa, 2007; Abalo et al., 2010; COMIFAC, 2010; Christian et al., 2011). La faible utilisation des fruits pourrait s'expliquer par le fait que c'est une activité difficile et peu rentable et par l'utilisation des graines de Parkia biglobosa dans les condiments (afintin), qui est l'espèce la plus reconnue dans cet usage, ce qui fait que l'alimentation est considérée comme l'utilisation la moins importante de P. africana. Quel que soit le degré de sa pratique, la cueillette des fruits diminue le stock de semences et menace ainsi la survie de l'espèce. A ces menaces s'ajoutent les prélèvements des organes à des fins diverses qui portent souvent gravement atteinte au sujet dont les mutilations, nettement observables, conduisent à une baisse de productivité ou même à sa mort. Bien que P. africana soit encore disponible au niveau de tous les groupes socio-culturels, son utilisation de préférence dans le bois énergie est fortement corrélée avec le nombre de bouche à nourrir qui s'accroit davantage.

Les hypothèses selon lesquelles les caractéristiques écologiques et morphologiques de *P. africana* varient d'une zone climatique à une autre sont confirmées. Il ressort de la présente étude que parmi les paramètres dendrométriques étudiés : la densité, le diamètre, la surface terrière, la hauteur de Lorey varient significativement d'une zone climatique à une autre et d'un type d'occupation de sol à un autre. La structure diamétrique des différentes sous-

populations de *Prosopis africana* montre une faible densité des pieds de prosopis dans les classes inférieures de diamètre. Ainsi, en matière de gestion des souspopulations de P. africana ces structures diamétriques montrent une insuffisance de la régénération de ces sous-populations surtout du sud. Ces résultats sont similaires à ceux de Ouédraogo (1995) et de Koura et al. (2013). Ouédraogo avait noté une faible, voire une absence de régénération de Parkia biglobosa dans la partie méridionale de l'aire de répartition de Parkia biglobosa en Afrique. Selon ce même auteur, cette faible régénération constitue une menace actuelle pour la conservation de l'intégrité du pool génétique de certains allèles rares. Cette faible régénération de Prosopis africana est due aux méthodes de prélèvement non appropriées et excessives, aux aléas climatiques et le manque d'alternatives pour les ménages à compenser le déficit des récoltes (Barmo, 2008). Ceci les oblige à exercer une pression de plus en plus forte sur les ressources naturelles. Il est donc important d'envisager l'enrichissement des parcs à prosopis par plantation de plants élevés en pépinière et la protection de la régénération contre les feux de végétation, le broutage et le piétinement des animaux. Du point de vue morphologique prosopis a une grande variabilité. Cette variation morphologique concerne principalement la hauteur houppier, la longueur foliolule, la la longueur foliole, le poids total fruit, la hauteur à la première ramification, le nombre de graines, le poids pulpe, le nombre de foliolules, le diamètre à hauteur d'homme, la hauteur fût, le diamètre pétiole et le nombre de ramifications. Les présents résultats rejoignent et complètent ceux de Gbédji (2003) et de Koura et al. (2013) qui ont observé une variation de la hauteur totale, de la hauteur fût, de la longueur du pédoncule, de la longueur de la gousse, du diamètre à hauteur de poitrine, du diamètre cime et du nombre de graines par gousse, entre les pieds de néré des zones soudano-guinéenne et soudanienne. Hopkins (1983) a également observé une variation des feuilles et des foliolules de Parkia biglobosa suivant le gradient latitudinal. Au niveau des peuplements de Parkia biglobosa de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique Centrale, Ouédraogo (1995) a aussi observé une variation de la hauteur totale, de la hauteur fût et du diamètre cime. De même, la variation significative de chacun des descripteurs quantitatifs de la présente étude rejoint les résultats d'études antérieures réalisées sur d'autres espèces fruitières telles que Dacryodes edulis (Makueti et al., 2012), Sclerocarya birrea (Gouwakinnou

et al., 2011), Ziziphus mauritiana Lam. (Koné et al., 2009), Allanblackia floribunda Oliver (Atangana, 2010), Adansonia digitata L. (Assogbadjo et al., 2006, 2008, 2009; Kyndt et al., 2009; Kouyaté et al., 2011), Milicia excelsa (Welw.) C. C. Berg (Ouinsavi et Sokpon, 2010), Lagenaria siceraria (Molina) Standl. (Achigan Dako et al., 2008), Vitellaria paradoxa C. F. Gaertn. (Sanou et al., 2006), Canarium indicum L. (Leakey et al., 2008). En ce concerne l'importance pratique de ce travail, notons que le présent travail a permis de déceler zones qui produisent plus de fruits, de bois, de feuilles. Les valeurs moyennes les plus élevées de ces organes se retrouvent au niveau de la zone guinéenne. Ils sont donc particulièrement intéressants et peuvent être pris en compte dans le cadre d'une sélection de variétés à haut rendement. Cette zone abritant des morphotypes intéressants sont plus confrontées malheureusement à des actions anthropiques très intenses.

La densité, la hauteur et le rendement des plants de manioc sont significativement plus élevés hors le houppier de prosopis que sous le houppier. Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle l'association de cultureau *Prosopis africana* a d'influence sur les cultures. Ces résultats sont semblables à ceux de Akouèhou (2008), de Gbèmavô (2010) et de Gnanglè *et al.* (2013) sur le karité au Nord Bénin. La nature du sol, la disponibilité en eau et l'incidence des rayons solaires sont les trois facteurs principaux qui peuvent expliquer la variation de la densité des plants et du rendement entre plants de manioc sous houppier et hors houppier de prosopis. En effet, Zomboudré *et al.* (2005), Gbèmavô *et al.*, (2013) ont noté une nette amélioration de l'humidité du sol et la fertilité du sol-sous les houppiers du karité. L'amélioration de l'humidité et de la fertilité du sol sous houppier favoriserait l'augmentation en hauteur des plants sans pour autant améliorer leur rendement. A l'instar du karité et du néré, prosopis joue un rôle dans le rétablissement de l'écologie et la vie sociale et économique des communautés locales et lui confère un privilège de choix de préservation délibérée.

Les présents résultats confirment en partie l'hypothèse selon laquelle les changements climatiques ont d'effets sur la conservation de *Prosopis africana*. En effet, le postulat de base selon lequel le climat actuel où une espèce est rencontrée (sa niche réalisée actuelle) est sa niche originelle, est discutable. Il est ainsi possible qu'au moment de l'établissement de l'espèce dans ses zones

d'occurrence actuelles, le climat ait été très différent (plus humide ou plus sec) et que sa présence actuelle implique plusieurs millénaires d'adaptation à différents changements climatiques. Dans le cas de prosopis, l'apparition de sa tribu en Afrique remonte à 1820 (Pasiecznik *et al.*, 2004). Il serait donc hasardeux de prédire une disparition de l'espèce de son aire actuelle à l'horizon 2050.

La discution sera ici après la critique de l'approche méthodologique d'étude, de l'implication de l'étude et de la valorisation des ressources de *P. africana*. Il aura également présentation des limites de l'étude.

9.1.1. Critique de la méthodologie

La présente recherche est réalisée sur la base d'une approche méthodologique issue d'une combinaison de plusieurs méthodologies de recherche selon les domaines abordés (ethnobotanique, écologie, morphologie, agroforesterie et changement climatique). Ces méthodes sont critiquées ici au vu des informations collectées à travers leurs utilisations sur le terrain. Le chapitre 1 porte sur les aspects ethnobotaniques de P. africana et a été réalisé à partir d'une enquête de terrain sur l'ensemble du territoire national. Cependant, afin d'avoir une fiabilité dans les réponses obtenues des personnes enquêtées la méthode de la triangulation a été utilisée pour assurer que les déclarations étaient conformes. Malgré cette garantie, il est bien possible que certains n'expriment pas leurs réelles connaissances sur la plante ou inventent des connaissances sur l'utilisation de la plante. Le taux d'enquêtés favorables à la conservation de l'espèce trouvé dans la présente recherche a corrigé le biais sur la gestion réelle fait de P. africana dans les types d'occupation. Par ailleurs, le screening phytochimique de P. africana peut permettre une mise en exergue des connaissances locales recueillies auprès des enquêtés afin de ressortir celles biaisées. Aussi, pour la collecte de ces données l'idéal oblige à tenir à jour la liste de toutes les populations rurales du Bénin et à les interroger. Toutefois, une telle méthode est évidemment impossible. C'est pour cela que l'approche échantillon représentatif a été utilisée pour déterminer la taille de l'échantillon à enquêter. A cet effet l'approximation de la loi binomiale à la loi normale a été utilisée (Dagnelie, 1998). La probabilité de réalisation de l'événement considéré dans la formule de Dagnelie (1998) est la proportion des personnes qui ont utilisé une fois les organes de P. africana.

Ainsi, les enquêtes ont été conduites auprès d'un échantillon représentatif de 960 personnes sur l'ensemble du territoire national. Les chapitres 5 et 6 portent sur la caractérisation écologique, structurale et l'analyse de la variabilité morphologique de P. africana. Cela a été réalisé à partir d'un inventaire des pieds de P. africana par zone climatique et type d'occupation de P. africana choisis sur l'ensemble du territoire national. La méthodologie utilisée est tirée de celles de Leakey et al., (2000, 2005a, 2005b) et de Bationo/Kando et al., (2008) sur Sclerocarya birrea. La valeur de 30 correspondant à la taille minimale de l'échantillon par population de P. africana pour qu'il soit représentatif (Graudal, 1998) est obtenue dans chacune des populations de *P. africana* échantillonnées. Au niveau du chapitre 7, l'influence de l'ombrage de Prosopis africanaaété déterminéesur le rendement de Manihot esculentapar un inventaire dans l'agrosystème manioc-prosopis. Ce qui a fait que la taille de l'échantillon a été très petite comme le cas dans plusieurs travaux (Gbèmavô et al., 2010 ; Gnanglè et al., 2013; Akouèhou, 2008). Dans le chapitre 8, il est question des effets des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires favorables à la conservation de P. africana. La méthode classique a été utilisée c'est-à-dire point de présence-absence de P. africana. La modélisation des niches écologiques a souvent été citée comme un puissant outil pour cartographier la distribution actuelle et future des espèces et prédire l'impact des changements climatiques sur leur distribution (Van Zonneveld et al., 2009; Nakao et al., 2010). Cependant, ces modèles ont aussi été très critiqués compte tenu de leurs faiblesses quant à prédire l'impact des changements climatiques sur la répartition géographique des espèces. Au nombre de ces faiblesses, on peut citer les incertitudes liées aux modèles utilisés, les difficultés à paramétrer les interactions écologiques, les réponses idiosyncratiques individuelles des espèces aux changements climatiques, les limitations de disséminations spécifiques à chaque espèce, la plasticité des limites physiologiques et les réponses adaptatives des agents disséminateurs (Elith et al., 2006; Schwartz, 2012).

9.1.2. Implication agronomique générale des résultats

L'utilisation et la gestion durable des arbres ou arbustes demandent une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan morphologique afin de

différencier les individus (Kouyaté et Van Damme, 2002) et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire. Les résultats montrent que la variabilité des descripteurs morphologiques de *P. africana* est généralement plus grande au niveau des individus ou entre les individus d'une même population qu'entre les populations, les types d'occupation de sol et les zones climatiques. La stratégie de valorisation d'une culture dépend des objectifs visés. Dans le cas d'espèce, plusieurs objectifs sont visés :

- **1-** La production de graines pour la fabrication de moutarde chez les groupes socio-culturels du sud et du centre Bénin :
- **2-** La production des feuilles et des fruits pour fourrage dans la zone soudanienne (Nord Bénin) et pour la médecine traditionnelle chez tous les groupes socio-culturels ;
- 3- La production de bois pour l'énergie domestique chez tous les groupes socio-culturels. Des travaux ont montré que le bois a un pouvoir calorifique très élevé (Kokou et al., 2009; Akossou et al., 2013). A cet effet, la variabilité du poids des fruits, des feuilles et des tiges est un résultat très intéressant à prendre en compte pour la sélection des morphotypes pour une valorisation de la culture de la plante. Par ailleurs, ces morphotypes de P. africana distingués dans la zone guinéenne présentent en moyenne le meilleur poids et la meilleure longueur. Leur sélection pour la culture de l'espèce peut se faire au sein de cette zone. Des tentatives locales de gestion de P. africana dans les systèmes agroforestiers sont observées dans cette zone. Il est à renforcer ces systèmes qui sont plus vieux par l'introduction des jeunes plants. Dans le contexte de changement climatique, l'impact des facteurs climatiques sur les caractéristiques de l'espèce est étudié et une influence positive de la pluviométrie et de l'humidité relative est observée sur l'aire de conservation de P. africana tandis qu'une influence négative de la température est observée. La variabilité du climat dans les trois zones climatiques du Bénin ces trente dernières années est caractérisée par une augmentation significative de la température moyenne (plus de 1° C), ainsi qu'une diminution perceptible de la pluviométrie (-5,5 mm/an en moyenne) et du nombre moyen annuel de jours de pluie (Gnanglè et al., 2011).

9.1.3. Valorisation des ressources de Prosopis africana

Les populations locales du Bénin utilisent tous les organes de *P. africana* dans divers domaines (alimentation, médecine, énergie, etc.) et sont majoritairement favorables à la conservation de *P. africana*. Certaines d'entre elles conservent dans leurs systèmes agraires *P. africana*. La valorisation des ressources de *P. africana* peut se faire sur les domaines alimentaire (condiment Afintin, fourrage), énergétique (bois énergie), pharmaceutique (fabrication de médicament) et écologique (finance carbone). Cette espèce joue un rôle non moins important dans la séquestration de carbone. En effet, selon Ouédraogo et Tarchiani (2005), sous une pluviométrie de 450 à 550 mm par an un pied de 15 ans de *P. africana* a une potentialité en séquestration de carbone de 13,621 t C/ha. Les agrosystèmes à base de *P. africana* sont des puits de carbone et peuvent devenir un marché de finance carbone d'autant plus que le marché de carbone existe. Les pays développés comme la Chine, grand émetteur de CO₂ sont les potentiels acheteurs. Pour ce faire, les petits producteurs africains peuvent se mettre en groupement de crédits carbone.

P. africana est une plante à haute valeur médicinale. En effet, la mise en relation des organes utilisés de la plante avec chaque domaine d'utilisation de l'espèce montre que tous les organes de la plante sont utilisés dans le domaine médicinal. La mise en relation du genre et du sexe avec les organes utilisés d'une part et les organes utilisés pour une maladie donnée montrent que les femmes sont les potentielles utilisatrices des organes de la plante pour traiter les maladies. La raison fondamentale est qu'elles traitent plusieurs infections et maladies infantiles avec les organes de la plante. L'utilisation des différentes parties de la plante dans la pharmacopée traditionnelle constitue un aspect social important dans la vie des communautés rurales (Louali et al., 2014) et l'une des raisons fondamentales du choix de la conservation de la plante dans les champs. Ce potentiel médicinal de l'espèce peut être valorisé économiquement par la connaissance des principes actifs des organes de l'espèce afin qu'elle soit introduite dans l'industrie pharmaceutique locale. Au niveau local, les produits certifiés à base de P. africana peuvent être mis au point par les tradipraticiens pour être vendus et créer de la richesse.

9.1.4. Limites de l'étude

Les connaissances ethnobotaniques ont été tirées des grands groupes socioculturels. Plus de cinquante (50) groupes socio-culturels au Bénin, INSAE les a regroupés en huit (8) grands groupes socio-culturels. Il a ainsi des spécificités dans les conclusions tirées au niveau du chapitre 4.

L'analyse de la variabilité morphologique de l'espèce est réalisée à partir de l'inventaire dans les trois zones climatiques du Bénin. La plupart des individus choisis sur le terrain sont issus des champs, des jachères et des savanes et il est fort possible que ces pieds subissent de façon permanente la pression humaine. Par rapport à la modélisation de la niche écologique de l'espèce le long du gradient climatique, les données climatiques ont été collectées par des sites internet. Ces dernières sortent de la globalité et non de la spécificité de *P. africana*. Ce qui limite les conclusions tirées de l'étude (chapitre 8).

9.2. Conclusion générale et perspectives

Cette étude porte sur études ethnobotaniques, écologiques, morphologiques, de conservation et impacts des changements climatiques sur *Prosopis africana* au Bénin, Afrique de l'Ouest ; réalisée à partir :

- 1- des enquêtes socio-anthropologiques et ethnobotaniques sur l'ensemble du territoire national,
- 2- des études de terrain sur l'ensemble du territoire national pour la caractérisation écologique, morphologique, la conservation dans les systèmes agroforestiers et la modélisation de la niche écologique de l'espèce. Tous les objectifs spécifiques fixés dans l'étude sont atteints.

Les avancées apportées par la présente étude pour la gestion durable de *P. africana* au Bénin sont :

- 1- l'identification des groupes sociolinguistiques des populations locales comme un facteur déterminant la gestion durable de *P. africana*, la prédiction de la valeur d'usage de la plante dans les différentes régions du Bénin à partir des caractéristiques sociales des populations locales ;
- 2- l'identification du potentiel ligneux de *P. africana* dans chaque zone climatique ;

- 3- la révélation de douze variabilités morphologiques de *P. africana* dans toutes les zones climatiques du Bénin. Les morphotypes particulièrement intéressants pour les éventuels programmes de sélection sont de la zone guinéenne ;
- 4- la conservation dans des systèmes agroforestiers qui sont des atouts pour la durabilité de gestion de l'espèce et
- 5- la connaissance des aires favorables à la conservation de *P. africana* au regard des changements climatiques d'ici 2050. Les résultats sur l'adoption en agroforesterie et l'ethnobotanique de la plante sont applicables dans le cadre de son introduction dans les systèmes de productions agricoles en occurrence les zones sociologiquement favorables à sa culture. Ils sont aussi importants dans la prise de décisions sur l'utilisation durable des ressources de la plante selon les catégories socioprofessionnelles des populations locales. Les résultats sur l'analyse écologique, morphologique et sur la modélisation de la niche écologique sont décisifs dans le cadre de la sélection d'un bon matériel végétal de la plante pour éviter la prise de risque aux producteurs. Ils sont également capitaux dans le cadre la gestion sylvicole de la plante pour s'adapter aux climats futurs. A l'issue de l'étude, quelques questions d'ombres méritent d'être éclaircies à travers d'autres travaux de recherche. Ainsi il est suggéré les axes de recherches ci-après :
- 1. screening phytochimique de *P. africana* afin d'obtenir un maximum d'informations relatives sur la plante à son efficacité toxicologique, physiologique, pharmacodynamique, corrélée par les principes actifs que contient l'espèce. De telles études doivent permettre la mise au point des médicaments utilisables dans les soins de santé primaire à moindre coût. Elles doivent permettre de mettre en exergue les connaissances locales collectées sur la valeur médicinale de la plante sur le terrain ;
- 2. analyse la diversité génétique de la plante afin d'apprécier la variabilité intra et inter population de la plante au Bénin ;
- 3. caractérisation biochimique de la plante en considérant différents génotypes pour confirmer ou infirmer la corrélation positive entre le poids des fruits et des feuilles puis de leur teneur en éléments nutritifs ;

- 4. analyse de la variabilité du comportement germinatif des graines de *P. africana* en relation avec la durée de stockage ;
- 5. analyse de la dynamique de séquestration de carbone des pieds de *P. africana* de différents génotypes ;
- 6. introduction l'espèce dans les programmes de reboisement au Bénin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abalo, A., Kpérkouma, W., Komlan, B., Agbelessessi, Y. W. et Koffi, A. (2010). Diversité des fruits ligneux spontanés du Togo. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 4(1): 1-9.

Abiola, A. W. (2012). Caractérisation morphométrique de l'abeille *Apis mellifera* adansonii, latreille 1804 (hymenoptera : apidae) au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Benin. 71 p.

Achigan Dako, E. G., Vodouhè, S. R. et Sangare, A. (2008). Caractérisation morphologique des cultivars locaux de *Lagenaria siceraria* (Cucurbitaceae) collectés au Bénin et au Togo. *Belg. J. Bot.*, **141**(1): 21 – 38.

Adikwu, M. U., Ezeabasili S. I. and Esimone C. O. (2001). Evaluation of physico-chimical prosperties of new polysaccharide gum from *Prosopis africana*. Bollenttino Chimico Pharmaceutico, 2001, 140 (1), 40-45

Adjanohoun, E., Adjakidjè, V., Ahyi, M. R. A., Aké Assi L., Akoègninou, A., Dalmeda, J., Akpovo, F., Boukef, K., Chadaré, F., Cusset, G., Dramane, K., Eyme, J., Gassita, J-N, Gbaguidi, N., Goudoté, E., Guinko, S., Houngnon, P., Issa, L., Keita, A., Kiniffo, H. V., Koné Bamba D., Musampa Nseyya, A., Saadou, N., Sodogandji, T. H., De Souza, S., Tchabi, A., Zinsou Dossa, C. et Zohoun, Th. (1989). Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin. ACCT. Paris. 895p.

Adomou, C. A. (2005). Vegetation Patterns and Environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen. 133p.

Agbahungba, G. et Depommier, D. (1989). Aspects du parc à karité-neré (*Vitellaria paradoxa* Gaertn, f, *Parkia biglobosa* Jacq, Benth) dans le sud du Borgou (Benin), Bois et Forêts des Tropiques, 222, 41-54.

Agbogidi, O. M. (2010). Ethnobotanical survey of the non-timber forest products in Sapele Local Government Area of Delta State, Nigeria. *African Journal of Plant Science*, **4**, 3, 183-189.

- **Agboola, D. D. (2004).** *Prosopis africana* (Mimosaceae): stems, roots and seeds in the economy of the savannah areas of Nigeria. *Econ. Bot.* 58 (Suppl.), S34-S42.
- Ahoton, L. E., Adjakpa, J. B., M'po, M. I. et Akpo, E. L. (2009). Effet des prétraitements des semenses sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. Et Rich.) Taub., (Césalpiniacées), *Tropicultura*, 27, 4, 233-238
- **Akinnagbe, A. and Olutayo, O. (2007).** Quantitative variations in the growth of progeny seedlings of *Prosopis africana* (Guill., Perrott. And Rich;) Plus trees in Nigeria. *African J. of Biotech.* Vol. 6 (4) pp. 359-363.
- **Akossou, A. Y. J., Gbozo, E., Darboux, A. E. and Kokou, K.** (2013). Influence of wood humidity of three species (*Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpa* and *Tectona grandis*) on the production of charcoal by the traditional wheel. *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*. Vol. 4(4), pp.
- **Akouèhou, S. G. (2008).** Agrosystèmes forestiers et gestion du karité (*Vitellaria paradoxa*) et du néré (*Parkia biglobosa*) dans les terroirs villageois de Partago au Nord-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin Numéro 62 Décembre 2008.
- **Akouèhou, S. G., Goussanou A. C., Idohou R., Dissou E. F. et Azokpota P.** (2014). Importance socioculturelle de *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (Moraceae) au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 75:6173–6182
- **Akpo, L. E.** (1998). Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal, Variation selon un gradient climatique Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles FST- UCAD, pp, 133.
- **Allouche, O. Tsoar, A. and Kadmon, R.** (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS), *Journal of Applied Ecology*, **43**, 1223–1232
- Ambang, Z., Akoa, A., Bekolo, N., Nantia, J., Nyobe, L. et Ongono, Y. S. (2007). Tolérance de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et de l'espèce sauvage (*Manihot glaziovii*) à la mosaïque virale africaine et à la cercosporiose du manioc, *Tropicultura*, 25, 3, 140-145.
- **Annongu, A. A., Joseph, J. K. and Liebert, F.** (2004). Effect of anaerobic fermentation and Lyle treated *Prosopis africana* seed meal on the nutritional and hematological responses of Harco chicks. *J. Raw Material Res.*, 1: 33-41.

Arbonnier, M. (2000). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches de d'Afrique de l'Ouest. Ed. CIRAD-MNHN-UICN.525p+annexes.

Arbonnier, M. (2002). Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN. 573p.

Aremu, M. O., Olonisakin, A., Atolaye, B. O. and Ogbu, C. F. (2006). Some nutritional and functional studies of *Prosopis africana*. *Electron*. *J. Environ*. *Agric. Food Chem.* 5, 1640-1648.

Assogba, M. T. (2007). Les plantes médicinales ligneuses de la Commune de Bassila : durabilité de l'exploitation, aspects ethnobotaniques et circuits de commercialisation vers le Sud du Bénin. Mémoire de diplôme d'Ingénieur Agronome, Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 74p +Annexes.

Assogbadjo, A. E. (2006). Importance socio-économique et étude de la variabilité écologique, morphologique, génétique et biochimique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. Thèse de doctorat. Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen. Universiteit Gent. 213p.

Assogbadjo, A. E., Glèlè Kakaï, R., Adjallala, F. H., Azihou, A. F., Vodouhê, G. F., Kyndt, T. and Codjia, J. T. C. (2010). Ethnic differences in use value and use patterns of thethreatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduc* L.) in Benin. *Journal of Medicinal Plants Research* 2010, 5(9):1549-1557.

Assogbadjo, A. E., Glèlè Kakaï, R., Chadare, F. J., Thomson, L., Kyndt, T., Sinsin, B. and Van Damme, P. (2008). Folk classification, perception and preferences of baobab products in West Africa: consequences for species conservation and improvement. *Economic Botany*. 62 (1): 74-84.

Assogbadjo, A. E., Glèlè Kakaï, R. L., Sinsin, B. and Pelz, D. (2009). Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. Natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Maro Forest Reserve in Benin.Tennenbacherstr.4, D-79085, Freiburg, Germany.

Assogbadjo, A. E., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G. and Van Damme, P. (2006). Patterns of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia*

digitata L.) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Ann. Bot.*, **97**: 819–830.

Atangana, A. R. (2010). Phenotypic diversity in fruit and seed traits and neutral genetic diversity in *Allanblackia floridunda*. PhD dissertation, University of Laval, Quebec, Canada.

Aubreville, A. (1950). Flore forestière soudano-guinéenne Cameroun: AOF AEF. Avocèvou, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G. and Van Damme, P. (2009). Sustainable use of non-timber products: Impact of fruit harvesting on Pentadesma butyracea regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. In Forest Ecology and Management 257 (2009) 1930-1938.

Barminas, J. T., Maina, H. M. and Ali J. (1998). Nutrient content of *Prosopis africana* seeds. *Plant foods for human nutrient*, 52(4): 325-328.

Barmo, S. (2008). Analyse socio – économique de l'exploitation des ressources végétales de la réserve totale de faune de Tamou (Niger). Mémoire de DEA, Biologie appliquée, 88p.

Bassabi, A. (2009). Connaissances endogènes et utilisation de la biodiversité des formations végétales dans le bassin versant de la Donga (Bénin). Mémoire de maîtrise. DGAT/FLASH/UAC, 85p.

Bationo/Kando, P., Zongo, J. D., Nanema, R. K. et Traoré, E. R. (2008). Etude de la variation de quelques caractères morphologiques d'un échantillon de *Sclerocarya birrea* au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chimical Sciences*. 2(4): 549-562, 2008. ISSN 1991-8631. Available online at http://www.ajol.info.

Bayala, J., Teklehaimanot, Z. and Ouedraogo, J. S. (2002). Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso, *Agrofor, Syst*; 54, 203-214.

Beavogui, M. (2012). Impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial en haute Guinée et proposition de stratégies d'adaptation. Mémoire de Master en Changement Climatique et Développement Durable, Comité Permanent Inter-Etats de Lutte Contre la Sécheresse dans le Sahel, Centre Régional Agrhymet.

Becker, B. (1983). The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (northern Senegal). *Agroforestry Systems* 1(3): 257-267

- Bérard, L., Cegarra, M., Djama, M., Louifi, S., Marcheney, P., Roussel, B. et Verdeau, F. (2005). Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France. Paris, CIRAD/IDDRI/IFB/ILRA, 271 p.
- **Boffa, J. M.** (1995). Productivity and management of agroforestry parklands in the Sudan Zone of Burkina Faso, West Africa, PhD, Thesis, Purdue Univ USA, pp, 99.
- **Boffa, J. M. (2000).** Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne, Cahier FAO Conservation, 34, 258 p.
- **Boko, M. Niang, I. Nyong, A. and Vogel, C. (2007).** Africa. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the 4th Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK; 433-467.
- **Bonati**, A. (1991). Industry and conservation of medicinal plants. In: Akérélé, O.; Heywood,
- V. and Synge, H. eds., The conservation of medicinal plants. Proceedings of an International
- Conference 21-27 March 1988 at Chiang Mai Thailand. Cambridge University Press, Cambridge, UK: pp. 141-145.
- **Bourou, S., Bowe, C., Diouf, M. and Van Damme P.** (2012). Ecological and human impacts on stand density and distribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) in Senegal. *Afr. J. Ecol.*, **50**, 253-265.
- Bonou, W., Glèlè Kakaï, R., Assogbadjo, A. E., Fonton, H. N. and Sinsin, B. (2009). Characterization of *Afzelia africana* Sm. Habitat in the lama forest reserve of Benin. *Forest Ecology and Management* vol. 11676, page 1-9.
- **Botha, J., Witkowski, E.T.F. and Shackleton, C. M. (2004).** The impact of commercial harvesting on Warburgia salutaris ('pepper-bark tree') in Mpumalanga, South Africa. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1675-1698.
- Boureima, M., Mayaki, A. et Issa, M. (2001). Etudes socioéconomiques sur la commercialisation des produits et sous-produits de la forêt de prosopis et sur la mise en place des marchés ruraux dans l'arrondissement de N'Guigmi. Niamey, Niger, Institut national de recherches agronomiques du Niger (INRAN) et FAO.
- Burk, T. E et Newberry, J. D. (1984). A simple algorithm for moment-based recovery of Weibull distribution parameters. *Forest sciences*; 30: 329-332.

- **Busby, J. W., Smith, T. G., White, K. L. and Strange, S. M. (2010).** Locating Climate Insecurity: Where are the Most Vulnerable Places in Africa? University of Texas, The Robert Strauss Center for International Security and Law, Climate Change and African Political Stability (CCAPS): *Austin, TX, USA*.
- **Byg, A. and Balsvel, H. (2001).** Diversity and use of pâlms in Zahamena, eastern Madagascar. *Biodiversity and Conservation*. Vol. 10 pp. 951-970.
- Cadoret, K., Pasiecznik N. M. and Harris, P. J. C. (2000). The Genus Prosopis: A Reference Database (Version 1.0): CD-ROM. HDRA, Coventry, UK.
- **Chantal, Y. and Salifou, I. (2008)**. Important characteristics of some browse species in an agrosilvopastoral system in West Africa. *Agroforestry Systems*, Vol. 74 Issue 2, 213-221.
- Chris, M., Phillip, G., Cris, B. and Juergen B. (2005). Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 218 1-24pp
- Christian, M., Cédric, V., Kasso, D. et Jean-Louis, D. (2011). Le noisetier d'Afrique (*Coula edulis* Baill.). Un produit forestier non ligneux méconnu. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **15**(3): 485-495.
- Clement, C. R., 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources, I. (1999). The relation between domestication and human population decline, *Econ. Bot.* 53 (1999) 188–202.
- Codjia, J.T.C., Houessou, G. L., Ponette, Q., Le Boulenge, E. and Vihotogbe, R. (2007). Ethnobotany and endogenous conservation of *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte) Baill. in traditional agroforestry systems in Benin. *African Journal of Indigenous Knowledge Systems*, **6**,2, 196-209.
- Codjia, J.T.C., Vihotogbé, R., Assogbadjo, A. E. et Biaou, G. (2009).Le marché du crincrin (*Corchorus tridens*) au Bénin. *Annales des sciences agronomiques* (FSA-UAC, Bénin), 19 p.
- **COMIFAC** (Commission des forêts d'Afrique Centrale). 2010. Directives sous-régionales relatives à la gestion durable des produits forestiers non ligneux d'origine végétale en Afrique Centrale. *Série politique* N°2, COMIFAC, 30p.
- Cuni-Sanchez, A., Osborne, P. E. and Haq, N. (2010). Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modeling. *Agroforest. Syst.*, **80** (2), 191-201.

Cunningham, A. B. (1991). Development of the conservation policy on commercially exploited medicinal plant. A case study from southern Africa. In: Akérélé, O.; Heywood, V. and Synge, H. eds., The conservation of medicinal plants. *Proceedings of an International*

Conference: 21-27 March 1988 at Chiang Mai, Thailand. Cambridge University Press,

Cambridge, UK: pp. 337-354.

Cunningham, **A. B.** (2001). Applied ethnobotany. People, wild plant use and conservation. People and plants, *Conservation Manuel. Earthscan*, 300p.

Dadjo, C. (2011). Caractérisation ethnobotanique, morphologique et spatiale de *Vitex doniana* Sweet (Verbenaceae) au Sud-Bénin; Thèse d'Ingénieur Agronome; Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 86 pages.

Dadjo, C., Assogbadjo, A. E., Fandohan, B., Glèlè Kakaï, R., Chakeredza, S., Houehanou, T.D., Van Damme, P. and Sinsin, B. (2012). Uses and management of black plum (*Vitex doniana* Sweet) in Southern Benin. *Fruits*, 2012, vol. 67, p. 239–248.

Dagnelie, P. (1998). Statistiques théoriques et appliquées. Brussels : De Boeck, 517 p.

Dah, S. (2009). Etude de la production de gousses de *Prosopis africana* (Guill., Perrott. Et Rich.) Taub, leur valorisation en alimentation animale. Thèse d'Ingénieur du Développement Rural, Institut du Développement Rural/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso 55p+ annexes **Damette, O. and Delacote, P.** (2011). Unsustainable timber harvesting, deforestation and the role of certification. *Ecol. Econ.*, **70**, 1211-1219.

Déguénonvô, M. N. (2011). Evaluation écologique et socio-économique de *Mondia whitei* (hook.f.) Skeels (asclepiadaceae) au Sud-Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 64p.

Deleke, I. (2005). Utilisation des plantes médicinales contre les maladies et troubles gynécologiques dans les terroirs autour de la zone cynégétique de la Pendjari du Bénin : compréhension, inventaire et perspective pour leur conservation. Mémoire du diplôme d'ingénieur agronome. FSA/UAC. Bénin. 70p.

- **Delvaux, C. et Sinsin, B. (2003).** Gestion intégrée des plantes médicinales dans la région des Monts Kouffé. In : Sokpon, N. ; Sinsin, B. ; et Eyog-Matig, O. (eds). Aménagement intégré des forêts naturelles des zones tropicales sèches en Afrique de l'Ouest : Actes du II ème Séminaire International sur l'aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches en Afrique de l'Ouest, Parakou, FSA/UAC Bénin 25–29 Juin 2001, pp. 389-405.
- **Delvaux, C., Sinsin, B., Darchambeau, F. and Van Damme, P. (2009).** Recovery from bark harvesting of 12 medicinal tree species in Benin, West Africa. *Journal of Applied Ecology*, 46, 703-712.
- **Delwavile, J.-C. (1978).** Plantation forestères en Afrique tropicale sèche. Techniques et espèces à utiliser. *Revue Bois et Forêts des tropiques*, n° 181. 177 pages.
- **De Souza, S. (2008).** Flore du Bénin, tome 3 : noms des plantes dans les langues nationales béninoises. ISBN 978-99919-46-47-4.
- **Dossou, M. E., Houessou, G. L., Lougbégnon, O. T., Tenté, A. H. B. et Codjia, J. T. C. (2012).** Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. *Tropicultura*, **30**, 1, 41-48.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudi, k. M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A. Li. J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. Mc. C., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K. S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M. S. and Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E. and Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17: 43-57.
- **Elith, J. and Leathwick, J. R. (2009).** Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, **40**: 677-697.

- Essou, P., Adjakidjè, V. et Akoègninou A., 2011.Les nouveaux ordres des angiospermes (utilités des espèces). VIC-press-Bénin, LaBev, 216 p.
- Etkin, N. L., The cull of the wild, in: Etkin N. L. (1994). (Eds.), Eating on the wild side, Univ. Arizona Press, Tucson, Ariz., U.S.A.
- **Eyog Matig, O., Adjanohoun, E., de Souza, S. et Sinsin, B. (1999).** Réseau « Espèces Ligneuses Médicinales ». Compte rendu de la première réunion du Réseau, tenue les 15-17 décembre 1999 à la Station IITA Cotonou, Bénin. Institut International des Ressources Phytogénétiques, 141p.
- **Ezebilo, E.E. and Mattsson, L. (2010).**Contribution of non-timber forest products to livelihoods of communities in south east Nigeria. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, **17**, 3, 231-235.
- Fandohan, A. B., Assogbadjo, A. E., Glèlè kakaï, R. L., Sinsin, B. and Van Damme, P. (2010). Impact of habitat type on the conservation status of tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations in the W National Park of Benin. *Fruits*, 65, pp11–19.
- Fandohan, B., Gouwakinnou, G., Fonton, N. H., Sinsin, B. et 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.* 2013 17(3), 450-462.
- **FAO** (1998). International Network of Tropical Trees, Participatory Management of Forest Resources, Case Study: Community Management of Ecosystems and Conservation of Biodiversity (the Case of Gaya' Palmyra Plantations). *Technical Paper*, p. 72.
- **FAO** (2003). Non-Wood Forest products and Nutrition. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Food Nutrition Division Publication.
- **FAO** (2010). Evaluation des ressources forestières mondiales 2010-Rapport principal. Etude FAO: Forêt 163. Rome, Italie (site web: www.fao.org/fra/fra2010/fr/).
- **FAO** (2015). Evaluation des ressources forestières mondiales 2015. Rapport National du Bénin. 85p.
- FAO (2012). Rapport sous-régional PFNL, Afrique de l'Ouest, FAO, 19p.
- **FEWS** (1998). La mosaïque du manioc menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est, Rapport spécial Nº 98-4 du 30 juillet 1998, 80 p.

- **Fotius, G., Naegele, A. et Valenza, J. (1967).** Lexique des noms vernaculaires concernant la flore du Nord et de l'Est du Sénégal. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre O. R. S. T. O. M. de Dakar-Hann. 82p.
- Fresnaye, J. (1981). Biométrie de l'abeille. UK: OPIDA, 54.
- **Gaoué, O. G. and Ticktin, T. (2007).**Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biodiversity Conservation*, 137, 424-436.
- **Garnery, L. (1998).** Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis melliferamellifera* and *A. m.* berica).1. Mitochondrial DNA. Genet. *Sel. E* vol., **30**(1), 31-42.
- **Garrouste Aarao, Ph. (2007).** Vertus et valorisation des arbres et arbustes de la Région de Kayes Mali. 12p.
- **Gbédji, E. K. Y.** (2003). Caractérisation morphologique et structurale des parcs à nérés (*Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Ex. G. Don.) au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, 123 p.
- Gbèmavo, D. S. J. C., Glèlè Kakaï, R., Assogbadjo, A. E., Katary, A. et Gnanglè, P. (2010). Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton-karité du Nord Bénin, *Tropicultura*, 28, 4, 193-199.
- Gbesso, F. H. G., Tenté, B. H. A., Gouwakinnou, N. G. et Sinsin, B. A. (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.
- **Gbesso, F., Yedomonhan, P., Tenté, B. et Akoegninou, A. (2014).** Distribution géographique des populations de rôniers (*Borassus aethiopum* Mart, Arecaceae) et caractérisation phytoécologique de leurs habitats dans la zone soudanoguinéenne du Benin, *Journal of Applied Biosciences* 74:6099–6111 ISSN 1997–5902.
- Geesing, D., Al-Khawlani, M. et Abba, M. L. (2004). La gestion des espèces de prosopis introduites : l'exploitation économique peut-elle juguler les espèces

- envahissantes ? in « Unasylva n°217, Vol 55 ; Menaces pour les forêts ». Revue internationale des forêts et des industries forestières, 55(2) : 36-44.
- Gérardin, P., Neya, B., Dmarçay, S., Pétrisanns, M., Seeraj, M. and Hubert, F. (2004). Contribution of gums to natural durability of *Prosopis africana* heartwood. *Holzforschung* 58, 39-44.
- **GIEC.** (2007). Bilan 2007 des changements climatiques : Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du GIEC. [Équipe de rédaction principale, Pachauri R.K. et Reisinger A.]. GIEC, Genève, Suisse, p. 103.
- **Giffard, P. L. (1974).** L'arbre dans le paysage sénégalais. Sylviculture en zone tropicale sèche. CfFf / Dakar. 431pages.
- Glèlè Kakaï, R. L., Sinsin, B. et Palmr. (2008). Etude dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus* poir. des formations naturelles de la zone soudanienne au Bénin. *Agronomie Africaine* 20 (3): 245 255.
- Glèlè Kakaï, R., Sodjinou, E. et Fonton, N. (2006). Conditions d'application des méthodes statistiques paramétriques : application sur ordinateur. Bibliothèque Nationale, Bénin, 86 p. ISBN : -10-99919-61-15-1 -13-97899919-61-15-6.
- Gnanglè, C. P., Gbèmavo, C., Aïhou, K., Glèlè Kakaï, R. and Sokpon, N. (2013). Productivity of cotton and sorghum in an agroforestry system of shea trees (*Vitellaria paradoxa* gaertn) in northern Benin, *Natural Science*, Vol, 5, No, 2, 207-213, http://dx,doi,org/10,4236/ns,2013,52031
- Gnanglè, P. C., Glèlè Kakaï, R., Assogbadjo, A. E., Vodounon, S., Yabi, J. A. et Sokpon, N. (2011). Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie*. 8: 26-40.
- Goussanou, C., Tenté, B., Djègo, J., Agbani, P. et Sinsin, B. (2011). Inventaire, caractérisation et mode de gestion de quelques produits forestiers non ligneux du Bassin versant de la Donga. *Ann. Sc.Agro.*, **14**(1): 77-99.
- **Gouwakinnou, N. G. (2011).** Population ecology, uses and conservation of *Sclerocarya birrea* (A. Rich) Hocchst. (Anacardiaceae) in Benin, West Africa. PhD Thesis, University of Abomey-Calavi, Benin, 176p.

- Gouwakinnou, G. N., Mette Lykke, A., Assogbadjo, A. E. and Sinsin, B. (2011). Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2011, 7:8.
- **Graudal, L. (1998).** Elaboration d'une stratégie nationale et d'un plan d'action pour la conservation des ressources génétiques forestières. Communication à l'atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières. Ouagadougou, Burkina Faso. 16-27.
- **Grendár, M. Jr. and Grendár, M. (2001).** Maximum entropy: Clearing up mysteries. *Entropy*, *3*, 58–63.
- **Guéneau, S. (2006).** Le livre blanc sur les forêts tropicales : analyses et recommandations des acteurs français. IDDRI, Paris, 175 p.
- **Hawa, W. (2007).** La gestion participative et le développement des PFNL comme moyen de réduction de la pauvreté féminine en zones rurales : cas du Maghreb et du Sahel. Mémoire de D.E.S.S en hautes études en gestion de la politique économique. Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 76p.
- **Helen, V. and Moctar, S. (2007).** Seed Leaflet *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. Millennium Seed Bank project Wakehurst Place, *Ardingly West Sussex RH17 6TN, UK*; No. 132 December 2007 Website: www.kew.org/msbp.
- **Hijmans, R. J. and Graham, C. H. (2006).** The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Glob. Chang. Biol.*, **12**: 1-10.
- **Hopkins, H. C.** (1983). The taxonomy, reproductive biology and economic potential of *Parkia* (Leguminosae: Mimosoidae) in Africa and Madagascar. *Bot. J. Linn. Soc.*, 87: 135-167.
- Houètchégnon, T., Gbèmavo, D. S. J. C[.]., Ouinsavi, C. and Sokpon, N. (2015b). Structural characterization of *Prosopis africana* populations (Guill., Perrott. Et Rich.) Taub in Benin. *International Journal of Forestry Research Volume* 2015, Article ID 101373, 9 pages http://dx.doi.org/10.1155/2015/101373.
- Houètchégnon, T., Gbèmavo, D. S. J. C., Ouinsavi, C. and Sokpon, N. (2015a). Ethnobotanical knowledge and traditional management of mesquite (*Prosopis africana* Guill., Perrot. et Rich.) populations in Benin, West Africa.

The Journal of Ethnobiology and Traditional Medicine. Photon 125 (2015) 1124-1135.

Husch, B., Beers, T. and Kershaw, J. J. R. (2003). *Forest Mensuration.* (4th Ed). John Wiley & Sons, New Jersey.

Idjigbérou, E. S. (2007). Impact de la production de charbon de bois sur la diversité floristique des formations végétales du Centre et du Nord Bénin. Mémoire d'Ingénieur Agronome à la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou. 175p.

INSAE (2016). Principaux indicateurs socio-démographiques et économiques (RGPH-4, 2013). 27p.

INSAE (2013). Résultats provisoires du RGPH4. 8p.

INSAE-RGPH3 (2002). Synthèses des analyses. 47p.

IPCC. (2014). Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Johnson, N. L. and Kotz, S. (1970). Distributions in Statistics: *Continuous Univariate Distributions*. John Wiley & Sons, New York.

Jonsson, K., Ong, C. K. and Odongos, J. C. W. (1999). Influence of scattered nere and karite on microclimate, soil fertility and millet yield in Burkina Faso, *Exp, Agric*, 35, 39-53,

Kalinganire, A., Weber, J. C., Uwamariya, A. and Kone, B. (2007). Improving rural livelihoods through domestication of indigenous fruit trees in Parklands of Sahel. In: Akinnifesi, F.K., Leakey, R.R.B., Ajiyi, O.C., Silesti, G., Tchoundjeu, Z., Matala, P., Kwesiga, F.R., (Eds.). Indigenous Fruit Trees in the Tropics: Domestication, Utilization and commercialization. *CAB International Publishing*, Wallingford, Oxforshire, pp.186-203.

Kaloga, B. (1973). L'hydromorphie dans les sols de zones soudaniennes du Mali. *Pseudogley & Gley. Verlag Chemie*, 349-362.

- Kater, L. J. M., Kante, S. and Budelman, A. (1992). Karite (*Vitellaria paradoxa*) and nere (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali, *Agrofor Syst*, 18, 89-106,
- **Kessler, J. J. (1992).** The influence of karite (*Vitellaria paradoxa*) and nere (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso, Agrofor, Syst, 17, 97-118.
- **Kiki M. 2008.** Structure et régénération naturelle des populations de Tamarindus indica L. et de Vitex doniana Sw. dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W/Bénin : Cas de la Commune de Banikoara. Mémoire d'Ingénieur des travaux. EPAC/UAC : 89p.
- Koffi, K. J., Boyemba, F., Ndjele, M. Mate, M., Robbrecht, E., Lejoly, J. et Bogaert, J. (2008). La distribution spatiale des Acanthaceae dans les secteurs phytogéographiques de Ndjele (1988) en R.D. Congo. *Annales de la Faculté des Sciences de Kisangani*, 13 : 1-8.
- Kokou, K., Nuto, Y. and Atsri, H. (2009). Impact of charcoal production on woody plant species in West Africa: A case study in Togo. *Scientific Research and Essay* Vol.4 (8), pp. 881-893.
- Koné, B. A. Kalinganire, A. et Doumbia, M. (2009). La culture du jujubier : un manuel pour l'horticulteur sahélien. ICRAF Technical Manual no. 10., World Agroforestry Centre: Nairobi.
- 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 (Desr.) A. Juss.*): Cas de la réserve de biosphère de la Pendjari et ses terroirs riverains. Thèse d'Ingénieur Agronome Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 78p+Annexes Koura, K., Ganglo, C., J. Assogbadjo, E., A. and Agbangla, C. (2011). Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7:42. doi:10.1186/1746-4269-7-42. Koura, K., Mbaide, Y. et Ganglo J. C. (2013). Caractéristiques phénotypique et structurale de la population de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. du Nord-Bénin. *International Journal of Biological and Chimical Sciences*. DOI:

- http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.19. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
- **Kouyaté**, A. M. (2005). Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium macrocarpum* Guill. & Perr. Au Mali. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Doctorat (PhD) en Biosciences Ingénieurs, section Agronomie. Université de Ghent, Belgique, 207p.
- Kouyaté A, M, Decaluwé E, Guindo F, Diawara H, Diarra I, N'Diayé I et Van Damme P. (2011). Variabilité morphologique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Mali. *Fruits*, **66**: 247-255.
- Kouyaté, A. M. et Van Damme, P. (2002). Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. *Fruits*. 57: 231–238.
- Kyndt, T., Assogbadjo, A. E., Hardy, O. J., Glele Kakar, R., Sinsin, B., Van Damme, P. and Gheysen, G. (2009). Spatial and temporal genetic structuring of *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) in the traditional agroforestry systems of West Africa. *Am. J. Bot.*, **96**(5): 950–957.
- Laouali, A., Dan guimbo, I., Larwanou, M., Inoussa, M. M. et Mahamane, A. (2014). Utilisation de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub dans le sud du Département d'Aguié au Niger : les différentes formes et leur importance. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(3) : 1065-1074.
- **Larwanou, M. (2005).** Dynamique de la végétation dans le domaine sahélien du Niger occidental suivant un gradient d'aridité : Rôles des facteurs écologiques, sociaux et économiques. *Thèse de Doctorat*.
- **Larwanou M, Oumarou I, Snook L, Danguimbo I, Eyog-Matig O. 2010.** Pratiques sylvicoles et culturales dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger. *Tropicultura*, **28**(2): 115-122.
- **Leakey, R. R. B., Fondoum, J. M., Atangana, A. and Tchoundjeut, Z. (2000).** Quantitative descriptors of variation in the fruits and seeds of *Irvingia gabonensis*. *Agroforestry Systems*, **50**: 47-58.
- Leakey, R. R. B., Fuller, S., Treloar, T., Stevenson, L., Hunter, D., Nevenimo, T., Binifa, J. and Moxon, J. (2008). Characterization of treeto-tree variation in

- morphological, nutritional and medicinal properties of *Canarium indicum* nuts. *Agroforestry Systems*, **73:** 77-87.
- **Leakey, R. R. B., Pate, K. and Lombard, C. (2005b).** Domestication potential of Marula (*Sclerocarya birrea* subsp *caffra*) in South Africa and Namibia: 2 Phenotypic variation in nut and kernel traits. *Agroforestery System*, **64**: 37-49.
- Leakey, R. R. B., Shckleton, S. and du Plessis, P. (2005a). Domestication potential of Marula (*Sclerocarya birrea* subsp *caffra*) in South Africa and Namibia: 1 Phenotypic variation in fruit traits. *Agroforestery System*, **64**: 25-35. Lejoly, J. (2001). La banque de données sur les plantes médicinales africaines; l'exemple de Pharmel (Communication). In: Eyog-Matig, O.; Adjanohoun, E.; de Souza, S. et Sinsin B. (2001). Réseau « Espèces ligneuses médicinales ». Compte rendu de la première réunion du réseau, Station IITA, Cotonou, Bénin, 15-17 septembre 1999, Institut International des Ressources Phytogénétiques, pp. 91-95.
- **Libert, C. et Eyog-Matig, O. (1996).** *Faidherbia albida* et production cotonnière, *in* : « Les Parcs à Faidherbia » (*Acacia albida* Parklands), *Cahiers scientifiques du Cirad-Forêt*, 12, 103-122.
- **Lins Neto, E. M. F., Peroni, N., and de Albuquerque, P. U. (2010).** Traditional knowledge and management of umbu (*Spondiastuberosa*, Anacardiaceae): An endemic species from the semi–arid region of northeastern Brazil, *Econ. Bot.* 64 (1) 11–21.
- **Lompo, L. (1992).** Dynamique et place de *Prosopis africana* (Guill, Perrot, et Rich,) Taub, dans les systèmes agricoles de la Sissili Burkina-Faso, Thèse d'Ingénieur du Développement Rural/ Institut du Développement Rural/Université de Ouagadougou, 63P + annexes.
- **Lougbégnon, T. O., Tenté, B. A. H., Amontcha, M. et Codjia, J. T. C. (2011)**. Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 70. 35-46p.
- **Louppe, D. et Ouattara, N. K. (1997).** Influence du karité sur les productions agricoles du Nord de la Côte d'Ivoire. *In* : CIRAD-Forêt. 11ème Congrès forestier mondial. Synthèse « après-congrès ». Montpellier : CIRAD, (10 p.) Antalya, Turquie. Congrès forestier mondial, 11, 10-13.

- **Mahamane, S. (1999)**. Réseau « Espèces Ligneuses Médicinales » in Programme de ressources forestières en Afrique au Sud du Sahara (Programme SOFORGEN). Compte rendu de la première réunion du réseau 15-17 décembre 1999. Station IITA Cotonou, Bénin. Rapport du Niger, pp 46-61.
- **Maiga, A. (1987).** L'arbre dans les systèmes agroforestiers traditionnels dans la province du Bazèga, Influence du karité, du néré et d'*Acacia albida* sur le sorgho et le mil, Rapport de stage, Ouagadougou : IRBET/CNRST, pp, 86.
- Makueti, J. T., Tchoundjeu, Z., Kalinganire, A., Nkongmeneck, B. A., Kouodiekong, L., Asaah, E. and Tsobeng, A. (2012). Morphological traits of control-pollinated fruits in African plum (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam.) using multivariate statistical techniques. *IJAAR*, 2(8): 1-17.
- **Maranz, S.** (2009). Tree mortality in the African Sahel indicates an anthropogenic ecosystem displaced by climate change. *J. Biogeogr.*, **36**, 1181-1193.
- Montes, S. C. and Weber, C. J. (2009). Genetic variation in wood density and correlations with tree growth in *Prosopis africana* from Burkina Faso and Niger. *Ann. For. Sci.* 66, 713 © INRA, EDP Sciences DOI: 10.1051/forest/2009060.
- **Moreau, R. (1970).** Quelques plantes de Haute-Volta -Leurs noms vernaculaires en langues : Mossi, Dioula. Bobo-oulé Dagari et Peul-Wassolo. Les sols où elles ont été rencontrées. Centre O.R.S.T.O.M. 16p.
- Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M., Tsuyama, I. and Tanaka, N. (2010). Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broadleaved species of *Quercus acuta* in *Japan.Plant Ecol.*, 212, 229-243.
- Niang-Diop, F., Sambou, B. et Lykke, A. M. (2010). Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana*: facteurs affectant la germination des graines. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(5): 1693-1705.
- **Nyberg, G., and Högberg, P. (1995).** Effects of young agroforestry trees on soils in farm situations in Western Kenya, *Agrofor, Syst*, 32, 145-152.
- **Nygard, R. and Elving, B. (2000)**. Stem basic density and bark proportion of 45 woody species in young savanna coppice forest in Burkina Faso. Ann. For. Sci. **57**, 143-153.
- **Okafor, J. C. (1981).** Essences forestières pour agroforesterie dans le Sud du Nigeria. *In* «MAC DONALD L. H., Agroforesterie en Afrique tropicale humide

- ». Compte rendu d'un colloque tenu à Ibadan, Nigéria 27 avril-1^{er} mai 1981.NRST-17F/UNUP-467.188p.
- **Okigbo, B. N.** (1983). Plants and agroforestry in land use systems of West Africa. pp. 25-41 in *P.A. Huxley, ed., Plant research and agroforestry*, ICRAF, Nairobi. **Okigbo, B. N.** (1990). Home gardens in tropical Africa. pp. 21-40 in K. Landauer, and M. Brazil, eds., Tropical home gardens, United Nations University Press.
- Oloukoi, J. (2006). Dynamique de l'occupation du sol dans le département des collines et impact sur l'utilisation des bas-fonds. Mémoire de DEA, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, 84p.
- **Ouédraogo, A. S. (1995).** *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest : Biosystématique et Amélioration. Thèse de doctorat de l'Université Agronomique de Wageningen, Institute for Forestry and Nature Research, IBN-DLO, Wageningen, Netherlands, 205 p.
- **Ouédraogo, J. S. et Alexandre, D. Y. (1994).** Distribution des principales espèces agroforestières à Watinoma, terroir du plateau central burkinabé, une résultante de contraintes écologiques et anthropiques. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 36(1): 101-111
- Ouédraogo, L.G. et Tarchiani, V. (2005). Evaluation préliminaire et cartographie du potentiel de séquestration de carbone sur la base des essences forestières et des unités pédo-climatiques au Sahel et en particulier au Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso et Tchad. Centre Régional AGRHYMET. Rapport final de consultation, 52p.
- Ouédraogo, A., Adjima, T., Hahn-Hadjali, K., et Guinko, S. (2006). Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 17, Numéro 4, 485-91.
- Ouinsavi, C. A. I. N. (2006). Gestion durable des populations reliques d'Iroko au Bénin : Caractérisation structurale, variabilité morphologique et génétique, et stratégies de conservation. Thèse de Doctorat (PhD), Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC).

- Ouinsavi, C., Gbèmavo, C. and Sokpon N. (2011). Ecological structure and fruit production of African fan palm (*Borassus aethiopum*) populations; *American Journal of Plant Sciences*, 2, pp733-743.doi:10.4236/ajps.2011.26088.
- **Ouinsavi, C. and Sokpon, N. (2010).** Morphological Variation and Ecological Structure of Iroko (*Milicia excelsa* Welw.C.C. Berg) Populations across Different Biogeographical Zones in Benin. *International Journal of Forestry Research*, 10 p. DOI:10.1155/2010/658396.
- Pasiecznik, N. M., Felker, P., Harris, P. J. C., Harsh, L. N., Cruz, G., Tewari, J. C., Cadoret, K. and Maldonado, L. J. (2001). The *Prosopis juliflora Prosopis pallida* Complex: A Monograph. HDRA, Coventry, UK.pp.172. ISBN: 0 905343 30 1
- Pasiecznik, N. M., Harris, P. J. C. and Smith, S. J. (2004). Identifying Tropical ProsopisSpecies: A Field Guide. HDRA, Coventry, UK. ISBN 0 905343 34 4.
- **Pearson, R. G. and Dawson, T. P. (2003).** Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimatic envelope models useful? *Global Ecol. Biogeogr.*, **12**, 361-371.
- Phillips, B., Chipperfield, J. D. and Kearney, M. R. (2008). The toad ahead: challenges
- of modelling the range and spread of an invasive species. *Wildlife Research*, 35, 222–234.
- **Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapired, R. E.** (2006). Maximum Entropy Modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, **190**: 231-259.
- Philip, S. M. (2002). Measuring Trees and Forests. Second Edition: 31p.
- **Phillips, S. J. and Dudík, M. (2008).** Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*, 161–175.
- Phillips, S. J., Dudik, M. and Schapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: *Proc. of the 21st International Conference on Machine Learning*.
- **Phillips, O. and Gentry, A. H. (1993)**. The Useful Plants of Tambopata, Peru: I. Statistical Hypotheses Tests with a New Quantitative Technique. *Economic Botany* 47: 15–32.

- PNUD/ECVR (1995). Carte des zones agro-écologiques du Bénin.
- **PNUE** (2006). L'avenir de l'environnement en Afrique. Rapport des Nations Unies sur l'Environnement, 542 p.
- **Priso, R. J., Nnanga, J. F., Etame, J., Din, N. et Amougou, A. (2011).** Les produits forestiers non ligneux d'origine végétale : valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral -Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, **40** : 2715-2726.
- **Rondeux, J. (1999).** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux, 2^{ème} Edition. Gembloux : 521p.
- **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.
- **Salzmann, U. and Hoelzmann, P.** (2005). The Dahomey Gap: an abrupt climatically induced rain forest fragmentation in West Africa during the late Holocene. *Holocene*, **15** (2), 190-199.
- Sanou, H., Picard, N., Lovett, P. N., Dembélé, M., Korbo, A., Diarisso, D. and Bouvet, J. M. (2006). Phenotypic variation of agromorphological traits of the she butter tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) in Mali. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53: 145-164.
- **Saré, S. (2004)**. Potentialités fourragères et effets de l'élevage extensif sur la biodiversité végétale dans la réserve biosphère de la mare aux hippopotames (Ouest Burkinabé). Mémoire d'ingénieur. IDR/UPB 92p + annexes.
- **Sarr, D.** (2001). Importance du néré (*Parkia biglobosa*Jacq Benth,) dans le système de culture à arachide (*Arachis hypogaea* L,) dans le terroir de la Néma en zone soudano-sahélienne (Sine-Saloum, Sénégal) DEA biologie végétale UCAD, pp, 37.
- Schwartz, M. W. (2012). Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biol. Conserv.*, **155**, 149-156.
- SCDA Aplahoué. (2013). Rapport annuel d'activités, 41P +annexes,
- SCDA Klouékanmè. (2013). Rapport annuel d'activités, 44P +annexes
- **Sinclair, F. L. (1999).** A general classification of agroforestry practice, *Agrofor, Syst*, 46,161-180.

Sinsin, B., Eyog-Matig, O., Assogbodjo, A. E., Gaoué, O. G. and Sinadouwirou, T. (2004). Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Afzelia africana* Sm. Dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and conservation*, 13: 1555-1570.

Sinsin, B. et Kampmann, D. (2010). Atlas de la diversité de l'Afrique de l'ouest. Druckerie, Grammlish, Piezhausen, Germany, 726 p.

Sodé, I. (2013). Influence du changement climatique sur la distribution géographique des fruitiers autochtones alimentaires : cas de *Dialium guineense* Willd. (Leguminosae-Caesalpinioideae) au Bénin. Mémoire de Licence Professionnelle, Université d'Abomey-

Calavi, ENSAT/Kétou, p.71.

Sokpon, N. (1995). Recherche Ecologique sur la Forêt dense Semi-Décidue de Pobè au Sud-Est du Bénin : Groupements Végétaux, Structure, Régénération Naturelle et Chute de Litière, Ph.D. Thesis, Universite Libre de Bruxelles, Bruxelles, p. 350.

Sokpon, N. et Ouinsavi, C. (2002). Utilisation du *Khaya senegalensis* en médicine traditionnelle au Bénin ; *Revue de Médecine et de Pharmacopée Africaine.*, Vol 16-2002. pp. 9-14.

Soloviev, P., Niang, T. D., Gaye, A. et Totte, A. (2004). Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette, récoltés au Sénégal : *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*. *Fruits* 59 : 109-119.

Taithe, A. (2013). Les changements climatiques dans la région des grands lacs. *Observatoire des Grands Lacs en Afrique, Note n°8-2013*

Thiombiano, D. N. E., Lamien, N., Dibong, D. D., Boussim, I. J. et Belem, B. (2012). Le rôle des espèces ligneuses dans la gestion de la soudure alimentaire au Burkina Faso. *Sécheresse*, 23: 86-93.

Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., de Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Townsend Peterson, A., Phillips, O. L. and Williams S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427: 145-148.

Tomlinson, H., Teklehaimanot, Z., Traore, A and Olapade, E. (1995). Soil amelioration and root symbioses of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, in West Africa, *Agroforestry Systems*, **30**, 145-159, doi:10,1007/BF00708918,

Toullec, A. N. K. (2008). Abeille noire, *Apis mellifera mellifera*. Historique et sauvegarde. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Faculté de Médecine de Créteil, 168. **Toutain, B.** (1980). Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les zones soudaniennes de l'Afrique de l'Ouest. *In* « Le Houérou H. N., Les fourrages ligneux en Afrique : état actuel des connaissances ». Colloque international sur

les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Abeba, Ethiopie 8-12 avril 1980. CIPEA, pp 105-110.

Traoré, K. B. (2003). Le parc à karité : sa contribution à la durabilité de l'agrosystème, Cas d'une toposéquence à Konobougou (Mali-Sud), Thèse de doctorat : Sciences du sol Montpellier, CIRAD, pp, 216 p.

Vandebroek, I., Van Damme, P., Van Puyvelde, L., Arrazola, S. and De Kimpe, N. (2004). A comparison of traditonnel healers' medicinal plant knowledge in the Bolivian Andes and Amazon. *Social Science & Medicine*: 837-849.

Van Zonneveld, M., Koskela, J., Vinceti, B. and Jarvis, A. (2009). Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia. *Unasylva*, 231/232, 24-29.

Vodouhê, F. (2005). Analyse des circuits de commercialisation de quelques plantes médicinales et impacts de la commercialisation sur l'exploitation durable des espèces récoltées. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 62 p.

Von Maydell, H. J. (1983). Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Gtz*.385p + annexes.

Walkers, M. et Hamilton, A. (1994). La diversité végétale : une source de richesse vitale.

WWF ed. 47 p.

Weber, J. C., Larwanou, M., Abasse, T. A. and Kalinganire, A. (2008). Growth and survival of *Prosopis africana* provenances tested in Niger and related to rainfall gradients in the West African Sahel. *Forest Ecology and Management*.

Westphal, E. (1985). Cultures vivrières tropicales avec références au Cameroun, Pudoc, Wageningen- Netherlands, 119-163.

White, F. (1986). La végétation de l'Afrique. Recherches sur les ressources naturelles XX, ORSTOM-UNESCO, Paris, France.

WHO., IUCN and WWF. (1993). Guidelines of medicinal plants. Switzerland. 35p.

WorldAgroforestry Centre (2013). Agroforestry Glossary – Agroforestry System. http://www.worldagroforestrycentre.org/InformationResources/A-B.asp Consulté le 17 février 2013.

World Agroforestry Centre. (2008). *Transforming Lives and Landscapes. Strategy* 2008-2015.

WWF., IUCN et OMS. (1993). Principes directeurs pour la conservation des plantes médicinales. Switzerland. 35 p.

Yameogo, G., Yelemou, B., Boussim, I. J. et Traoré, D. (2013). Gestion du parc agroforestier du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) : contribution des ligneux à la satisfaction des besoins des populations. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **7**(3): 1087-1105.

Young A, (1986). Effects of trees on soils, *In*: Prinsley R, T, Swift M, J, (eds), Amelioration of soil by trees, London: *Commonwealth Science Concil*, 10-15.

Zahidi, A., Bani-Aameur, F. and El Mousadik, A. (2013). Variability in leaf size and shape in three natural populations of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *International Journal of Current Research and Academic Reviev*. ISSN: 2347-3215 Volume 1 Number 3 pp. 13-25.

Zhang, D. (2012). Marqueurs moléculaires. Outils de choix pour le génotypage des plantes, in : Les apports de la biologie moléculaire en arboriculture fruitière, 12e colloque sur les recherches fruitières, INRA, Bordeaux, France.

Zhu, Z., Cail, M., Wang, S. and Jiang, Y. (1991). Agroforestry systems in China, Chinese Academy of Forestry and Intern, Singapour: Canada Development Research Center, pp. 216p,

Zomboudré, G., Zombré, G., Ouédraogo, M., Guinko, S. et Macauley, H. R. (2005). Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays* L,) associé au karité (*Vitallaria*

paradoxa Gaertn,) dans la zone Est du Burkina Faso, *Biotechnol, Agron, Soc, Environ*, **9**,1,75-85.

ANNEXES

Annexes 1.

Questionnaire d'enquête

	Date de l'enquête	
Nom de l'enquêteur		
Village de residence	Lieu de l'enquête	
3. Arrondissement	e □ Supérieur □ Alphabétisé □ r une croix devant)	
11. Village d'origine : 12. Ethnie : 13. Religion pratiquée : 14. Composition du ménage du récc Femme Homme J- 15. Nombres d'enfants à charge Filles Garçons 16. Nombres d'enfants scolarisés à original de l'enfants de l'enfants de l'enfants scolarisés à original de l'enfants de l'en	hs J-Fille charge	-[
1. Connaissez-vous le <i>Prosopis afrafricana.</i> , l'épargnez vous dans vo	ricana? Si oui donnez les noms locaux de Prosopo otre exploitation? Pourquoi?	is
selon vous ?	achères, formations végétales) rencontre t-on l'espèc	ce
2. Quelles sont les différentes utili utilisation nutritionnelle et alimenta	lisations que vous faites de <i>Prosopis africana</i> ?	
utilisation médicinale en pharmacor		
bois de feu		
charbon de bois	$\bar{\Box}$	
bois d'œuvre	n n	
artisanat		
brosse végétale	П	
autres		
auties		

	3. Quels sont les organes de l'arbre que vous prélevez ?	
-	feuilles	
-	fleurs	
-	fruits	
-	graines	
-	téguments de gousse	
-	racines	
-	écorces	
-	jeunes tiges	
	4. Quelles utilisations faites-vous :	
	4.1. Des feuilles ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quelles sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres □ Si oui, lesquels	• • • •
	4.2. Des fleurs ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quels sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres Si oui, lesquels	

	4.3. Des fruits ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quels sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres 🗆 Si oui, lesquels	
	4.4. Des graines ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quelles sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres □ Si oui, lesquels	
	4.5. Des racines ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quels sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres □ Si oui, lesquels	••

4.6. Des écorces ?

- - - - - - -	légumes potasse bouillie moutarde pâte sauce épice jus/boisson fourrage médicament□ Si oui, quels sont les maladies traitées avec cet organe ? brosse végétale autres □ Si oui, lesquels	
	4.7. Des téguments de la gousse ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	complément alimentaire pour le bétail	
	4.8. Des jeunes tiges/branches ?	
-	légumes	
-	potasse	
-	bouillie	
-	moutarde	
-	pâte	
-	sauce	
-	épice	
-	jus/boisson	
-	fourrage	
-	médicament□ Si oui, quels sont les maladies traitées avec cet organe ?	
-	brosse végétale	
-	autres □ Si oui, lesquels	••••
	4.9. Du bois?	
-	bois d'œuvre	
-	bois de feu	

-	charbon de bois artisanat□ Si oui, quels sont les objets de fabrication dérivés du bois ?	
	, 1	
	5. Techniques de cueillettes pratiquées	
	5.1. Comment récoltez-vous l'écorce :	
-	au coupe-coupe	
-	à la houe/daba	
-	autres	Ц
	5.2. Comment récoltez-vous les fruits :	
-	à la main	
-	au bâton	
-	autres	Ц
	5.3. Comment récoltez-vous les feuilles :	_
-	à la main	닏
-	au coupe-coupe	
-	autres	Ц
	5.4. Comment récoltez-vous les fleurs :	_
-	à la main	
-	au coupe-coupe	
-	autres	Ц
	5.5. Comment récoltez-vous les racines :	_
-	au coupe-coupe autres	님
-	autres	Ш
	5.6. Comment récoltez-vous les jeunes tiges :	
-	au coupe-coupe	
-	autres	
	5.7. Comment conservez-vous :	
-	les fruits-pulpe	
-	les graines.	
-	les téguments de gousseles feuilles	
_	les racines	
	100 1001100	

-	l'écorce	
-	les fleurs	
1.8.	Où conservez vous l'espèce ?	
	-pépinière	
	-plantation	
	-protection in situ	
	-autres	
1.9.	Où récoltez-vous les fruits ?	
	-champ	
	-jachère	
	-forêt dense	
	-forêt claire	
	-savane boisée	
	-savane arborée	
	-savane arbustive.	
	Suvulle di Gusti ve	•••
	(pulpe), des feuilles, des fleurs, des graines, des racines, de l'écorce, Comment conservez-vous les produits ainsi obtenus: Légumes. Potasse. Bouillie. Moutarde. Pâte. Sauce. Epice. Jus/boisson. Fourrage. Médicament. Brosse végétale. Charbon. Autres.	
	7. Valeur culturelle	_
-	Ombrage	
-	Arbre à palabre	ᆜ
-	Arbre sacré	Ц_
-	Mythes/légendes	
-	Chansons	
-	Jeux	

Autres
III-/ Les critères de différentiation au niveau local des individus de <i>Prosopis africana</i>
1. Avez-vous remarquez une différence entre les individus de en matière de la qualité des différents produits que vous en tirez ? Si oui,
2. Pouvez-vous prédire à la vue d'un individu de <i>Prosopis africana</i> , la qualité des différents produits que vous en tirerez ?
3. Quels sont alors les différents critères de différenciation que vous utilisez ?
4. Tenez-vous compte de ces critères dans la constitution de vos parcs à <i>Prosopis africana</i> ?
5. Après identification des individus répondant à vos critères de choix, que faites vous de

ceux qui n'y répondent pas ?....

Bibliographie

IDENTITE

Nom: HOUETCHEGNON

Prénoms: Towanou

Date et lieu de naissance : 21 Septembre 1981 à Assanté

Nationalité: Béninoise

Situation matrimoniale : Marié et père de 3 enfants



CURSUS ACADEMIQUE:

2014 à 2016 : Ecole Doctorale Sciences Agronomiques et de l'Eau de l'Université de Parakou

Diplôme obtenu le 8 Septembre 2016: Doctorat Unique en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles **Spécialité:** Foresterie **Mention** Très honorable avec félicitations de Jury.

2009 à 2011 : Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi

Diplôme obtenu en Juin 2011 : Master Professionnel en Gestion des Ressources Naturelles et de la Biodiversité (Master RESBIO)

2004 à 2009 : Département de Psychologie et Sciences de l'Education de la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines de l'Université d'Abomey-Calavi

Diplômes obtenus:

- **Maîtrise** en Psychologie Sociale et de la Vie Professionnelle en 2009
- Licence en Psychologie Sociale et de la Vie Professionnelle en 2007

2001 à 2004 : Lycée Agricole Médji de Sékou

Diplômes obtenus : Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales (**DEAT**) Option Production Végétale en 2004

1997 à 2000 : Collège d'Enseignement Technique Agricole (CETA) d'Adja-Ouèrè

Diplômes obtenus:

- Brevet d'Etudes Agricoles Tropicales (**BEAT**) Option Production Végétale en 2000

- Brevet d'Etudes du Premier (BEPC) Cycle Série Moderne Court en 2000

EXPERIENCES SCIENTIFIQUES

- ARTICLES SCIENTIFIQUES
- ▶ Six (6) articles scientifiques publiés dans des revues internationales
- ▶ Deux (1) articles scientifiques *in press* dans des revues internationales
- ► Trois (3) articles scientifiques soumis pour publication dans des revues internationales
- PARTICIPATIONS AUX COLLOQUES
- ▶ Sept (7) colloques au niveau national, régional et international