

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO**

**École Doctorale Sciences
Naturelles et Agronomie**



N° d'ordre :....

THESE

Présentée par

Sibiry Albert KABORÉ

En vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat unique en développement rural

Option : Système de Production Forestière

Spécialité : Production Forestière

Sur le thème :

**Évaluation des services écosystémiques de *Crateva adansonii* D.C.,
Sarcocephalus latifolius (Smith) Bruce et *Burkea africana* Hook.
dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso**

Soutenue le 09 novembre 2015 devant le jury composé de :

Président : Joseph I. BOUSSIM, Professeur, Université de Ouagadougou, Burkina Faso

Membres :

- **André T. KABRÉ**, Professeur, UPB, Burkina Faso, **Rapporteur**
- **Ali MAHAMANE**, Professeur, Université de Diffa, Niger, **Rapporteur**
- **Louis SAWADO**, Maître de recherche, CNRST/INERA, Burkina Faso, **Rapporteur**
- **Hassan B. NACRO**, Professeur, UPB, Burkina Faso, **Directeur de thèse**

Dédicace

A mes parents

Lokoré Urbain KABORÉ et Noaga Joséphine LALLOGO

A la mémoire de ma grand-mère

Yabré NAMALGUÉ

Résumé

Dans les pays sahéliens comme le Burkina Faso, la forte dépendance des populations vis-à-vis des services écosystémiques contribue fortement à exacerber la dégradation des ressources naturelles déjà éprouvées par les facteurs climatiques. L'objectif général de cette thèse est d'évaluer les services écosystémiques de trois espèces forestières afin de fournir des outils d'aide à la décision et d'alerte quant aux conséquences de la dégradation et de la désertification sur les populations locales. *Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* et *Burkea africana*, trois plantes très utilisées dans la région du Sud-Ouest, ont été choisies suite à une pré-enquête. Peu de données existent sur l'abondance des populations, et sur les utilisations de ces plantes notamment dans cette région. Des relevés ont été effectués sur 238 placettes à l'intérieur et à l'extérieur des Réserves de Bontioli et de la Forêt Classée de Koulbi. La biomasse foliaire de *C. adansonii* et celle racinaire de *S. latifolius* ont été quantifiées. Des enquêtes ont été conduites auprès de 743 personnes. Les valeurs économiques des espèces ont été appréciées à travers des enquêtes de marché couplées avec une évaluation contingente. Les substituts des produits des espèces en cas de manque ont été étudiés au sein des populations locales Dagara, Lobi et Birifor. Les résultats montrent que les structures des populations de *S. latifolius* et de *B. africana* sont meilleures dans les aires protégées comparativement aux aires anthropisées. Le résultat contraire a été trouvé pour *C. adansonii*. Cette dernière fournit principalement des services d'approvisionnement à la population à travers l'utilisation de ses feuilles comme nourriture ; sa productivité en biomasse foliaire fraîche est évaluée à 23,6 kg/plante/an. A l'opposé, *S. latifolius* fournit des services d'approvisionnement à travers l'utilisation de ses racines comme médicament ; sa productivité racinaire s'évalue à 43,01 kg de biomasse fraîche/plante. *B. africana* sert principalement de bois d'œuvre et de service. Certaines pratiques comme l'usage des troncs entiers de *B. africana* dans la construction ou l'usage des racines de *S. latifolius* en médecine mettent ces plantes en danger ; par contre, d'autres telles que la plantation de *C. adansonii*, ou les interdictions de couper les plantes participent au maintien de leurs populations. Un modèle linéaire de prédiction de la biomasse racinaire de *S. latifolius* a été mis au point. Les principaux substituts de *C. adansonii* sont les feuilles de *Moringa oleifera* (26,5 % des citations) et de *Vitex doniana* (19,0 %), ceux de *S. latifolius* sont les racines de *Cassia sieberiana* (26,1 %) et de *Strychnos spinosa* (8,0 %) et ceux de *B. africana* sont les bois de *Pterocarpus erinaceus* (27,9 %) et de *Anogeissus leiocarpa* (19,4 %). La double méthode directe et indirecte d'évaluation économique des espèces a permis d'estimer les valeurs monétaires de *C. adansonii* à 142 800 FCFA, de *S. latifolius* à 8 714 FCFA et de *B. africana* à 6 000 FCFA. Les hommes consentent à payer un peu plus que les femmes pour la sauvegarde des trois espèces. L'utilisation contrôlée et rationnelle des services écosystémiques et l'adoption de substituts aux plantes les plus utilisées s'imposent comme des solutions durables de contrôle de la déforestation. La plantation des espèces locales les plus utilisées constituent un moyen sûr pour non seulement conserver ce qui est sauvage, mais également pour augmenter les services et les biens forestiers face à la demande croissante de la population.

Mots clés : Usages des espèces, aires protégées, productivité en biomasse foliaire, système racinaire, substitution de produits forestiers, évaluation économique, Région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Assessment of ecosystem services of *Crateva adansonii* D.C., *Sarcocephalus latifolius* (Smith) Bruce and *Burkea africana* Hook in the Southwestern region of Burkina Faso

Abstract

In the Sahelian countries such as Burkina Faso, the dependence of locals on ecosystem services strongly contributes to exacerbate the degradation of natural resources, already threatened by climatic factors. The overall objective of this thesis is to assess the value of ecosystem services of three species in order to provide products for improved decision making and rising awareness concerning consequences of degradation for the rural poor people. *Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* and *Burkea africana*, three plants widely used in the Southwestern region of Burkina Faso, were selected after a pre-survey. For these plants, there is almost no knowledge about the abundance of their timber stands and their uses, especially for this region. Inventories were conducted on 238 plots inside and outside Bontioli Reserves and Koulbi Classified Forest. The foliage biomass of *C. adansonii* and the root biomass of *S. latifolius* were quantified. Surveys were conducted among 743 respondents. The economic values of species were assessed through market surveys and contingent valuation. Substitutes for plants products in case of shortage were determined among the Dagara, Lobi and Birifor ethnic groups. Results showed that population structures of *S. latifolius* and *B. africana* are better in protected areas than in anthropogenic areas. A contrary result was found for *C. adansonii*; this plant mainly provides provisioning services to the population through the use of its leaves as food. Its fresh foliage productivity is estimated to 23.6 kg / plant / year. *S. latifolius* mainly provides provisioning services through the use of its roots in traditional medicine. Its average fresh root biomass is 43.01 kg / plant. *B. africana* is mainly used as timber. Some practices such as the use of whole trunks of *B. africana* for houses' construction or the use of *S. latifolius* roots in medicine endanger these plants; while others, such as planting of *C. adansonii*, or interdiction to cut plants, contribute to maintain their populations. An allometric equation for *S. latifolius* root biomass prediction was developed through a linear model. Men are willing to pay more than women for the three species' conservation. The main substitutes of *C. adansonii* are leaves of *Moringa oleifera* (26.5 % of citation) and *Vitex doniana* (19.0 %), those of *S. latifolius* are roots of *Cassia sieberiana* (26.1 %) and *Strychnos spinosa* (8.0 %) and those of *B. africana* are wood of *Pterocarpus erinaceus* (27.9 %) and *Anogeissus leiocarpa* (19.4 %). Direct and indirect methods of species' economic valuation have permitted to estimate the monetary values of *C. adansonii* to FCFA 142,800, *S. latifolius* to FCFA 8 714, and *B. africana* to FCFA 6 000. Particular emphasis should be placed on rational and controlled use of ecosystem services and the use of plants' substitutes. Planting most used local species is a sure way to not only keep wild plants, but also to increase forest goods and services to meet the growing demand of the population.

Keywords: Species' uses, protected areas, foliage biomass productivity, root system, substitutes of plants products, economic valuation, Southwestern region of Burkina Faso.

Remerciements

J'ai bénéficié au cours de mes années de thèse de l'appui de plusieurs personnes à qui j'exprime ma sincère gratitude.

J'adresse en premier lieu mes remerciements au Pr Hassan Bismarck Nacro, mon Directeur de thèse, à qui je suis très reconnaissant pour avoir accepté de diriger ces travaux de bout en bout. Vous avez porté un grand intérêt au suivi des recherches depuis la conception du protocole jusqu'à l'analyse des données et aux publications des résultats. J'ai appris de vous le sens du travail bien fait, la rigueur et l'assiduité. Vous avez toujours répondu à mes nombreuses sollicitations. Je vous en suis donc sincèrement très reconnaissant.

Je suis très reconnaissant au Dr Karen Hahn de l'Université Johann Wolfgang Goethe d'Allemagne, mon Co-directeur de thèse pour avoir accepté de co-encadrer cette thèse. Votre longue expérience m'a grandement aidé à orienter mes travaux. J'ai appris de vous la cohérence et la rigueur dans le raisonnement scientifique. Vous avez su me guider et créer les conditions nécessaires pour l'avancement et la finalisation de ma thèse. Je vous adresse mes sincères remerciements.

J'adresse mes vifs remerciements au Pr Irénée Somda, Coordonnateur de UNDESERT/Bobo pour les multiples appuis qui ont permis la conduite des travaux. Vos observations et encouragements m'ont servi dans l'avancement de cette thèse.

Je voudrais témoigner toute ma gratitude aux membres du Jury pour leur disponibilité et les différentes contributions à l'amélioration de la qualité scientifique de cette thèse.

J'adresse mes remerciements aux Docteurs Mipro Hien, Jean- Baptiste Ilboudo, Denis Ouédraogo, Paulin Ouoba et Jérôme Yaméogo pour les conseils méthodologiques, le suivi des travaux, l'appui dans l'identification des espèces et les corrections des articles et de la thèse. Malgré vos multiples occupations, vous avez sacrifié de vos temps respectifs pour répondre à nos sollicitations.

Je remercie l'Union Européenne pour le financement du projet de recherche UNDESERT (*Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services* - European Union FP7 project no. 243906).

Je remercie le Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E.), le Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la

Fertilité du Sol (L.E.R.F.), et l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) pour le bon cadre de travail.

Mes remerciements vont au Pr Sita Guinko, au Pr Joseph Issaka Boussim et au Pr Adjima Thiombiano pour les encouragements et les conseils reçus. Merci au Dr Anne Mette Lykke, Coordinatrice Générale de UNDESERT pour ses conseils et son appui dans l'analyse des données ainsi qu'à l'ensemble des membres de cette équipe de recherche qui sont au Burkina Faso, au Niger, au Bénin, au Sénégal, en Allemagne et au Danemark pour les riches discussions et apports.

Je remercie également le Dr Katharina Schumann pour ses conseils et son aide dans les analyses des données et le Dr Abdoulaye Diouf et Dr Yvonne Bachmann pour la formation sur la cartographie et les SIG.

J'exprime mes sincères gratitude au Pr Pedro Vasconcellos Eisenlohr de l'Universidade do Estado de Mato Grosso du Brésil pour son aide dans l'analyse des données, au Dr Aagaard Axelsen Jorgen de l'Aarhus University du Danemark pour les discussions fructueuses et au Pr Romain Glèlè Kakaï de l'Université Abomey-Calavi du Bénin et à ses assistants pour leurs conseils lors des analyses des données.

Mes remerciements s'adressent aussi au Dr Brigitte Bastide pour la recherche bibliographique et les corrections apportées à ce mémoire, au Dr Fidèle Bognounou pour les conseils méthodologiques et la recherche bibliographique et aux Drs Bilassé Zongo, Issaka Sénou et Schémaeza Bonzi pour les corrections reçues.

J'exprime mes sincères remerciements aux Directeurs Régional et Provinciaux du Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques du Sud-Ouest et leurs collaborateurs pour les facilités reçues durant les travaux.

A tous les ex-collègues doctorants des autres universités bénéficiant de l'appui de Undesert (Ouagadougou, Abdou Moumini, Abomey Calavy, Check Anta Diop, Aarhus et Goethe-University), je vous dis merci pour la fructueuse collaboration ; J'ai nommé Philippe Bayen, Abél Kadeba, Soulama Soungalo, Moussa Boubacar, Abdou Amani, Faris Okou, Myrèse Ahoudji, Sara Danièle Dieng, Simon Sambou, Anna Leßmeister, Dr Karim Saley, Dr Mette Kronborg et Dr Elie Antoine Padonou.

Je remercie Zézouma Sanon pour la bonne collaboration et le soutien mutuel lors de nos travaux. Merci à Rébecca Diallo pour son appui dans la collecte des données, ainsi qu'à

Norbert Ouédraogo, Ezechias Somé, Boalidia Tankoano, Aboudou Sanon, Gaston Dabiré et Ollo Palé pour le bon climat de travail au laboratoire. Merci à la famille Sanou et à Lassina Sanou pour l'accueil chaleureux. Merci à Apolline Sanou pour les encouragements et les soutiens multiformes.

J'exprime ma gratitude à tous ceux qui ont accepté m'aider dans la collecte des données. Ce sont : Sié Frédéric Tioyé, Gnièbré Somé, Tangbwa Somé, Ghyslain Dabiré, Jean Somda, Désiré Sanou, Halidou Korbéogo, Blaise Bassané, Thomas Dabiré et Manassé Somé.

Je remercie les nombreuses personnes qui ont accepté de participer aux différentes enquêtes.

Je rends un hommage à tous mes enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur qui ont bien voulu sacrifier leur temps et leur énergie à nous transmettre le savoir.

J'ai bénéficié des soutiens multiformes de la part de mon petit frère Narcisse, de toute ma famille, de mes frères, oncles et tantes à qui je témoigne ma sincère gratitude. J'ai une pensée pieuse envers feu ma grand-mère auprès de qui je trouvais beaucoup de réconforts, de bénédictions et d'encouragements.

J'ai rencontré, côtoyé et vécu avec des personnes aux cours de mes études qui m'ont marqué et qui ont été pour moi des sources d'inspiration. Sans pouvoir les citer tous, je leur exprime mes remerciements. J'ai une pensée respectueuse envers mes amis et mes camarades de classes de toutes les promotions avec qui j'ai partagé les mêmes difficultés et les bons moments de la vie scolaire et estudiantine.

Papa, je te remercie pour tous les sacrifices que tu as consentis pour mes études. Tu m'as inculqué le savoir-vivre. Tu as été mon premier professeur. Tu m'as appris à lire, à écrire et à compter avant mes premiers pas à l'école. Je me rappelle encore quand je me plaignais lorsque tu m'apprenais des « choses compliquées ». Je te disais plutôt de m'apprendre des « choses simples et courtes ». J'ignorais en ces moments là que j'allais apprendre des choses beaucoup plus complexes et aller jusqu'au doctorat.

Table des matières

Dédicace.....	i
Résumé	ii
Abstract	iii
Remerciements	iv
Liste des abréviations, sigles et acronymes	xiii
Liste des figures	xiv
Liste des tableaux	xv
Liste des photographies	xvii
Introduction générale.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	6
Chapitre 1 : Revue bibliographique et description des espèces étudiées	7
1.1. Biens et services des écosystèmes.....	7
1.1.1. Définition.....	7
1.1.2. Typologie.....	7
1.1.3. Valeur	8
1.2. Biodiversité	10
1.2.1. Définition.....	10
1.2.2. Enjeux et opportunités.....	11
1.2.3. Causes humaines et climatiques de la déforestation.....	12
1.3. Description des espèces étudiées.....	13
1.3.1. <i>Crateva adansonii</i>	13
1.3.2. <i>Sarcocephalus latifolius</i>	14
1.3.3. <i>Burkea africana</i>	15
Chapitre 2 : Cadre de l'étude.....	17
2.1. Approche méthodologique	17
2.1.1. Choix de la zone d'étude et des espèces.....	17
2.1.2. Etude de la structure et de la distribution des populations des espèces.....	17
2.1.3. Etude de la productivité des espèces	18

2.1.4. Etude des biens et services écosystémiques	19
2.2. Présentation de la zone d'étude	19
2.2.1. Localisation de la région du Sud-Ouest.....	19
2.2.2. Milieu biophysique.....	20
2.2.2.1. Climat	20
2.2.2.2. Végétation, réseau hydrographique et sols	22
2.2.2.3. Réserves de Bontioli.....	22
2.2.2.4. Forêt Classée de Koulbi.....	23
2.2.3. Population.....	23
2.2.3.1. Caractéristiques démographiques et groupes ethniques	23
2.2.3.2. Activités socio-économiques.....	24
DEUXIEME PARTIE : CARACTERISATION DES ESPECES VEGETALES	
ETUDIEES.....	25
Chapitre 3 : Structure, dynamique et écologie des espèces	26
3.1. Introduction	26
3.2. Matériels et méthodes.....	27
3.2.1. Localisation des sites d'étude	27
3.2.2. Collecte des données	27
3.2.3. Analyses des données.....	28
3.3. Résultats	30
3.3.1. Paramètres structuraux des populations des espèces	30
3.3.1.1. Densité.....	30
3.3.1.2. Surface terrière	31
3.3.1.3. Diamètre moyen du houppier	31
3.3.1.4. Etat sanitaire	32
3.3.2. Structure et dynamique des espèces	34
3.3.2.1. Populations adultes.....	34
3.3.2.2. Populations juvéniles et potentialités de régénération.....	36
3.3.3. Richesse spécifique et indice de Jaccard	38
3.3.4. Préférences écologiques des espèces	39

3.4. Discussion	40
3.4.1. Analyse globale des paramètres dendrométriques des espèces	40
3.4.2. Analyse globale de la structure et de la dynamique des espèces	40
3.4.3. Analyse de la richesse spécifique des peuplements et des préférences écologiques des espèces.....	43
3.5. Conclusion.....	44
Chapitre 4 : Productivité en biomasse foliaire de <i>Crateva adansonii</i> D.C. dans un contexte de dégradation et de pression humaine sur les ressources biologiques.....	45
4.1. Introduction	45
4.2. Matériels et méthodes.....	46
4.2.1. Site d'étude.....	46
4.2.2. Collecte des données	46
4.2.3. Analyse des données.....	47
4.3. Résultats	48
4.3.1. Structure des plantes étudiées.....	48
4.3.2. Production en biomasse foliaire suivant le milieu.....	49
4.3.3. Productivité en biomasse foliaire des individus plantés	50
4.3.3.1. Production annuelle et extrapolation	50
4.3.3.2. Cycle de production.....	50
4.4. Discussion	51
4.5. Conclusion.....	53
Chapitre 5. La description du système racinaire peut-elle contribuer à l'utilisation durable et à une meilleure conservation ? Une étude de cas au Burkina Faso	54
5.1. Introduction	54
5.2. Matériels et méthodes.....	56
5.2.1. Site d'étude.....	56
5.2.2. Collecte des données	57
5.2.3. Analyse des données.....	58
5.3. Résultats	59

5.3.1. Architecture du système racinaire	59
5.3.2. Productivité de la biomasse racinaire et modèle de prédiction.....	62
5.4. Discussion	63
5.5. Conclusion.....	65
TROISIEME PARTIE : SERVICES ECOSYSTEMIQUES DES ESPECES	
VEGETALES ETUDIEES	66
Chapitre 6 : Utilisations et services écosystémiques de <i>Crateva adansonii</i> D.C.....	67
6.1. Introduction	67
6.2. Matériels et méthodes.....	68
6.2.1. Site d'étude.....	68
6.2.2. Collecte et analyse des données	69
6.2.2.1. Etude ethnobotanique	69
6.2.2.2. Enquête sur les substituts.....	71
6.3. Résultats	72
6.3.1. Caractéristiques des enquêtés	72
6.3.2. Ethno-nomenclature de <i>C. adansonii</i>	73
6.3.3. Diversité et équitabilité de l'enquête	73
6.3.4. Valeur consensuelle sur les types d'usages	74
6.3.5. Utilisations médicinales et modes d'administration.....	77
6.3.6. Substituts de <i>C. adansonii</i>	78
6.4. Discussion	80
6.5. Conclusion.....	83
Chapitre 7 : Utilisations et services écosystémiques de <i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.	
A. Bruce.....	84
7.1. Introduction	84
7.2. Matériels et méthodes.....	85
7.3. Résultats	85
7.3.1. Ethno-nomenclature de <i>S. latifolius</i>	85
7.3.2. Diversité et équitabilité de l'enquête	86

7.3.3. Valeur consensuelle sur les types d'usages	87
7.3.4. Utilisations médicinales et modes d'administration	90
7.3.5. Substituts de <i>S. latifolius</i>	92
7.4. Discussion	95
7.5. Conclusion.....	98
Chapitre 8 : Utilisations et services écosystémiques de <i>Burkea africana</i> Hook.....	99
8.1. Introduction	99
8.2. Matériels et méthodes.....	100
8.3. Résultats	100
8.3.1. Ethno-nomenclature de <i>B. africana</i>	100
8.3.2. Indices de diversité et d'équitabilité de l'enquête	100
8.3.3. Valeur consensuelle sur les types d'usage.....	101
8.3.4. Utilisations médicinales et modes d'administration	104
8.3.5. Substituts de <i>B. africana</i>	105
8.4. Discussion	107
8.5. Conclusion.....	110
Chapitre 9 : Valeurs économiques des espèces	112
9.1. Introduction	112
9.2. Matériels et méthodes.....	112
9.3. Résultat.....	114
9.3.1. Valeur économique de <i>C. adansonii</i>	114
9.3.2. Valeur économique de <i>S. latifolius</i>	114
9.3.3. Valeur économique de <i>B. africana</i>	115
9.3.4. Comparaison des valeurs économiques des espèces	115
9.4. Discussion	116
9.5. Conclusion.....	118
Chapitre 10 : Synthèse et discussion générale	119
10.1. Disponibilité et productivité des espèces	119

10.2. Services écosystémiques, valeurs économiques et substituts des espèces	119
10.3. Quelles stratégies face aux menaces qui pèsent sur les espèces ?	121
10.4. Conclusion générale	122
Références bibliographiques	126
ANNEXES	I

Liste des abréviations, sigles et acronymes

AA	Aire anthropisée
ADN	Acide désoxyribonucléique
AP	Aire protégée
CAP	Consentement à payer
CAR	Consentement à recevoir
CBD	Convention on Biological Diversity
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CTU	Valeur consensuelle sur les types d'usages
CNRST/INERA	Centre National de Recherche Scientifique et Technologique/ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
dbh	Diameter at breast height (Diamètre à hauteur de poitrine ou à 1,30 m)
DH	Diamètre du houppier
Dollars US	Dollars des Etats Unis d'Amérique
FCFA	Franc de la Communauté Financière Africaine
FCK	Forêt Classée de Koulbi
SIG	Système d'information géographique
H	Hauteur
ID	Indice de diversité de l'enquête
IE	Indice d'équitabilité de l'enquête
IGB	Institut Géographique du Burkina
MEC	Méthode d'évaluation contingente
MS	Biomasse racinaire sèche
PFNLx	Produits forestiers non ligneux
PIB	Produit intérieur brut
PSE	Paiements des services environnementaux
RTPB	Réserves Totale et Partielle de Bontioli
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UNDESERT	Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services
UPB	Université polytechnique de Bobo-Dioulasso
vs.	Contre

Liste des figures

Figure 1 : Typologie des valeurs économiques des services écosystémiques.....	10
Figure 2 : Localisation de la région du Sud-Ouest, des Réserves de Bontioli et de la Forêt Classée de Koulbi.....	20
Figure 3 : Diagramme ombro-thermique de Batié pour la période 1971-2013 (source des données : Direction de la météorologie).....	21
Figure 4 : Variation interannuelle de la pluviosité à Batié pour la période 1971-2013 (source : Direction de la météorologie).....	21
Figure 5 : Etat sanitaire des individus de <i>Sarcocephalus latifolius</i> et de <i>Burkea africana</i>	33
Figure 6 : Etat sanitaire des individus de <i>Crateva adansonii</i> dans les parcs agroforestiers.	33
Figure 7 : Structures des populations de <i>Crateva adansonii</i>	34
Figure 8 : Structures des populations de <i>Sarcocephalus latifolius</i>	35
Figure 9 : Structures des populations de <i>Burkea africana</i>	36
Figure 10 : Structures de la régénération de <i>Crateva adansonii</i> (a ;b), <i>Sarcocephalus latifolius</i> (c ;d) et <i>Burkea africana</i> (e ;f).	37
Figure 11 : Distribution des quinze individus de <i>C. adansonii</i> selon leur dbh.....	49
Figure 12 : Pourcentage de biomasse foliaire de <i>Crateva adansonii</i> récoltée par mois à Tovor.	51
Figure 13 : Nombre moyen de jours entre la dernière récolte et la récolte effectuée dans le mois considéré. « Octobre 35 » signifie qu'il s'est écoulé 35 jours entre la dernière récolte et celle d'octobre pour les individus qui ont effectivement été émondés dans ce mois. ...	51
Figure 14. Carte de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso avec les sites d'étude.	57
Figure 15. Schéma radial de l'architecture arborescente du système racinaire de <i>Sarcocephalus latifolius</i>	61
Figure 16. Schéma de l'architecture du système racinaire de <i>Sarcocephalus latifolius</i> dans le sol.	62
Figure 17 : Localisation des villages enquêtés.	69
Figure 18 : Substituts de <i>Crateva adansonii</i> utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.....	79
Figure 19 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de <i>Crateva adansonii</i>	79
Figure 20 : Substituts de <i>Sarcocephalus latifolius</i> utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.....	93
Figure 21 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de <i>Sarcocephalus latifolius</i>	94
Figure 22 : Substituts de <i>B. africana</i> utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.....	106
Figure 23 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de <i>B. africana</i>	106

Liste des tableaux

Tableau I : Typologie des biens et services des écosystèmes.....	8
Tableau II : Nombre de points de relevés en fonction de l'écosystème et de l'espèce.....	28
Tableau III : Densités des individus adultes des espèces en fonction des écosystèmes (Moyenne \pm écart type en pieds/ha).	30
Tableau IV : Surface terrière des espèces en fonction des écosystèmes (en m ² ha ⁻¹).....	31
Tableau V : Diamètre moyen du houppier (en m) des espèces en fonction du milieu.	32
Tableau VI : Nombre d'espèces et indices de Jaccard pour les peuplements de <i>Sarcocephalus latifolius</i> et de <i>Burkea africana</i> dans les différents écosystèmes.....	39
Tableau VII : Paramètres dendrométriques moyens des individus de <i>Crateva adansonii</i> concernés par l'étude de comparaison de la productivité en biomasse foliaire entre les individus plantés et ceux issus du milieu naturel dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.....	48
Tableau VIII : Paramètres dendrométriques moyens des individus de <i>Crateva adansonii</i> concernés par l'étude de la productivité annuelle en biomasse foliaire à Tovor, Sud- Ouest du Burkina Faso.	49
Tableau IX : Biomasse foliaire (kg de matière fraîche) de <i>Crateva adansonii</i> en milieu naturel comparativement aux pieds plantés dans le terroir villageois de Tovor, Sud- Ouest du Burkina Faso.	50
Tableau X : Espèces sous lesquelles les racines de <i>Sarcocephalus latifolius</i> ont été retrouvées dans la région du Sud-Ouest du Burkina avec leur fréquence, leur famille et leur type biologique.	60
Tableau XI : Paramètres statistiques issus du modèle allométrique liant la biomasse racinaire sèche, le diamètre du houppier (DH) et la hauteur (H) de <i>Sarcocephalus latifolius</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	63
Tableau XII : Indices ethnobotaniques utilisés pour mesurer les connaissances sur les utilisations de <i>Crateva adansonii</i> parmi les populations de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.....	70
Tableau XIII : Répartition des enquêtés de l'étude ethnobotanique en fonction de la profession et du sexe.....	72
Tableau XIV : Ethno-nomenclature de <i>Crateva adansonii</i> selon les groupes ethniques.	73
Tableau XV : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité (IE) de l'enquête sur l'utilisation de <i>Crateva adansonii</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.....	74
Tableau XVI : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de <i>Crateva adansonii</i> cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.....	75

Tableau XVII : Valeurs consensuelles des types d'utilisation (CTU) des différents organes et des dix premières utilisations de <i>Crateva adansonii</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	77
Tableau XVIII : Préparation des organes de <i>Crateva adansonii</i> et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	77
Tableau XIX : Substituts de <i>Crateva adansonii</i> classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.	80
Tableau XX : Ethno-nomenclature de <i>Sarcocephalus latifolius</i> selon les groupes ethniques.	86
Tableau XXI : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité de l'enquête (IE) sur l'utilisation de <i>Sarcocephalus latifolius</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	87
Tableau XXII : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de <i>Sarcocephalus latifolius</i> cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	88
Tableau XXIII : Valeurs consensuelles des types d'utilisation (CTU) des différents organes et des dix premières utilisations de <i>Sarcocephalus latifolius</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	90
Tableau XXIV : Préparation des organes de <i>Sarcocephalus latifolius</i> et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	91
Tableau XXV : Substituts de <i>Sarcocephalus latifolius</i> classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.	94
Tableau XXVI : Ethno-nomenclature de <i>Burkea africana</i> selon les groupes ethniques.	100
Tableau XXVII : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité (IE) de l'enquête sur l'utilisation de <i>Burkea africana</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	101
Tableau XXVIII : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de <i>Burkea africana</i> cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	102
Tableau XXIX : Valeurs consensuelles des types d'usage (CUT) des différents organes et des dix premières utilisations de <i>Burkea africana</i> dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	104
Tableau XXX : Préparation des organes de <i>Burkea africana</i> et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.	104
Tableau XXXI : Substituts de <i>Burkea africana</i> classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.	107
Tableau XXXII : Comparaison entre les valeurs économiques de <i>C. adansonii</i> , <i>S. latifolius</i> et <i>B. africana</i> selon la méthode d'étude économique utilisée.	115

Liste des photographies

Photo 1 : Quelques aspects botaniques de <i>Crateva adansonii</i>	14
Photo 2 : Quelques aspects botaniques de <i>Sarcocephalus latifolius</i>	15
Photo 3 : Quelques aspects botaniques de <i>Burkea africana</i>	16
Photo 4 : Un individu de <i>Crateva adansonii</i> avant (A) et après (B) la récolte des feuilles (Photos S.A. Kaboré, 2012).....	47
Photo 5 : Racine de <i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E. A. Bruce déviée vers un individu de <i>Cochlospermum planchonii</i> Hook. f. ex Planch.....	62

Introduction générale

Les différentes formes de vie et leurs milieux forment des ensembles écologiquement fonctionnels qui se sont adaptés à divers facteurs naturels (Aronson *et al.*, 1995). Il est apparu au fil du temps une surexploitation de la biodiversité et des services environnementaux qui est considérée de nos jours comme l'un des phénomènes responsables des perturbations écologiques (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Dans ce contexte, le combat contre toutes les formes de dégradation des écosystèmes a été entrepris depuis plusieurs années par la communauté scientifique (United Nations Convention to Combat Desertification, 2007). La désertification et la dégradation apparaissent comme un défi à relever pour la recherche forestière et écologique.

Les causes de la dégradation des ressources biologiques, des habitats et du sol sont de plusieurs ordres. Elles relèvent à la fois des activités humaines (Lejju, 2009 ; Salvati, 2010 ; Wang *et al.*, 2012 ; Kiage, 2013 ; Leakey, 2013) et des phénomènes climatiques et écologiques (Da, 2010 ; Wang *et al.*, 2012 ; Bayram et Öztürk, 2014).

En Afrique Sub-saharienne en effet, certains facteurs biophysiques comme le climat et les types de formations végétales ainsi que certains facteurs anthropogéniques comme l'exploitation forestière et l'agriculture sont à la base des processus de dégradation des écosystèmes (Kiage, 2013). Ce même auteur indique que la croissance de la population, le surpâturage et l'exploitation forestière accélèrent ce phénomène. Or, les écosystèmes sont des systèmes fonctionnels qui associent tous les êtres vivants d'un même milieu (Tansley, 1935). Lorsque ces écosystèmes sont fortement et continuellement perturbés, il s'en suit donc une rupture dans le système à tel point que la perte de certaines espèces peuvent nuire à l'équilibre dynamique de l'écosystème (O'Gorman *et al.*, 2010). Les pressions anthropiques sur les ressources forestières sont en déphasage avec les capacités de régénération des formations naturelles qui sont de ce fait sérieusement menacées (Mama *et al.*, 2014). L'une des causes de la désertification et de la perte de biodiversité est l'utilisation non rationnelle des espèces végétales.

Les conséquences de la dégradation des écosystèmes sont d'ordre économique (Markandya et Chiabai, 2013), environnemental (Da, 2010) et sociétal (Thelma, 2015).

En effet, entre 1900 et 2000, la valeur économique de la perte de biodiversité à travers le monde s'évalue à plusieurs milliers de milliards de Dollars US (Markandya et Chiabai,

2013). D'après The Economics of Land Degradation Initiative (2015), les pertes annuelles en services écosystémiques représentent 10 à 17 % du PIB mondial.

Les changements climatiques induiront une forte destruction des forêts Ouest-africaines et une extension des zones plus arides (Da, 2010). La dégradation des ressources biologiques et la désertification sont à l'origine des conflits, de l'insécurité alimentaire (Thelma, 2015) et des migrations (Warner *et al.*, 2010 ; Naser, 2015).

De part le monde, plusieurs auteurs s'accordent à reconnaître que les services des écosystèmes tendent à diminuer drastiquement (Dobson *et al.*, 2006 ; Limoges, 2009).

Les effets des changements climatiques et l'utilisation abusive des terres ont négativement affecté la diversité des espèces au Burkina Faso ; ces changements globaux de l'environnement n'auront pas d'impact uniquement sur la végétation et la biodiversité mais altéreront également le potentiel en services écosystémiques (Heubes *et al.*, 2013). La déforestation menace aussi bien la biodiversité que les modes de vie traditionnels (Albuquerque, 2012). Or, ces biens et services écosystémiques fournis par les plantes locales ont toujours joué un rôle central dans la satisfaction des besoins en nourriture, en soins de santé, en construction et en énergie des populations locales (Heubes, 2012). Les services écosystémiques sont par définition les aspects des écosystèmes utilisés activement ou passivement pour le bien-être de l'Homme (Fischer *et al.*, 2009).

Les populations rurales dépendent fortement des biens et des services écosystémiques pour leurs besoins vitaux comme la nourriture, le logement et la santé (Millennium Ecosystem Assessment, 2003 ; Heubes *et al.*, 2013 ; Ouédraogo *et al.*, 2014). Il s'avère donc nécessaire de bien étudier ces services que les gens tirent des écosystèmes pour comprendre les pratiques humaines qui sont à l'origine de la dégradation des ressources naturelles, et également les conséquences de la dégradation de ces ressources sur les populations locales. Cela permettra d'aboutir à des résultats qui serviront à sauvegarder les formations naturelles (Kristensen et Lykke, 2003).

Une bonne connaissance des utilisations, des besoins et des valeurs socioéconomiques des produits des espèces locales est capitale pour orienter les prises de mesures conservatoires et de restauration des écosystèmes déséquilibrés par les pressions de toutes sortes. En effet, les besoins et les priorités des populations locales en matière d'arbres sont peu connus, ce qui limite la mise en œuvre d'un développement agricole et forestier participatif et durable (Bélem *et al.*, 2007).

Face aux menaces qui pèsent sur la biodiversité, la Convention sur la Diversité Biologique s'est fixé pour objectif à l'orée 2020 (a) de s'attaquer aux causes profondes de la

perte de biodiversité, (b) de réduire les pressions directes sur la biodiversité et promouvoir l'utilisation durable des ressources, (c) de sauvegarder les écosystèmes et les espèces, d) de faire profiter les avantages des services écosystémiques à tous, et enfin, (e) de favoriser la planification participative, l'amélioration des connaissances et le renforcement des capacités (Perrings *et al.*, 2010).

Notre travail s'inscrit en droite ligne dans cette philosophie de gestion holistique des ressources naturelles. Les travaux antérieurs sur la connaissance et la conservation des formations végétales du Burkina Faso ont eu le mérite de couvrir l'ensemble du territoire national (Guinko, 1984 ; Fontès et Guinko, 1995). Cependant, l'utilisation des plantes par les populations locales n'est pas exhaustivement connue notamment au sein de certains groupes ethniques comme les Dagara, les Lobi et les Birifor de la région du Sud-Ouest. En outre, les politiques environnementales doivent se baser autant que faire se peut sur les études antérieures mais également sur des données scientifiques actualisées. En effet, la perte de diversité biologique par exemple peut avoir des causes différentes selon les types de sociétés et leurs modes de développement (Konaté et Linsenmair, 2010).

Notre choix s'est porté sur trois espèces d'importances socio-économiques pour les populations de la région du Sud-Ouest. Il s'agit de *Crateva adansonii* D.C., de *Sarcocephalus latifolius* (Smith) Bruce et de *Burkea africana* Hook. C'est à la suite d'un travail préliminaire que ces plantes ont été retenues. En effet, la revue de littérature montre qu'il y a un manque de connaissances sur les peuplements de ces espèces, leur productivité, leur importance économique et les services écosystémiques qu'elles procurent aux populations locales. *C. adansonii* est une espèce alimentaire mais les autres services de la plante sont peu documentés (Da, 2009). Elle est signalée dans les inventaires effectués à travers le pays (Guinko, 1984 ; Fontès et Guinko, 1995 ; Ouoba, 2006 ; Sambaré *et al.*, 2011) mais la structure de l'espèce n'est pas connue. Il en est de même des deux autres espèces. En outre, très peu de travaux se sont aussi penchés sur la valeur économique de ces espèces locales.

Pourtant, l'évaluation économique des biens et services écosystémiques étant un outil de valorisation des services environnementaux (Hanemann, 1994 ; Pearce, 2001 ; Voltaire, 2011), il est apparu primordial de connaître la valeur des trois plantes au sein de la population afin de fournir des arguments qui vont aider aux prises de décision en faveur de la protection des formations naturelles.

Notre travail s'inscrit dans un vaste programme de recherche conduit par plusieurs partenaires à travers plusieurs segments thématiques qui abordent les changements de la couverture végétale, les processus de dégradation des sols, la restauration des écosystèmes

dégradés et la biodiversité, les aspects socio-économiques de la perte de biodiversité et les services écosystémiques. Il s'agit du programme de recherche UNDESERT (*Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services*) dont l'objectif est de comprendre les phénomènes de dégradation afin de combattre efficacement la désertification pour atténuer ses impacts sur les services écosystémiques. Notre travail s'inscrit dans la thématique « biodiversité, socio-économie et services écosystémiques ».

L'objectif général de notre thèse est d'évaluer les services écosystémiques de trois espèces forestières que sont *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana* afin de fournir des outils d'aide à la décision et d'alerte quant aux conséquences de la dégradation et de la désertification sur les populations locales.

Cet objectif général se scinde en cinq objectifs spécifiques qui sont :

- ✓ étudier la structure des populations des trois espèces ;
- ✓ étudier les productivités des organes les plus utilisés de *C. adansonii* et de *S. latifolius* ;
- ✓ évaluer les services écosystémiques fournis par les trois espèces aux populations locales ;
- ✓ étudier les valeurs économiques des trois espèces ;
- ✓ étudier les stratégies de substitution des parties les plus utilisées de ces espèces en cas de manque.

Les travaux se sont basés sur trois principales hypothèses qui sont :

1. Les activités anthropiques engendrent une perturbation des écosystèmes forestiers en général et de la structure des populations des trois espèces (*C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*) en particulier dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso ;
2. Les valeurs écosystémiques des systèmes forestiers sont estimables en biens et services produits aux bénéfices des populations locales ;
3. Les trois espèces de références (*C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*) ont des valeurs économiques quantifiables chez les populations du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Cette thèse s'articule autour de neuf chapitres regroupés en trois grandes parties.

La première partie traite des généralités. Elle comporte deux chapitres. Le chapitre 1 fait une revue bibliographique sur les concepts fondamentaux et présente les espèces étudiées.

Le chapitre 2 est consacré au cadre de l'étude. Il donne un aperçu général de l'approche méthodologique utilisée comme base des travaux, et fait une présentation de la zone d'étude.

La deuxième partie est consacrée à la caractérisation des espèces végétales étudiées. Elle est scindée en trois chapitres. Le chapitre 3 présente la diversité et la structure des peuplements des espèces. Le chapitre 4 aborde la productivité foliaire de *C. adansonii*. Le chapitre 5 a trait à la caractérisation du système racinaire de *S. latifolius*.

Enfin, la troisième partie porte sur les services écosystémiques des espèces étudiées. Elle comporte quatre chapitres. Les chapitres 6, 7 et 8 traitent respectivement des services écosystémiques, des valeurs économiques et des substituts de *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*. Cette thèse se termine par le chapitre 9 dans lequel nous avons fait une synthèse et une discussion générale des travaux.

PREMIERE PARTIE :

GENERALITES

Chapitre 1 : Revue bibliographique et description des espèces étudiées

1.1. Biens et services des écosystèmes

1.1.1. Définition

Le concept de *biens et services écosystémiques* a été diversement défini dans la littérature scientifique. Selon Fisher *et al.* (2009), les trois définitions communément acceptées sont :

- les conditions et les processus grâce auxquels les écosystèmes naturels et les espèces qui les composent soutiennent et rendent la vie humaine possible (Daily, 1997).
- les bénéfices que les hommes tirent directement ou indirectement des fonctions des écosystèmes (Costanza *et al.*, 1997).
- les bénéfices que les gens obtiennent des écosystèmes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a).

Boyd et Banzhaf (2007) estiment que les services écosystémiques ne sont pas les bénéfices que les hommes tirent des écosystèmes mais qu'ils représentent les composants écologiques directement consommés ou utilisés pour le bien-être des hommes. Pour Fischer *et al.* (2009), les services écosystémiques sont les aspects des écosystèmes utilisés (activement ou passivement) pour le bien-être de l'Homme.

1.1.2. Typologie

Le *Millennium Ecosystem Assessment* (2003) a scindé les services des écosystèmes en quatre grandes fonctions ou services qui sont : les services d'approvisionnement, les services de régulation, les services de support et les services culturels (Tableau I).

Plusieurs industries doivent leur existence aux biens et services directement fournis par les écosystèmes. C'est notamment le cas de l'industrie pharmaceutique qui dépend fortement des ressources biologiques pour l'extraction des composés actifs (Jain *et al.*, 2012).

Tableau I : Typologie des biens et services des écosystèmes.

Services	Commentaires et exemples
Approvisionnement	
Nourriture	Production de fruits, graines, poissons, etc.
Eau	Stockage et rétention d'eau à usage domestique, industriel et agricole
Bois et énergie	Production de bois de chauffe, de fourrage, de tourbe
Substances naturelles	Extraction de médicaments et autres substances biologiques
Matériel génétique	Gènes de résistance contre les maladies des cultures, espèces ornementales, etc.
Régulation	
Régulation du climat	Source et puits de gaz à effet de serre, Influence la température locale et régionale, les précipitations et autres processus climatiques
Régulation de l'eau (flux hydrologique)	Recharge et décharge de l'eau de surface
Purification de l'eau et traitement des déchets	Rétention, recouvrement et suppression des excès de nutriments et d'autres polluants
Régulation de l'érosion	Rétention des sols et des sédiments
Régulation des phénomènes naturels	Contrôle des inondations, protection contre les tempêtes
Pollinisation	Habitat pour les pollinisateurs
Culturel	
Spiritualité et source d'inspiration	Valeurs spirituelles pour plusieurs religions et source d'inspiration
Récréatif	Opportunités pour des activités de récréations
Esthétique	Les gens trouvent une certaine beauté ou de l'esthétique dans les composants des écosystèmes
Education	Opportunités pour l'éducation formelle et non formelle
Support	
Formation des sols	Rétention des sédiments et accumulation de matières organiques
Cycle des nutriments	Stockage, recyclage, transformation et acquisition de nutriments

Source: Millennium Ecosystem Assessment (2005b): Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis.

1.1.3. Valeur

Les biens et les services écosystémiques possèdent une valeur inestimable. La fourniture constante de ces biens et services tirés des écosystèmes naturels a une grande importance économique qui justifie la conservation de la biodiversité (Dobson *et al.*, 2006).

Nous illustrons cette importance par le cas de l'approvisionnement en eau de la ville de New York rapporté par Ranganathan *et al.* (2008).

Au début des années 1990, la ville de New York, qui comptait plus de 9 millions de personnes, et ses environs étaient confrontés à un problème de fourniture en eau potable dont 90 % provenaient des sources de l'Hudson River et du fleuve Delaware. En comparant les coûts de réalisation d'une usine de filtration d'eau qui s'élevait à 6 milliards de dollars et d'un plan de protection des bassins versants qui alimentent les sources qui était évalué à 2,7 milliards, la municipalité a opté d'aménager toutes les terres protégeant les bassins versants afin de continuer de bénéficier de l'eau de source.

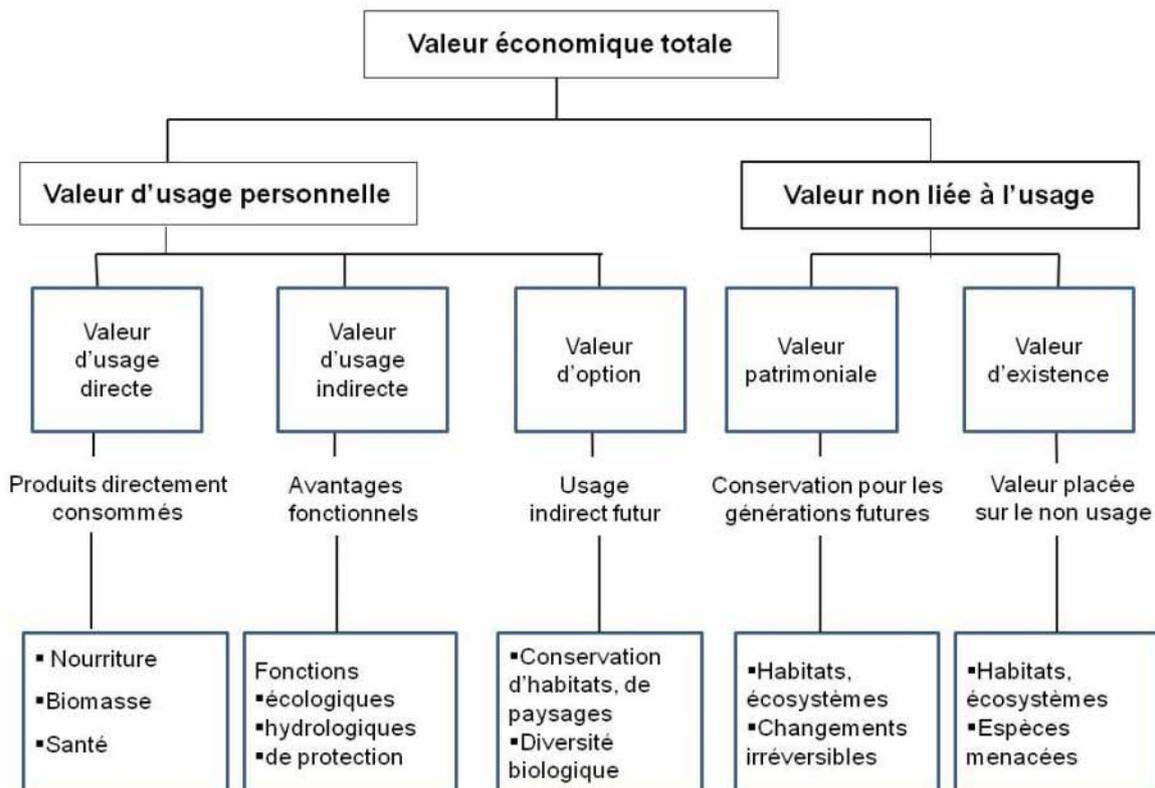
Ce cas est similaire à l'approvisionnement en eau potable de la commune de Bobo-Dioulasso ; l'eau est captée gratuitement d'une source située dans la Forêt Classée du Kou : c'est un bien écosystémique dont la valeur est inestimable.

A l'échelle mondiale, la contribution des insectes pollinisateurs à l'augmentation des rendements des cultures s'évalue à 190 milliards de dollars US/an (Gallai *et al.*, 2009) et les produits pharmaceutiques issus des ressources génétiques sont estimés à 640 milliards de dollars US (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2009).

La valeur économique totale des écosystèmes peut se subdiviser en deux grands groupes, à savoir les valeurs d'usage personnelle, et les valeurs non liées à l'usage (Pearce et Moran, 1994 ; Turner *et al.*, 2003 ; Chevassus-au-Louis *et al.*, 2009) (Figure 1).

Les produits forestiers non ligneux (PFNLx), par exemple, procurent en moyenne 72 479 F CFA par an et par ménage, avec une dépendance économique à ces PFNLx estimée à 12 % au Sud-Ouest du Burkina Faso (Ouédraogo *et al.*, 2013b). Les « paiements des services environnementaux » (PSE) constituent un terme de plus en plus utilisé dans la littérature scientifique et dans les documents de politique environnementale (Centre d'Analyse Stratégique, 2009 ; Kill, 2014). Par exemple, d'énormes moyens financiers sont déployés pour soutenir la conservation et la restauration des formations afin qu'elles puissent continuer à jouer leur rôle de séquestration du carbone, nécessaire au contrôle des émissions des gaz à effet de serre (Aklilu et Gren, 2014 ; Grimaud et Rouge, 2014 ; Shrestha *et al.*, 2015).

Il faudra tout de même veiller à ne pas considérer les PSE comme un « paiement qui autorise à détruire » « car la nature n'est pas à vendre, elle n'a pas de prix et doit être défendue » (Kill, 2014).



Adapté à partir de Chevassus-au-Louis *et al.* (2009)

Figure 1 : Typologie des valeurs économiques des services écosystémiques.

1.2. Biodiversité

1.2.1. Définition

Le terme « biodiversité » est un néologisme largement utilisé dans la littérature scientifique (Kaennel, 1998). « Biodiversité » est une contraction de l'expression « diversité biologique » (Harrison *et al.*, 2004). La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) signée en 1992 à Rio de Janeiro désigne la « diversité biologique comme la variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ». Les termes biodiversité et diversité biologique sont considérés par différents auteurs comme des synonymes ou des quasi-synonymes (Kaennel, 1998) bien que la CDB ne mentionne pas le premier terme dans ses textes.

1.2.2. Enjeux et opportunités

La biodiversité est devenue un enjeu planétaire et un thème central dans toutes les politiques environnementales. L'importance de la diversité biologique pour le bien-être humain et le développement socioéconomique réside dans sa contribution à fournir des biens et services écosystémiques, à assurer la sécurité alimentaire et la santé, à améliorer les relations sociales, à augmenter les revenus, à concourir à la gestion durable des terres et à réduire les effets des changements climatiques (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

D'après Darwin, c'est l'évolution à partir d'êtres primitifs qui est à l'origine de la diversité de vie observée sur Terre. Pour illustrer cette thèse par exemple, Albert *et al.* (2013) ont découvert que l'espèce *Amborella trichopoda* Baill., une plante endémique de la Nouvelle Calédonie, est le dernier témoin de la plus ancienne lignée des angiospermes dont la diversité est estimée de nos jours à plus de 300 000 espèces. Malheureusement, partout dans le monde, la biodiversité est menacée (Butchart *et al.*, 2010). Un grand nombre d'espèces a actuellement disparu. D'autres sont menacées ou le seront probablement à cause du réchauffement global (Malcolm *et al.*, 2005).

Au Burkina Faso, la diversité végétale est évaluée à 2067 espèces (Zizka *et al.*, 2015). La préservation de la biodiversité et des écosystèmes requière d'énormes sacrifices en terme de moyens financiers pour la mise en œuvre de changements de modes de production de biens agricoles ou industriels, et d'une prise de conscience politique et citoyenne.

La cryopréservation, les banques d'ADN (Jain *et al.*, 2012), l'augmentation des aires protégées, la capture d'espèces absolument menacées d'extinction ou la restauration des fonctions des écosystèmes (Mawdsley *et al.*, 2009) sont autant d'efforts à consentir par le monde de la recherche et les Etats pour garantir une maîtrise de la préservation de la biodiversité. Plusieurs conventions, protocoles et règlements ont été adoptés afin de mieux protéger la biodiversité des menaces de tous genres. On peut citer la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) adoptée à Rio de Janeiro (Secretariat of the CBD, 1992), le Protocole de Cartagena sur la biosécurité signé à Montréal (Secretariat of the CBD, 2000) et le Protocole de Nagoya sur l'accès équitable aux ressources génétiques (Secretariat of the CBD, 2011).

Au Burkina Faso, le Code forestier et le Code de l'environnement sont entre autres des moyens légaux pris pour protéger les massifs forestiers et le milieu de vie de la déforestation et des pollutions. Le 22 mai est déclarée « Journée internationale de la Diversité Biologique ». Le thème de l'année 2015 était « Biodiversité pour un développement durable ».

Le développement durable est un « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Brundtland *et al.*, 1987). Une telle vision du développement passe par la protection de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier. L'éthique environnementale, dont la base repose sur les fondements moraux des rapports entre l'Homme et la nature d'un point de vue biocentré et anthropocentré, doit s'inviter dans la recherche permanente de solutions durables à la crise environnementale d'aujourd'hui (Ferrari, 2010). En somme, la protection de l'environnement doit être vue comme une question collective qui vise la justice sociale (Blais et Fillion, 2001).

1.2.3. Causes humaines et climatiques de la déforestation

La déforestation découle de la diminution ou de la destruction du potentiel biologique conduisant à l'apparition de conditions désertiques sous les effets combinés du climat et de l'exploitation non rationnelle des ressources forestières (Baumer, 1987). Selon Jorgenson et Burns (2007), la dynamique de la population rurale et urbaine est à la base de la déforestation dans les pays en voie de développement. En effet, Popradit *et al.* (2015) ont montré une décroissance de la biodiversité végétale depuis les formations protégées jusqu'aux villages. Gao et Liu (2012) rapportent qu'en Heilongjiang (province chinoise), la couverture forestière a connu une réduction d'environ 1 000 km² par an entre 1896 et 1980 pour se stabiliser à 419 km² entre 1980 et 2000. Ces auteurs ont identifié l'urbanisation et la demande croissante en bois et en terres comme les causes majeures d'une telle déforestation. Casse *et al.* (2004) soulignent qu'à Madagascar, la déforestation est la résultante de causes directes et indirectes. Les causes directes sont notamment l'exploitation du bois (bois-énergie et de service), l'agriculture et l'élevage. Indirectement, le prix des substituts au bois de feu impacte l'utilisation de bois-énergie ; les prix du bois de services sur les marchés locaux et internationaux (exportations) font varier le taux d'exploitation du bois ; les migrations et le droit de propriété (législation) impact sur le rythme de la déforestation par le biais de l'agriculture extensive.

Selon Geist et Lambin (2002), la perte des forêts tropicales ont pour principales causes l'extension des infrastructures (routes, habitations, etc.), l'élargissement des superficies agricoles et l'exploitation des ressources forestières (bois, charbons, etc.). Hargrave et Kis-Katos (2011) insistent sur les raisons économique de la déforestation de la forêt amazonienne au Brésil. Leurs travaux ont pu montrer que l'incitation économique engendrée par les

fluctuations du prix de la viande et du soja a un lien avec cette déforestation. Pour Armenteras *et al.* (2005), la croissance démographique en lien avec l'histoire de l'occupation des terres et l'évolution économique vers l'extraction minière et l'agriculture frauduleuse dans les zones protégées sont les principaux facteurs anthropiques de la déforestation de l'Amazonie Colombienne. Au Burkina Faso, Sawadogo (2009) a identifié le pâturage, les feux de brousse et la coupe de bois comme les principales activités anthropiques qui affectent les formations forestières dans la zone soudanienne.

Cette revue bibliographique a étayé la forte dépendance des hommes vis à vis des services écosystémiques. A l'inverse, les activités d'exploitation des biens écosystémiques contribuent pour une grande part à la déforestation et donc à l'amenuisement continue des services écosystémiques. L'Homme se retrouve ainsi donc dans un cercle vicieux. Toutefois, l'espoir reste permis car de nouvelles forêts sont créées dans certaines régions du monde (Chazdon, 2008). La gestion de ces formations est de plus en plus responsabilisée. Les forêts familiales représentent par exemple la plus grande proportion de couverture forestière au Etats Unis d'Amérique (D'Amato *et al.*, 2010).

1.3. Description des espèces étudiées

1.3.1. *Crateva adansonii*

L'espèce est désignée par les noms *Crateva adansonii*, *Crataeva adansonii* ou encore *Crateva religiosa*. Quatre sous-espèces ont été décrites : les sous-espèces *axillaris*, *formosensis*, *odora* et *trifoliata* (*The Plant List*). Le nom de genre est dédié à Kratevas, un botaniste grec (Berhaut, 1974). La taxonomie retenue dans cette thèse est celle de l'*International Plant Names Index* et de *The Plant List*.

Crateva adansonii est un arbre ne dépassant pas 10 m de haut et possédant une écorce lisse. Elle appartient à la famille des *Capparaceae*. Ses feuilles sont alternes et trifoliolées, les folioles latérales étant dissymétriques. Les folioles sont obovales, longues de 6 à 10 cm, larges de 3 à 4 cm, à base en coin et à sommet en pointe acuminée ; la feuille porte 5 à 7 nervures latérales et un réseau très détaillé de nervilles, visibles dessous, mais non saillantes. La surface du limbe est glabre. Le pétiole est long de 4 à 10 cm ou davantage, avec une fine gouttière dessus. Les jeunes rameaux sont lenticellés de points blancs (Arbonnier, 2009).

Ses fleurs se développent pendant la phase de défeuillaison. Les fleurs sont blanches et regroupées en panicules corymbiformes aux sommets des rameaux. La fleur porte 4 pétales

blancs et une vingtaine d'étamines à filet violet-long de 4 cm. Le pistil les dépasse un peu, portant au sommet l'ovaire piriforme. L'ovaire est inséré au centre d'une couronne à 4 côtés en bourrelets. Ses fruits sont sphériques large de 3 à 8 cm (Arbonnier, 2009) (Photo 1).

Son aire de distribution s'étant du Sénégal à l'Erythrée. La plante est aussi présente en Asie et en Océanie (PROTA4U, 2014). Elle est présente dans plusieurs types d'écosystèmes allant des savanes herbeuses jusqu'aux forêts semi-décidues. Elle supporte l'immersion temporaire (Arbonnier, 2009 ; Schmelzer et Gurib-Fakim, 2013). Au Burkina Faso, *C. adansonii* est retrouvée dans les groupements à *Cola laurifolia* Mast. sur les sols limono-argileux et profonds (Ouedraogo, 2009).



Photo 1 : Quelques aspects botaniques de *Crateva adansonii*.

A : jeune individu ; B : feuilles ; C : inflorescence ; D : rameau fructifère (Photos S.A. Kaboré).

1.3.2. *Sarcocephalus latifolius*

Sarcocephalus latifolius ou *Nauclea latifolia* ou *African Negro peach* en anglais est un arbre ou arbuste rencontré sur les sols humides des savanes. Elle appartient à la famille des *Rutaceae*. La plante mesure généralement 4 à 5 m de hauteur. Elle porte des branches flexibles et retombantes. Goussanou *et al.* (2013) ont identifié deux types de ports chez *S.*

latifolius : le type arborescent et le type acaule (sans tige). La forme arbustive porte généralement plusieurs tiges (Photo 2). Ses feuilles mesurent 10-22 × 7-15 cm, sont opposées, vertes luisantes et grasses au touché. Son inflorescence est une petite boule composée de très nombreuses fleurs. Ses fruits sont de couleur rouge ou marron avec plusieurs alvéoles dégageant un parfum qui rappelle l'odeur de fraise (Arbonnier, 2009). Ce sont des baies de 3-8 cm de diamètre contenant des milliers de petites graines (Stangeland *et al.*, 2007).

L'aire de distribution de la plante s'étant du Sénégal à l'Ouganda (Stangeland *et al.*, 2007). L'espèce est retrouvée dans les groupements à *Terminlia macroptera* G. & Perr. et les groupements à *Mitragyna inermis* (Wild.) Kuntze. (Ouoba, 2006) sur les sols humides et bien drainés (Arbonnier, 2009).



Photo 2 : Quelques aspects botaniques de *Sarcocephalus latifolius*.

A : Individu adulte ; B : rameau feuillés ; C : inflorescence ; D : fruit mûr (Photos S.A. Kaboré).

1.3.3. *Burkea africana*

Burkea africana ou Burkéa d'Afrique (Photo 3) a été dédié au collecteur Joseph Burke. C'est une espèce de la famille des *Fabaceae-Caesalpinioideae*. Elle atteint 10-12 m de

haut. *Burkea* est un genre mono-spécifique. L'espèce présente deux variétés qui sont : la variété *andongensis* et la variété *cordata*, selon la base de données du Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève. Ses feuilles sont alternes et bipennées. Son inflorescence est un fascicule terminal portant des fleurs sessiles, blanches qui donnent des gousses indéhiscentes (Arbonnier, 2009). Wilson et Witkowski (2003) ont montré que les peuplements de *B. africana* abritent des individus dits femelles et mâles (respectivement, qui fructifient et qui ne fructifient pas).

La plante vit dans les savanes soudaniennes et guinéennes allant du Sénégal jusqu'en Afrique Orientale. Au Burkina Faso, elle forme avec *Detarium microcarpum* G. & Perr. une association nommée le *Burkeo-Detarium microcarpae* Mahamane 2005, affectionnant les hautes altitudes, les plateaux cuirassés et les buttes gréseuses (Ouédraogo, 2009 ; Nacoulma, 2012). Elle est aussi retrouvée sur les sols légers et bien drainés (Arbonnier, 2009). L'espèce est décrite comme tolérante au feu (Zida, 2007).

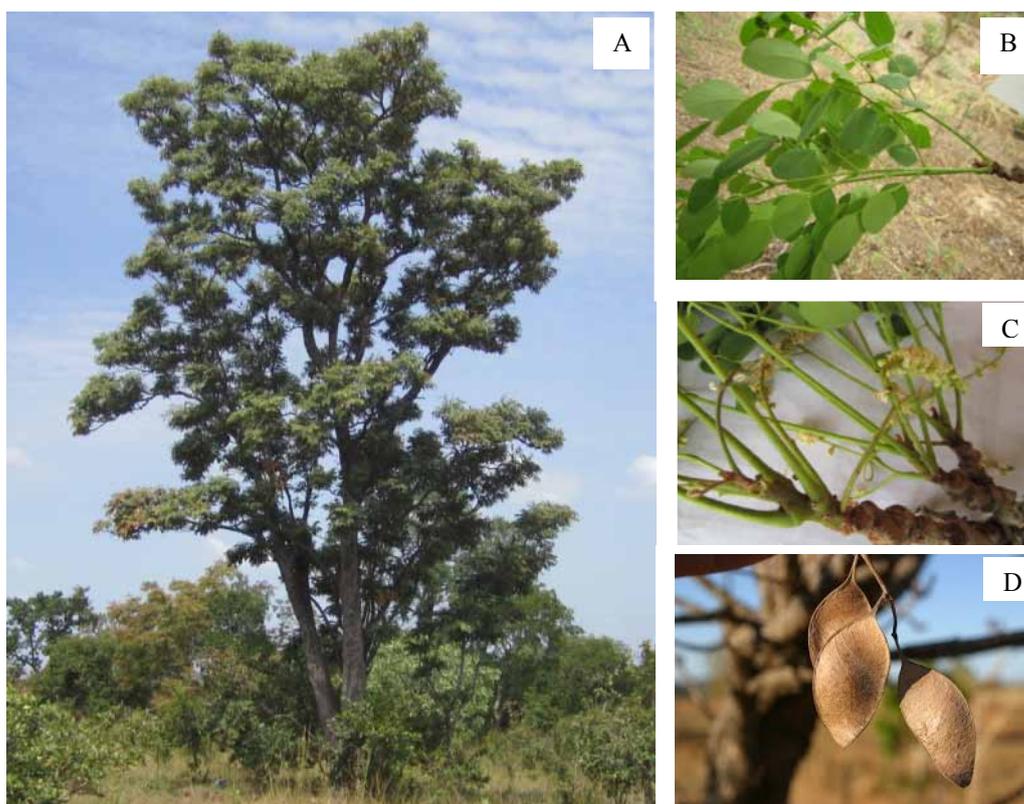


Photo 3 : Quelques aspects botaniques de *Burkea africana*.

A : individu adulte ; B : feuilles ; C : inflorescence (Photos S.A. Kaboré) D : fruits (www.westafricanplants.senckenberg.de)

Chapitre 2 : Cadre de l'étude

2.1. Approche méthodologique

L'objectif général de cette thèse étant l'étude des biens et services écosystémiques fournis par les espèces locales aux populations, nous avons utilisé une approche méthodologique qui permet de mieux donner une compréhension globale de la nature et de la disponibilité des biens et services fournis par les trois espèces.

L'étude de la structure des espèces permet une meilleure compréhension du potentiel sur pieds des espèces. Elle donne aussi une idée de l'incidence des prélèvements des biens écosystémiques et des facteurs naturels sur la capacité future des populations des espèces à se maintenir dans un bon état afin de continuer à fournir ces biens à la population. L'étude de la productivité des espèces permet d'apprécier le niveau de production des principaux produits prélevés chez les espèces. L'étude ethnobotanique s'est focalisée sur toutes les utilisations issues des espèces et documente ces utilisations suivant une typologie adaptée.

2.1.1. Choix de la zone d'étude et des espèces

Le choix de la région du Sud-Ouest et des deux aires protégées que sont les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi obéit à un maillage adopté par le programme de recherche UNDESERT. Nous avons choisi *Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* et *Burkea africana* comme des espèces modèles pour l'étude des services écosystémiques parce qu'elles font partie des plantes les plus utilisées par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso. Ce résultat est issu d'une enquête préliminaire que nous avons conduite dans la région.

2.1.2. Etude de la structure et de la distribution des populations des espèces

En dépit de la menace qui pèse de plus en plus sur la richesse biologique du Sud-Ouest, peu d'études détaillées ont été menées dans cette zone (Tia, 2007). En effet, la Forêt Classée de Koulbi et les Réserves de Bontioli sont menacées par le pâturage (Nikiema *et al.*, 2001) et le défrichement pour l'installation de champs. La Forêt Classée de Koulbi est frontalière à la Côte d'Ivoire et au Ghana, ce qui accentue les pressions et les incursions difficilement contrôlables. Les pressions anthropiques de toute nature comme le surpâturage,

l'exploitation du bois, les feux et l'orpaillage menacent l'intégrité de ces deux forêts et leur biodiversité. Dans un tel contexte, il est opportun d'évaluer le disponible en espèces utilitaires pour les populations.

La méthode utilisée est un inventaire orienté, focalisé uniquement sur les peuplements des espèces étudiées (Thiombiano, 2005 ; Bognounou ; 2009 ; Gnoumou *et al.*, 2012). L'identification des espèces s'est faite à l'aide de Berhaut (1971, 1974, 1975a et 1975b, 1976, 1979), de Brunken *et al.* (2008) et de Arbonnier (2009). Les sites internet de l'*International Plant Names Index* (www.ipni.org), de *The Plant List* (www.theplantlist.org), et de *West African Plants* (www.westafricanplants.senckenberg.de) ont aussi été utilisés pour la vérification des noms scientifiques des plantes.

2.1.3. Etude de la productivité des espèces

L'un des aspects les plus intéressants dans les études écologiques est de pouvoir quantifier la masse des produits des compartiments des espèces (Picard *et al.*, 2012). Vues sous l'angle des services écosystémiques, de telles études, pour être utilisables et servir de levier pour la conservation de la biodiversité, doivent quantifier les organes des plantes directement exploités par la population. Les besoins de valorisation des produits forestiers locaux sont grands mais il manque bien souvent des données quantifiées sur la disponibilité des produits (Belem *et al.*, 2007).

Pour l'étude de la productivité des espèces, lorsque plusieurs organes sont prélevés à la fois sur une même plante (feuilles, fruits, racines, etc.), nous estimons qu'il convient de faire le choix de cibler dans un premier temps l'organe la plus exploitée par la population. Cette approche nous a guidés dans le choix des feuilles pour *C. adansonii* et les racines pour *S. latifolius*. Quant à *B. africana*, nous n'avons pas opté pour une évaluation de la quantité de son bois parce que ce n'est pas directement le volume du bois qui intéresse les utilisateurs, mais plutôt le nombre de troncs d'un certain diamètre (d'au moins 20 cm) qui est intéressant pour eux. L'approche méthodologique a réservé une place centrale à la protection des plantes échantillonnées. L'étude de la productivité en biomasse foliaire de *C. adansonii* a été faite sans ébranchage. Une méthode semi-destructive a été développée pour étudier la biomasse racinaire de *S. latifolius*.

2.1.4. Etude des biens et services écosystémiques

Les enquêtes ethnobotaniques ont servi de cadre pour étudier les biens et services écosystémiques fournis par les plantes aux populations locales. L'ethnobotanique est pluridisciplinaire car elle utilise notamment l'économie, la linguistique, l'écologie, l'anthropologie et la pharmacognosie (Bognounou, 2009). L'importance de l'ethnobotanique dans le développement d'autres sciences n'est plus à démontrer. Par exemple, de nombreux médicaments ont été découverts à partir des études ethnomédicinales (Fabricant et Farnsworth, 2001).

Selon Bognounou (2009), il existe dans la littérature trois approches principales pour les études ethnobotaniques : les études économiques ou utilitaires, les études cognitives et socioculturelles, et les études écologiques et d'écologie culturelle. La pré-enquête, l'échantillonnage aléatoire, la diversification des localités et des ethnies ont été les approches utilisées pour mener l'étude ethnobotanique dans les provinces du Sud-Ouest et à proximité des formations végétales que sont les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi.

A cela se sont ajoutées l'étude des substituts des espèces et l'étude économique de la valeur des biens ou des plantes elles mêmes. Une approche directe et indirecte a été utilisée dans l'évaluation économique. Elle allie des enquêtes de marché à une évaluation contingente.

La représentativité de la population par l'échantillonnage a été un point central dans la conception du travail de terrain. Un échantillon est représentatif si tout individu de la population peut figurer dans l'échantillon avec une probabilité non nulle et connue (Letourmy, 1999).

2.2. Présentation de la zone d'étude

2.2.1. Localisation de la région du Sud-Ouest

La région du Sud-Ouest est localisée à la pointe sud du pays, bornée à l'est par le Mouhoun (frontière avec le Ghana), et à l'ouest par la région des Cascades et la région des Hauts-Bassins. Elle comprend quatre provinces (Poni, Bougouriba, Ioba, Noumbiël) avec Gaoua comme chef lieu de région. Il convient de noter que la région du Sud-Ouest, entité administrative, ne correspond pas à la désignation de Sud-Ouest du Burkina Faso souvent rencontrée dans la littérature et qui est un ensemble plus vaste regroupant en plus de la région du Sud-Ouest, d'autres régions. Notre travail concerne toute la région du Sud-Ouest avec un

accent particulier sur les deux massifs forestiers que sont les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi (Figure 2). Ces deux formations offrent l'avantage de pouvoir faire une étude comparative entre les aires protégées, et celles sous fort impact humain, situées proches de ces formations.

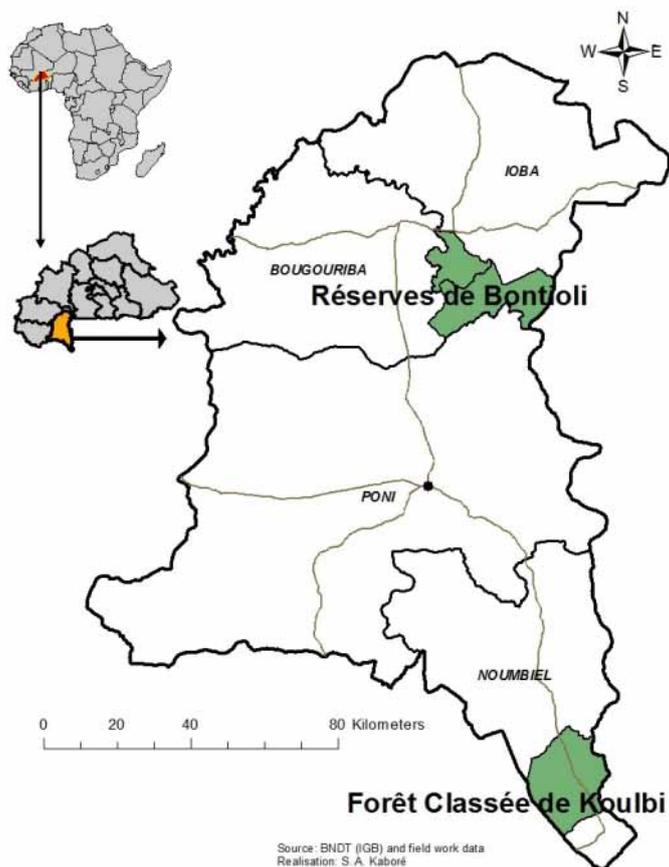


Figure 2 : Localisation de la région du Sud-Ouest, des Réserves de Bontioli et de la Forêt Classée de Koulbi.

Source des données : Institut Géographique du Burkina

2.2.2. Milieu biophysique

2.2.2.1. Climat

Sur la période 1971-2013, la pluviosité moyenne annuelle enregistrée à Batié (environ 25 km de la Forêt Classée de Koulbi) a été de 1045 ± 154 mm d'eau pour une température

moyenne de 27° C. Sept mois (avril à octobre) sont pluvieux dans l'année (Figure 3). Cette pluviosité est caractérisée par sa forte variabilité interannuelle (Figure 4).

Sur la même période, la pluviosité a été de 1025 ± 125 mm à Diébougou (environ 10 km des Réserves de Bontioli). Des relevés effectués à l'intérieur des réserves par Tia (2007) montrent que la direction moyenne du vent est NNO-SSE avec une vitesse moyenne de $1,44 \text{ m s}^{-1}$; la radiation est de $97,2 \text{ W m}^{-2}$ et l'humidité moyenne se situe à 58,7 %.

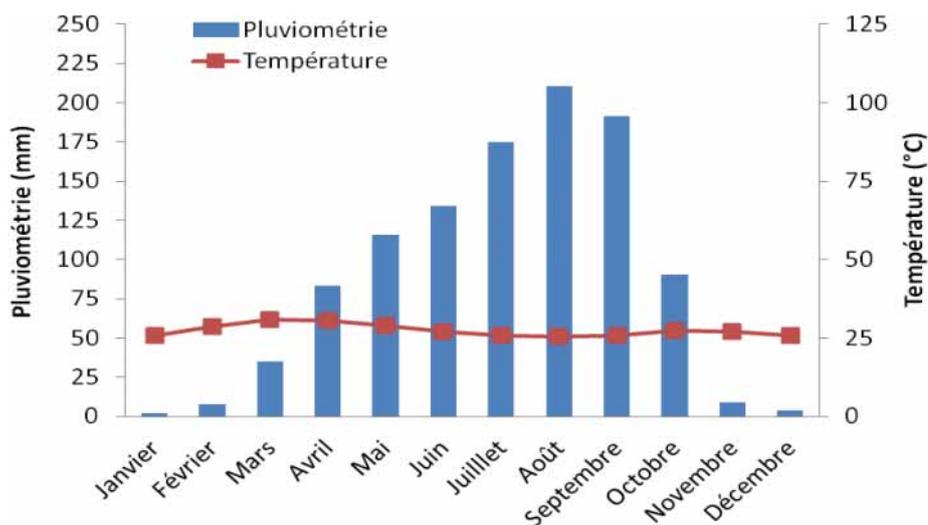


Figure 3 : Diagramme ombro-thermique de Batié pour la période 1971-2013 (source des données : Direction de la météorologie).

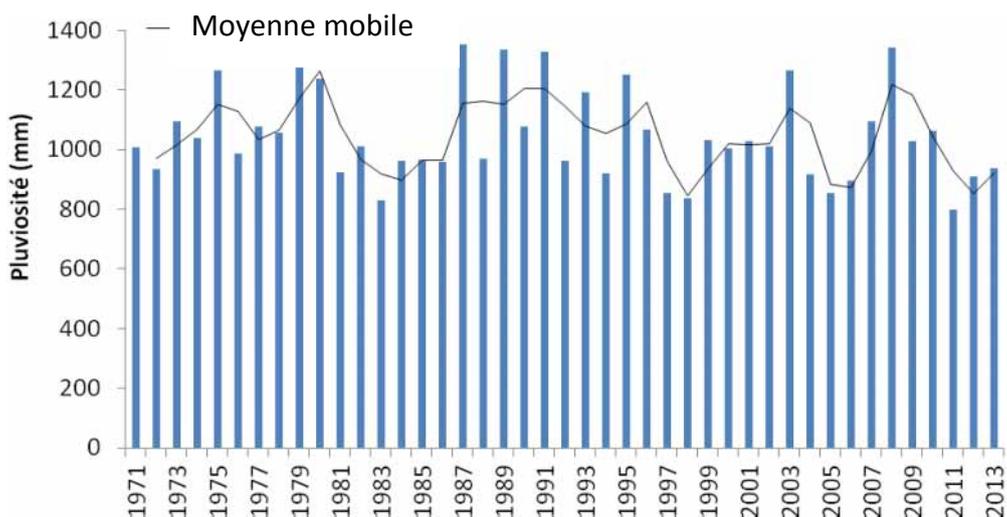


Figure 4 : Variation interannuelle de la pluviosité à Batié pour la période 1971-2013 (source : Direction de la météorologie).

2.2.2.2. Végétation, réseau hydrographique et sols

La région du Sud-Ouest appartient au domaine phytogéographique sud-soudanien, selon le découpage de Fontès et Guinko (1995), caractérisé par la présence de l'espèce grégaire *Isoberlinia doka* Craib. et Stapf. La région compte cinq formations classées d'une superficie de 139 200 ha (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). Les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi sont les principales aires protégées. La pression sur les terres est très forte si bien que ces deux massifs forestiers ont été envahis dans le passé par des habitations et des champs. Les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. constituent le paysage dominant dans l'espace non protégé. On y rencontre aussi des savanes arbustives à *Annona senegalensis* Pers., *Combretum collinum* Fresen. et *Gardenia erubescens* Stapf et Hutch., des savanes arborées à *Pericopsis laxiflora* (Benth. Ex Bak.) van Meeuwen, *Terminalia avicennioides* G. & Perr. et *Lannea acida* A. Rich., des savanes boisées à *Isoberlinia doka*, *Pterocarpus erinaceus* Poir. et *Burkea africana* et des galeries forestières à *Mitragyna inermis*.

Le réseau hydrographique est bien fourni. Les grands cours d'eau sont le fleuve Mouhoun (ex Volta Noire ou *Black Volta*) et la rivière Bougouriba. Le Mouhoun est le plus important cours d'eau du Burkina Faso. A ces deux cours d'eau, s'ajoute un réseau assez dense de petites rivières dont Koulbi qui a donné son nom à la forêt classée. La majeure partie du réseau hydrographique appartient au Bassin de la Volta, le deuxième plus important bassin de l'Afrique de l'Ouest après celui du Niger (Kasei *et al.*, 2010). Selon la base de données de l'Institut Géographique du Burkina (IGB), la région abrite principalement des sols ferrugineux, des sols brunifiés eutrophes et des sols ferralitiques.

2.2.2.3. Réserves de Bontioli

Les Réserves de Bontioli sont constituées de deux entités qui couvrent 42 000 ha : la Réserve Totale de Faune de Bontioli (classée suivant un Arrêté en date du 23 mars 1957, 29 500 ha) et la Réserve Partielle de Faune de Bontioli (Arrêté du 29 mars 1957, 12 500 ha). Ces aires protégées revêtent une importance capitale pour la préservation d'espèces animales emblématiques et menacées comme l'éléphant. Elles sont situées à cheval entre les provinces du Poni, du Ioba et de la Bougouriba.

Selon les études conduites par Tia (2007), la réserve totale est riche de 71 espèces arborescentes typiques de la savane arborée, de la savane arbustive et de la forêt galerie. Les principales espèces ligneuses de la réserve totale sont *Terminalia macroptera* Guill. & Perr.

(11,7 %), *Detarium microcarpum* (9 %), *Vitellaria paradoxa* (8,9 %) et *Entada africana* G. & Perr. (6,7 %).

Cette formation abrite une riche diversité animale. On y rencontre par exemple des mammifères comme les singes rouges ou *Erythrocebus patas* (Schreber, 1775), les cobs de Buffon ou *Kobus kob* (Erxleben, 1777), les hippotragues ou *Hippotragus equinus* (Desmarest, 1804), les livres ou *Lepus capensis* (Linnaeus, 1758), des oiseaux appartenant aux *Numida*, *Columba*, *Streptopelia*, *Necrosyrtes*, *Aquila* et *Terathopius* et diverses espèces de serpents (Tia, 2007). C'est pourquoi ces réserves sont classées par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) comme une aire protégée de la catégorie IV (Tia, 2007).

2.2.2.4. Forêt Classée de Koulbi

La Forêt Classée de Koulbi (FCK) couvre une superficie de 40 000 ha. Elle a été classée depuis le 4 Août 1955. Elle est localisée dans la province du Noumbièl, et est limitée à l'est et à l'ouest par le Ghana et la Côte d'Ivoire respectivement.

Elle est longée à l'est par le Mouhoun qui lui imprime une végétation dense de galeries forestières à *Mitragyna inermis* et *Cola laurifolia* sur ses abords. Les principaux types de formations de la FCK sont les savanes arbustives à *Combretum fragrans* F. Hoffm., *Detarium microcarpum* et *Piliostigma thonningii* (Schum.) Milne-Redhead, les savanes arborées à *Vitellaria paradoxa*, *Burkea africana* et *Pterocarpus erinaceus* et les savanes boisées à *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Isoberlinia doka* et *Daniellia oliveri* (R.) Hutch. & Dalz. On y rencontre aussi quelques îlots de forêts claires à *Anogeissus leiocarpa* (D. C.) G. (Sanon *et al.*, 2015).

Nous y avons observé la présence de petits mammifères comme les lièvres, les singes, les antilopes, des gros gibiers comme le cobe de Buffon et une diversité d'oiseaux.

2.2.3. Population

2.2.3.1. Caractéristiques démographiques et groupes ethniques

La population totale de la région est estimée à plus de 750 000 habitants (4,4 % de la population du pays) avec une densité de 38,4 habitants par km² selon le dernier recensement de 2006 (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). Les animistes représentent 64,9 % de la population, les catholiques 17,7 % et les musulmans 12,9 %. Le Dagara (37,2 % de la population) et le Lobiri (37,8 %) sont les principales langues parlées de la région du Sud-Ouest. Le mooré (7,8 %), le dioula (2,8 %) et le fulfuldé (2,4 %) sont aussi

des langues parlées dans la région (Recensement General de la Population et de l'Habitation, 2006). Les Dagara, les Lobi et les Birifor font partie des principales ethnies de la région.

Les Dagara sont très attachés à leur tradition. Le « Tenga » chez eux est un concept central qui est au cœur de la gestion de la terre et des ressources qui s'y trouvent (Kuba, 2000). Des thèses soutiennent que les Dagara seraient des Mossé (Somé, 1996). Les Dagara eux même se considèrent comme les grands-parents des Mossé. Au vue des similitudes linguistiques, des origines des deux ethnies qui remontent au Ghana, il est évident que ces deux ethnies sont très apparentées.

Les enquêtes de Asase et Oteng-Yeboah (2012) révèlent que le peuple Birifor (Lobi) a été le premier occupant des bordures du Mouhoun du côté ghanéen, avant de migrer au Burkina Faso vers le 17^e siècle. Certains sont par la suite revenus au Ghana au 19^e siècle pour se protéger du joug du pouvoir militaire colonial français installé au Burkina Faso.

Les chefs de terre sont les dépositaires de la religion traditionnelle. La société Dagara est matrilineaire. La femme joue un rôle très important dans la famille. Chez les Lobi, l'héritage se fait suivant l'oncle maternel ; on n'hérite pas directement de son père. Le Dagara et le Birifor sont assez proches en connotation et sont tous deux proches du Mooré.

2.2.3.2. Activités socio-économiques

L'agriculture vivrière et extensive est la principale activité de la population (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). Les céréales (sorgho, mil), le niébé, l'arachide, l'igname, le coton et l'anacarde sont les principales cultures. A titre illustratif, pour la campagne 2007-2008, la région du Sud-Ouest a produit 4 666 t de niébé, 10 928 t de coton et 12 874 t d'arachide (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). L'exploitation des produits forestiers non ligneux comme les amendes de karité et les graines de néré procure une source importante de revenus aux populations.

L'élevage de caprins, ovins et bovins est pratiqué aussi bien par les Peuls transhumants que par les populations sédentaires. En 2012, la région comptait 330 000 têtes de bovins, 252 000 ovins et 584 000 caprins (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). L'orpaillage est une activité qui se propage partout, mais est pratiqué surtout par des allochtones.

DEUXIEME PARTIE :

CARACTERISATION DES ESPECES

VEGETALES ETUDIEES

Chapitre 3 : Structure, dynamique et écologie des espèces

3.1. Introduction

Les espèces ligneuses constituent une part importante des ressources naturelles des savanes ouest-africaines, mais des données sur la structure de leur population et les réponses aux impacts anthropiques comme l'utilisation des terres sont peu abondantes (Jurisch *et al.*, 2012). *Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* et *Burkea africana* sont des espèces fréquemment utilisées dans la région du Sud-Ouest du Burkina mais la disponibilité de ces espèces est insuffisamment connue. Leurs peuplements méritent donc d'être caractérisés. En effet, la dépendance des populations vis-à-vis des formations naturelles affecte la richesse spécifique, la structure, la densité, et la surface terrière des espèces ligneuses (Sahoo et Davidar, 2013 ; Sharma et Kant, 2014).

Le surpâturage de manière générale et le pâturage frauduleux en particulier (Nikiema *et al.*, 2001), l'agriculture extensive, l'exploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux et, récemment, l'orpaillage anarchique constituent les types majeurs de pressions sur le couvert végétal de la région.

L'objectif général de cette étude est de caractériser l'état des peuplements des trois espèces. Plus spécifiquement, il s'est agi de :

- caractériser les populations des trois espèces à travers leur structure en classes de diamètre, leur densité, leur surface terrière, l'importance du recouvrement de leur couronne, et leur état sanitaire ;
- analyser la structure des populations des espèces en comparant celles situées dans les aires anthropisées (AA) et les aires protégées (AP) d'une part, et d'autre part entre celles localisées dans la zone sud soudanienne district Ouest-Mouhoun (Réserves de Bontioli) et la zone sud soudanienne district de la Comoé (Forêt Classée de Koulbi) ;
- caractériser les préférences écologiques des espèces et d'étudier les richesses spécifiques des peuplements des trois espèces.

L'hypothèse qui a guidé nos recherches était que les activités anthropiques engendrent une perturbation des écosystèmes forestiers en général et de la structure des populations des trois espèces (*C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*) en particulier dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

3.2. Matériels et méthodes

3.2.1. Localisation des sites d'étude

L'étude a été conduite à l'intérieur de deux aires protégées que sont les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi et à l'extérieur de ces formations, c'est-à-dire dans les aires anthropisées (voir figure 2 au chapitre 2). Le climat et le milieu humain sont décrits en détail au chapitre 2.

3.2.2. Collecte des données

Afin de se rendre compte de l'état des formations, une prospection a d'abord été effectuée dans les deux aires protégées et dans leurs zones périphériques. Nous avons ensuite procédé à des inventaires orientés suivant un échantillonnage stratifié dans les peuplements de *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*. Le premier niveau de stratification est la présence d'une des trois espèces en peuplement et le second est la localisation des placettes de relevé dans les aires protégées ou dans les aires anthropisées. Il s'est agi de parcourir la zone d'étude et de rechercher les biotopes où les trois espèces sont implantées tout en faisant en sorte de couvrir aussi uniformément que possible l'intérieur et les pourtours extérieurs des deux aires protégées. Dans ce chapitre, nous utiliserons les noms « Bontioli » et « Koulbi » pour désigner respectivement les Réserves Partielle et Totale de Faune de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi.

C'est ainsi que nous avons pu faire 238 relevés au total (Tableau II). Au milieu de chaque peuplement, nous avons installé une placette circulaire de 900 m² soit 16,92 m de rayon pour les formations naturelles, et une placette carrée de 2500 m² soit 50 m de côté pour les parcs agroforestiers.

Pour les individus adultes ($dbh \geq 5$ cm), le dbh et les petits et grands diamètres du houppier ont été mesurés. La hauteur a été estimée visuellement. Les intensités de dommages visibles sur ces espèces ont été notées avec les scores 0 (absence de dommage, individus entièrement indemnes), 1 (1-25 % de branches et/ou d'écorce coupées ou mortes), 2 (26-50 %) et 3 (plus de 50 %) selon le degré de coupe et/ou de traumatismes divers. Ces scores sont inspirés de Cunningham (2001). Ils ont également été utilisés par Nacoulma *et al.* (2011) pour évaluer les actions anthropiques sur certaines espèces très utilisées. La régénération des trois espèces ($dbh < 5$ cm) a été comptée (Ouédraogo, 2009) sur toute la surface des placettes et rangée dans 4 classes de hauteur qui sont :] 0-0,5[; [0,5-1[; [1-1,5[et $\geq 1,5$ m.

Un inventaire exhaustif des espèces ligneuses compagnes de ces trois espèces a été effectué sur les mêmes placettes. Pour les adultes, le dbh a été mesuré et la hauteur estimée. Leurs régénérations ont été comptées à l'intérieur de 5 sous placettes carrées de 25 m² chacune : une au centre de la placette et les 4 autres au milieu de chaque quart de cercle. Elles ont été rangées dans les mêmes classes de hauteur que précédemment. Ce comptage a toutefois été fait sur toute la surface des placettes pour le cas des parcs agroforestiers du fait de la faiblesse de la régénération dans ces milieux.

Les paramètres stationnels et écologiques suivants ont été notés : les coordonnées GPS des placettes, le type physionomique de la végétation, l'altitude et l'état de surface du sol.

Tableau II : Nombre de points de relevés en fonction de l'écosystème et de l'espèce.

	Bontioli		Koulbi		Total
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur	
<i>B. africana</i>	20	15	22	22	79
<i>S. latifolius</i>	16	16	21	20	73
<i>C. adansonii</i>	21*	26	12*	27	86
Total	57	57	55	69	238

*Peuplements constitués uniquement de régénération, les adultes de l'espèce étant absents.

3.2.3. Analyses des données

L'analyse des données a consisté à calculer les valeurs de certains paramètres structuraux et écologiques et à réaliser des graphiques qui permettent d'interpréter la structure des espèces. Pour ce faire, les paramètres évalués ont été calculés suivant les formules ci-dessous :

❖ Densité (D)

$$D = n/s$$

n : nombre d'individus de l'espèce considérée ; s : surface de la placette en ha

❖ Surface terrière (G)

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

d_i : dbh de l'individu « i » en m ; n : nombre d'individus de l'espèce

s : surface de la placette en ha

❖ Diamètre moyen du houppier (Dh)

$$Dh = 1/n(\sum(Dg+Dp)/2)$$

Dg et Dp sont respectivement les grand et petit diamètres du houppier

n : nombre d'individus de l'espèce

❖ Indice de Jaccard (C_j)

$$C_j = j/(a+ b- j) \quad (\text{Jaccard, 1901})$$

j : nombre d'espèces communes aux deux sites A et B ; a : nombre d'espèces sur le site A ; b : nombre d'espèces sur le site B

L'indice de Jaccard est un paramètre écologique qui évalue la diversité β entre deux sites : il varie de 0 à 1. Une faible diversité entre deux sites se traduit par un indice proche de 1 (Jaccard, 1901 ; Niwattanakul *et al.*, 2013). Nous avons cherché à tester la similarité de composition floristique des peuplements des espèces suivant le statut des sites (aires protégées vs. aires anthropisées).

La dynamique structurale des espèces a été étudiée à travers des histogrammes de classes de distribution du dbh. La distribution de Weibull a été appliquée à cette distribution car elle est mathématiquement facile d'interprétation et a été largement utilisée dans les études de la structure des espèces ligneuses (Merganic et Sterba, 2006 ; Bonou *et al.*, 2009 ; Gnoumou *et al.*, 2011 et 2012 ; Traoré *et al.*, 2012a et 2012b ; Kaboré *et al.*, 2013 ; Ouédraogo *et al.*, 2013a ; Kebenzikato *et al.*, 2014).

Parmi les différents types de distribution utilisés pour représenter la structure théorique d'un peuplement, celle de Weibull se révèle être la plus adéquate ; elle présente une plus grande souplesse d'emploi et une grande variabilité de formes suivant les valeurs des paramètres théoriques, tout en prenant en compte d'autres distributions théoriques telles que les distributions normale, exponentielle et beta (Glèlè Kakaï *et al.*, 2015). La distribution de Weibull s'ajuste à la plupart des structures des trois espèces dans les différents milieux. Elle a pour fonction de densité de probabilité $f(x)$ définie comme suit par Rondeux (1999):

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

Où a est le paramètre de position, b le paramètre d'échelle ou de taille et c le paramètre de forme lié à la structure observée.

Le test W de Cramer von Mises proposé par le logiciel JMP 9.0.0 (SAS Institute Inc., 2010) a été appliqué pour apprécier le bon ajustement de la distribution de Weibull. Les données s'ajustent à la distribution de Weibull (H_0) si la probabilité trouvée est inférieure à

0,05, sinon H_0 est rejetée. Les pourcentages des différents individus sains et de ceux présentant différents degrés de dommage/traumatisme ont été calculés. Nous avons utilisé ces pourcentages pour construire des graphiques qui comparent les différents pourcentages trouvés suivant les espèces et les statuts des écosystèmes. Le test U de Mann-Whitney avec un seuil de significativité de 5 % a été utilisé pour comparer les densités, les surfaces terrières et le diamètre moyen du houppier entre les différents milieux. Les données ont été traitées avec les logiciels XLSTAT 7.5.2 (Addinsoft, 2009) et JMP 9.0.0 (SAS Institute Inc., 2010).

3.3. Résultats

3.3.1. Paramètres structuraux des populations des espèces

3.3.1.1. Densité

Les densités des populations adultes des trois espèces sont données dans le tableau III. D'une manière générale, les densités des espèces sont plus élevées à Koulbi qu'à Bontioli. La densité de *B. africana* est significativement plus élevée dans les aires protégées que dans les aires anthropisées. Les densités de *S. latifolius* restent cependant statistiquement identiques quel que soit l'écosystème considéré. Aucun peuplement adulte de *C. adansonii* n'a été retrouvé dans les aires protégées, alors que la densité de l'espèce se situe entre 16 ± 14 et 38 ± 35 dans les parcs agroforestiers.

Tableau III : Densités des individus adultes des espèces en fonction des écosystèmes (Moyenne \pm écart type en pieds/ha).

Localité	Statut des aires et paramètres statistiques	<i>B. africana</i>	<i>S. latifolius</i>	<i>C. adansonii</i>
Bontioli	AP	90 ± 62	34 ± 19	-
	AA	44 ± 16	34 ± 29	16 ± 14
	Z	2,036	0,93	
	P	0,042*	0,352	
Koulbi	AP	116 ± 63	70 ± 51	-
	AA	73 ± 37	74 ± 39	38 ± 35
	Z	-2,877	-0,921	
	P	0,004*	0,357	

AP : aire protégée ; AA : aire anthropisée ; Z : valeur observée du test ; P : probabilité ; *différence significative avec un intervalle de confiance de 95 % (Test de Mann-Whitney)

3.3.1.2. Surface terrière

La surface terrière est globalement plus importante à Koulbi qu'à Bontioli (Tableau IV). Pour *B. africana*, la plus faible valeur et la plus forte valeur sont de $2,15 \pm 0,78 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à l'extérieur des Réserves de Bontioli et de $4,04 \pm 2,19 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à l'intérieur de la Forêt Classée de Koulbi. Pour *S. latifolius* les valeurs vont de $0,32 \pm 0,20 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à l'intérieur des Réserves de Bontioli à $0,92 \pm 0,67 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à l'intérieur de la Forêt Classée de Koulbi. Les surfaces terrières de ces espèces restent toutefois statistiquement similaires entre les aires protégées et les aires anthropisées.

Tableau IV : Surface terrière des espèces en fonction des écosystèmes (en m^2ha^{-1}).

Localité	Statut des aires et paramètres statistiques	<i>B. africana</i>	<i>S. latifolius</i>	<i>C. adansonii</i>
Bontioli	AP	$2,54 \pm 1,70$	$0,32 \pm 0,20$	-
	AA	$2,15 \pm 0,78$	$0,40 \pm 0,36$	$0,46 \pm 0,33$
	Z	- 0,04	0,04	-
	P	0,968	0,97	-
Koulbi	AP	$4,04 \pm 2,19$	$0,92 \pm 0,67$	-
	AA	$3,80 \pm 1,84$	$0,88 \pm 0,46$	$0,74 \pm 0,34$
	Z	0,30	- 0,34	-
	P	0,76	0,73	-

AP : aire protégée ; AA : aire anthropisée ; Z : valeur observée du test ; P : probabilité ; *différence significative avec un intervalle de confiance de 95 % (Test de Mann-Whitney).

3.3.1.3. Diamètre moyen du houppier

Le tableau V présente les valeurs moyennes du diamètre moyen du houppier des trois espèces. Le houppier de *B. africana* est statistiquement plus large dans les aires anthropisées que dans les aires protégées. Il se situe dans l'intervalle $4,54 \pm 2,43 \text{ m}$ à l'intérieur des Réserves de Bontioli à $7,49 \pm 2,77 \text{ m}$ à l'extérieur de ces mêmes réserves. Par contre, ce paramètre ne varie pas significativement chez *S. latifolius* en fonction du statut des aires.

Tableau V : Diamètre moyen du houppier (en m) des espèces en fonction du milieu.

Localité	Statut des aires et Paramètres statistiques	<i>B. africana</i>	<i>S. latifolius</i>	<i>C. adansonii</i>
Bontioli	AP	4,54 ± 2,43	4,96 ± 1,86	-
	AA	7,49 ± 2,77	5,64 ± 1,56	4,00 ± 1,36
	Z	5,759	1,595	
	P	< 0,0001*	0,111	
Koulbi	AP	5,75 ± 2,49	6,55 ± 2,43	-
	AA	7,24 ± 2,99	6,34 ± 2,30	4,19 ± 1,06
	Z	- 4,80	0,543	
	P	< 0,0001*	0,587	

AP : aire protégée ; AA : aire anthropisée ; Z : valeur observée du test ; P : probabilité ; *différence significative avec un intervalle de confiance de 95 % (Test de Mann-Whitney)

3.3.1.4. Etat sanitaire

Les pourcentages des individus sains et ceux présentant différents degrés de dommage en fonction des écosystèmes sont donnés dans les figures 5 et 6. La comparaison entre écosystèmes a permis de mettre en exergue les impacts de la dégradation des formations sur la santé des espèces. Nous considérons ici une plante présentant plus de 25 % de traumatismes divers comme étant un sujet vulnérable, à potentialité réduite et pouvant mourir plus rapidement par rapport à la longévité normale de l'espèce.

De manière générale, les populations des espèces ont proportionnellement plus de sujets vulnérables dans les aires anthropisées que dans les formations protégées. Elles présentent également moins de sujets sains à l'intérieur des Réserves de Bontioli qu'à l'intérieur de la Forêt Classée de Koulbi.

Les résultats montrent que les sujets vulnérables de *S. latifolius* représentent 26 % et 24 % à Bontioli et 45 % et 20 % à Koulbi respectivement dans les aires anthropisées et les aires protégées. Quant à *B. africana*, les sujets vulnérables représentent 35 % et 29 % à Bontioli et 19 % et 18 % à Koulbi respectivement dans les aires anthropisées et les aires protégées. Les types de traumatismes rencontrés diffèrent d'une aire à une autre. Dans les aires protégées, c'est surtout l'action des feux annuels sur les individus qui a été la plus notée pour *B. africana* et *S. latifolius*. Dans les zones anthropisées, la coupe des branches chez *B. africana* et la coupe des racines chez *S. latifolius* constituent le type de traumatisme le plus rencontré. Pour *C. adansonii*, bien que la récolte des feuilles se fasse nécessairement par

ébranchage, c'est surtout les ébranchages sévères et très répétés qui rendent les sujets vulnérables avec un aspect rabougris (51 % autour de Bontioli contre 39 % autour de Koulbi).

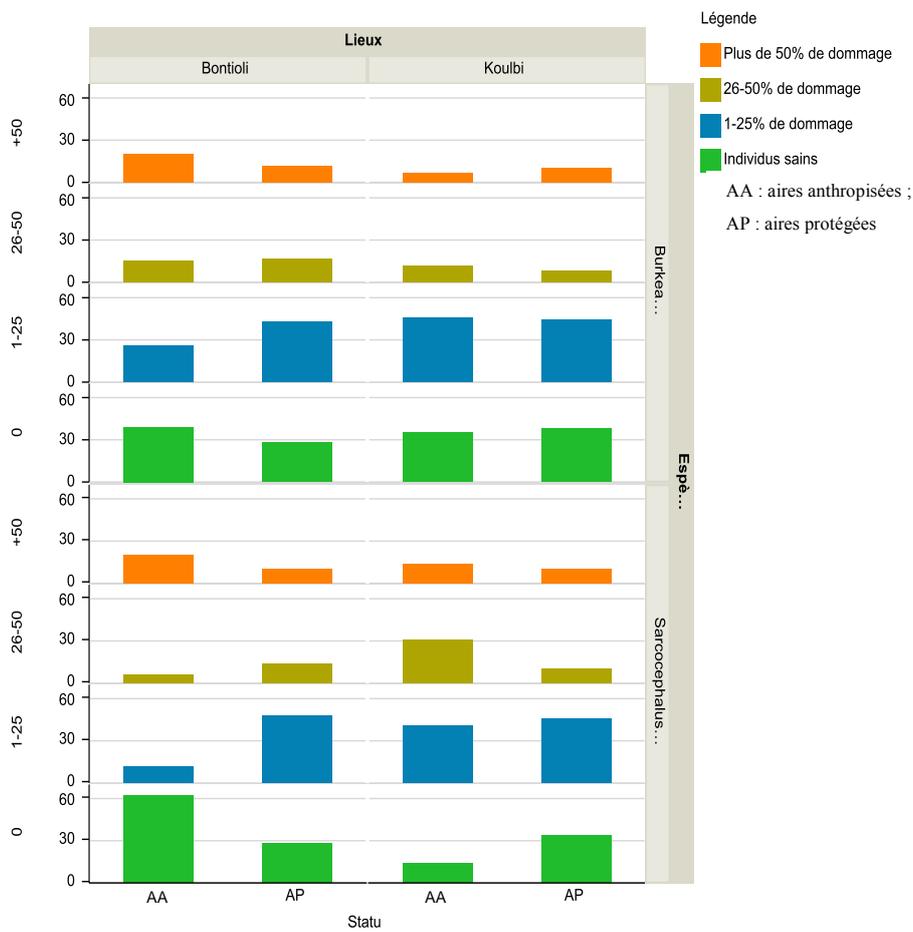


Figure 5 : Etat sanitaire des individus de *Sarcocephalus latifolius* et de *Burkea africana*.

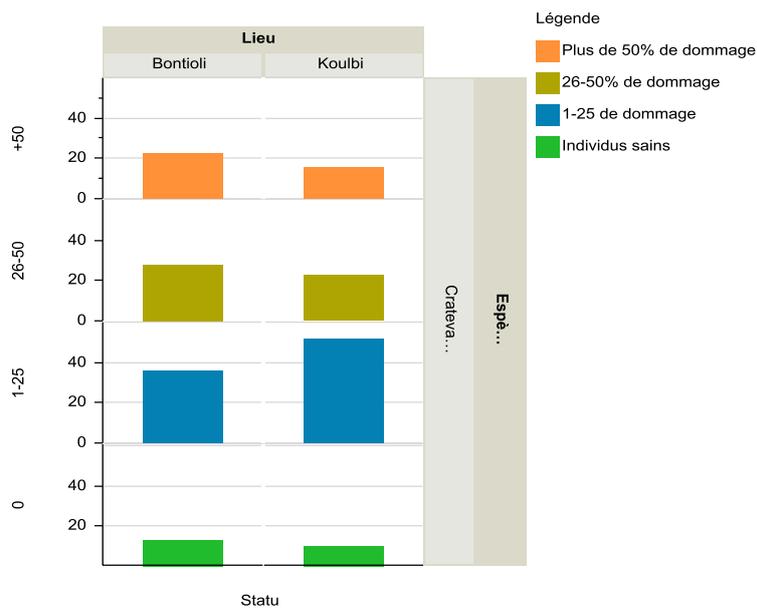


Figure 6 : Etat sanitaire des individus de *Crateva adansonii* dans les parcs agroforestiers.

3.3.2. Structure et dynamique des espèces

3.3.2.1. Populations adultes

Les structures des populations des espèces sont stables hors des Réserves de Bontioli à l'exception de *B. africana*. Dans les réserves, les espèces ont une assez bonne structure sauf *C. adansonii* dont les adultes y sont très rares. On rencontre uniquement ses plantules le long du fleuve. La distribution de Weibull s'ajuste aux valeurs observées dans 6 cas sur 10. La distribution des individus en fonction des classes de diamètre donne un paramètre c compris entre 1 et 3,6 pour toutes les espèces.

Les graphiques montrent que la structure de *C. adansonii* présente une asymétrie droite dans les deux aires anthropisées traduisant ainsi une prédominance de jeunes individus (Figure 7).

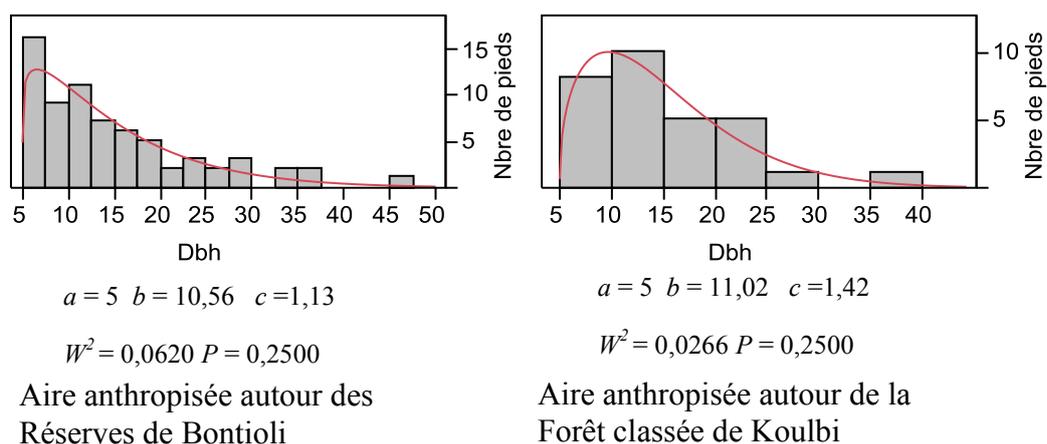


Figure 7 : Structures des populations de *Crateva adansonii*.

La structure de *S. latifolius* dans les aires protégées ne s'ajuste pas à la distribution de Weibull. Par contre, celle des aires anthropisées s'ajuste bien à cette distribution. La distribution asymétrique droite est révélatrice d'un faible potentiel de régénération (Figure 8).

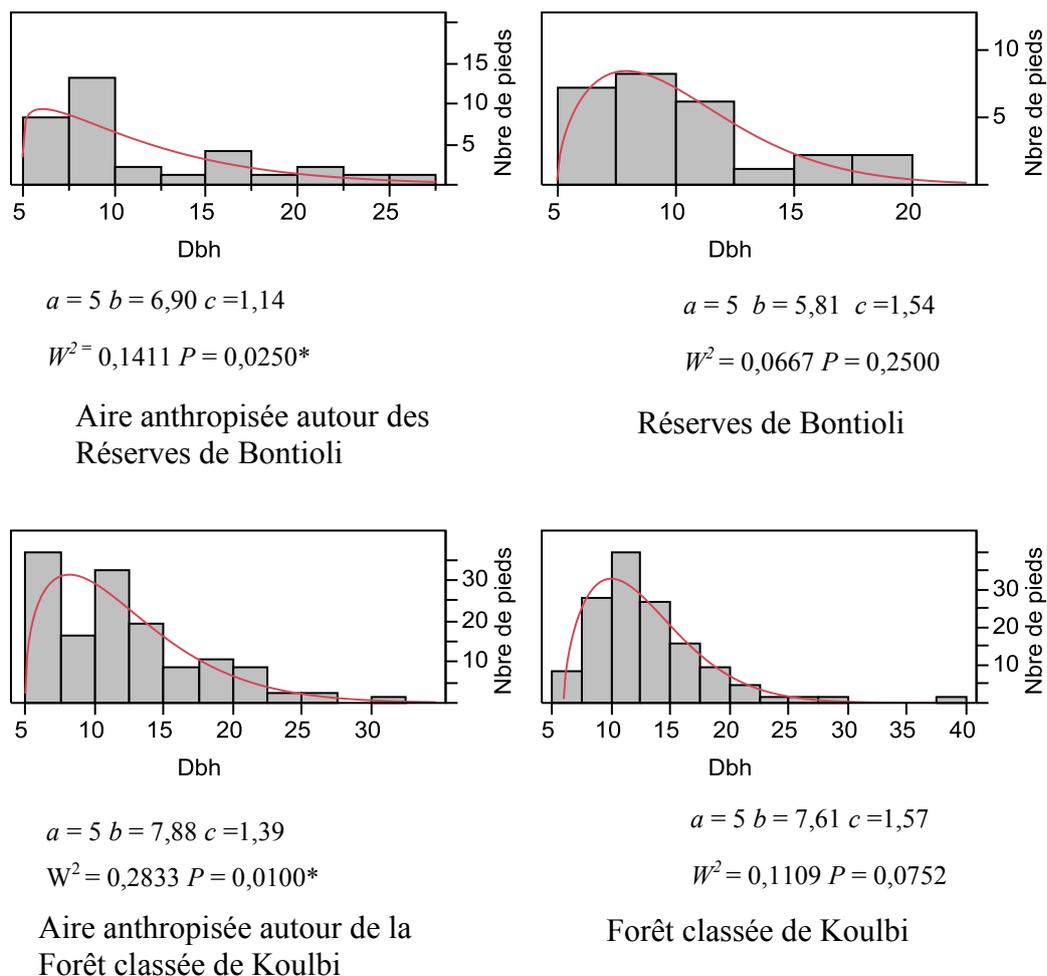


Figure 8 : Structures des populations de *Sarcocephalus latifolius*.

Quant à *B. africana*, les données observées s'ajustent à la distribution de Weibull pour les populations situées à l'intérieur et à l'extérieur de la Forêt Classée de Koulbi uniquement. La structure de l'espèce présente une structure stable à l'intérieur des Réserves de Bontoli avec une prédominance de jeunes sujets. Sa structure est assez stable à l'intérieur de la Forêt Classée de Koulbi. Par contre, elle présente une distribution moins uniforme dans les aires anthropisées suggérant un mauvais potentiel de renouvellement des pieds et traduisant l'impact de l'action anthropique comme la coupe sur certaines classes de diamètre (Figure 9).

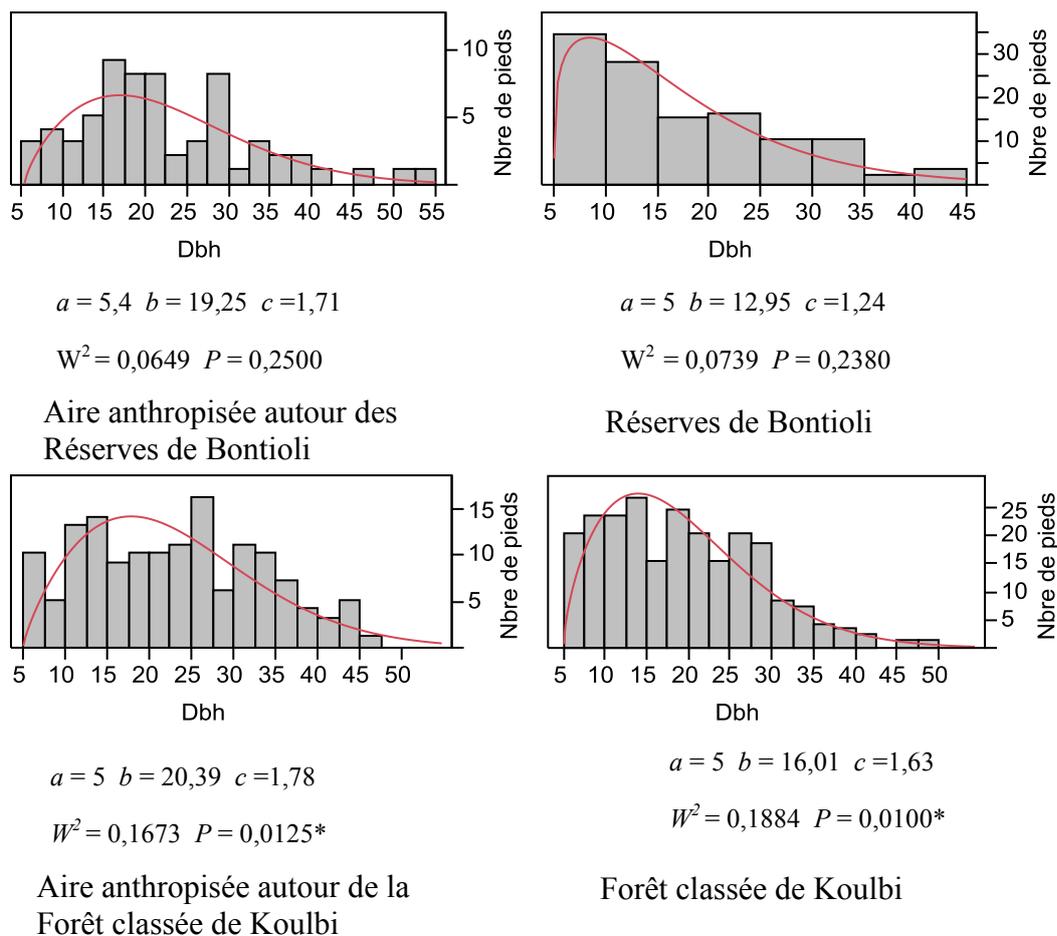


Figure 9 : Structures des populations de *Burkea africana*.

3.3.2.2. Populations juvéniles et potentialités de régénération

Les densités de la régénération des espèces sont plus élevées à Koulbi qu'à Bontoli. Bien que les peuplements adultes de *C. adansonii* soient rares en milieu naturel, on y rencontre par endroits de fortes régénérations avec des densités qui atteignent 1300 plantes/ha dans la Forêt Classée de Koulbi, et 340 plantes/ha dans les Réserves de Bontoli (Figures 10 a et b). Cette régénération est confinée dans une mince bande qui longe le Mouhoun. Dans les parcs agroforestiers, la régénération atteint des densités de l'ordre de 50 plantes/ha autour de Bontoli, contre 1330 plantes/ha autour de Koulbi. Cette régénération est faite essentiellement de drageons et de rejets de souches, à cause du manque de semenciers dans le milieu naturel et de l'absence de fructification dans les parcs agroforestiers du fait des émondages très fréquents.

Sarcocephalus latifolius a une population juvénile constituée de jeunes plantes (Figures 10 c et d). La densité de sa régénération est très faible quelque soit le milieu. Il est quasiment impossible de rencontrer une plantule de l'ordre de quelques centimètres, malgré

une remarquable production de fruits. Nous avons dénombré 127 plantes/ha dans la Forêt Classée de Koulbi, contre 380 plantes/ha à l'extérieur de la forêt. Cette densité est de 30 plantes/ha dans les réserves contre 14 plantes/ha hors des réserves. La structure en classes de hauteur suggère une difficulté d'établissement des plantules.

Quant à la population juvénile de *Burkea africana*, sa structure en classes de hauteur révèle une bonne régénération. Les densités atteignent 234 plantes/ha et 93 plantes/ha respectivement à l'intérieur et à l'extérieur des Réserves de Bontioli, contre 980 plantes/ha et 735 plantes/ha respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de la Forêt Classée de Koulbi (Figures 10 e et f).

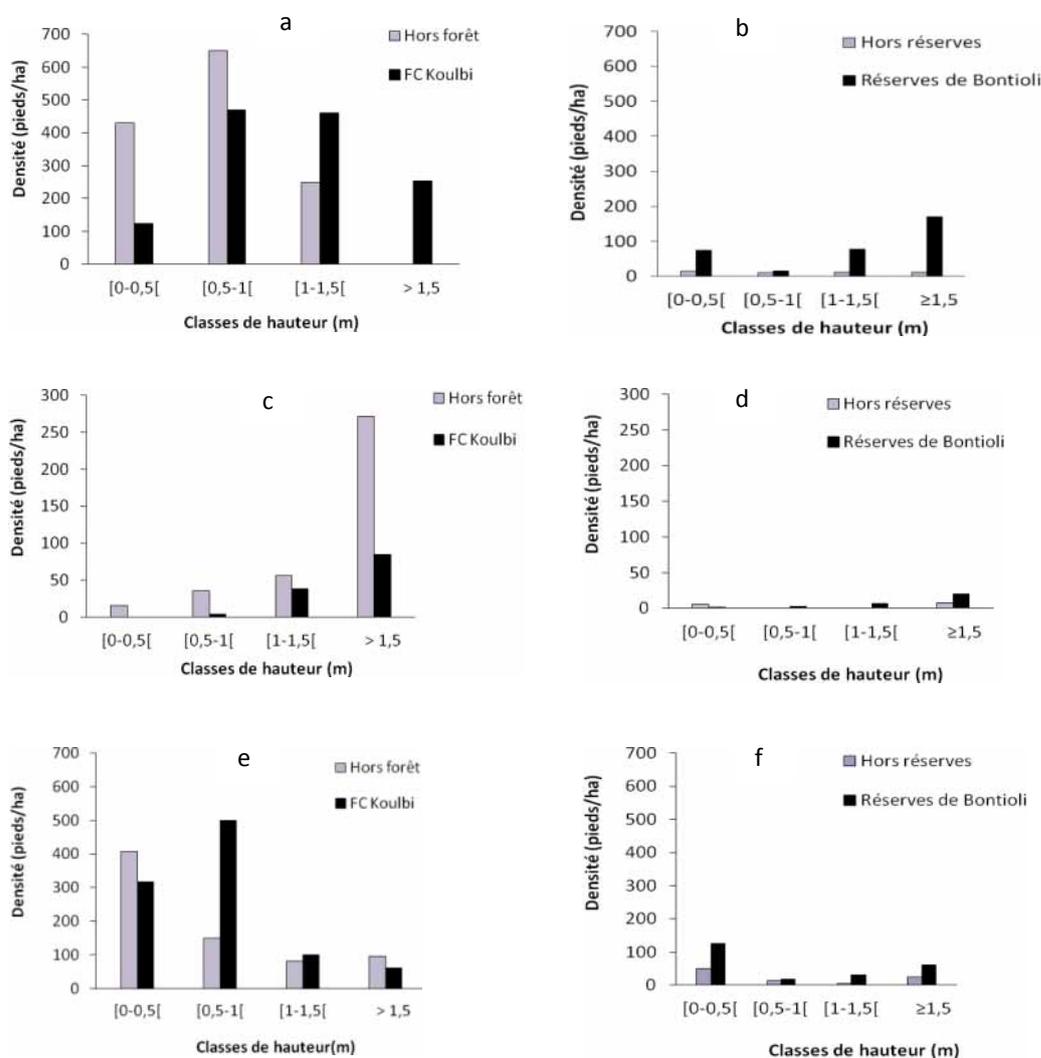


Figure 10 : Structures de la régénération de *Crateva adansonii* (a ;b), *Sarcocephalus latifolius* (c ;d) et *Burkea africana* (e ;f).

3.3.3. Richesse spécifique et indice de Jaccard

Les indices de Jaccard des peuplements des espèces situés dans les aires protégées et ceux situés dans les aires anthropisées révèlent une absence de similarité totale de leurs diversités ligneuses (Tableau VI). La plus faible similarité est enregistrée pour *S. latifolius* (0,027) et la plus forte est observée pour *B. africana* (0,57) pour leurs peuplements situés à l'intérieur et à l'extérieur de la Forêt Classée de Koulbi.

Les résultats suivants se dégagent du tableau VI :

- ✓ Les peuplements des deux plantes abritent un nombre plus élevé d'espèces à l'intérieur de Koulbi qu'à l'intérieur de Bontioli. En effet, il y a 73 espèces à Koulbi contre 61 espèces à Bontioli dans les peuplements à *S. latifolius* et 59 espèces à Koulbi contre 50 espèces à Bontioli dans les peuplements à *B. africana*.
- ✓ A l'inverse, il y a plus d'espèces dans les peuplements des deux espèces situés à l'extérieur de Bontioli (69 espèces pour *S. latifolius* et 77 pour *B. africana*) que dans ceux situés à l'extérieur de Koulbi (62 espèces pour *S. latifolius* et 48 espèces pour *B. africana*) ;
- ✓ De manière générale, il y a plus d'espèces dans les peuplements à *S. latifolius* que dans les peuplements à *B. africana* ;
- ✓ Le nombre d'espèces dans les peuplements à *S. latifolius* et à *B. africana* est plus élevé à l'extérieur qu'à l'intérieur de Bontioli ; c'est le contraire à Koulbi.

Contrairement aux zones protégées, les zones anthropisées abritent des espèces exotiques favorisées par la présence de l'Homme comme *Moringa oleifera* Lam., *Anacardium occidentale* L., *Blighia sapida* Koenig, *Azadirachta indica* A. Juss., *Mangifera indica* L., *Tectona grandis* L. f, *Ceiba pentadra* (L.) Gaertn et *Adansonia digitata* L. (voir annexes 3 et 4).

Tableau VI : Nombre d'espèces et indices de Jaccard pour les peuplements de *Sarcocephalus latifolius* et de *Burkea africana* dans les différents écosystèmes.

Localité	Statut des aires	<i>S. latifolius</i>		<i>B. africana</i>	
		Nombre d'espèces	Indice de Jaccard	Nombre d'espèces	Indice de Jaccard
Bontioli	AP	61	0,44	50	0,49
	AA	69		77	
Koulbi	AP	73	0,27	59	0,57
	AA	62		48	

AP : aire protégée ; AA : aire anthropisée

3.3.4. Préférences écologiques des espèces

Crateva adansonii est retrouvée en régénération en milieu naturel sur les sols bien drainés et qui sont souvent inondés en milieu de saison pluvieuse. Elle partage le même biotope que *Mitragyna inermis*. L'espèce est plus abondante aux abords du fleuve Mouhoun. Elle l'est moins aux abords de la Bougouriba ou des autres petites rivières qui affluent vers le Mouhoun. Malgré cette préférence pour les zones humides, les sujets plantés dans les terroirs villageois le sont sur plusieurs types de sol, loin des conditions favorables des abords des cours d'eau.

Les plus beaux peuplements à *Sarcocephalus latifolius* ont été rencontrés dans les bas fonds, sur des sols à texture argileuse. C'est surtout le long des petites rivières et les zones de dépression que l'espèce affectionne, et non pas les abords immédiats des grands cours d'eau comme le Mouhoun où l'humidité n'y est abondante que pendant les périodes de cru. L'espèce est aussi retrouvée dans les savanes arbustives souvent loin des zones humides, mais avec des densités nettement plus faibles. L'amplitude écologique de l'espèce est assez large car elle est même rencontrée sur les sommets de collines, là où les sols sont nettement plus secs comparativement à son biotope de prédilection. Ses espèces compagnes sont entre autres *Mitragyna inermis*, *Terminalia macroptera*, *Combretum fragrans*, *Piliostigma thonningii* et *Loncocarpus cyanescens*.

Contrairement à *S. latifolius*, *B. africana* affectionne les hautes altitudes où elle forme des savanes arborées en association surtout avec *Daniella oliveri* (R.) Hutch. & Dalz., *Detarium microcarpum*, *Isoberlinia doka*, *Lannea acida* et *Vitellaria paradoxa*. Ses meilleurs peuplements se trouvent sur les sommets et les flancs des collines, sur des sols latéritiques.

Elle est toutefois absente sur les collines à granites. Il est quasiment impossible de la rencontrer aux abords des cours d'eau.

3.4. Discussion

3.4.1. Analyse globale des paramètres dendrométriques des espèces

L'étude dendrométrique des espèces donnent des informations sur leurs caractéristiques physiologiques en relation avec leurs milieux de vie. La relative faiblesse de la surface terrière de *C. adansonii* (entre 0,46 et 0,74 m²ha⁻¹) s'explique par la faiblesse de sa densité dans les parcs agroforestiers d'une part, et d'autre part, par le nombre élevé d'individus de petits diamètres. Le diamètre moyen de son houppier, de l'ordre de 4 m, est relativement faible et se présente donc comme un atout pour son intégration aux cultures car faisant peu d'ombrage.

Tout comme *C. adansonii*, la surface terrière de *S. latifolius* reste relativement faible (entre 0,32 et 0,92 m²ha⁻¹) et n'est pas statistiquement différente entre les aires protégées et les aires anthropisées. Bien qu'étant présentée comme un arbuste (Arbonnier, 2009), l'espèce possède un houppier assez large situé entre 4,96 m et 6,55 m selon le milieu, comparable à celui des espèces arborescentes comme *Anogeissus leiocarpa* dont le houppier a un diamètre compris entre 5,9 m et 7,5 m (Ouédraogo *et al.*, 2013a) ou *B. africana* (diamètre du houppier compris entre 4,54 et 7,49 m, trouvé dans la présente étude) au Burkina Faso.

Parmi les trois espèces, *B. africana* est celle qui détient la plus grande surface terrière. Contrairement à la densité, ce paramètre ne varie pas suivant le statut des parcelles d'étude. Le diamètre de son houppier est significativement plus important dans les aires anthropisées que dans les aires protégées, parce que la proportion d'individus jeunes diminue dans le même sens (voir la structure en classes de diamètre). A titre de comparaison et pour relativiser les paramètres des trois espèces, la surface terrière du baobab, considéré comme le plus gros arbre des savanes africaines (Gebauer *et al.*, 2002), est de l'ordre de 250-500 m²/ha avec un dbh de 150-240 cm pour une densité de 5-24 individus/ha au Togo (Kebenzikato *et al.*, 2014).

3.4.2. Analyse globale de la structure et de la dynamique des espèces

Cette étude a permis de mieux apprécier la structure des espèces à travers une approche multidimensionnelle incluant la densité, la structure en classes de diamètre, l'état sanitaire et la régénération. En effet, une zone peut présenter une forte densité en espèces mais

abriter proportionnellement un nombre plus important d'individus vulnérables qui ne feront pas partie du peuplement dans un proche avenir.

Contrairement au milieu naturel, la structure en classes de diamètre dans les terroirs villageois présage un renouvellement assuré des vieux individus, et montre que la plante s'adapte bien aux conditions de plantation. En effet, tous ses individus y sont plantés sur des terrains qui ne constituent pas normalement le biotope naturel de l'espèce (milieux bien drainés, abords des cours d'eau). L'exemple de *C. adansonii* vient rappeler que les paysans peuvent planter et entretenir les espèces à la fois très utilisées et menacées, toutes choses qui contribuent à maîtriser la sylviculture de ces espèces.

La vulnérabilité des individus de *C. adansonii* en parcs agroforestiers est la résultante de leur surexploitation et de l'application de techniques inadéquates d'élagage qui n'optimisent pas la production foliaire au cours de l'année. Il s'en suit un rabougrissement des sujets et une diminution de leur productivité foliaire. A cela s'ajoute le manque de production fruitière de ces individus du fait des ébranchages complets et très rapprochés, hypothéquant ainsi le maintien d'une bonne variabilité génétique au sein de la population.

Le constat en milieu naturel, notamment aux abords du Mouhoun, révèle clairement que la plante ne souffre pas de manque de jeunes pieds ; c'est leur croissance et leur affranchissement du stade juvénile qui ne sont pas assurés. Nos résultats sont conformes à ceux de Sambaré *et al.* (2011) qui n'ont rapporté que des individus à $dbh < 5$ cm le long des cours d'eau de la zone sud-soudanienne. Les mêmes auteurs ont fait les mêmes constats dans la zone nord-soudanienne et la zone sud-sahélienne à l'exception de la zone nord-sahélienne où des pieds à $dbh \geq 5$ cm ont été rapportés. Par contre, il a été rapporté des densités de l'ordre de 8,6 individus adultes/ha en Inde (Sharma et Kant, 2014).

Afin d'aider l'abondante régénération à se développer, les abords des cours d'eau situés dans les aires protégées doivent être protégés des feux d'aménagement. Une plantation de l'espèce dans les formations naturelles est aussi envisageable et présage une bonne réussite aux regards de ce qui est observé dans les terroirs villageois.

L'analyse globale de la population de *S. latifolius* montre qu'elle est une espèce à faible régénération. Ce résultat corrobore ceux de Tabuti (2007) et Stangeland *et al.* (2007) pour le cas de l'Ouganda. Par ailleurs, Stangeland *et al.* (2007) ont observé une absence de germination des graines exposées dans les conditions naturelles, alors qu'elle est observée en conditions contrôlées. Cela suggère donc l'intervention de facteurs exogènes qui limitent la germination des graines et donc la bonne régénération.

Selon nos observations, un seul fruit contient plusieurs milliers de graines minuscules et la plante produit au moins une centaine de fruits par an. On conçoit aisément que si toutes les graines germaient, sa population présenterait une abondante régénération ; ce qui n'est pas le cas dans la présente étude.

Les aires protégées sont plus favorables à une bonne structure de la population et à un bon état sanitaire de la plante. Des auteurs comme Thiombiano *et al.* (2010) et Tabuti (2007) ont rapporté la disparition de l'espèce dans certaines localités à cause de la coupe des racines pour les soins de santé (pour plus de détails sur ces soins, voir chapitre 7).

L'une des causes de vulnérabilité de *S. latifolius* dans les aires protégées (entre 26 % et 45 % de sujets vulnérables) est le passage répété du feu. L'affranchissement des plantules est alors ralenti. Le feu participe aussi à diminuer les potentialités des plantes en termes de résistance aux stress et de production fruitière à l'instar de ce qui est observé sur les pieds de *V. paradoxa* dans les formations naturelles (Lamien, 2001).

Quant à *B. africana*, les résultats ont clairement montré que la plante bénéficie d'une bonne protection dans les aires protégées avec une structure stable. L'utilisation massive de son bois dans la construction des maisons traditionnelles explique la dégradation de sa structure dans les aires anthropisées. En effet, ce sont les troncs entiers des individus ayant un diamètre exploitable (d'environ au moins 20 cm) qui sont coupés à cet effet.

Wilson et Witkowski (2003) ont montré qu'en Afrique du Sud, l'âge d'entrée en fructification de *B. africana* est de 29 ans. A ce âge, les individus atteignent environ 12,7 cm de diamètre (ou 40 cm de circonférence) à 20 cm du sol. Ce diamètre coïncide aussi avec la taille à laquelle les individus acquièrent une certaine résistance aux feux (Wilson et Witkowski, 2003). Lorsque les sujets d'au moins 20 cm de dbh sont alors sélectionnés par la coupe (comme c'est le cas dans notre étude), ce sont donc les meilleurs semenciers qui sont soustraits des peuplements. Cela a pour conséquence de limiter la régénération de la plante dans les écosystèmes anthropisés.

Nous avons observé à l'instar de Sackey et Hale (2008), que l'espèce présente des dommages et des mortalités dus aux feux récurrents en l'occurrence pour les jeunes sujets comme l'a si bien relevé Wilson et Witkowski (2003). La résistance aux feux (Burke, 2006 ; Zida, 2007) doit donc être relativisée. Les travaux en savanes soudaniennes montrent en effet que la température du feu de brousse peut atteindre 635 °C (Doamba *et al.*, 2014). Bien que le feu soit un facteur de reproduction des écosystèmes de savanes à dominance herbacée (Nacro, 2003) comme c'est le cas dans le Sud-Ouest, seuls les feux précoces doivent être strictement et adéquatement appliqués afin de réduire l'intensité du feu, évitant ainsi de porter préjudice

aux ligneux. Pour des dégradations peu intenses, un retour au stade initial reste possible si l'on supprime les causes anthropiques de cette dégradation comme les feux, la coupe du bois ou le surpâturage (Aronson *et al.*, 1995).

3.4.3. Analyse de la richesse spécifique des peuplements et des préférences écologiques des espèces

Le biotope préféré de *S. latifolius*, à savoir les bas-fonds, est de plus en plus envahi par les populations locales pour la production céréalière à cause de l'amenuisement des précipitations. L'espèce est également victime de ses préférences écologiques, car les paysans détruisent ses peuplements à la recherche de terres fertiles pour la plantation d'anacardiers. Dans le contexte actuel de diminution des précipitations, l'affinité de *S. latifolius* et de *C. adansonii* pour les biotopes humides les placent dans une position de risque de régression de leurs populations.

Les résultats ont montré une plus grande diversité ligneuse dans les peuplements des trois espèces situés à l'extérieur de Bontioli comparativement à ceux situés à l'extérieur de Koulbi. Cela s'explique par le fait que le peuplement humain et les processus d'anthropisation des milieux sont plus importants autour de Bontioli qu'autour de Koulbi.

En moyenne, les peuplements à *B. africana* ont présenté moins d'espèces dans les différents milieux comparativement à ceux à *S. latifolius* car les premiers sont situés sur des biotopes moins favorables (hautes altitudes et sols latéritiques) à l'installation des ligneux. Ce résultat est similaire à celui de Nacoulma (2012) qui a montré que de toutes les associations étudiées, celle à *B. africana* et *Detarium microcarpum* possède la plus faible diversité spécifique.

En revanche, les collines constituent pour *B. africana* un refuge certain, car ces milieux sont moins propices aux cultures et subissent ainsi moins de pressions que les habitats de *S. latifolius*. Toutefois, étant donné que les trois espèces sont associées à une riche diversité floristique, la protection de leurs populations et de leurs habitats bénéficiera également aux espèces compagnes et vice versa.

Les préférences écologiques des espèces peuvent se retrouver dans les noms des plantes. En effet, le nom de *C. adansonii* en mooré, *Kalguem-tohèga* ou *Kuilguin-tohèga*, signifie littéralement le *baobab de rivière* (voir le chapitre 6 pour plus de détails sur les noms locaux). Son nom local fait donc allusion à ses caractères botaniques, mais aussi à son biotope de prédilection.

3.5. Conclusion

Cette étude a permis de caractériser les peuplements de *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana* à travers la description et l'analyse de leurs paramètres dendrométriques, de leurs densités, de l'état de santé de leurs individus et de leur écologie. Les résultats ont montré que les aires protégées jouent un rôle positif dans le maintien d'une structure stable des populations des espèces à l'exception de celles de *C. adansonii*. Cette dernière risque de devenir une espèce menacée dans son biotope naturel. Etant donné que les populations locales, à travers l'exploitation des espèces, influent sur leurs structures, elles doivent également être impliquées dans les actions de préservation de la nature. Les axes directeurs de ces actions doivent être l'utilisation rationnelle des plantes, la protection des habitats et la plantation d'espèces très sollicitées. Les Réserves de Bontioli et la Forêt Classée de Koulbi méritent également d'être mieux protégées.

Chapitre 4 : Productivité en biomasse foliaire de *Crateva adansonii* D.C. dans un contexte de dégradation et de pression humaine sur les ressources biologiques

4.1. Introduction

Les produits forestiers non ligneux (PFNLx) jouent un rôle important dans la satisfaction des besoins de nombreuses communautés rurales (Termote *et al.*, 2011 ; Ghorbani *et al.*, 2012 ; Addis *et al.*, 2013). Dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso, *Crateva adansonii* est bien connu comme une espèce à feuilles comestibles. Elle procure une source considérable de nourriture à la population.

Dans nos pays, peu d'études se sont intéressées à la quantification des produits fournis par les espèces sauvages comestibles à l'exception de quelques plantes comme *Vitellaria paradoxa* (Lamien *et al.*, 2007 ; Dodiomon *et al.*, 2011) et *Bombax costatum* Pell. & Vuill. (Ouédraogo *et al.*, 2014). Les études se sont plus focalisées sur la productivité en biomasse foliaire d'espèces fourragères (Savadogo et Elfving, 2007 ; Bognounou *et al.*, 2008 et 2013).

Si pour les fleurs ou les fruits la production se fait généralement en une seule fois dans l'année, les feuilles au contraire peuvent être exploitées tout le long de l'année grâce à un turn-over qui est plus rapide que celui des autres compartiments de la plante (Bontemps *et al.*, 2012). La quantification des productivités annuelles des feuilles comestibles ou fourragères, a donc souvent été sous-estimée en occultant ou en faisant abstraction de cette capacité des espèces à synthétiser continuellement des feuilles. Une connaissance exacte des capacités de production des plantes en produits directement consommés est cruciale, non seulement pour fournir des arguments pour la conservation de la biodiversité, mais également dans une visée de plantation et de commercialisation des espèces. Souvent, l'apport des produits forestiers dans la satisfaction des besoins alimentaires des populations n'est pas comptabilisé dans les statistiques (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014).

L'objectif de cette étude est de quantifier le bien écosystémique qu'est la nourriture fournie par l'espèce aux populations. Il s'est agit d'évaluer la productivité en biomasse foliaire, de comparer cette productivité selon le milieu (pieds plantés au village et pieds établis naturellement dans la forêt) et d'estimer cette production sur le long terme. Nous avons présumé que les individus plantés, au vue des opérations d'entretien dont ils bénéficient, ont une productivité en biomasse foliaire significativement plus élevée que ceux issus du milieu naturel.

4.2. Matériels et méthodes

4.2.1. Site d'étude

L'étude a été conduite dans la province du Ioba, plus précisément dans le village de Tovor et sur des portions du Mouhoun et de la Bougouriba situées dans la Réserve de Bontioli. La présence d'un important peuplement de *Crateva adansonii* a milité pour le choix du terroir d'étude (voir la section 6.2.1 pour la localisation de Tovor). En plus de ce critère, Tovor est à la fois proche du fleuve Mouhoun et des Réserves de Bontioli, ce qui réduit les éventuelles différences de conditions climatiques entre le terroir villageois et le milieu naturel.

Les sols latéritiques prédominent dans le terroir de Tovor. Les habitants sont des Dagara. La principale activité est la culture des céréales. Les principales espèces agroforestières du terroir sont *Mangifera indica*, *Vitellaria paradoxa*, *Faidherbia albida* (Del.) Chev., *Cordia mixa* L., *Diospyros mespiliformis* Hoschst. ex A. DC., *Moringa oleifera* et *Crateva adansonii*. Un chapelet de forêts-galeries à *Mitragyna inermis* longe les deux cours d'eau, entrecoupées de savanes arborées à *Faidherbia albida* ou à *Daniella oliveri*.

4.2.2. Collecte des données

L'objectif général étant de quantifier la productivité en biomasse foliaire de l'espèce, une approche en deux séries a été mise en place pour collecter la quantité de biomasse sur pieds et la quantité de biomasse produite sur un cycle de 12 mois.

Pour ce faire, nous avons d'abord récolté la biomasse foliaire suivant différentes classes de diamètre, et suivant le statut des zones de collecte de données (terroir villageois - formations naturelles). Les paramètres comme la hauteur, les diamètres à la base du tronc et à 1,30 m du sol, la hauteur du tronc (longueur séparant la base du pied et la première ramification du tronc) et les petits et grands diamètres du houppier ont été mesurés. Une récolte complète (Photo 4) des feuilles a ensuite été effectuée et la biomasse fraîche a été pesée sur le champ. Nous avons parcouru plusieurs tronçons du Mouhoun et de la Bougouriba pour rechercher les individus dans leur milieu naturel. Au total, 90 pieds soit 40 sur le terroir villageois de Tovor et 50 en milieu naturel ont été sélectionnés pour cette première série de mesures conduites en juillet 2012.

Puis, en accord avec les propriétaires des pieds de l'espèce, nous avons mis en place une deuxième série de collecte de la biomasse foliaire telle que pratiquée par les paysans sur

une période de 13 mois, allant d'octobre 2012 à octobre 2013. Pour ce faire, chaque fois que le propriétaire juge les feuilles mûres et prêtes à être consommées, il collecte la totalité des feuilles qui sont alors pesées sur place. Il ne doit pas faire de prélèvements partiels sur aucun des pieds retenus pour l'étude, en dehors de la récolte totale. Les dates des différentes récoltes et la biomasse de chaque récolte ont ainsi été consignées sur des fiches. Quinze plantes ont été retenues pour cet essai. Ces plantes ont été complètement défeuillées trois mois avant le début des mesures.

Afin d'évaluer le taux de matière sèche des feuilles, un échantillon de 1 000 g a été prélevé et séché à l'air libre à la température du laboratoire (environ 25°C) pendant un mois. Puis l'échantillon a été placé à l'étuve à 75°C durant 72 h (Ouédraogo, 2009).

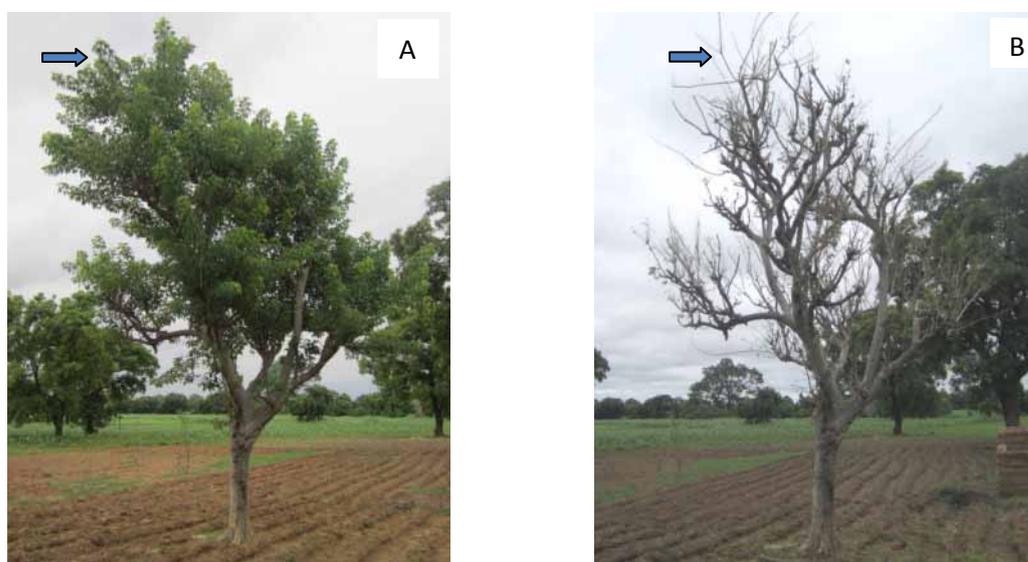


Photo 4 : Un individu de *Crateva adansonii* avant (A) et après (B) la récolte des feuilles (Photos S.A. Kaboré, 2012).

4.2.3. Analyse des données

Les moyennes des paramètres dendrométriques ont été calculées suivant le milieu. Pour le calcul de la productivité en biomasse foliaire suivant le milieu, les 90 individus ont été scindés en trois classes de dbh : < 5 cm, 5-12 cm et > 12 cm. Le test U de Mann-Whitney avec un seuil de significativité de 5 % a été utilisé pour comparer les paramètres dendrométriques des plantes et les biomasses foliaires issues du terroir villageois et du milieu naturel. Pour les pieds suivis durant 13 mois, la biomasse foliaire récoltée chaque mois a été

calculée et rapportée à la production de toute l'année. Le nombre moyen de jours qui sépare la récolte précédente des feuilles avec celle effectuée au cours de chaque mois a été calculée. Les données ont été traitées avec le logiciel XLSTAT 7.5.2 (Addinsoft, 2009) et Excel 2007.

4.3. Résultats

4.3.1. Structure des plantes étudiées

Les valeurs moyennes des caractéristiques dendrométriques des individus concernés par l'étude de comparaison entre milieu naturel et terroir villageois sont données dans le tableau VII. Toutes ces valeurs sont significativement plus élevées chez les individus plantés, que chez ceux issus du milieu naturel. Ces derniers sont de jeunes pieds mesurant $1,8 \pm 0,6$ m de haut alors que ceux des parcs agroforestiers ont une taille moyenne de $3,6 \pm 1,4$ m avec un houppier significativement plus large ($2,4 \pm 1,3$ m vs. $0,8 \pm 0,4$ m). Les pieds du milieu naturel, bien qu'étant relativement jeunes, sont tout de même exploités par la population à défaut d'y avoir des individus adultes. C'est pour cette raison qu'il s'est avéré nécessaire de connaître aussi leur production.

Le tableau VIII et la figure 11 montrent la structure des quinze individus suivis pour l'étude de la productivité annuelle des feuilles. Ces quinze individus appartiennent tous aux différentes classes de dbh observées sur le terroir villageois. Le dbh moyen (12,4 cm), la hauteur (4,0 m vs. 3,6 m), le diamètre à la base (15,6 cm vs. 15,9 cm), la hauteur du tronc (1,9 m vs. 1,5 m) et le diamètre du houppier (2,9 m vs. 2,4) de ces individus sont très proches des mêmes paramètres au sein de l'ensemble des pieds plantés concernés par l'étude de comparaison.

Tableau VII : Paramètres dendrométriques moyens des individus de *Crateva adansonii* concernés par l'étude de comparaison de la productivité en biomasse foliaire entre les individus plantés et ceux issus du milieu naturel dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.

Localisation	Hauteur (m)	Diamètre à la base (cm)	Dbh (cm)	Hauteur du tronc (m)	Diamètre du houppier (m)
Village	$3,6 \pm 1,4$	$15,9 \pm 8,7$	$12,4 \pm 9,0$	$1,5 \pm 1,3$	$2,4 \pm 1,3$
Formations naturelles	$1,8 \pm 0,6$	$3,6 \pm 2,0$	$1,5 \pm 0,9$	$1,0 \pm 0,8$	$0,8 \pm 0,4$
<i>P</i>	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	0,008*	< 0,0001*

Test U de Mann-Whitney au seuil de 5 %. Les probabilités (*P*) avec un « * » traduisent une différence significative entre les deux moyennes sur la même colonne

Tableau VIII : Paramètres dendrométriques moyens des individus de *Crateva adansonii* concernés par l'étude de la productivité annuelle en biomasse foliaire à Tovor, Sud-Ouest du Burkina Faso.

Hauteur (m)	Diamètre à la base (cm)	Diamètre à 1,30 m (cm)	Hauteur du tronc (m)	Diamètre du houppier (m)
4,0	15,6	12,4	1,9	2,9

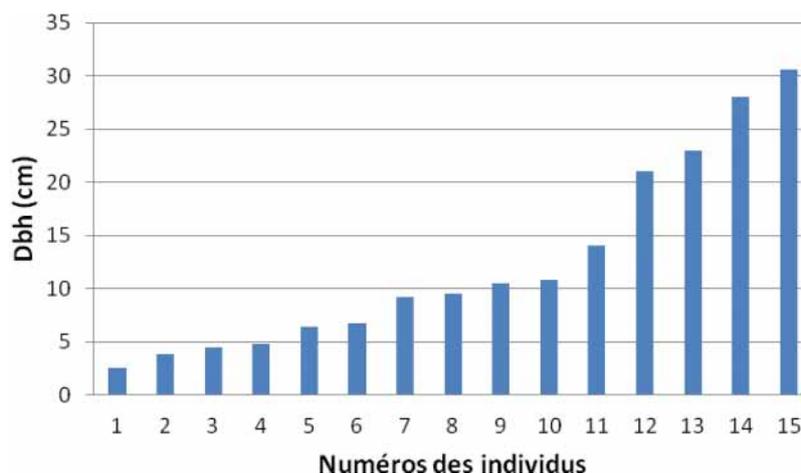


Figure 11 : Distribution des quinze individus de *C. adansonii* selon leur dbh.

4.3.2. Production en biomasse foliaire suivant le milieu

La quantité de biomasse foliaire fraîche récoltée sur les individus du terroir villageois ($4,16 \pm 5,6$ kg/plant) est significativement plus élevée ($P < 0,0001$) que celle issue des individus des formations naturelles ($0,3 \pm 0,3$ kg/plante) (Tableau IX). Cette quantité croit fortement avec le niveau des classes de dbh des individus. Cette distinction en classes de dbh n'a pu se faire que sur les individus du terroir villageois, ce qui ne permet pas une comparaison de la différence réelle entre individus de plusieurs classes appartenant aux deux milieux. L'étude a toutefois permis de quantifier la biomasse de l'espèce telle que ses populations se présentent dans les deux milieux (voir chapitre 3 pour plus de détails sur la structure de l'espèce).

La biomasse sèche des feuilles représente 10 % de la biomasse fraîche. Elle est de 0,03 kg (30 g) par individu dans les formations naturelles contre 0,42 kg (420 g) sur le terroir villageois.

Tableau IX : Biomasse foliaire (kg de matière fraîche) de *Crateva adansonii* en milieu naturel comparativement aux pieds plantés dans le terroir villageois de Tovor, Sud-Ouest du Burkina Faso.

Classe de dbh	Milieu naturel	Individus plantés	P
< 5 cm	0,3 ± 0,3	0,57 ± 0,40	0,005*
5-12 cm	-	2,18 ± 1,66	-
> 12 cm	-	8,38 ± 7,40	-
Toutes les classes	0,3 ± 0,3	4,16 ± 5,6	< 0,0001*

Test U de Mann-Whitney au seuil de 5 %. Les probabilités (P) avec un * traduisent une différence significative entre les deux moyennes sur la même ligne ; dbh : diamètre à 1,30 m.

4.3.3. Productivité en biomasse foliaire des individus plantés

4.3.3.1. Production annuelle et extrapolation

La quantification de la production de feuilles sur 12 mois a montré que *C. adansonii* a une capacité de synthèse de biomasse foliaire moyenne de 23,6 kg de matière fraîche soit 2,4 kg de matière sèche par individu et par an. Selon les paysans, les feuilles sont récoltées à un stade intermédiaire, c'est-à-dire ni trop jeunes et ni trop vieilles car elles présentent à ce moment là les meilleures qualités organoleptiques. Toujours selon les paysans, la plante peut être exploitée sur une période de 30 ans minimum. En extrapolant la productivité moyenne annuelle sur cette période, on obtient une quantité de 708 kg de biomasse fraîche ou 70,8 kg de biomasse sèche par individu.

4.3.3.2. Cycle de production

Les proportions de quantités récoltées chaque mois sont représentées sur la figure 12. La production annuelle totale se scinde en deux entre les périodes février-juillet et août-janvier. Le semestre allant de novembre à avril est celui au cours duquel la récolte est la plus faible (27 % de la production annuelle). Février est le mois où la récolte est la plus faible. A l'opposé, le mois de septembre enregistre à lui seul près du quart de toute la production annuelle. Chaque individu a été récolté 8 fois en moyenne dans l'année, soit tous les 45 jours. Le temps d'attente entre deux récoltes est plus long au cours du trimestre février-mars-avril et le mois de septembre (Figure 13).

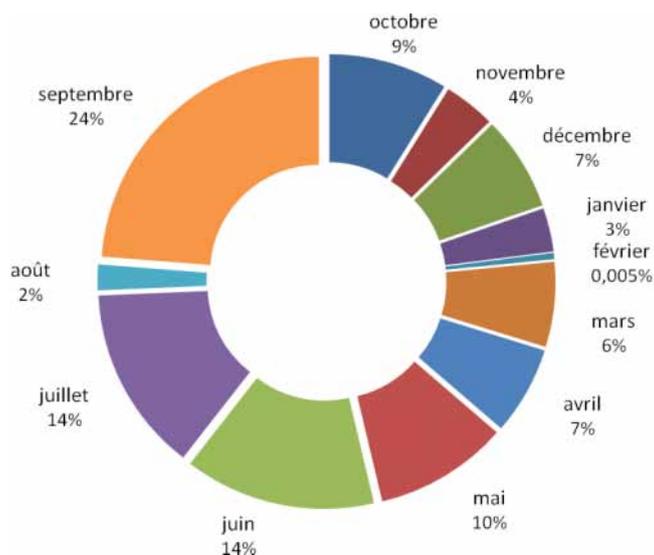


Figure 12 : Pourcentage de biomasse foliaire de *Crateva adansonii* récoltée par mois à Tovor.

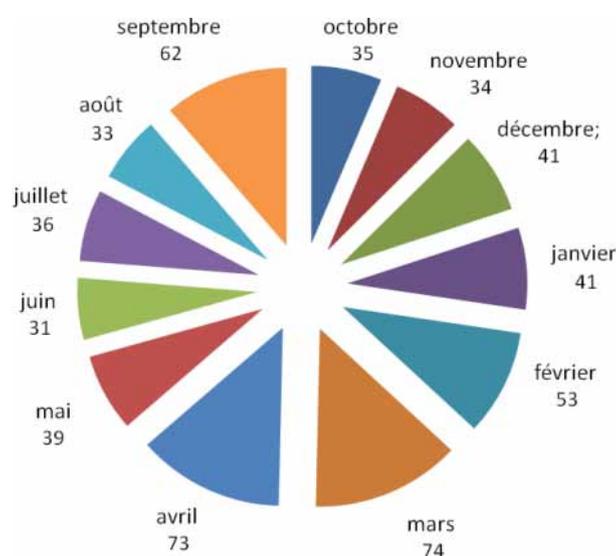


Figure 13 : Nombre moyen de jours entre la dernière récolte et la récolte effectuée dans le mois considéré. « Octobre 35 » signifie qu'il s'est écoulé 35 jours entre la dernière récolte et celle d'octobre pour les individus qui ont effectivement été émondés dans ce mois.

4.4. Discussion

Les services d'approvisionnement des écosystèmes, plus particulièrement la nourriture, comme les feuilles de *C. adansonii*, sont les plus connus et les plus cités dans la littérature (Millennium Ecosystem Assessment, 2003 ; Le Réseau Africain d'Ethnobotanique, 2000). Fournir des données précises sur la disponibilité ou les potentialités de production des cultures, des plantations et des espèces sauvages est crucial pour une bonne planification de la gestion de la sécurité alimentaire.

Ce travail a permis d'aboutir à des résultats sur les quantités de biomasse foliaire effectivement produites par *C. adansonii* et exploitées annuellement par la population. Les individus plantés produisent nettement des quantités supérieures à celles produites par les pieds du milieu naturel. L'absence d'individus adultes en milieu naturel n'a pas permis de faire les comparaisons par classes de dbh entre les deux milieux. Néanmoins, une différence significative est observée pour les individus de moins de 5 cm appartenant aux deux milieux. Comme le soulignent Picard *et al.* (2012), à hauteur, diamètre et âge égaux, les plantes des peuplements ouverts (comme c'est le cas ici pour les individus des parcs agroforestiers) produisent plus de feuilles que celles des peuplements denses. Cette faiblesse de la production des feuilles des jeunes pieds des écosystèmes naturels peut contribuer à expliquer la décision des populations de planter l'espèce dans les parcs agroforestiers. Une nette différence de la productivité est par exemple observée chez le karité en peuplement naturel et en parc agroforestier (Lamien, 2006). Des facteurs tels que la réduction du pâturage et des feux, les opérations agricoles et la réduction de la concurrence entre les plantes expliquent cette différence de performance du niveau de développement végétatif (Lamien, 2006) qui est aussi directement lié à la quantité de biomasse foliaire produite.

Le taux de matière sèche des feuilles trouvé dans notre étude (10 %) diffère d'avec celui d'Oliver-Bever (1986) (25 %) rapportée par Nacoulma-Ouédraogo (1996). Un tel écart de composition peut s'expliquer, soit par les stades de maturité des feuilles utilisées dans les deux études, ou soit par la présence d'éventuels écotypes au sein de l'espèce.

Des équations allométriques reliant les caractères morphologiques des individus pouvaient être réalisées, mais nous avons manqué d'individus matures n'ayant pas été exploités. Les individus plantés ont des branches continuellement émondées, ce qui modifie les paramètres tels que la hauteur et la largeur du houppier.

Les récoltes successives stimulent la production de biomasse foliaire. Les quantités de biomasse foliaire récoltées croissent à partir du mois de mai, avant de commencer à chuter à partir d'octobre, exception faite du mois d'août. Cela suggère que la production de feuilles va de pair avec la quantité d'eau de pluies reçues au cours des mois.

Le cas exceptionnel du mois d'août nous amène à nous interroger. Le fait de récolter tous les sujets en juillet 2012 influe-t-il sur le cycle observé surtout la faible quantité de feuilles récoltées en août 2013 ? Ou s'agit-il d'un mois où les travaux champêtres empêchent les producteurs de récolter les feuilles par manque de temps ? Un suivi sur plusieurs cycles annuels permettra de mieux trancher sur ce cas et au-delà, de noter la variabilité inter-saisonnière des quantités mensuelles de biomasse produites et/ou récoltées.

4.5. Conclusion

La quantification de la biomasse des feuilles de *C. adansonii* a permis de donner des valeurs chiffrées à ce bien de source écosystémique que la plante procure à la population. Les individus présents dans les écosystèmes naturels, du fait de plusieurs facteurs, produisent une biomasse foliaire nettement moins importante que ceux des parcs agroforestiers. Les individus plantés ont une capacité de biosynthèse assez élevée qui permet la récolte des feuilles huit fois en moyenne dans l'année, procurant ainsi une source de nourriture plus régulière aux populations locales. Les données issues de cette étude peuvent servir de base pour promouvoir d'une part, la plantation et l'entretien de cette espèce chez d'autres paysans, et d'autre part, une plantation et une exploitation commerciale de cette espèce. Des études similaires devront être envisagées pour la plupart des espèces sauvages très recherchées en vue de mieux planifier la gestion et l'exploitation durable des ressources forestières. Des aspects tels que la prise en compte de la variabilité inter-saisonnière de la pluviosité, du type de sol ou des modes d'élagage qui influenceraient la quantité de biomasse produite sont des axes de recherche à explorer.

Chapitre 5. La description du système racinaire peut-elle contribuer à l'utilisation durable et à une meilleure conservation ? Une étude de cas au Burkina Faso¹

5.1. Introduction

La surexploitation des ressources forestières a conduit à un nombre croissant d'études sur les impacts écologiques de la récolte des produits forestiers (Gaoue et Ticktin, 2007). Plus particulièrement, les racines sont partout récoltées pour être utilisées dans la médecine traditionnelle. Cette pratique engendre des dommages importants pour les plantes et peut éventuellement engendrer leur mort (Tabuti *et al.*, 2003 ; Ticktin, 2004 ; Tabuti, 2007). Une utilisation durable des racines requière une bonne connaissance de l'architecture du système racinaire des plantes. Ce travail s'est proposé d'étudier la biomasse et la distribution du système racinaire de *S. latifolius*, une plante très utilisée en médecine traditionnelle (Asase et Oteng-Yeboah, 2012 ; Yinusa *et al.*, 2012). Les plantes médicinales sont très utiles parce qu'elles contribuent aux soins de santé des populations en fournissant une source gratuite et accessible de médicaments (Stangeland *et al.*, 2011). Le déclin rapide des plantes nécessite donc leur conservation *ex-situ* et *in-situ* (Shinwari et Gilani, 2003).

L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'utilisation durable et à une meilleure conservation de cette importante espèce à travers une bonne description de son système racinaire. Les objectifs spécifiques ont été traités à travers des questions de recherches comme le préconise Cox (2007).

L'architecture du système racinaire a une influence directe sur les fonctions des racines (Jourdan *et al.*, 2000). Un système racinaire bien adapté aux conditions du milieu permet à la plante de surmonter les périodes difficiles de manque d'eau et de nutriments (Malamy, 2005). Une caractérisation correcte de la diversité des systèmes racinaires est nécessaire pour la prédiction des changements dans la distribution des espèces dans le contexte des changements globaux, et pour la recherche du rôle des racines dans le cycle du carbone (Bodner *et al.*, 2013). En outre, le système racinaire peut être utilisé comme un modèle dans les études sur la plasticité développementale (Malamy, 2005). Le système racinaire de *S. latifolius* a été décrit dans la zone soudano-guinéenne du Bénin (Goussanou *et al.*, 2013), mais la recherche sur les systèmes racinaires réserve des surprises, de telle sorte

¹ Ce chapitre a été publié dans la revue *Qscience Connect* et est disponible sur : <http://dx.doi.org/10.5339/connect.2015.3>

que chaque plante et chaque situation méritent d'être individuellement examinées (McCully, 1995). Ainsi donc, la première question de recherche à la quelle nous avons voulu répondre était la suivante : Comment se présente l'architecture du système racinaire de *S. latifolius* dans la zone soudanienne du Burkina Faso ?

Parmi ses différents organes, la racine de *S. latifolius* est la plus utilisée par la population. Par exemple, dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso, ses racines sont utilisées pour traiter les maux de ventre, le paludisme et la hernie (Kaboré *et al.*, 2014 ou voir le chapitre 7). L'espèce possède diverses propriétés médicinales (Benoit-Vical *et al.*, 1998 ; Amos *et al.*, 2005 ; Iwueke et Nwodo, 2008; Yesufu *et al.*, 2010; Yinusa *et al.*, 2012). Un analgésique de synthèse appelé *Tramadol* a été retrouvé dans l'écorce de la racine de la plante. C'est le premier cas rapporté de la présence d'un médicament de synthèse présent avec une concentration cliniquement suffisante dans une plante (Boumendjel *et al.*, 2013). Des pratiques appropriées de déterrement et de récolte optimale des racines sont nécessaires pour une utilisation durable de l'espèce (Goussanou *et al.*, 2013). En outre, il a été prouvé que la pluviosité est une importante variable climatique pour la densité des grands arbres et la biomasse aérienne à l'échelle globale (Slik *et al.*, 2013). Cela peut se vérifier aussi pour la biomasse racinaire des petits arbres, parce que la densité de la biomasse racinaire, la latitude et l'âge des plantes sont les prédicateurs majeurs de l'allocation de la biomasse des racines (Cairns *et al.*, 1997). Ainsi donc, la biomasse racinaire de *S. latifolius* pourrait significativement différer selon la zone climatique. C'est pourquoi nous avons formulé la seconde question de recherche comme suit : Quelle est la quantité de biomasse produite par l'espèce dans la zone soudanienne du Burkina Faso ?

Plusieurs méthodes (destructives, semi-destructives ou non destructives) sont utilisées pour déterminer la biomasse des arbres. A l'échelle d'une forêt, un modèle basé sur la physiologie des plantes appelé 3-PG (*Physiological principles for predicting growth*) a été utilisé comme une méthode non destructive pour estimer la biomasse aérienne (Budiharta *et al.*, 2014). L'excavation de mottes de racines, l'excavation complète de toutes les racines et le prélèvement de carottes de terre pour les grosses racines sont des méthodes utilisées pour estimer la biomasse racinaire (Resh *et al.*, 2003). Les techniques du carottage par la tarière, du monolithe, et de la demi-tranche de Voronoi sont des méthodes semi-destructives déjà expérimentées dans l'estimation de la biomasse racinaire (Levillain *et al.*, 2011). Les chercheurs devront mettre l'accent sur le développement et l'utilisation des approches semi-destructives pour étudier la biomasse racinaire. C'est pourquoi, la troisième question de recherche que nous avons cherché à traiter était formulée comme suit : Peut-on utiliser une

méthode semi-destructive pour établir des équations allométriques qui lient la biomasse racinaire et les paramètres dendrométriques de l'espèce ?

La méthode utilisée dans cette étude permet d'excaver et de suivre les racines autour du tronc sans détruire l'entièreté de la plante. La masse sèche des racines a servi à construire une équation allométrique à travers une régression utilisant les paramètres dendrométriques. La description de l'architecture racinaire peut aider à conseiller les gens sur les bonnes pratiques de récolte qui minimisent la destruction des plantes. Si les producteurs optent pour une plantation de l'espèce, ils devront être informés de la structure de l'architecture racinaire, ce qui les aidera à mettre en place une distance optimale entre les plantes. Etant donné que l'espèce produit naturellement un important médicament, l'équation allométrique peut être utilisée pour prédire la quantité de biomasse racinaire dans une exploitation commerciale de l'espèce en plantation.

5.2. Matériels et méthodes

5.2.1. Site d'étude

L'étude a été conduite dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso (Figure 14) dont la présentation détaillée a été faite au chapitre 2. Le climat est de type sud-soudanien avec deux saisons ; une pluvieuse de juin à septembre et une sèche d'octobre à mai. Les hauteurs d'eau annuelles varient entre 900 mm et 1000 mm. Les températures annuelles moyennes se situent entre 20°C et 34°C. Le principal type de végétation est la savane arbustive. *Vitellaria paradoxa*, *Combretum collinum*, *Sarcocephalus latifolius* et *Terminalia macroptera* sont parmi les principales espèces de la région. Les sols sont argilo-sableux et sont bien drainés sur les sites d'étude.



Figure 14. Carte de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso avec les sites d'étude.

5.2.2. Collecte des données

Le travail de terrain a été conduit au cours des mois de septembre 2012 et octobre 2014. Quarante individus de *S. latifolius* ont été sélectionnés de manière aléatoire parmi les sujets ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dbh) ≥ 5 cm et n'ayant aucune branche ou racine déjà coupée. Les plantes ont été sélectionnées dans trois sites : Tiankoura (n = 10), Bonko (n = 15) et Boussera (n = 15) (Figure 14). Pour éviter de confondre les racines de deux individus voisins, les individus sélectionnés étaient distants les uns les autres d'au moins 50 m. La hauteur, la circonférence à la base du tronc et à hauteur de poitrine, et les diamètres du houppier ont été mesurés. La protection de la plante était un critère central qui a guidé la conception et l'exécution du travail de terrain.

Pour ce faire, le système racinaire a été étudié grâce à une méthode semi-destructive qui a consisté à creuser et à récolter uniquement le quart des racines. Notre approche est similaire à celle de la méthode de la tranche complète de Voronoi (Levillain *et al.*, 2011). Chaque plante était considérée comme étant au centre de deux cercles concentriques : le premier avec un rayon de 4 m, et le second avec un rayon qui est égal à la longueur de la plus longue racine. Le premier cercle était divisé en quatre quarts et un des quarts de cercle était choisi de façon aléatoire pour l'excavation.

La profondeur de l'excavation était de 100 cm. Toutes les racines trouvées dans ce volume de terre ont été déterrées, mais uniquement dans l'espace délimité par les rayons du quadrant précédent. Les racines latérales ont été coupées. La longueur des racines, la distance entre la fin de la racine et le tronc, la profondeur d'enracinement et leur masse fraîche ont été mesurées. La direction de croissance et le lieu où les racines ont été trouvées dans le sol ont été décrits et notés. Les fosses ont été immédiatement rebouchées si tôt l'étude achevée, afin d'éviter de trop endommager ou de tuer la plante après l'étude. Afin de réaliser une figure schématique complète de l'architecture du système racinaire, toutes les racines d'un individu ont été déterrées à cet effet. Pour la détermination du taux de matière sèche (MS), un échantillon de 2000 g de racine fraîche a été prélevé et séché au laboratoire à l'air libre (environ 25°C) pendant deux mois avant d'être séché à l'étuve à 75°C pendant 72 h.

5.2.3. Analyse des données

L'analyse des données a suivi plusieurs étapes afin d'éviter les erreurs statistiques. Pour ce faire, nous avons d'abord testé l'autocorrélation spatiale, aussi appelée synchronie spatiale (*spatial synchrony*) (Koenig, 1999), parce que des données autocorrélées peuvent violer l'indépendance des procédures statistiques (Eisenlohr, 2014). Pour éviter les erreurs de type I, un partitionnement de la variance a été effectué en utilisant un script approprié développé par Eisenlohr (2014) dans R. Cette analyse a montré que les données collectées ne sont pas autocorrélées. Deux variables, le diamètre du houppier et la hauteur ont été sélectionnés suivant la méthode de Blanchet *et al.* (2008). Pour être valides, les modèles linéaires multiples doivent satisfaire aux conditions suivantes : la normalité des résidus, l'homogénéité des variances, la linéarité, la non-colinéarité, la stationnarité et l'indépendance des observations (Eisenlohr, 2014). Pour effectuer l'analyse de régression, les données aberrantes ont d'abord été extraites suivant le protocole décrit par Zuur *et al.* (2010). Puis, les tests de Shapiro-Wilk, de Breusch-Pagan studentisé, de Durbin-Watson, de Reset et une analyse de variance ont été effectués afin de tester respectivement la normalité des résidus, l'homogénéité des résidus, l'indépendance, la non-colinéarité et la significativité globale du modèle.

Différents modèles ont été testés, mais seul le modèle suivant a satisfait à toutes les conditions listées plus haut :

$$\sqrt{MS} = a + b_1 \times CD + b_2 \times H$$

MS est la masse sèche totale (la biomasse racinaire récoltée dans le quart de cercle était considérée comme étant 25 % de la biomasse racinaire totale du système racinaire de la plante), CD est le diamètre du houppier, H est la hauteur, a est l'intercepte et b_1 et b_2 sont les coefficients.

La grande majorité des individus (80 %) échantillonnés avait plus d'une tige. La moyenne quadratique a été utilisée pour calculer la circonférence moyenne à la base du tronc et à hauteur de poitrine. Le logiciel R 3.1.2 (The R Foundation for Statistical Computing, 2014) a servi à l'analyse des données.

5.3. Résultats

5.3.1. Architecture du système racinaire

Les figures 15 et 16 montrent l'architecture du système racinaire de *S. latifolius* dans la zone soudanienne du Burkina Faso. Les racines latérales sont situées dans la couche superficielle du sol à une profondeur ne dépassant pas 100 cm. Elles sont pour la plupart situées entre 10 cm et 50 cm de profondeur. L'espèce possède une courte racine principale pivotante dont le diamètre se situe entre 4 cm et 7 cm, à une profondeur allant de 10 cm à 90 cm dans le sol. Après 100 cm de profondeur, le diamètre de la racine principale devient très faible. Les racines latérales ont généralement très peu de ramifications. A l'exception du rhizoderme qui est gris, les autres parties de la racine fraîche, du cortex jusqu'au cylindre central sont blanches, mais deviennent jaunes quelques minutes après exposition à l'air. Cette propriété aide et facilite la différenciation de la racine de *S. latifolius* avec celles des autres espèces. Pour un individu de grande taille, les racines sont trouvées jusqu'à une distance de 20 m du tronc. La longueur moyenne des racines latérales est de $11,2 \pm 7,4$ m. Il y a $8 \pm 4,5$ racines latérales principales par plante.

Les racines ont la particularité de croître en direction d'autres espèces (Figure 15 et Photo 5). Elles ont été retrouvées sous le tronc de 27 espèces appartenant à 5 familles, 7 genres et 5 types biologiques (Tableau X). Ces espèces sont des phanérophytes à l'exception de trois d'entre elles (*Cochlospermum planchonii* Hook. f. ex Planch., *Andropogon gayanus*

Kunth et *Flueggea virosa* (Roxl. ex Willd.) Voigt). La racine croit vers une espèce, traverse son système racinaire et se dirige vers d'autres individus de la même espèce ou d'une autre espèce mais elle ne forme pas de lien anatomique avec les racines des plantes traversées. Nous avons trouvé cette particularité de la croissance des racines chez tous les individus échantillonnés. La racine ne rejoint pas fortuitement les pieds des autres espèces. La direction initiale de la croissance de la racine est effectivement déviée quand ces espèces sont situées à 2-3 m de la racine (Figure 15).

Tableau X : Espèces sous lesquelles les racines de *Sarcocephalus latifolius* ont été retrouvées dans la région du Sud-Ouest du Burkina avec leur fréquence, leur famille et leur type biologique.

Espèce	Fréq. (%)	Famille	Type biologique
<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	12,6	<i>Sapotaceae</i>	Me
<i>Daniella oliveri</i> (R.) Hutch. & Dalz.	10,5	<i>Caesalpiniaceae</i>	Me
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	8,4	<i>Combretaceae</i>	Na
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	7,4	<i>Poaceae</i>	He
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	6,3	<i>Annonaceae</i>	Na
<i>Cochlospermum planchonii</i> Hook. f. ex Planch.	6,3	<i>Cochlospermaceae</i>	Ge
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	5,3	<i>Combretaceae</i>	Me
<i>Acacia dudgeoni</i> Craib.	4,2	<i>Mimosaceae</i>	Me
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	4,2	<i>Rubiaceae</i>	Na
<i>Prosopis africana</i> Taub.	4,2	<i>Mimosaceae</i>	Na
<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. ex Bak.) van Meeuwen	3,2	<i>Fabaceae</i>	Me
<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. et Diels.	3,2	<i>Combretaceae</i>	Me
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	3,2	<i>Combretaceae</i>	Me
<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	3,2	<i>Combretaceae</i>	Me
<i>Acacia seyal</i> Del.	2,1	<i>Mimosaceae</i>	Me
<i>Combretum adenogonium</i> Stend. ex A. Rich.	2,1	<i>Combretaceae</i>	Me
<i>Gardenia ternifolia</i> Schumach.	2,1	<i>Rubiaceae</i>	Na
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redhead	2,1	<i>Caesalpiniaceae</i>	Me
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	1,1	<i>Caesalpiniaceae</i>	Me

Fréq. : Fréquence ; Ge : Géophyte ; Ch : Chaméphyte ; He : Hémicryptophyte ; Na : Nanophanérophyte ; Me : Mesophanérophyte.

Tableau X (suite)

Espèce	Fréq. (%)	Famille	Type biologique
<i>Combretum fragans</i> F. Hoffm.	1,1	Combretaceae	Me
<i>Dichrostachys cinerea</i> L.Wight & Arn.	1,1	Mimosaceae	Na
<i>Flueggea virosa</i> (Roxl. ex Willd.) Voigt	1,1	Euphorbiaceae	Ch
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	1,1	Hymenocardiaceae	Me
<i>Mitragyna inermis</i> (Wild.) Kuntze.	1,1	Rubiaceae	Me
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	1,1	Mimosaceae	Na
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	1,1	Fabaceae	Me
<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	1,1	Combretaceae	Me

Fréq. : Fréquence ; Ge : Géophyte ; Ch : Chaméphyte ; He : Hémicryptophyte ; Na : Nanophanérophyte ; Me : Mesophanérophyte.

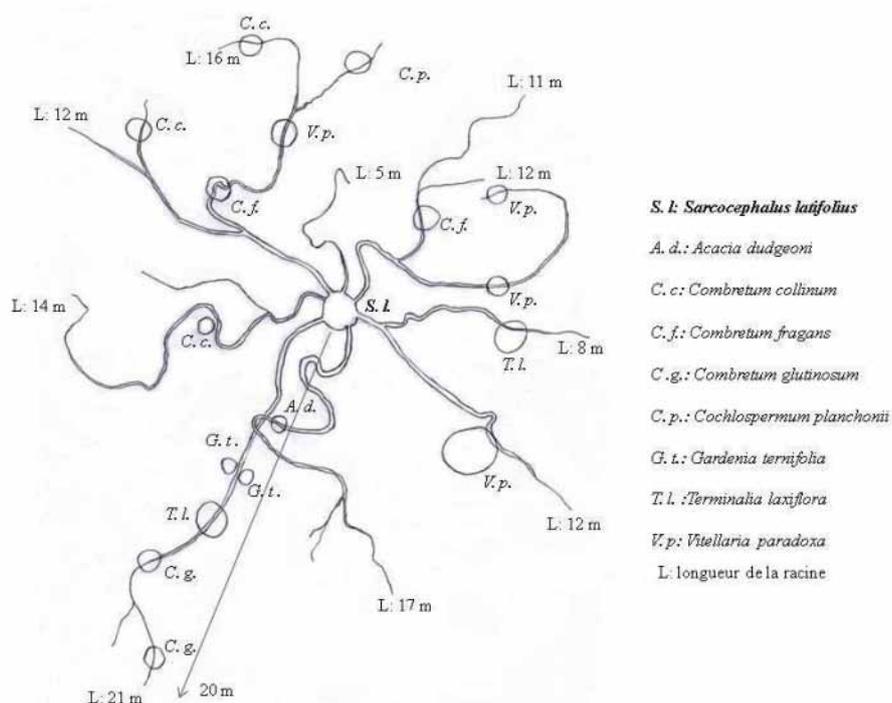


Figure 15. Schéma radial de l'architecture arborescente du système racinaire de *Sarcocephalus latifolius*.

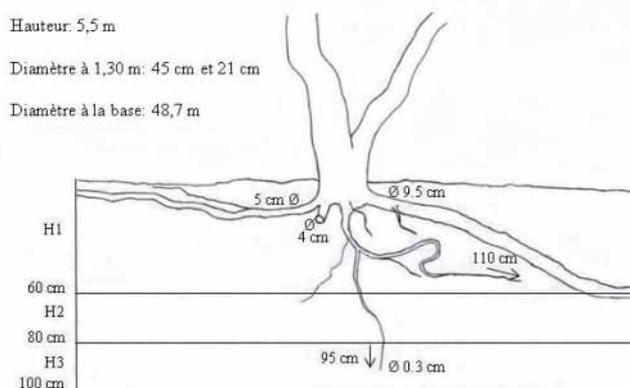


Figure 16. Schéma de l'architecture du système racinaire de *Sarcocephalus latifolius* dans le sol.



Photo 5 : Racine de *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E. A. Bruce déviée vers un individu de *Cochlospermum planchonii* Hook. f. ex Planch.

5.3.2. Productivité de la biomasse racinaire et modèle de prédiction

La valeur moyenne de biomasse fraîche des racines est de $43,01 \pm 48,90$ kg par plante. La biomasse sèche des racines (MS) représente 28,30 % de la biomasse fraîche. Cette MS moyenne par plante est égale à $12,20 \pm 13,90$ kg. Les valeurs moyennes des paramètres dendrométriques des plantes échantillonnées étaient de $4,04 \pm 1,59$ m pour la hauteur, $5,08 \pm 2,10$ m pour le diamètre du houppier, $65,40 \pm 40,10$ cm pour la circonférence à la base et $45,93 \pm 29,31$ pour la circonférence à hauteur de poitrine. La méthode semi-destructive

utilisée pour récolter les racines a permis de développer le modèle allométrique suivant utilisant la biomasse racinaire, le diamètre du houppier et la hauteur. Les paramètres de sortie du modèle sont donnés dans le tableau XI. Un suivi pendant deux ans des individus étudiés a montré que leur mortalité reste relativement assez faible (13 %).

$$MS \text{ (kg)} = [-1,3446 + 0,3046 \times DH \text{ (m)} + 0,6991 \times H \text{ (m)}]^2$$

Avec MS : biomasse racinaire sèche, DH : diamètre du houppier, H : hauteur.

Tableau XI : Paramètres statistiques issus du modèle allométrique liant la biomasse racinaire sèche, le diamètre du houppier (DH) et la hauteur (H) de *Sarcocephalus latifolius* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

<i>VIF</i>	<i>R²ajst</i>	<i>dl</i>	Paramètres	<i>t</i>	<i>P</i> (> <i>t</i>)	<i>F</i>	<i>P</i> (> <i>F</i>)
			DH	2,47	0,0189*	69,08	1,337e ^{-09***}
2,06	0,72	34	H	4,62	5,65e ^{-05***}	21,33	5,655e ^{-05***}
			Intercept	- 2,76	0,0094**		

VIF : variance inflation factor ou facteur d'inflation de la variance ; *R²ajst* : carré du coefficient de détermination ajusté ; *dl* : degré de liberté ; *t* : t de Student ; *P* : probabilité
Niveaux de significativité : 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*'

5.4. Discussion

Le présent travail a développé des connaissances sur différents aspects de l'architecture des racines de *S. latifolius*. Les racines latérales ont peu de ramifications, mais elles sont plastiques avec un développement centrifuge (Goussanou *et al.*, 2013). La longueur racinaire trouvée dans cette étude et celle rapporté du Bénin (Goussanou *et al.*, 2013) sont significativement différentes ($11,20 \pm 7,40$ m vs $1,05 \pm 0,17$ cm). Cette différence peut s'expliquer par deux raisons : Premièrement, les plantes échantillonnées au Bénin, en incluant celle avec un dbh ≥ 5 cm, étaient plus petites que celles de la présente étude ; deuxièmement, les deux sites d'étude ont des conditions climatiques distinctes (climat soudanien vs. climat soudano-guinéen). La différence de climat peut expliquer l'altération des traits morphologiques de l'espèce entre les deux pays. De ce fait, cette étude mérite d'être répétée dans un autre type de climat afin de rechercher de probables différences d'architecture et de biomasse racinaire.

Par contre, les profondeurs d'insertion des racines sont similaires dans les deux études. Les racines latérales sont concentrées dans l'horizon superficiel du sol entre 10 cm et 50 cm.

Ce résultat corrobore des études antérieures dans la majorité des écosystèmes (Jackson *et al.*, 1996). Toutefois, la description de l'orientation de la croissance des racines en réponse à des facteurs externes est généralement décrite *ex situ* comme cela est le cas de la plante modèle *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Kobayashi *et al.*, 2007). Cette étude a clairement permis de montrer que la racine de *S. latifolius* possède une croissance singulière se faisant en direction des autres espèces. Une étude sur *Acer rubrum* L. a démontré que les racines se redressent et reprennent leur direction initiale lorsqu'elles sont déviées par une barrière (Wilson, 1967). Contrairement à cette propriété, la racine de *S. latifolius*, après avoir rencontré une plante dans sa croissance, dévie vers une autre plante et ne reprend donc pas sa direction initiale. Ce résultat suggère que la direction de croissance racinaire est sous l'influence d'un stimulus lié à la présence des espèces compagnes. Il est connu que les racines réagissent à de nombreux stimulus de leur environnement comme la gravité, la lumière et l'humidité (Miyazawa *et al.*, 2011). Une augmentation de la fertilité du sol sous les plantes pourrait probablement expliquer ce modèle de croissance racinaire (Malamy, 2005). La croissance des plantes est un programme de développement fonctionnant comme une adaptation aux déficits hydrique, minéral ou en substances organiques et au vieillissement (Shishkova, 2008).

Les racines de *S. latifolius* ont été retrouvées sous plusieurs familles, genres et types biologiques de plantes. Ce résultat suggère que le mécanisme de la croissance racinaire n'est pas sous l'influence d'une espèce donnée mais traduit une stratégie de recherche de nutriments. En effet, la liste des espèces rapportées sous lesquelles la racine de la plante est retrouvée n'est pas limitée car *S. latifolius* vit en association avec de nombreuses autres espèces dans d'autres écosystèmes. A notre connaissance, cette particularité de croissance racinaire n'est pas encore publiée dans la littérature scientifique. Comme l'a si bien souligné Shishkova (2008), le mécanisme de la croissance racinaire dans le développement des plantes vasculaires reste un domaine peu connu. Des études plus approfondies sont nécessaires pour comprendre cette singularité de croissance des racines de *S. latifolius*, et identifier les nutriments particulièrement recherchés.

Pour récolter les racines, les gens coupent soit une partie des racines latérales, soit déterrent complètement tout le système racinaire en n'épargnant pas le tronc de la plante. Ces pratiques ne sont pas convenables pour une durabilité de la ressource, étant donné que comme la racine latérale est assez longue, une quantité non négligeable de biomasse est perdue quand les racines sont coupées tout près du tronc.

Il n'a pas été possible d'établir un lien entre les circonférences (ou diamètres) à la base et à hauteur de poitrine et la biomasse racinaire dans la présente étude, parce que l'espèce

possède de multiples tiges. L'équation allométrique établit ici est un outil pratique et semi-destructif d'estimation de la biomasse racinaire. Le diamètre du houppier et la hauteur utilisés dans cette étude pour prédire la biomasse des racines sont des paramètres communément mesurés lors des inventaires floristiques. Ainsi donc, il sera possible d'estimer la quantité totale de biomasse racinaire de *S. latifolius* dans un écosystème donné, si ces paramètres et la densité de l'espèce sont connus. Comme la racine de la plante produit naturellement un médicament de synthèse (Boumendjel *et al.*, 2013), quantifier sa biomasse peut servir d'outil pour l'évaluation économique de cette importante espèce. Il n'est pas possible de comparer le modèle développé dans la présente étude avec celles de Goussanou *et al.* (2013) parce que les paramètres utilisés dans les deux cas et les traits morphologiques des plantes échantillonnées diffèrent.

La méthode semi-destructive proposée dans la présente étude est bien adaptée pour l'estimation de la biomasse racinaire des arbres dans leur milieu naturel comparativement à la méthode de la tranche complète de Voronoi (Levillain *et al.*, 2011). Nos résultats peuvent contribuer, avec les autres données disponibles sur la plante, à envisager la plantation commerciale de l'espèce. Le taux de mortalité trouvé deux ans après l'étude est assez faible et est donc encourageant. Toutefois, les individus étudiés devront être suivis sur plusieurs années afin de mieux évaluer les impacts écologiques de la méthode semi-destructive de récolte des racines décrite ici.

5.5. Conclusion

Cette étude a décrit l'architecture racinaire, évalué et prédit la quantité de biomasse racinaire produite par *S. latifolius* dans la zone soudanienne du Burkina Faso. Comme utilisation pratique de cette étude, nous proposons, pour ceux qui utilisent la plante pour se soigner, de chercher sa racine à 10 m entre le tronc d'un individu mature de *S. latifolius* et une autre espèce située dans les environs, au lieu de couper les racines tout près du tronc de la plante. Ainsi donc, seule la fin de la racine doit être coupée. La méthode semi destructive décrite dans ce travail peut servir pour l'étude des systèmes racinaires des arbres et arbustes. Nous espérons que *S. latifolius* servira de matériel biologique pour l'étude de la physiologie des racines à l'instar de *Arabidopsis thaliana*. Finalement, ce domaine a besoin d'être approfondi afin de mieux renseigner sur le fonctionnement des racines, étant donné qu'elles jouent un rôle primordial dans l'équilibre des écosystèmes.

TROISIEME PARTIE :

**SERVICES ECOSYSTEMIQUES DES ESPECES
VEGETALES ETUDIEES**

Chapitre 6 : Utilisations et services écosystémiques de *Crateva adansonii* D.C.

6.1. Introduction

Dans de nombreux pays à travers le monde, les ressources forestières telles que les feuilles, les fruits et le bois jouent un rôle prépondérant dans la satisfaction des besoins vitaux comme la nourriture, la santé, le logement et l'expression culturelle (Millennium Ecosystem Assessment, 2003 ; Heubes *et al.*, 2013 ; Ouédraogo *et al.*, 2014 ; Zizka *et al.*, 2015). Dans chaque société, les hommes ont toujours cherché dans les écosystèmes de leur environnement, les meilleures espèces qui fournissent tel ou tel bien écosystémique et ont développé de ce fait un ensemble de connaissances y relatives.

De telles connaissances sont de nos jours en déperdition à cause de plusieurs facteurs comme la modernité et l'abandon de certaines pratiques culturelles et de certains modes de vies traditionnelles. Il est plus que jamais nécessaire pour les chercheurs, de repartir aux sources afin de documenter ces savoirs qui, sans nulle doute, sont les plus adaptés à nos milieux de vie car ayant été forgées au fil des siècles par les populations locales.

Crateva adansonii fait partie du millier de plantes utilisées par les populations au Burkina Faso (Zizka *et al.*, 2015). Elle est une espèce alimentaire très bien connue dans la région du Sud-Ouest. Des informations parcellaires sur les usages de la plante ont été rapportées par plusieurs auteurs (Nacoulma-Ouédraogo, 1996 ; Lompo-Ouédraogo, 2003 ; Da, 2009 ; Zizka *et al.*, 2015) mais une étude focalisée uniquement sur cette plante n'a pas encore été effectuée. En outre, peu d'études se sont d'ailleurs intéressées aux différences de connaissances ethnobotaniques des groupes ethniques et à la variabilité de ces connaissances entre les localités (Bognounou, 2009).

C'est pourquoi nous avons conduit une étude ethnobotanique afin de documenter et d'analyser les services fournis par cette plante. Les principales ethnies impliquées dans l'étude sont les Dagara, les Lobi et les Birifor. L'ethnobotanique se définit comme étant les liens et les interactions naturelles et traditionnelles entre l'Homme et les plantes tissés depuis très longtemps par nécessité, intuition, observation et expérimentation (Sharma et Kumar, 2012).

En outre, face à la réduction des services écosystémiques, nous avons étudié les stratégies d'adaptation des populations locales à travers les possibilités de substitution des espèces. Le volet substituts des plantes a été peu abordé dans les études traitant des

utilisations des plantes. Cependant, pour pallier la rarefaction de certaines espèces, des études ont montré que les populations optent, soit pour un remplacement d'une plante par une autre (Monteiro *et al.*, 2006), soit pour l'utilisation d'une partie d'une plante à la place d'une autre partie de la même plante (Zschocke *et al.*, 2000). Cette stratégie s'avère être une bonne approche pour la conservation des espèces.

Les objectifs de cette étude sont d'étudier les biens et les services fournis par la plante aux populations de la région du Sud-Ouest, et de déterminer les substituts à ses feuilles. Nous avons analysé les utilisations de l'espèce suivant les localités et les groupes ethniques et rangé les usages suivant une typologie qui fait ressortir les grands groupes de services écosystémiques que les populations tirent de cette espèce. L'hypothèse principale était que les valeurs écosystémiques des systèmes forestiers sont estimables en biens et services produits aux bénéfices des populations locales.

6.2. Matériels et méthodes

6.2.1. Site d'étude

L'étude ethnobotanique a été conduite dans douze (12) villages appartenant aux quatre provinces de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso qui sont : Bougouriba, Ioba, Noubièl et Poni. Ces villages, situés pour la plupart autour des Réserves Totale et Partielle de Bontioli (RTPB) et de la Forêt Classée de Koulbi (FCK), sont : Balingnar, Bontioli, Diourao, Djikologo, Sibteon et Tovor pour les RTPB, Bonfateon Fadio, Gangalma, Mebar, Medicateon et Titenateon pour la FCK (Figure 17).

L'enquête sur les substituts des espèces a aussi été conduite au sein des trois groupes ethniques. Trois villages par groupe ethnique ont été choisis à cet effet. Ce sont : Bombara, Tioyo et Tinguera pour les Lobi, Djikoloko, Bontioli et Zambo pour les Dagara et Mezan, Titi et Tamipar pour les Birifor (Figure 17).

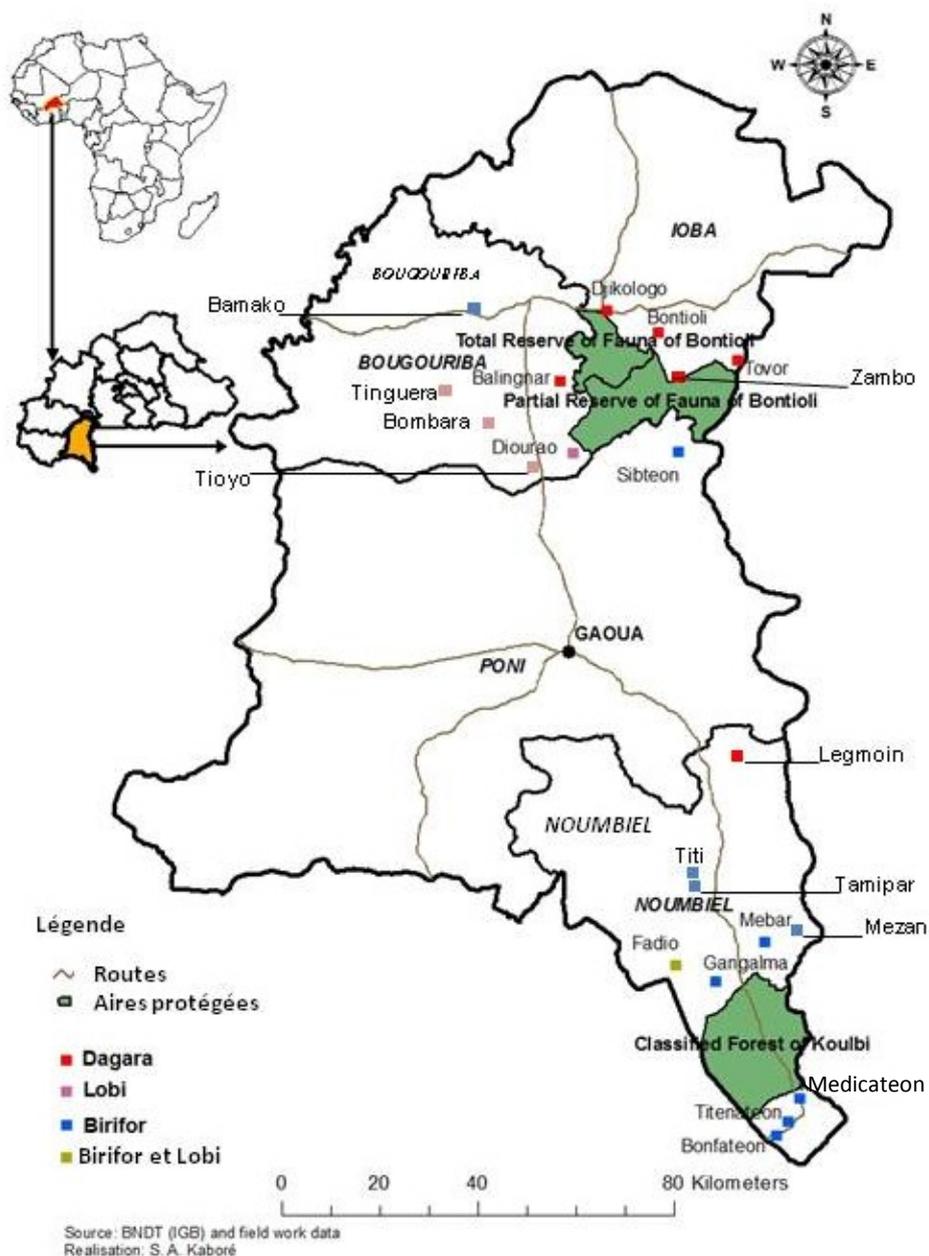


Figure 17 : Localisation des villages enquêtés.

6.2.2. Collecte et analyse des données

6.2.2.1. Etude ethnobotanique

L'étude a consisté à administrer un questionnaire semi-structuré auprès de 30 personnes dans chacun des douze (12) villages choisis, soit au total 360 enquêtés. L'enquête a été conduite au cours du mois de mai 2012. Le choix des enquêtés était aléatoire parmi les personnes consentantes à participer à l'étude.

Les questions ont été élaborées à l'issue d'une enquête préliminaire menée dans sept (7) villages qui sont Kamseo, Zambo, Gbogbozodoum (situés autour des Réserves de Bontioli), Téhini-Sud, Ponikinkeré, Donséré et Kpuéré (situés autour de la Forêt Classée de Koulbi). Un total de 70 personnes soit 10 par village ont participé à cette pré-enquête.

Le questionnaire utilisé dans la grande enquête était organisé autour de sept thèmes qui sont : l'alimentation, la médecine, l'artisanat, la construction, le bois-énergie, le fourrage et les rites, tradition et magie.

Trois indices ethnobotaniques ont été calculés (Tableau XII). Il s'agit de :

- ❖ l'indice de diversité de l'enquête (ID), qui mesure le nombre d'enquêtés utilisant l'espèce et la façon dont cette connaissance est distribuée parmi eux ;
- ❖ l'indice d'équitabilité de l'enquête (IE), qui mesure le degré d'homogénéité des connaissances des enquêtés ;
- ❖ la valeur consensuelle sur les types d'usages (CTU), qui indique le degré de concordance entre les enquêtés.

Ces indices ont déjà été utilisés par d'autres auteurs comme Schumann *et al.* (2012) ayant mené leur étude sur *Adansonia digitata* et Akouehou *et al.* (2012) dont les travaux ont concerné *Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg.

Tableau XII : Indices ethnobotaniques utilisés pour mesurer les connaissances sur les utilisations de *Crateva adansonii* parmi les populations de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Indice	Calcul	Référence
Indice de diversité de l'enquête (ID)	$ID = U_x / U_t$ Nombre d'utilisation de l'espèce rapporté par un enquêté (U_x) divisé par le nombre total d'utilisations (U_t)	Byg et Baslev (2001)
Indice d'équitabilité de l'enquête (IE)	$IE = ID / ID_{max}$ Valeur de l'indice de diversité de l'enquête (ID) divisée par la plus grande valeur de l'indice de diversité le plus élevée (ID_{max})	Byg et Baslev (2001)

Tableau XII (suite)

Indice	Calcul	Référence
Valeur consensuelle sur les types d'usages (CTU)	$CTU = (TU/U_i)/S$ Nombre de fois que l'usage est rapporté (TU) divisé par le nombre total d'usages (U_i). Cette valeur est ensuite divisée par les types d'usages classés par catégories (alimentation, médecine,...) (S)	Monteiro <i>et</i> <i>al.</i> (2006)

6.2.2.2. Enquête sur les substituts

Une pré-enquête sur les possibilités de substitution des biens fournis par ces trois espèces a d'abord été menée dans le village de Bamako (Sud-Ouest du Burkina Faso) auprès de 30 personnes (15 femmes et 15 hommes). L'objectif a été de voir la faisabilité de l'étude et de cerner les difficultés dans la formulation des questions. Un échantillon de 253 personnes dont 125 femmes et 128 hommes ont ensuite accepté de participer à l'enquête proprement dite. Les enquêtés ont été individuellement questionnés. Ils ont été choisis sur la base de leurs connaissances des espèces et sur leur consentement. L'étude a concerné 30 individus par village, excepté Tamipar (13 personnes) où il n'y avait pas autant de personnes qui remplissaient les conditions de l'enquête. Toutefois, l'équilibre numérique entre les sexes a été respecté dans toutes les localités. Un exposé de la problématique de la baisse des peuplements, et un rappel des principaux usages des trois plantes (feuilles comme nourriture pour *C. adansonii*, racines comme médicament pour *S. latifolius* et bois d'œuvre pour *B. africana*) a d'abord été fait à l'enquêté. Les questions étaient ensuite formulées comme suit :

1. Quel (s) produit (s) remplace (nt) les feuilles de *C. adansonii* comme nourriture lorsque celles-ci ne sont pas à votre portée ?
2. Quel (s) produit (s) remplace (nt) les racines de *S. latifolius* pour les soins de maux de ventre lorsque celles-ci ne sont pas à votre portée ?
3. Quel (s) produit (s) remplace (nt) le bois de *B. africana* dans la construction lorsque celui-ci n'est pas à votre portée ?

Il est chaque fois précisé à l'enquêté que le substitut peut être issu d'une plante, un produit manufacturé ou tout autre produit.

Seuls les substituts cités par au moins deux enquêtés ont été retenus. Une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée. Le but de cette analyse est de révéler l'existence de groupes de personnes qui pourront avoir les mêmes préférences pour les mêmes substituts en considérant leur appartenance aux différents villages, groupes ethniques et sexes (Höft *et al.*, 1999 ; Heubach *et al.*, 2013). Les données ont été traitées avec les logiciel PC-ORD 6.0 (McCune et Mefford, 2011) et Excel 2007.

6.3. Résultats

6.3.1. Caractéristiques des enquêtés

Les personnes enquêtées appartiennent principalement à trois groupes ethniques : les Birifor (49 % des enquêtés), les Dagara (34 %) et les Lobi (12 %). Nous avons aussi enquêté quelques Peuls (3 %), Moosé (1 %) et Dioula (1 %). L'âge moyen des enquêtés est de 44 ± 14 ans. Ils sont à 57 % des agriculteurs et à 37 % des ménagères². Les hommes étaient plus nombreux que les femmes (61 % vs. 39 %) (Tableau XIII).

Tableau XIII : Répartition des enquêtés de l'étude ethnobotanique en fonction de la profession et du sexe.

	Nombre	Pourcentage
Profession		
Agriculteurs	204	56,67
Ménagères	134	37,22
Eleveurs	9	2,50
Vendeuses de dolo	6	1,67
Tradipraticiens	4	1,11
Forgerons	3	0,83
Total	360	100
Genre		
Hommes	221	61,38
Femmes	139	38,62
Total	360	100

² Généralement, les femmes ne cultivent pas dans la région du Sud-Ouest, leur rôle se limite souvent aux semis. Leur principale activité se résume aux travaux ménagers.

6.3.2. Ethno-nomenclature de *C. adansonii*

Les Dagara et les Birifor désignent la plante par les mêmes noms à savoir *Manfié* ou *Mafio*. L'utilisation de l'un ou de l'autre nom dépend de la localité. Les Dagara appellent également la plante *Donkône*, ce qui signifie littéralement « prépare me donner ». Les Lobi ont également donné un nom similaire à la plante en le nommant *Manfou*. Quant aux Mossé, ils appellent l'espèce *Kalgem-tohèga* ou *Kuilguin-tohèga* ou littéralement « le baobab de rivière » (Tableau XIV). Une nomenclature en dioula ou en fulfuldé n'a pas pu être rapportée dans la zone d'étude. La plante et les mets à base de ses feuilles sont indistinctement appelés de la même manière par tous les groupes ethniques.

Tableau XIV : Ethno-nomenclature de *Crateva adansonii* selon les groupes ethniques.

Groupe ethnique	Langue	Nom
Birifor	Birifor	<i>Manfié, Mafio</i>
Dagara	Dagara	<i>Manfié, Mafio, Donkône</i>
Lobi	Lobiri	<i>Manfou</i>
Moosé	Mooré	<i>Kalgem-tohèga, Kuilguin-tohèga</i>

6.3.3. Diversité et équitabilité de l'enquête

L'utilisation des indices de diversité et d'équitabilité permet une analyse plus fine des données d'enquête. *C. adansonii* a été citée dans 60 usages différents. La plus petite valeur de l'indice de diversité de l'enquête (ID) est de 0,017 alors que la plus grande valeur est de 0,117. Cela signifie que la personne qui a cité le moins d'utilisations a rapporté seulement 1,7 % des utilisations, tandis que l'enquêté qui a plus de connaissance sur l'espèce a cité 11,7 % de toutes les utilisations rapportées. Les valeurs moyennes de l'ID et de l'IE sont respectivement de $0,041 \pm 0,021$ et $0,351 \pm 0,183$. Les gens ont plus de connaissance sur l'utilisation de *C. adansonii* à Djikologo (ID = $0,070 \pm 0,019$; IE = $0,600 \pm 0,167$), tandis que Bonfateon se révèle comme étant le village où le nombre d'utilisations citées a été le plus bas (ID = $0,025 \pm 0,012$; IE = $0,212 \pm 0,106$). Les Dagara (ID = $0,057 \pm 0,019$; IE = $0,492 \pm 0,167$) ont plus de savoirs que les autres ethnies sur l'utilisation de la plante. D'une manière générale, les personnes de plus de 45 ans et les hommes ont respectivement plus de connaissance que les moins jeunes et les femmes (Tableaux XV).

Tableau XV : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité (IE) de l'enquête sur l'utilisation de *Crateva adansonii* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

	Indices de l'enquête	
	(Moyenne ± Erreur standard)	
	Diversité (ID)	Equitabilité (IE)
<i>Villages</i>		
Djikologo	0,070 ± 0,019	0,600 ± 0,167
Bontioli	0,056 ± 0,016	0,476 ± 0,140
Tovor	0,054 ± 0,019	0,462 ± 0,159
Diourao	0,042 ± 0,027	0,360 ± 0,230
Balingnar	0,052 ± 0,016	0,443 ± 0,140
Sibteon	0,040 ± 0,016	0,343 ± 0,136
Gangalma	0,032 ± 0,010	0,275 ± 0,085
Fadio	0,027 ± 0,008	0,233 ± 0,069
Mebar	0,028 ± 0,011	0,243 ± 0,091
Bonfateon	0,025 ± 0,012	0,212 ± 0,106
Medicateon	0,034 ± 0,019	0,291 ± 0,161
Titenateon	0,031 ± 0,013	0,262 ± 0,114
Tous les villages	0,041 ± 0,021	0,351 ± 0,183
<i>Groupes ethniques</i>		
Dioula	0,044 ± 0,008	0,381 ± 0,067
Mossé	0,037 ± 0,016	0,314 ± 0,140
Peuls	0,033 ± 0,014	0,286 ± 0,117
Lobi	0,038 ± 0,024	0,323 ± 0,202
Dagara	0,057 ± 0,019	0,492 ± 0,167
Birifor	0,031 ± 0,014	0,262 ± 0,123
<i>Ages</i>		
Enquêtés avec un âge > 45 ans	0,044 ± 0,023	0,381 ± 0,200
Enquêtés avec un âge ≤ 45 ans	0,039 ± 0,020	0,331 ± 0,167
<i>Genres</i>		
Femmes	0,034 ± 0,019	0,291 ± 0,165
Hommes	0,046 ± 0,021	0,390 ± 0,184

6.3.4. Valeur consensuelle sur les types d'usages

La plante fournit à la population principalement deux services écosystémiques : les services d'approvisionnement et les services culturels. Les services d'approvisionnement se résument à la nourriture (feuilles), aux bois de chauffe et de service, et à l'utilisation médicinale. Les services culturels sont notamment l'utilisation de la plante dans les cultes et la religion traditionnels.

L'alimentation (CTU = 0,829) est la première catégorie d'utilisation de *C. adansonii*. Il s'agit de l'utilisation de ses feuilles comme légumes dans les sauces, ou pour la préparation d'un mets fait uniquement de ses feuilles, plat très apprécié de la population locale. La médecine (CTU = 0,317) est la deuxième plus importante catégorie d'utilisation avec 37

usages rapportés, suivie du bois-énergie (CTU = 0,233), du fourrage (CTU = 0,232), des rites, tradition et magie (CTU = 0,069), de l'artisanat (CTU = 0,017) et de la construction (CTU = 0,007) (Tableau XVI). Pour ce qui est des organes, les feuilles (CTU = 1,667) sont les plus utilisées alors que les graines sont les moins utilisées (CTU = 0,005). L'utilisation des feuilles pour préparer la sauce vient en première position devant les autres usages (CTU = 0,829) (Tableau XVII).

Tableau XVI : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de *Crateva adansonii* cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Alimentation (1)	0,829
Feuilles préparées en sauce ou en boulettes	0,829
Médecine (37)	0,317
Ecorce utilisée pour soigner la diarrhée	0,002
Ecorce utilisée pour soigner les plaies	0,002
Feuille utilisée pour traiter les maux d'oreilles	0,086
Feuille utilisée pour traiter la rougeur anale des enfants	0,048
Feuille utilisée pour traiter le paludisme	0,043
Feuille utilisée pour traiter l'hypertension artérielle	0,012
Feuille utilisée pour traiter les plaies	0,010
Feuille utilisée pour traiter les maladies diarrhéiques	0,009
Feuille utilisée pour traiter la fatigue générale	0,007
Feuille utilisée pour traiter les maux de ventre	0,007
Feuille utilisée pour traiter les maux de nombril	0,005
Feuille utilisée pour traiter les maux d'yeux	0,005
Feuille utilisée pour traiter les abcès	0,002
Feuille utilisée pour traiter l'anémie	0,002
Feuille utilisée pour traiter l'asthme	0,002
Feuille utilisée pour traiter le ballonnement	0,002
Feuille utilisée pour traiter les boutons et les démangeaisons	0,002
Feuille utilisée pour prévenir les maux de ventre	0,002
Feuille utilisée pour traiter la fièvre	0,002
Feuille utilisée pour traiter la goutte	0,002
Feuille utilisée pour traiter la nausée	0,002
Feuille utilisée pour traiter le saignement de nez	0,002
Feuille et racine utilisées pour traiter les maux d'articulation	0,002
Fruit utilisé pour traiter la dysenterie	0,002
Fruit utilisé pour traiter la rougeur anale des enfants	0,002
Fruit utilisé pour traiter le rhumatisme	0,002
Fruit utilisé pour traiter l'hypertension artérielle	0,002

Tableau XVI (suite)

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Médecine (suite)	0,317
Graine utilisée pour traiter la toux	0,002
Graine utilisée pour traiter l'hypertension artérielle	0,002
Racine utilisée pour traiter les maux d'oreille	0,014
Racine utilisée pour traiter les maux de ventre	0,012
Racine utilisée pour traiter la dysenterie	0,002
Racine utilisée pour traiter l'épilepsie	0,002
Racine utilisée pour traiter la fatigue générale	0,002
Racine utilisée pour traiter les membres douloureux	0,002
Racine utilisée pour traiter le paludisme	0,002
Racine utilisée pour traiter les pieds fendillés	0,002
Artisanat (5)	0,017
Bois utilisé pour fabriquer les manches des dabas	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des damiers	0,002
Bois utilisé pour fabriquer les manches des fusils	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des tabourets	0,002
Construction (2)	0,007
Bois utilisé pour construire des maisons	0,005
Bois utilisé pour construire des hangars	0,002
Energie (1)	0,233
Bois énergie	0,233
Fourrage (1)	0,232
Feuilles appréciées	0,232
Rites, tradition et magie (11)	0,069
Bois interdit de feu	0,002
Bois utilisé pour faire des statuettes	0,002
Feuilles utilisées pour préparer une sauce pour des initiés	0,017
Feuilles interdites de consommation	0,007
Feuilles utilisées dans le fétichisme	0,002
Feuilles et fruits utilisés lors de certaines cérémonies rituelles	0,002
Racine utilisée par les féticheurs	0,005
Plante utilisée pour faire des talismans	0,005
Plante utilisée pour éloigner les serpents et autres reptiles	0,002
Arbres faisant l'objet d'héritage	0,002
Totem (sans autres précision)	0,019

Tableau XVII : Valeurs consensuelles des types d'utilisation (CTU) des différents organes et des dix premières utilisations de *Crateva adansonii* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Rang	Organe	CTU	Rang	Usages	CTU
1	Feuille	1,667	1	Feuilles préparées en sauce ou en boulettes	0,829
2	Bois	0,260	2	Feuilles appréciées	0,552
3	Racine	0,048	3	Bois énergie	0,233
4	Fruit	0,012	4	Feuilles utilisées pour traiter les maux d'oreille	0,086
5	Ecorce	0,005	5	Feuilles utilisées pour soigner la rougeur anale des enfants	0,048
6	Graine	0,005	6	Feuilles utilisées pour soigner le paludisme	0,043
			7	Totem	0,019
			8	Feuilles utilisées comme sauce pour les initiés	0,017
			9	Racine utilisée pour traiter les maux d'oreille	0,014
			10	Feuilles utilisées contre l'hypertension artérielle	0,012

6.3.5. Utilisations médicinales et modes d'administration

Les feuilles, les fruits, les graines et les racines sont les organes utilisés dans les soins de santé. Ils sont consommés directement ou utilisés en décoction ou en macération. Les modes de préparation et d'administration des organes les mieux décrits pour les soins de neuf maladies sont donnés dans le tableau XVIII. Les trois maladies qui ont recueilli le plus grand nombre de consensus sont les maux d'oreilles (CTU = 0,086), la rougeur anale des enfants (CTU = 0,048), et le paludisme (CTU = 0,043).

Tableau XVIII : Préparation des organes de *Crateva adansonii* et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso³.

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Abcès	Appliquer les racines écrasées sur une enflure pour faciliter la suppuration
Diarrhée	Boire le jus frais des feuilles obtenu par pressage
Hypertension artérielle	Consommer les fruits frais
Maux de ventre	Consommer une sauce faite de feuilles
Maux d'oreille	1. Faire bouillir ou faire macérer la racine dans l'eau et déposer quelques gouttes dans l'oreille ; 2. Presser et appliquer le jus de la racine ou de la feuille dans le creux de l'oreille
Maux d'yeux	Déposer quelques gouttes de jus de feuilles fraîches sur l'œil

³ Les applications thérapeutiques données dans cette thèse ne devraient pas constituer des recettes à appliquer comme telles. Elles constituent des informations véridiques certes, mais elles sont souvent incomplètes. Les contre indications, les doses, les adjuvants et les compléments ne sont souvent pas donnés.

Tableau XVIII (suite)

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Paludisme	Absorber la vapeur des racines bouillies ou la fumée de racine brûlée
Rougeur anale des enfants	Lavement anal avec la décoction des feuilles
Toux	Manger les graines

6.3.6. Substituts de *C. adansonii*

Quinze espèces à feuilles comestibles ont été rapportées comme substituts de *C. adansonii*. Les deux premières espèces, *Moringa oleifera* et *Vitex doniana* Sweet, sont connues de tous les groupes ethniques (Figure 18). Parmi les substituts, on note trois herbacées (*Hibiscus asper*, *Ceratotheca sesamoides* et *Cassia tora*) et une liane (*Leptadenia hastata*). En plus de ces espèces, un certain nombre de plantes (choux, aubergine, etc.) regroupées sous le terme *légumes* a également été mentionné. Les feuilles sont les principaux organes utilisés. Tous les substituts sont des plantes locales récoltées dans leurs milieux naturels. Seul *Moringa oleifera* et certains légumes sont plantés. (Tableau XIX). Les résultats montrent toutefois qu'une faible proportion des enquêtés (3,3 %) n'ont pas trouvé de substitut aux feuilles de *C. adansonii*.

Les Lobi optent pour *Moringa oleifera*, *Vitex doniana*, *Adansonia digitata* et *Strychnos spinosa*. Les Dagara ont tendance à plus préférer *M. oleifera*, *Vitex doniana*, *A. digitata*, *S. spinosa* et *Balanites aegyptiaca* comme substituts pendant que les Birifor optent plus pour *M. oleifera*, *V. doniana*, *A. digitata*, *Pterocarpus santalinoides* et *Ceiba pentandra* (Figure 18).

Les analyses en composantes principales n'ont pas pu mettre en évidence un regroupement des enquêtés selon la localité ou le sexe. On aboutit par contre à un groupement des enquêtés selon les groupes ethniques. Le premier et le second axe expliquent respectivement 35,08 % et 22,47 % de la variance des données (Figure 19).

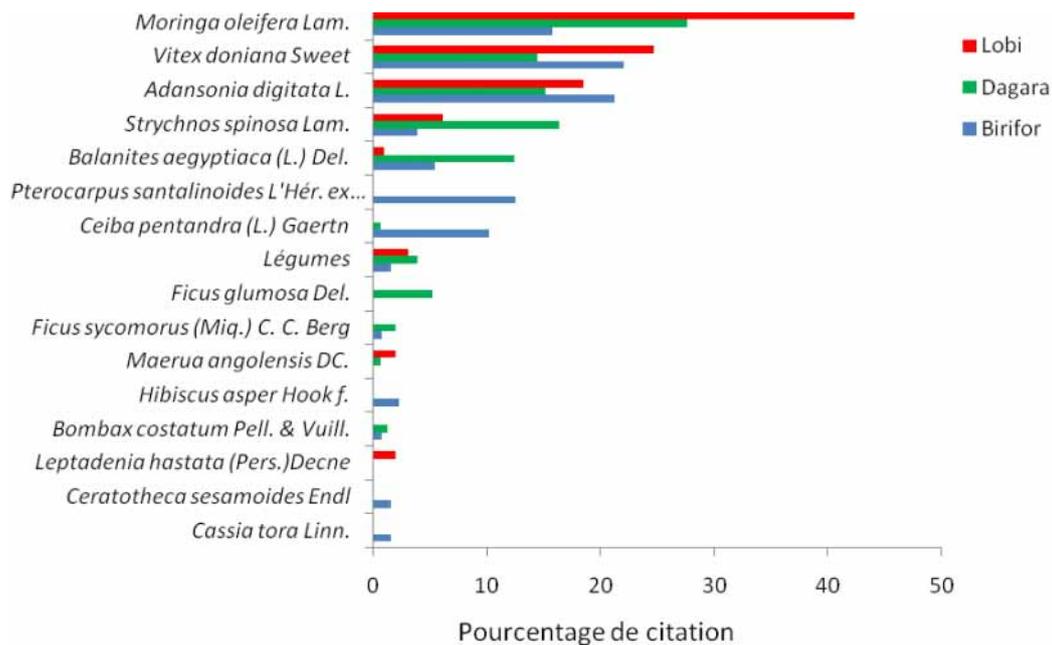


Figure 18 : Substituts de *Crateva adansonii* utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.

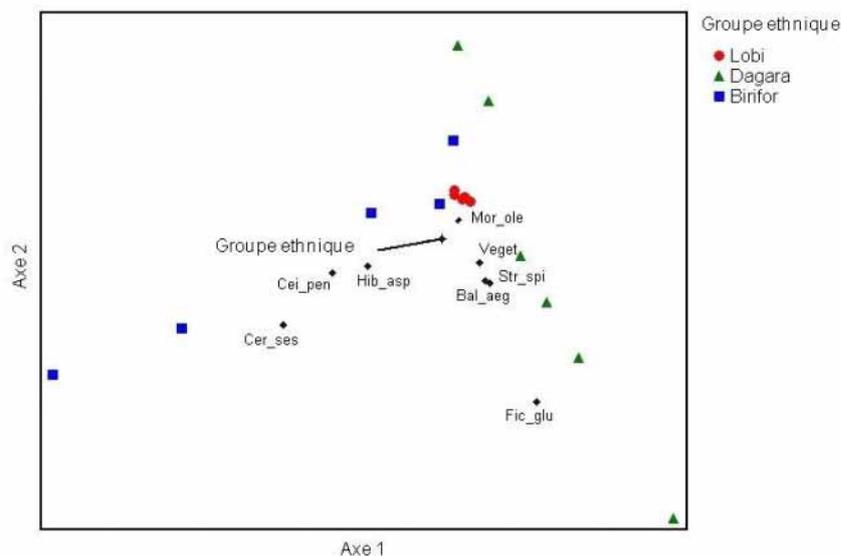


Figure 19 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de *Crateva adansonii*.

Mor_ole : *Moringa oleifera*, Veget : légumes, Cei_pen : *Ceiba pentandra*, Hib_asp : *Hibiscus asper*, Str_spi : *Strychnos spinosa*, Bal_aeg : *Balanites aegyptiaca*, Cer_ses : *Ceratotheca sesamoides*, Fic_glu : *Ficus glumosa*

Tableau XIX : Substituts de *Crateva adansonii* classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.

Rang	Substitut	Organe utilisé	Fréquence de citation (%)	Plante cultivée ou achetée	Plante locale
1	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	feuilles	26,5	+	
2	<i>Vitex doniana</i> Sweet*	feuilles	19,0		+
3	<i>Adansonia digitata</i> L.*	feuilles	17,5		+
4	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	feuilles	9,3		+
5	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	feuilles et fleurs	6,9		+
6	<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. ex DC.	feuilles	4,1		+
7	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.*	feuilles	3,6		+
8	Légumes	feuilles et fruits	2,8	+	

*Espèces protégées au Burkina Faso selon l'Arrêté n° 2004-019/MECV portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière.

Tableau XIX (suite)

Rang	Substitut	Organe utilisé	Fréquence de citation (%)	Plante cultivée ou achetée	Plante locale
9	<i>Ficus glumosa</i> Del.	feuilles	2,1		+
10	<i>Ficus sycomorus</i> (Miq.) C. C. Berg	feuilles	1,0		+
11	<i>Bombax costatum</i> Pell. & Vuill.*	fleurs	0,8		+
12	<i>Hibiscus asper</i> Hook f.	feuilles	0,8		+
13	<i>Maerua angolensis</i> DC.	feuilles	0,8		+
14	<i>Cassia tora</i> Linn.	feuilles	0,5		+
15	<i>Ceratotherca sesamoides</i> Endl	feuilles	0,5		+
16	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne	feuilles	0,5		+
	Aucun substitut		3,3		

*Espèces protégées au Burkina Faso selon l'Arrêté n° 2004-019/MECV portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière.

6.4. Discussion

L'étude sur les utilisations de *Crateva adansonii* parmi les groupes ethnique du Sud-Ouest du Burkina Faso a montré que la plante fournit principalement des services d'approvisionnement comme la nourriture, les produits de la pharmacopée, le bois de chauffe, et des services culturels tels que son utilisation dans les initiations et la religion traditionnelle.

La plante est très prisée dans la région car elle revêt une grande importance socioéconomique pour les populations qui l'ont adoptée comme plante alimentaire. Elle n'est pas la seule espèce à feuilles comestibles, mais elle est l'une des rares espèces sauvages à être plantée et protégée dans la région, surtout par les Dagara et les Lobi. Le nom *Donkône* ou « prépare me donner » attribué à la plante par les Dagara découle de son utilisation très fréquente dans l'alimentation. Le nom *Kuilguin-tohèga* ou littéralement « le baobab de la rivière » donné par les Moosé fait allusion à sa ressemblance morphologique avec le baobab (*Adansonia digitata*, *Malvaceae*) en ce qui concerne l'aspect de son tronc et le type de ses feuilles (trifoliolées). Alors que le baobab ne vit pas aux bords des rivières (Gebauer *et al.*, 2002), *Crateva adansonii* par contre affectionne ces biotopes (voir le chapitre 3). Les Mossé auraient donc logiquement connu le baobab qu'ils ont baptisé *Tohèga* en premier lieu avant de découvrir la plante qui lui ressemble mais qui vit aux abords des rivières, d'où le nom *Kuilguin-tohèga* ou « baobab des rivières » donné à *C. adansonii*.

Les présents résultats sur les préférences écologiques (chapitre 3) et la signification des noms développée ici, nous amène à dire que l'ethno-nomenclature des espèces suit une logique basée sur les caractères botanique, écologique ou sur leur utilisation par les populations. On retrouve par exemple aussi chez les Mossé les noms *Roâanga* (Zizka *et al.* 2015) ou *Doanga* ou *Rondo*, littéralement « jaune » pour *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. pour faire allusion à la couleur jaune de sa pulpe.

L'utilisation alimentaire des feuilles de *C. adansonii* est la mieux connue de tous (CTU = 0,829). D'une manière générale, l'alimentation étant un besoin primaire vital (Maslow, 2013 ; Ventegodt, 2003), il est alors facile de concevoir que l'Homme a très tôt cherché à connaître les plantes comestibles. Comme le soutient Le Réseau Africain d'Ethnobotanique (2000), la recherche sur les usages alimentaires des plantes sauvages est incontestablement le plus vaste et le plus ancien domaine d'investigation en ethnobotanique, même si, de plus en plus ce domaine est passé en second plan par rapport aux usages médicaux.

Les Dagara sont les plus grands utilisateurs de *C. adansonii*. Il est clairement apparu que les Birifor surtout ceux du Noubiel (ID et IE les moins élevés) affectionnent moins les feuilles que les Dagara (ID et IE les plus élevés) et les Lobi. Presque tous les Dagara dans le Ioba entretiennent au moins un pied de cette espèce. D'une manière générale, l'utilisation des espèces peut se révéler comme étant un marqueur d'identité culturelle (Dansie *et al.*, 2010). Nos résultats corroborent ceux de Bognounou (2009) sur les différences de connaissances sur l'utilisation d'une même espèce parmi les groupes ethniques au Burkina Faso.

Malgré l'absence de citation sur la consommation des fruits dans notre étude, ces derniers sont comestibles et sont d'excellentes sources d'acide ascorbique et de potassium selon Shovic (1999). L'utilisation des feuilles de la plante comme aliment est bien connue ailleurs comme au Bénin (Dansi *et al.*, 2010) et se justifie par ses qualités nutritionnelles. En effet, les feuilles fraîches contiennent entre autres 16 % de glucides, 6 % de protéines et les vitamines B₁, B₂, B₃, C et A ; les feuilles sèches renferment 46,3 % de glucide et 23,5 % de protéines (Oliver-Bever, 1986 *in* Nacoulma-Ouédraogo, 1996). Elles sont par ailleurs lactogènes (Lompo-Ouédraogo, 2003).

Les résultats ont aussi montré que *C. adansonii* soigne plusieurs maux. Ses utilisations médicinales et ses propriétés biologiques ont été les plus étudiées dans la littérature. Nous avons recensé 38 utilisations médicinales pour le Sud-Ouest, alors que la compilation faite par Zizka *et al.* (2015) ne fait ressortir que six utilisations médicinales pour tout le pays. La littérature rapporte que la plante soigne les vers intestinaux, la gonorrhée, les infections dentaires (Amenu, 2007) et les gonflements de l'estomac (Doka et Yagi, 2009). Son activité anti-inflammatoire rapportée par Okoli *et al.* (2003) peut justifier ici son utilisation contre les abcès et les maux d'oreilles. L'espèce possède des activités antiurolithiatique (Varalakshmi, 1990 ; Anand *et al.*, 1993, Baskar *et al.*, 1996) et antimicrobiennes (Lagnika *et al.*, 2011) avérées.

L'adoption d'une espèce comme légumes-feuilles obéit à divers critères comme le goût, la disponibilité, la valeur nutritive, la grande valeur marchande, l'odeur, la valeur médicinale, l'interdit et sa facilité à digérer et à accompagner plusieurs repas (Dansi *et al.*, 2010). Ici, le seul critère contraignant est la disponibilité, car *C. adansonii* est rare en milieu naturel (voir chapitre 3). La population locale, en optant pour la plantation de la plante près des habitations, a ainsi trouvé une solution à ce problème.

Les services culturels fournis par la plante lui confèrent une importance religieuse aux yeux de la population. Malgré sa forte réputation comme espèce comestible, une partie de la population ne la consomme pas car elle la considère comme leur totem (CTU =0,019). Son utilisation dans le fétichisme étant du domaine du secret et détenue par quelques personnes avisées, explique la faiblesse des CTU de cette catégorie. L'héritage que l'on peut faire des individus de la plante est un aspect rarement rapporté dans la littérature pour les espèces forestières, exclusion faite des espèces commerciales plantées (manguier, cacaotier, etc.). Tout ceci ne fait que conforter le nom *Crateva religiosa* ou crateva sacré attribué à la plante. Berhaut (1974) note en effet que la plante était consacrée aux idoles dans les Iles de l'Océanie.

Quant aux possibilités de remplacement des feuilles de *C. adansonii* en cas de manque, *Moringa oleifera*, une plante exotique originaire de l'Inde, s'est révélé être le meilleur substitut. Elle fait l'objet d'une promotion par les services en charge de l'environnement. C'est une espèce qui pourrait se substituer complètement à *C. adansonii* au vu de l'engouement qu'elle suscite au sein de la population enquêtée. Elle est plantée dans les parcs agroforestiers, avec des densités qui avoisinent 5 individus/ha dans certains villages (données personnelles). *Vitex doniana* (second substitut) n'est pas une espèce très abondante dans la région. Quant à *Strychnos spinosa*, elle est relativement plus fréquente que *C. adansonii*.

A première vue, la récolte des feuilles porte moins de préjudice aux plantes par rapport à d'autres organes comme les racines ou les écorces, mais peut compromettre leur saine croissance quand elle n'est pas modérée. Des techniques de récolte peu recommandables comme l'abattage des arbres rapporté par Hahn-Hadjali et Thiombiano (2000), ou l'ébranchage total, sont à déplorer également pour certains substituts.

6.5. Conclusion

Crateva adansonii fournit divers services écosystémiques à la population du Sud-Ouest du Burkina Faso, dont les plus importants sont les services d'approvisionnement et les services culturels. La consommation des feuilles en sauce reste la principale utilisation de l'espèce avec une valeur consensuelle sur les types d'usage de 0,829. Cette étude a permis de montrer les multiples usages de cette espèce, et donc les motifs de sa protection. L'utilisation des feuilles et la plantation de l'espèce devront être promues dans d'autres régions du Burkina Faso où elles sont méconnues. Les différentes espèces identifiées comme les substituts aux feuilles de *C. adansonii* pourront faire l'objet de vulgarisation. Les nombreuses indications thérapeutiques constituent une riche documentation de connaissances traditionnelles qu'il faudra préserver et valoriser. Elles peuvent aussi servir de point de départ pour des recherches pharmacologiques.

Chapitre 7 : Utilisations et services écosystémiques de *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E. A. Bruce⁴

7.1. Introduction

Sarcocephalus latifolius est un arbuste affectionnant les zones humides des régions tropicales et australes de l'Afrique (Arbonnier, 2009). Cette espèce possède des vertus thérapeutiques bien connues en Afrique Sub-saharienne, dans la pharmacopée traditionnelle (Badiaga, 2011). Plusieurs études ont montré que *S. latifolius* regorge des propriétés médicinales (Amos *et al.*, 2005, Iwueke et Nwodo, 2008, Yesufu *et al.*, 2010, Badiaga, 2011, Yinusa *et al.*, 2012). D'autres travaux ont documenté le criblage phytochimique de ses organes (Badiaga, 2011 ; Yinusa *et al.*, 2012). Elle est utilisée dans le traitement de certaines maladies comme les diabètes (Karou *et al.*, 2011), les affections opportunistes du VIH-Sida (Lamorde *et al.*, 2010), la malaria (Benoit-Vical *et al.*, 1998) et l'aménorrhée (Deleke Koko *et al.*, 2009).

Parmi la riche diversité biologique du Burkina Faso, *S. latifolius* est l'une des espèces les plus connues et les plus utilisées par les populations locales de certaines régions (Belem *et al.*, 2007). Toutefois, aucune étude ethnobotanique complète de l'espèce n'a été effectuée au sein des communautés locales de la région du Sud-Ouest, qui restent l'une des sociétés qui gardent toujours des liens très forts avec leur tradition.

Ainsi donc, il est apparu nécessaire de connaître les différentes utilisations de cette importante espèce au sein des populations qui l'utilisent depuis des siècles. En effet, les gens dépendent des produits naturels, plus particulièrement des espèces à haute valeur, comme source de revenu, d'énergie, de nourriture, et pour leur soins (Nacoulma *et al.*, 2011). Les plantes fournissent une « sécurité sociale verte » à des centaines de millions de personnes à travers le monde (Cunningham, 2001). Les choix des ressources pour certaines utilisations dépendent des préférences culturelles, des caractéristiques et de l'abondance de la ressource, des mécanismes spécifiques d'utilisation, et de l'accès à des ressources et matériaux alternatifs (Campos et Ehringhaus, 2003).

⁴ Une grande partie de ce chapitre a été publiée dans la revue *Ethnobotany Research and Applications* 11:121-141.

Au Burkina Faso, le taux de croissance de la population est de plus en plus croissant (1,8 % en 1960 vs. 3,4 % en 2006) (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). La pression sur les ressources naturelles devient donc également forte avec des effets induits sur la diversité biologique. Une bonne connaissance des usages des espèces sauvages comme *S. latifolius* est de ce fait cruciale au niveau rural, afin d'aider à asseoir de bonnes politiques pour la gestion des forêts. Les connaissances ethnobotaniques fournissent de précieuses informations sur les espèces très utilisées qui peuvent servir pour mettre en place des politiques et des stratégies appropriées de management des ressources (Schumann *et al.*, 2012).

En outre, l'une des meilleures approches pour conserver les espèces, est de substituer l'utilisation de ses organes. Une étude sur les différentes stratégies de substitution à l'utilisation des racines de la plante a été conduite aux seins des Lobi, des Dagara et des lobi. La notion de substitution des espèces doit être comprise sous l'angle de remplacement, en vue de rendre totalement ou presque le même service. La substitution découle d'un processus d'amélioration ou de recherche de produits plus disponibles et moins coûteux, et qui donnent les mêmes résultats voire de meilleurs résultats.

Les principaux objectifs du travail sont :

- ❖ évaluer les utilisations de *S. latifolius* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso ;
- ❖ identifier les meilleures pratiques qui conduisent à l'utilisation durable ou des pratiques dangereuses qui hypothèquent la survie de cette plante ;
- ❖ déterminer les possibilités de substitution à l'utilisation de ses racines.

L'hypothèse principale était que les valeurs écosystémiques des systèmes forestiers sont estimables en biens et services produits aux bénéfices des populations locales.

7.2. Matériels et méthodes

La méthodologie utilisée dans cette étude suit celle décrite dans le chapitre 6.

7.3. Résultats

7.3.1. Ethno-nomenclature de *S. latifolius*

Sept noms différents sont attribués à *S. latifolius* au sein des groupes ethniques enquêtés dans la région du Sud-Ouest. Les Birifor et les Lobi l'appellent *Gongan*, pendant

que les Dagara le désignent par *Habara* (Tableau XX). Quelques fois, les Dagara ajoutent “*tae*” après le nom pour marquer la différence entre le nom de la plante (qui se termine par “*tae*”) et le nom du fruit (sans “*tae*”). Par extension et de manière générale, *Habara* et *Habaratae* sont tous les noms donnés à l’espèce.

Tableau XX : Ethno-nomenclature de *Sarcocephalus latifolius* selon les groupes ethniques.

Groupe ethnique	Langue	Nom
Birifor	Birifor	<i>Gongan, Ogangour</i>
Dagara	Dagara	<i>Habara</i>
Lobi	Lobiri	<i>Gongan</i>
Peuls	Fulfuldé	<i>Barkourlaye</i>
Moosé	Mooré	<i>Gwinga, Gadré (Yadré)</i>
Dioula	Dioula	<i>Baati</i>

7.3.2. Diversité et équitabilité de l’enquête

L’utilisation des indices de diversité et d’équitabilité ont permis une analyse plus fine des connaissances sur *S. latifolius* parmi les populations de différents villages, ethnies, âges et sexes. L’espèce a été citée dans 71 usages différents. La plus petite valeur de l’indice de diversité de l’enquête (ID) est 0,01 et la plus élevée est 0,10. Ce résultat signifie que le moins informé des enquêtés détient seulement 1 % des connaissances sur les utilisations de l’espèce, tandis que le plus informé a cité 10 % de ces utilisations. Les valeurs moyennes des ID et IE sont respectivement de $0,042 \pm 0,016$ et de $0,417 \pm 0,155$. Les enquêtés de Gangalma sont ceux qui possèdent le plus de connaissances (ID = $0,052 \pm 0,017$; IE = $0,519 \pm 0,166$) tandis que ceux de Bontioli (ID = $0,033 \pm 0,006$; IE = $0,333 \pm 0,058$) et de Mebar (ID = $0,033 \pm 0,012$; IE = $0,333 \pm 0,120$) sont ceux qui ont le moins de connaissances. Parmi les principales ethnies, les Lobi (ID = $0,050 \pm 0,013$; IE = $0,504 \pm 0,131$) ont plus de connaissances que les deux autres (les Birifor et les Dagara). Les deux classes d’âges ont approximativement les mêmes ID et IE. Les résultats montrent que les hommes détiennent plus de savoirs sur l’espèce que les femmes (Tableau XXI).

Tableau XXI : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité de l'enquête (IE) sur l'utilisation de *Sarcocephalus latifolius* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

	Indices de l'enquête	
	(Moyenne ± Erreur standard)	
	Diversité (ID)	Equitabilité (IE)
<i>Villages</i>		
Djikologo	0,038 ± 0,012	0,378 ± 0,119
Bontioli	0,033 ± 0,006	0,333 ± 0,058
Tovor	0,037 ± 0,016	0,370 ± 0,161
Diourao	0,050 ± 0,014	0,500 ± 0,136
Balingnar	0,038 ± 0,015	0,381 ± 0,151
Sibteon	0,043 ± 0,014	0,426 ± 0,143
Gangalma	0,052 ± 0,017	0,519 ± 0,166
Fadio	0,046 ± 0,007	0,463 ± 0,066
Mebar	0,033 ± 0,012	0,333 ± 0,120
Bonfateon	0,044 ± 0,020	0,441 ± 0,203
Medicateon	0,043 ± 0,019	0,426 ± 0,187
Titenateon	0,043 ± 0,018	0,433 ± 0,176
Tous les villages	0,042 ± 0,016	0,417 ± 0,155
<i>Groupes ethniques</i>		
Dioula	0,030 ± 0,006	0,296 ± 0,064
Mossé	0,040 ± 0,024	0,400 ± 0,243
Peuls	0,044 ± 0,021	0,444 ± 0,210
Lobi	0,050 ± 0,013	0,504 ± 0,131
Dagara	0,037 ± 0,013	0,370 ± 0,130
Birifor	0,043 ± 0,016	0,429 ± 0,161
<i>Ages</i>		
Enquêtés avec un âge > 45 ans	0,042 ± 0,015	0,423 ± 0,152
Enquêtés avec un âge ≤ 45 ans	0,041 ± 0,016	0,409 ± 0,159
<i>Genres</i>		
Femmes	0,039 ± 0,014	0,390 ± 0,143
Hommes	0,043 ± 0,016	0,434 ± 0,161

7.3.3. Valeur consensuelle sur les types d'usages

La médecine (CTU = 0,638) est la plus importante catégorie d'utilisation de la plante avec 46 usages différents, suivis de la nourriture (CTU = 0,573), du bois énergie (CTU = 0,289), du fourrage (CTU = 0,232), de l'artisanat (CTU = 0,214), de la construction (CTU = 0,160) et des rites, tradition et magie (CTU = 0,027) (Tableau XXII).

La racine est la partie de la plante la plus utilisée, tandis que l'écorce est la moins utilisée (CTU = 0,695 et CTU = 0,016 respectivement). L'utilisation de la racine contre les maux de ventre est le second plus important usage, après celui des fruits comme nourriture (CTU = 0,490 et CTU = 0,357 respectivement) (Tableau XXIII). Les utilisations de la plante pour soigner les maux de testicules, la hernie et pour des actes rituels ont été données par les

hommes tandis que celles concernant les douleurs pendant l'accouchement et les soins des nourrissons ont été citées par les femmes.

Tableau XXII : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de *Sarcocephalus latifolius* cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Nourriture (3)	0,573
Fruit consommé mûr	0,490
Racine préparée en sauce pour donner à la femme après accouchement	0,013
Racine utilisée comme condiment	0,070
Médecine (46)	0,638
Ecorce du tronc utilisée contre les maux de ventre	0,013
Ecorce du tronc utilisée contre la hernie	0,002
Ecorce du tronc utilisée contre les démangeaisons	0,002
Feuille utilisée contre les otites	0,006
Feuille utilisée contre le paludisme	0,006
Feuille utilisée contre les maux d'yeux	0,002
Feuille utilisée contre les maux de ventre	0,002
Fruit utilisé contre la diarrhée	0,002
Fruit utilisé contre la jaunisse	0,002
Fruit utilisé contre la bilharziose	0,002
Fruit utilisé contre les maux de ventre	0,002
Racine utilisée contre les maux de ventre	0,357
Racine utilisée contre les maux de nombril	0,035
Racine utilisée contre les vers parasitaires	0,029
Racine utilisée contre la hernie	0,022
Racine utilisée pour fortifier l'appétit des chiots	0,019
Racine utilisée contre le paludisme	0,017
Racine utilisée pour cicatriser le nombril des nouveau-nés	0,016
Racine utilisée pendant l'accouchement	0,016
Racine utilisée pour la toilette du nourrisson	0,010
Racine utilisée contre les otites	0,010
Racine utilisée contre la jaunisse	0,008
Racine utilisée contre les plaies et les blessures	0,006
Racine utilisée contre les hémorroïdes	0,005
Racine utilisée contre les maux de poitrine	0,003
Racine utilisée contre les furoncles	0,003
Racine utilisée contre les ulcères d'estomac	0,003
Racine utilisée contre la morsure de serpent	0,003
Racine utilisée contre les maux d'yeux	0,003
Racine utilisée contre la fièvre jaune	0,003
Racine utilisée contre les abcès	0,002
Racine utilisée contre les maux de testicules	0,002

Tableau XXII (suite 1)

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Médecine (suite)	0,638
Racine utilisée contre la bilharziose	0,002
Racine utilisée contre les démangeaisons	0,002
Racine utilisée contre la fatigue générale	0,002
Racine utilisée contre les douleurs musculaires	0,002
Racine utilisée contre les enflures	0,002
Racine utilisée contre l'épilepsie	0,002
Racine utilisée contre la fatigue générale	0,002
Racine utilisée contre la fièvre	0,002
Racine utilisée contre les maux de ventre des chiots	0,002
Racine utilisée pour le premier bain du nouveau-né avant son premier tété	0,002
Racine utilisée contre les maux de ventre aiguës	0,002
Racine utilisée pendant la grossesse	0,002
Racine utilisée contre les maux de tête	0,002
Racine utilisée contre la toux	0,002
Artisanat (13)	0,214
Bois utilisé pour fabriquer des paniers	0,127
Bois utilisé pour fabriquer des chaises	0,033
Bois utilisé pour fabriquer des tabourets	0,021
Bois utilisé pour fabriquer des poussinières	0,013
Bois utilisé pour fabriquer des balafons	0,006
Bois utilisé pour fabriquer des pilons	0,003
Bois utilisé pour fabriquer des damiers	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des mangeoires	0,002
Bois utilisé pour fabriquer les manches des pioches	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des spatules	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des statuettes	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des cannes	0,002
Feuille utilisé pour conserver le beurre de karité	0,002
Construction (4)	0,160
Bois utilisé pour construire la toiture des maisons	0,135
Bois utilisé pour faire des greniers	0,013
Bois utilisé pour faire des hangars	0,011
Bois utilisé pour fabriquer des poulaillers	0,002
Bois énergie (1)	0,289
Bois de chauffe	0,289
Fourrage (4)	0,232
Feuilles utilisées pour nourrir le cheptel (chèvre, mouton)	0,108
Fruits utilisés pour nourrir le cheptel (porc, mouton, chèvre, bœuf)	0,108
Fruits utilisés comme fourrage par les animaux sauvages (serpent, oiseau, singe)	0,022
Jeunes pousses consommées par les agoutis	0,002

Tableau XXII (suite 2)

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Rites, tradition et magie (8)	0,027
Bois placé dans les champs comme fétiches (pièges)	0,002
Racine utilisée dans le mysticisme	0,008
Racine enterrée au début de certains rites	0,002
Racine utilisée pendant les festivités du "bouro"	0,002
Racine qui traverse un sentier utilisé pour soigner un enfant sevré de suite d'une nouvelle grossesse très rapprochée	0,002
Racine utilisée pour se protéger contre les ennemis	0,002
Interdiction à la femme ayant tous ses oncles maternels toujours en vie d'utiliser le bois comme source d'énergie	0,002
Totem : interdiction de couper, d'utiliser ou d'apporter une partie de la plante à la maison	0,010

Tableau XXIII : Valeurs consensuelles des types d'utilisation (CTU) des différents organes et des dix premières utilisations de *Sarcocephalus latifolius* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Rang	Organe	CTU	Rang	Usage	CTU
1	Racine	0,695	1	Fruit utilisé comme nourriture	0,490
2	Fruit	0,619	2	Racine utilisée contre les maux de ventre	0,357
3	Bois	0,375	3	Bois énergie	0,289
4	Feuille	0,125	4	Bois utilisé pour fabriquer les toitures des maisons	0,135
5	Ecorce	0,016	5	Bois utilisé pour faire des paniers	0,127
			6	Feuilles utilisées pour nourrir le cheptel (chèvre, mouton)	0,108
			7	Fruits utilisés pour nourrir le cheptel (porc, mouton, chèvre, bœuf)	0,100
			8	Racine utilisée comme condiment	0,070
			9	Racine utilisée pour soigner les maux de nombril	0,035
			10	Bois utilisé pour fabriquer des chaises	0,033

7.3.4. Utilisations médicinales et modes d'administration

Les gens utilisent l'espèce pour traiter plusieurs maladies et pour les soins des nouveau-nés. Comme répertoriées dans le tableau XXIV, trente trois (33) maladies et soins infantiles ont été rapportés. Les maux de ventre, la hernie, les maux de nombril, le paludisme et les morsures de serpents sont parmi les maladies les plus citées. La plante est utilisée dans

les bains du bébé juste après sa naissance, pour les soins de son nombril et pour sa toilette quotidienne.

La décoction, la macération et la sève sont utilisées par voie orale, ou appliquées sur l'organe malade. L'utilisation des fruits contre certains maux consiste à consommer tout simplement un fruit mûr. Il est important de noter que la racine est la partie la plus utilisée en médecine. Elle est impliquée dans 89 % de toutes les maladies et soins cités.

Tableau XXIV : Préparation des organes de *Sarcocephalus latifolius* et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso⁵.

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Abcès	Laver l'organe infecté avec la décoction de la racine
Bains de nourrisson	Laver le nourrisson avec la décoction de la racine
Bilharziose	1. Boire la décoction de la racine ; 2. Manger un fruit mûr
Cicatrisation du nombril des nouveau-nés	Appliquer la décoction de la racine sur le nombril
Démangeaisons	Prendre un bain de décoction d'écorce
Diarrhée	1. Boire la décoction de la racine ; 2. Consommer un fruit bien mûr
Douleur musculaire	Boire la décoction de la racine
Douleurs pendant l'accouchement	1. Ajouter la décoction ou la poudre de la seconde enveloppe de la racine avec la sauce et manger ; 2. Manger la sauce à base de la seconde enveloppe de la racine
Enflure	Ecraser la racine dans une petite quantité d'eau et appliquer sur la partie enflée
Epilepsie	Brûler une racine et ajouter d'autres composants secrets
Fatigue générale	Boire la décoction de la racine
Fièvre	Boire la décoction de la racine
Fièvre jaune	Boire la décoction de la racine
Fortification d'appétit et soins de maux de ventre de chiots	Ajouter la décoction des racines à la nourriture des chiots
Furoncle	Appliquer la décoction de la racine sur l'organe malade
Hémorroïdes	Boire une bouillie mélangée de poudre de racine
Hernie	1. Boire le macéré de racine ou d'écorce ; 2. Ajouter la poudre de la seconde enveloppe de racine dans de la sauce et manger
Jaunisse	Boire la décoction de la racine
Maux de nombril	Boire la décoction de la racine
Maux d'oreilles	Presser le jus d'une feuille dans l'oreille

⁵ Les applications thérapeutiques données dans cette thèse ne devraient pas constituer des recettes à appliquer comme telles. Elles constituent des informations véridiques certes, mais elles sont souvent incomplètes. Les contres indications, les doses, les adjuvants et les compléments ne sont souvent pas donnés.

Tableau XXIV (suite)

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Maux de poitrine	Boire la décoction de la racine
Maux de testicules	Boire la décoction de la racine
Maux de tête	Boire la décoction de la racine
Maux de ventre	1. Ajouter la poudre de la seconde enveloppe de racine dans de la sauce et manger ; 2. Manger une sauce faite de la seconde enveloppe de la racine ; 3. Boire le macéré de racine ; 4. Ajouter la poudre de la seconde enveloppe de racine dans de la sauce et manger ; 5. Se purger avec la décoction de la racine ; 6. Boire la décoction de la racine NB. Ne pas dépasser 1 à 2 cuillérées à soupe de décoction ou de macéré pour les enfants sinon une grande dose peut les plonger dans un sommeil profond
Maux de ventre chroniques	Boire la décoction de la racine
Maux d'yeux	Presser le jus d'une feuille dans l'œil
Morsure de serpent	Boire la décoction de la racine
Paludisme	1. Boire la décoction de racine ou de feuilles 2. Prendre un bain de décoction de racine ou de feuille
Plaies et blessures	Utiliser la décoction de la racine comme un antibiotique sur l'organe concerné
Soins de nouveau-né avant son premier tété, juste après sa naissance	Laver le nouveau-né avec la décoction de la racine
Toux	Boire la décoction de la racine
Ulcère d'estomac	1. Ajouter la poudre de la seconde enveloppe de racine dans n'importe quel aliment et consommer ; 2. Consommer une sauce faite de la seconde enveloppe de la racine
Vers intestinaux	Boire la décoction de la racine

7.3.5. Substituts de *S. latifolius*

Vingt-deux substituts ont été rapportés pour cette espèce. *Cassia sieberiana*, espèce connue de toutes les ethnies, est la première plante utilisée contre les maux de ventre en remplacement de *S. latifolius*. Elle est suivie de *Strychnos spinosa* et de *Burkea africana*. Ces deux substituts sont connus des Birifor mais sont presque ignorés des autres ethnies (Figure 20). Les médicaments conventionnels (6^{ième} substitut) et traditionnels (17^{ième} substitut) ont été également mentionnés. Les racines constituent les organes les plus utilisés. Les espèces de remplacement sont essentiellement des plantes locales à l'exception de *Mangifera indica* et de *Moringa oleifera* (Tableau XXV). Près de 9,1% des personnes interrogées n'ont trouvé aucun substitut aux racines de *S. latifolius*.

Les Lobi optent pour *Cassia sieberiana*, *Ziziphus mucronata* et *Terminalia laxiflora*. Les Dagara penchent plus pour *C. sieberiana*, les médicaments modernes, *T. laxiflora* et

Securidaca longepedunculata. Les Birifor préfèrent *C. sieberiana*, *Strychnos spinosa*, *Burkea africana*, *Vernonia colorata* et *Pseudocedrela kotschy*.

Les analyses en composantes principales ont mis en évidence un regroupement des enquêtés selon l'appartenance au groupe ethnique et à la localité mais une absence de regroupement selon le sexe. Le premier et le second axe expliquent respectivement 19,1% et 15,4% de la variance des données (Figure 21).

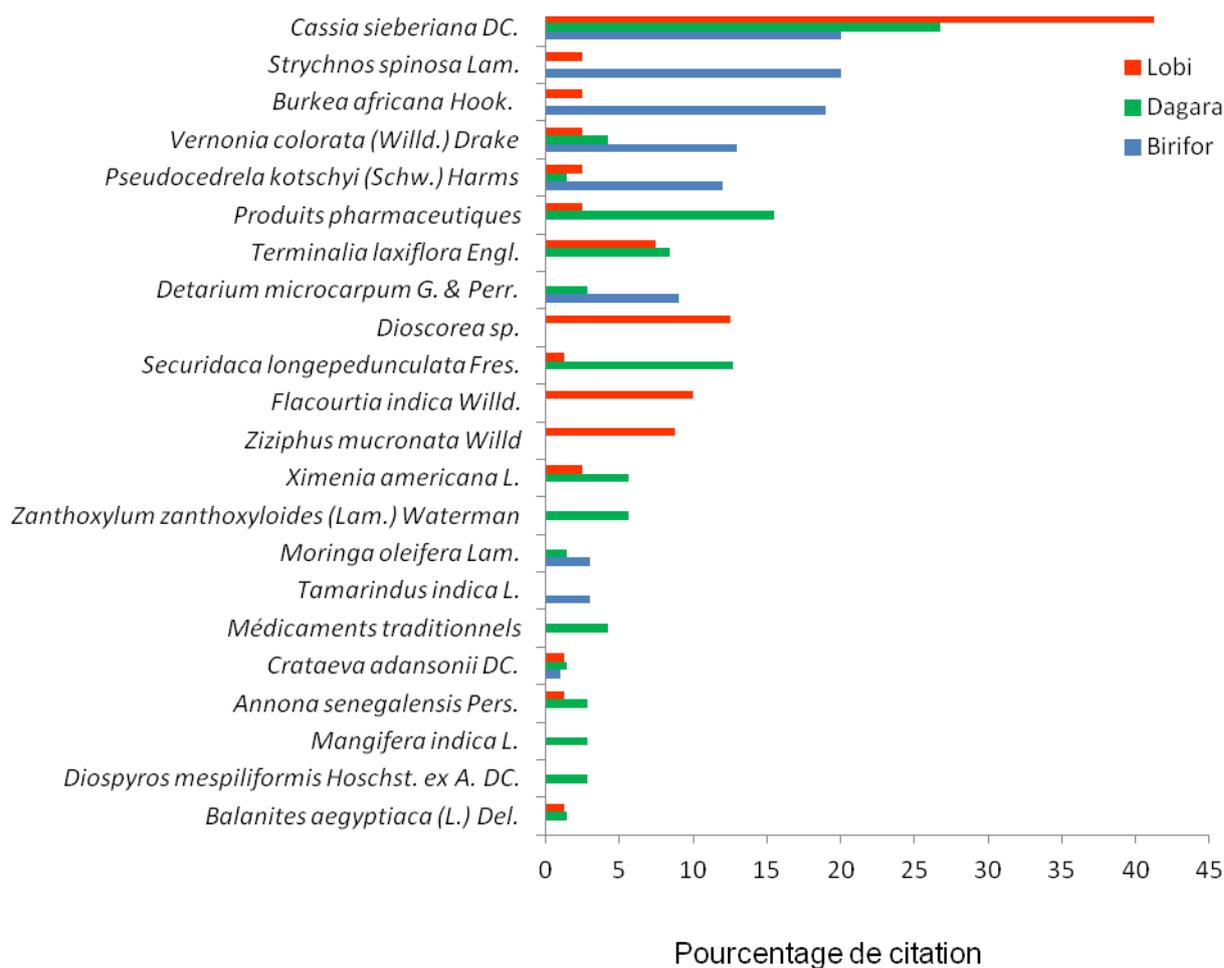


Figure 20 : Substituts de *Sarcocephalus latifolius* utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.

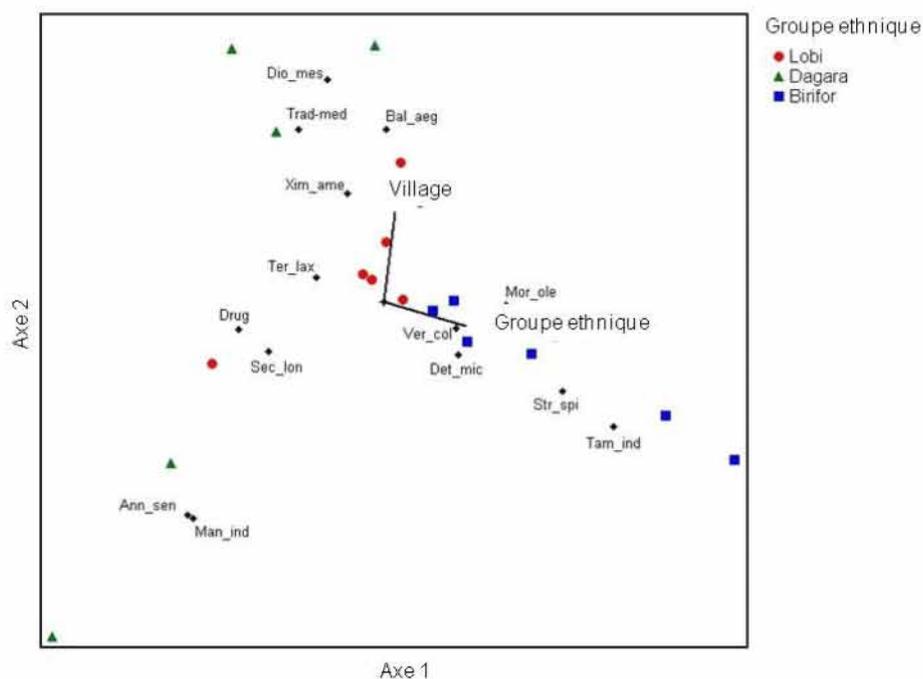


Figure 21 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de *Sarcocephalus latifolius*.

Ann_sen : *Annona senegalensis*, Bal_aeg : *Balanites aegyptiaca*, Det_mic : *Detarium microcarpum*, Dio_mes : *Diospyros mespiliformis*, Man_ind : *Mangifera indica*, Mor_ole : *Moringa oleifera*, Sec_lon : *Securidaca longepedunculata*, Str_spi : *Strychnos spinosa*, Tam_ind : *Tamarindus indica*, Ter_lax : *Terminalia laxiflora*, Ver_col : *Vernonia colorata*, Xim_ame : *Ximenia americana*, Drug : produits pharmaceutiques, Tra-med : produits de la médecine traditionnelle

Tableau XXV : Substituts de *Sarcocephalus latifolius* classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.

Rang	Substituts	Organe utilisé	Fréquence de citation (%)	Plante cultivée ou achetée	Plante locale	Autres produits
1	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	racines	26,1		+	
2	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	racines	8		+	
3	<i>Burkea africana</i> Hook.	feuilles, écorce, racines	7,6		+	
4	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	feuilles	6,5		+	
5	<i>Pseudoedrela kotschy</i> (Schw.) Harms	racines	5,4		+	

Tableau XXV (suite)

Rang	Substituts	Organe utilisé	Fréquence de citation (%)	Plante cultivée ou achetée	Plante locale	Autres produits
6	Produits pharmaceutiques		4,7			+
7	<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	racines, feuilles	4,3		+	
8	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	racines, fruits	4		+	
9	<i>Dioscorea sp.</i>	racines	3,6		+	
10	<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres.	racines	3,6		+	
11	<i>Flacourtia indica</i> Willd.	racines	2,9		+	
12	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	racines	2,5		+	
13	<i>Ximenia americana</i> L.	racines	2,2		+	
14	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Waterman	racines	1,4		+	
15	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	fruits	1,4	+		
16	<i>Tamarindus indica</i> L.*	racines	1,1		+	
17	Médicaments traditionnelles		1,1			+
18	<i>Crateva adansonii</i> DC.	feuilles racines	1,1		+	
19	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	racines	1,1		+	
20	<i>Mangifera indica</i> L.	écorce	0,7	+		
21	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	fruits immatures	0,7		+	
22	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	fruits	0,7		+	
	Aucun substitut		9,1			

*Espèces protégées au Burkina Faso selon l'Arrêté n° 2004-019/MECV portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière.

7.4. Discussion

Le nombre total des usages (79) de *S. latifolius* trouvé dans la présente étude est élevé en comparaison avec ceux des études antérieures (Badiaga, 2011 ; Asase et Oteng-Yeboah, 2012). Cela peut s'expliquer par le nombre relativement élevé de villages et d'enquêtés, et par la spécificité des groupes ethniques impliqués dans notre étude. Malheureusement, la diversité des utilisations accroît la pression sur la plante. Si rien n'est fait, cela peut contribuer, avec les autres facteurs comme les modes de gestion des terres et la sécheresse, à mettre en danger la survie de l'espèce.

En effet, comme l'a fait observer Ticktin (2004), la plus grande conséquence directe des prélèvements des produits forestiers non ligneux est l'altération des taux de survie, de croissance et de reproduction des plantes exploitées. Les faibles valeurs de diversité et d'équitabilité de l'enquête trouvées montrent que les connaissances sur l'espèce ne sont pas uniformément distribuées parmi la population. Ces valeurs sont faibles par rapport à celles obtenues lors d'études similaires parmi les communautés locales sur d'autres espèces comme *Adansonia digitata* (Schumann *et al.*, 2012) au Burkina Faso et *Spondias tuberosa* Arruda (Lins Neto *et al.*, 2010) au Brésil.

L'une des particularités des utilisations de *S. latifolius* est que certaines sont connues de tous, mais d'autres restent secrètes et sont de ce fait gardées par très peu de personnes. En effet, l'utilisation de la plante dans le fétichisme, le mysticisme et contre les ennemis ou durant les festivités du "bouro" ne se divulgue pas de telle sorte qu'aucun détail sur ces utilisations n'est fourni. Le "bouro" est un rituel au cours duquel les Birifor, Lobi et Dagara sont initiés sur la vie dans la société. Il est interdit de parler de ce qui est appris pendant cette initiation. A l'inverse, presque tous les enquêtés connaissent l'utilisation des racines pour soigner les maux de ventre. De telles informations sont transmises de génération en génération, probablement parce que les maux de ventre font partie des maladies les plus fréquentes au sein des populations enquêtées. En plus, certaines informations données par les hommes diffèrent de celles des femmes. Cette différence explique partiellement le fait que les hommes détiennent plus de savoirs sur la plante que les femmes.

L'espèce joue un rôle important dans les soins de santé de la population, au vu du large nombre de maladies traitées. Malgré le petit nombre de tradipraticiens impliqués dans l'enquête, l'étude a montré que la population dans son ensemble détient des connaissances sur les utilisations médicinales de l'espèce. Les usages médicinaux rapportés dans cette étude (46) sont plus diversifiés que ceux trouvés par Duke (2013) (22 usages), Badiaga (2011) (13 usages) et Tabuti *et al.* (2003) (10 usages) dans d'autres pays. A cause de la faiblesse du pouvoir d'achat et de l'indisponibilité des médicaments conventionnels dans chaque village, les gens sont obligés de continuer à utiliser les plantes pour se soigner. En plus, plusieurs personnes de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso restent attachées à la culture et à la religion traditionnelle. De ce fait, *S. latifolius* restera pour longtemps l'une des espèces les plus importantes pour le bien-être (sanitaire, culturel, etc.) des populations.

Toutes les parties de la plante sont utilisées sauf les fleurs. Toutefois, il existe des ruches sur certains individus de la plante. Cela signifie que l'espèce est mellifère et est exploitée par les populations locales, corroborant ainsi Nombré *et al.* (2009). L'utilisation des

racines comme condiments n'a jamais été rapportée auparavant. La décoction des racines utilisée pendant la grossesse peut s'avérer dangereuse parce qu'elle est abortive selon Legba *et al.* (2012). L'étude a montré que la racine est la partie la plus utilisée de la plante (CTU le plus élevé), ce qui corrobore les résultats d'une étude conduite par Tabuti *et al.* (2003) en Ouganda.

La récolte des racines est pratiquée soit en coupant une partie de la racine latérale tout en épargnant le tronc de la plante, soit en déterrants complètement tout le système racinaire. Etant donné que la racine est une partie très sensible de la plante, sa récolte doit être modérée. Malgré son importance, aucune forme de protection de l'espèce n'est adoptée par la population, à l'exception de quelques personnes qui la considèrent comme leur totem et s'interdisent de la couper (faible CTU).

En analysant les différentes utilisations, on conviendra que les pratiques qui compromettent la survie de la plante sont notamment :

- ✓ l'utilisation des racines dans la médecine et comme condiment ;
- ✓ l'utilisation des écorces dans la médecine ;
- ✓ l'utilisation du bois dans l'artisanat, la construction et comme source d'énergie.

Pour les pratiques qui contribuent à préserver la plante, on peut retenir :

- ✓ l'utilisation des feuilles et des fruits en médecine traditionnelle pour traiter les mêmes maux que ceux traités par la racine : les maux de ventre, la bilharziose et le paludisme ;
- ✓ l'interdiction de couper (totem).

L'un des axes majeurs de sauvegarde des espèces est l'utilisation des substituts. *Cassia sieberiana* est reconnu comme étant le meilleur substitut de *S. latifolius* par les trois groupes ethniques. C'est une espèce fréquente dans la zone d'étude. Son utilisation contre les maux de ventre corrobore les résultats de Traoré *et al.* (2013) qui ont rapporté son usage contre les parasites gastro-intestinaux dans différentes localités du Burkina Faso. *Strychnos spinosa* dont les feuilles servent déjà comme substituts de *C. adansonii* subit de forte pression au regard de ses diverses utilisations.

La plupart des substituts des racines de *S. latifolius* sont malheureusement des racines d'autres plantes. Deux des substituts, *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Thiombiano *et al.*, 2010) et *Securidaca longepedunculata* (Hahn-Hadjali et Thiombiano, 2000; Belem *et al.*, 2007 ; Thiombiano *et al.*, 2010), sont menacés dans plusieurs localités du pays.

Pour le cas particulier des espèces médicinales comme *S. latifolius*, la substitution des racines par les feuilles est une approche qui conserve mieux la plante. Les travaux de

Sourabié *et al.* (1992) au Burkina Faso ont déjà aboutit à cette possibilité de substitution, mais le monde paysans a très peu accès à la majorité des résultats de recherche. Dans d'autres pays, les études ont aussi montré que la substitution de certains organes par d'autres est une bonne mesure de conservation des espèces médicinales (Zschocke *et al.*, 2000; Goussanou *et al.*, 2013). Toutefois, comme l'ont déjà relevé Monteiro *et al.* (2006), l'utilisation des substituts médicinaux requière une analyse phytochimique et pharmacologique afin d'évaluer leur efficacité et donc de confirmer leur interchangeabilité.

Dans la même logique, Diatta *et al.* (2014) ont démontré la possibilité de substituer les racines de *Zanthoxylum zanthoxyloides* par ses feuilles dans les soins de plusieurs pathologies. Un travail de vulgarisation des résultats de recherches doit donc être entrepris par les décideurs politiques pour mettre à la disposition du monde rural les meilleures pratiques qui contribuent à sauvegarder les ressources végétales.

7.5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la diversité des utilisations, et de documenter les substituts de *S. latifolius* dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. Les indices ethnobotaniques utilisés ont permis de mettre en exergue les parties les plus utilisées de la plante, et la distribution des connaissances entre les localités et les groupes ethniques. L'espèce est surtout utilisée en médecine, dans la construction, dans l'artisanat et comme bois énergie. Certains résultats de cette étude comme l'utilisation de la plante pour soigner la hernie, les maux de nombril, les maux de testicules et les maux de ventre peuvent servir de base pour des recherches cliniques et pharmacologiques. Il est primordial de documenter les utilisations des espèces locales afin de mieux sauvegarder les savoirs accumulés par nos sociétés depuis plusieurs générations. Dans le contexte actuel de régression des formations naturelles, les gens doivent intégrer la gestion durable dans leur relation quotidienne avec les plantes afin d'éviter la surexploitation, particulièrement quand des parties sensibles comme les racines et les écorces sont récoltées.

Chapitre 8 : Utilisations et services écosystémiques de *Burkea africana* Hook.

8.1. Introduction

Burkea africana est l'une des espèces caractéristiques des savanes arborées soudaniennes du Burkina Faso (Ouoba, 2006 ; Ouédraogo, 2009 ; Traoré *et al.*, 2012a). A l'instar de la grande majorité des plantes utilisées au Burkina Faso (Zizka *et al.*, 2015), les utilisations de *B. africana* ont été documentées seulement à travers des travaux plus larges incluant plusieurs plantes. Cela présente sans doute l'inconvénient de ne pas faire un recensement exhaustif des biens et services écosystémiques que procurent la plante aux populations locales.

Les travaux disponibles sur l'espèce ont principalement porté sur sa phytochimie (Nacoulma-Ouédraogo, 1996 ; Mathisen *et al.*, 2002 ; Ferreira *et al.*, 2005) et son écologie (Bothalia, 1981 ; Yeaton *et al.*, 1988 ; Burke, 2006 ; Mbatchou *et al.*, 2011b).

Or, l'étude exhaustive des biens écosystémiques d'une espèce au sein d'une communauté donnée permet de dégager les forces et les faiblesses qui guident la sauvegarde de la plante. Les résultats d'une telle étude constituent un guide pour les prises de décisions adéquates.

Il est aussi évident que du fait du recul des formations naturelles, les paysans font face à la baisse de fourniture des biens et services que leur procurent les plantes. Il est donc apparu nécessaire d'investiguer les changements de comportements vis-à-vis de la diminution des populations de *B. africana* autour des espaces communaux à travers la recherche de ses substituts.

Cette étude vise à étudier les biens et services fournis par la plante aux populations de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso, et à documenter ses substituts. Nous avons analysé et discuté les utilisations de l'espèce suivant les localités et les groupes ethniques. Les différentes utilisations ont été rangées suivant une typologie qui fait ressortir les grands groupes de services écosystémiques que les populations tirent de cette espèce. Enfin, les stratégies de substitution du bois de la plante ont été analysées et les implications pour la survie de l'espèce ont été dégagées. L'hypothèse principale était que les valeurs écosystémiques des systèmes forestiers sont estimables en biens et services produits aux bénéfiques des populations locales.

8.2. Matériels et méthodes

La méthodologie utilisée dans cette étude est décrite au chapitre 6.

8.3. Résultats

8.3.1. Ethno-nomenclature de *B. africana*

Les différentes appellations données à la plante sont portées dans le tableau XXVI. Les Birifor la désignent par deux noms à connotations apparemment proches à savoir *Broun'tié* et *Brhéman*. Le nom *Broun'tié* est commun aux Birifor et aux Dagara.

Tableau XXVI : Ethno-nomenclature de *Burkea africana* selon les groupes ethniques.

Groupe ethniques	Langue	Nom
Birifor	Birifor	<i>Broun'tié, Brhéman</i>
Dagara	Dagara	<i>Broun'tié</i>
Lobi	Lobiri	<i>Seigué</i>
Peuls	Fulfuldé	<i>Saïga-yéh</i>
Moosé	Mooré	<i>Kasi-sané</i>

8.3.2. Indices de diversité et d'équitabilité de l'enquête

L'indice de diversité moyenne de l'enquête sur les utilisations de *B. africana* est de $0,055 \pm 0,025$. La plus grande valeur est de 0,147 contre 0,044 pour la plus petite valeur. Cela signifie que le plus informé des enquêtés connaît 14,7 % de toutes les utilisations recensées contre 4 % seulement pour la personne qui a cité le moins d'utilisations. Les enquêtés de Djikologo (ID = $0,097 \pm 0,022$; IE = $0,660 \pm ,152$) ont cité le plus grand nombre d'utilisations. A l'opposé, ceux de Sibteon (ID = $0,039 \pm ,016$; IE = $0,267 \pm 0,111$) ont cité le moins d'utilisations. Parmi les trois principaux groupes ethniques, les Dagara (ID = $0,067 \pm 0,029$; IE = $0,454 \pm 0,200$) ont donné plus d'informations. Les hommes ont plus de connaissances sur l'utilisation de l'espèce que les femmes ($0,060 \pm 0,025$ vs. $0,048 \pm 0,023$) (Tableau XXVII).

Tableau XXVII : Indices de diversité (ID) et d'équitabilité (IE) de l'enquête sur l'utilisation de *Burkea africana* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

	Indices de l'enquête (Moyenne ± Erreur standard)	
	Diversité (ID)	Equitabilité (IE)
<i>Villages</i>		
Djikologo	0,097 ± 0,022	0,660 ± 0,152
Bontioli	0,074 ± 0,024	0,500 ± 0,166
Tovor	0,042 ± 0,013	0,287 ± 0,088
Diourao	0,049 ± 0,023	0,330 ± 0,157
Balingnar	0,056 ± 0,023	0,383 ± 0,157
Sibteon	0,039 ± 0,016	0,267 ± 0,111
Gangalma	0,059 ± 0,017	0,400 ± 0,115
Fadio	0,057 ± 0,012	0,387 ± 0,081
Mebar	0,059 ± 0,023	0,400 ± 0,159
Bonfateon	0,046 ± 0,017	0,313 ± 0,115
Medicateon	0,045 ± 0,023	0,307 ± 0,157
Titenateon	0,041 ± 0,019	0,281 ± 0,130
Tous les villages	0,055 ± 0,025	0,377 ± 0,173
<i>Groupes ethniques</i>		
Dioula	0,034 ± 0,018	0,233 ± 0,125
Mossé	0,056 ± 0,022	0,380 ± 0,147
Peuls	0,038 ± 0,021	0,256 ± 0,142
Lobi	0,053 ± 0,022	0,358 ± 0,148
Dagara	0,067 ± 0,029	0,454 ± 0,200
Birifor	0,050 ± 0,020	0,337 ± 0,137
<i>Ages</i>		
Enquêtés avec un âge > 45 ans	0,057 ± 0,027	0,385 ± 0,186
Enquêtés avec un âge ≤ 45 ans	0,055 ± 0,024	0,371 ± 0,162
<i>Genres</i>		
Femmes	0,048 ± 0,023	0,326 ± 0,159
Hommes	0,060 ± 0,025	0,408 ± 0,173

8.3.3. Valeur consensuelle sur les types d'usage

La construction est la principale utilisation de *B. africana* (CTU = 1,054), suivie de l'artisanat (CTU = 0,824), du bois énergie (CTU = 0,713), de la médecine (CTU = 0,311), des rites, de la tradition et de la magie (CTU = 0,245) et du fourrage (CTU = 0,096) (Tableau XXVIII). Le tronc et les branches, c'est-à-dire le bois, sont les parties les plus utilisées (CTU = 2,701). L'utilisation du bois pour la construction des maisons traditionnelles appelées *Soukana* en Birifor est l'usage le plus courant (CTU = 0,797) (Tableau XXIX). Les aspects liés à la construction et aux rites ont plus été rapportés par les hommes, alors que l'utilisation du bois comme source d'énergie a plus été donnée par les femmes. Certaines personnes ont la plante pour totem. Son utilisation comme bois de chauffe et comme matériel de construction

est interdite chez eux. D'autres personnes interdisent même son transport dans leur maison et ne consomment pas un repas préparé avec son bois. Dans le cas de la construction, le non respect de l'interdit entraîne la chute du bâtiment.

Tableau XXVIII : Valeurs consensuelles sur les types d'usage (CTU) de *Burkea africana* cités par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Médecine (36)	0,311
Ecorce utilisée pour traiter les maux de ventre	0,017
Ecorce utilisée pour traiter le paludisme	0,015
Ecorce utilisée pour traiter les maux de dents	0,015
Ecorce utilisée pour traiter la toux	0,007
Ecorce utilisée pour traiter les hémorroïdes	0,004
Ecorce utilisée pour traiter la varicelle	0,002
Ecorce utilisée pour traiter les plaies	0,002
Ecorce utilisée pour traiter la constipation	0,002
Ecorce utilisée pour traiter les maux d'oreille	0,002
Ecorce utilisée pour traiter les maux généraux	0,002
Ecorce utilisée pour traiter le <i>kpor</i> (maladie attaquant les enfants et induisant une boule dure sur un côté du ventre)	0,002
Ecorce utilisée pour se fortifier	0,002
Feuille utilisée pour se fortifier	0,027
Feuille utilisée pour traiter la fièvre	0,012
Feuille utilisée pour purifier la femme qui vient d'accoucher	0,012
Feuille utilisée pour traiter les maux de reins	0,005
Feuille utilisée pour traiter les maux d'articulation	0,002
Feuille utilisée pour traiter les saignements de gencive	0,002
Feuille utilisée pour traiter la dysenterie	0,002
Racine utilisée pour traiter la hernie	0,020
Racine utilisée pour traiter les maux de ventre	0,010
Racine utilisée pour traiter les maux de dents	0,005
Racine utilisée pour traiter le rhumatisme	0,002
Racine utilisée pour traiter les morsures de serpents	0,002
Racine utilisée pour traiter les maux de poitrine	0,002
Racine utilisée pour traiter la toux	0,002
Racine utilisée pour traiter les plaies	0,002
Racine utilisée pour traiter les céphalées du bébé dues au développement de la dentition	0,002
Racine utilisée pour traiter l'épilepsie	0,002
Racine utilisée pour traiter la gonococcie	0,002
Racine utilisée pour stimuler la production de lait chez la femme qui vient d'accoucher	0,002

Tableau XXVIII (suite)

Catégories d'utilisation	CTU
Usages dans les catégories	
Médecine (suite)	0,311
Racine utilisée pour traiter le vomissement	0,002
Racine utilisée comme fortifiant	0,002
Rameau utilisé comme cure-dent	0,100
Rameau utilisé pour traiter la toux	0,002
Jeunes pousses utilisées pour soigner les maux de dents	0,002
Artisanat (17)	0,824
Bois utilisé pour fabriquer les manches des dabas et des haches	0,466
Bois utilisé pour fabriquer des pilons	0,135
Bois utilisé pour fabriquer des tabourets	0,083
Bois utilisé pour fabriquer des gourdins	0,042
Bois utilisé pour fabriquer des damiers	0,020
Bois utilisé pour fabriquer des mortiers	0,020
Bois utilisé pour fabriquer des bancs	0,012
Bois utilisé pour fabriquer des balafons	0,010
Bois utilisé pour fabriquer des flûtes	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des statuettes	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des mangeoires	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des manches de fusils	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des tam-tams	0,005
Bois utilisé pour fabriquer des chaises	0,005
Bois utilisé pour fabriquer l'attelage des charrues	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des portes	0,002
Bois utilisé pour fabriquer des spatules	0,002
Construction (3)	1,054
Bois utilisé pour construire des maisons	0,797
Bois utilisé pour construire des hangars	0,132
Bois utilisé pour construire des greniers	0,125
Bois énergie (2)	0,714
Bois de chauffe	0,645
Charbon de bois	0,069
Fourrage (1)	0,096
Feuilles appréciées	0,096
Rite, Tradition et Magie (7)	0,245
Bois utilisé comme représentation d'un défunt	0,086
Bois placé derrière les idoles	0,025
Racine utilisée par les parents de jumeaux	0,007
Totem : utilisation et coupe interdites	0,096
Plante utilisée dans les sacrifices	0,017
Plante utilisée pour faire des talismans	0,012
Plante est un habitat des génies	0,002

Tableau XXIX : Valeurs consensuelles des types d'usage (CUT) des différents organes et des dix premières utilisations de *Burkea africana* dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso.

Rang	Organe	CTU	Rang	Usage	CTU
1	Bois	2,701	1	Bois utilisé dans la construction des maisons	0,797
2	Feuilles	0,159	2	Bois de chauffe	0,645
3	Rameaux	0,103	3	Bois utilisé pour confectionner les manches des dabas et des haches	0,466
4	Ecorce	0,081	4	Bois utilisé pour fabriquer des pilons	0,135
5	Racine	0,069	5	Bois utilisé pour faire des hangars	0,132
			6	Bois utilisé pour faire des greniers	0,125
			7	Rameaux utilisés comme cure-dent	0,100
			8	Feuilles appréciées	0,096
			9	Totem : utilisation et coupe interdites	0,096
			10	Bois utilisé pour faire des tabourets	0,086

8.3.4. Utilisations médicinales et modes d'administration

Plusieurs modes d'administration des traitements des dix maladies rapportées, dont les maux de dents, le paludisme et la toux, ont été décrites. Ils consistent à boire la décoction ou le macéré, à se purger, à se laver ou à appliquer directement le produit sur les plaies (Tableau XXX). Parmi les utilisations médicinales, quatre d'entre elles ont recueilli le plus de consensus. Il s'agit de :

- ✓ Feuille utilisée pour se fortifier (CTU = 0,027) ;
- ✓ Racine utilisée pour traiter la hernie (CTU = 0,020) ;
- ✓ Ecorce utilisée pour soigner les maux de ventre (CTU = 0,017) ;
- ✓ Rameau utilisé comme cure-dent (CTU = 0,010) pour traiter ou prévenir les gingivites.

Tableau XXX : Préparation des organes de *Burkea africana* et modes d'administration pour traiter certains maux tels que pratiqués par la population de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso⁶.

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Fatigue générale	Se laver et boire la décoction des feuilles
Hernie	1. Préparer un vomitif à partir de la décoction des écorces et de la farine de céréale ; 2. Boire la décoction ou le macéré des racines
Hémorroïdes	Se purger avec la décoction des écorces

⁶ Les applications thérapeutiques données dans cette thèse ne devraient pas constituer des recettes à appliquer comme telles. Elles constituent des informations véridiques certes, mais elles sont souvent incomplètes. Les contres indications, les doses, les adjuvants et les compléments ne sont souvent pas donnés.

Tableau XXX (suite)

Maladies/soins	Préparation et mode d'administration
Hygiène postpartum et stimulation de la production de lait de la femme	Bain avec la décoction des feuilles
Maux de dent/Carie dentaire	1. Garder la décoction des écorces ou des feuilles ou des racines dans la bouche pendant 10-15 mn ; 2. Appliquer un fragment de racine écrasée sur la dent
Maux de reins	Boire la décoction des jeunes feuilles
Maux de ventre	1. Se purger avec la décoction des écorces ; 2. Boire la décoction des jeunes feuilles
Paludisme	Se laver et boire la décoction des feuilles
Plaie	1. Appliquer un fragment d'écorce pilée sur la plaie ; 2. Appliquer un fragment d'écorce pilée et séchée sur la plaie
Toux	Utiliser le rameau comme cure-dent tout en avalant le jus

8.3.5. Substituts de *B. africana*

Seize espèces ont été rapportées comme substituts au bois de *B. africana* dans la construction. *Pterocarpus erinaceus* et *Anogeissus leiocarpa* sont les substituts de premier choix (Figure 22). Certains substituts comme *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* sont utilisés presque exclusivement par les Lobi et les Birifor respectivement (Figure 22). Seules trois espèces que sont *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camadulensis* et *Tectona grandis* sont plantées dans la zone d'étude (Tableau XXXI). Environ 3 % des enquêtés n'ont cependant pas trouvé de substitut au bois de *B. africana*.

Les Lobi ont une préférence pour *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpa*, *Prosopis africana*, *Vitellaria paradoxa* et *Azadirachta indica*. Les Dagara utilisent plutôt *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpa*, *Vitellaria paradoxa* et *Terminalia laxiflora*. Les Birifor choisissent *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpa*, *Vitellaria paradoxa* et *Detarium microcarpum* (Figure 22).

Les analyses en composantes principales ont uniquement mis en évidence un regroupement des enquêtés selon le groupe ethnique. Le premier et le second axe expliquent respectivement 22,8 % et 26,8 % de la variance des données (Figure 23).

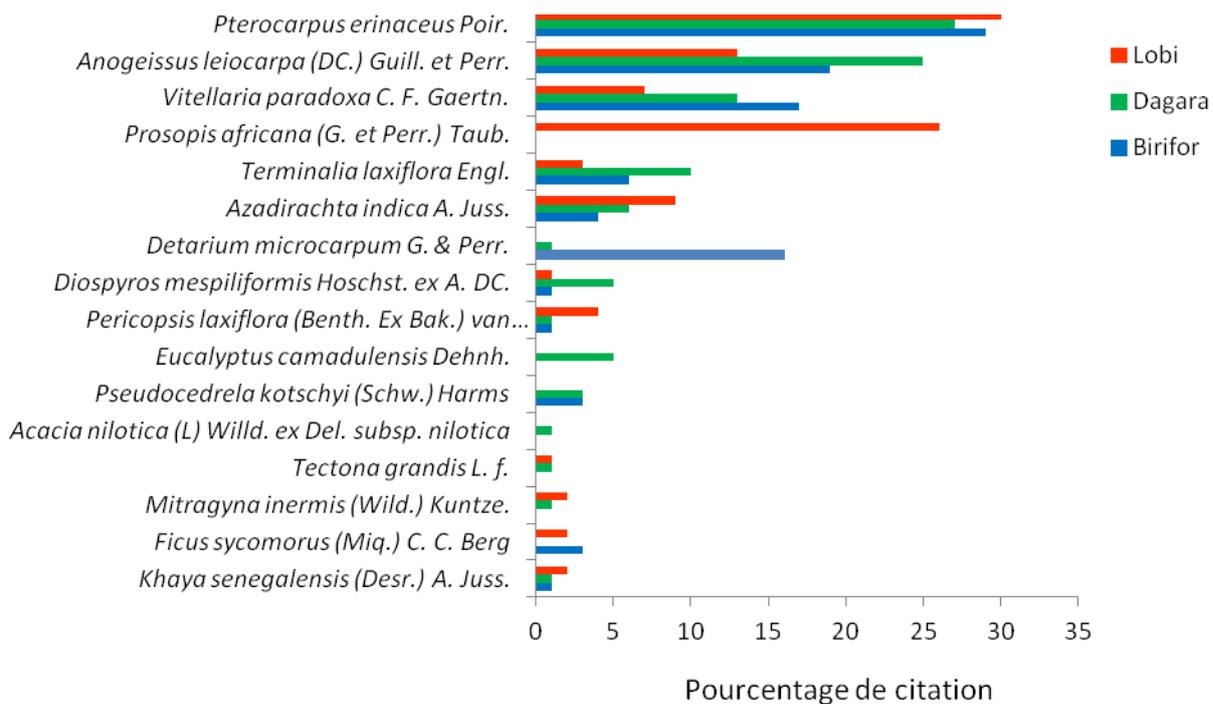


Figure 22 : Substituts de *B. africana* utilisés par les groupes ethniques Lobi, Dagara et Birifor dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.

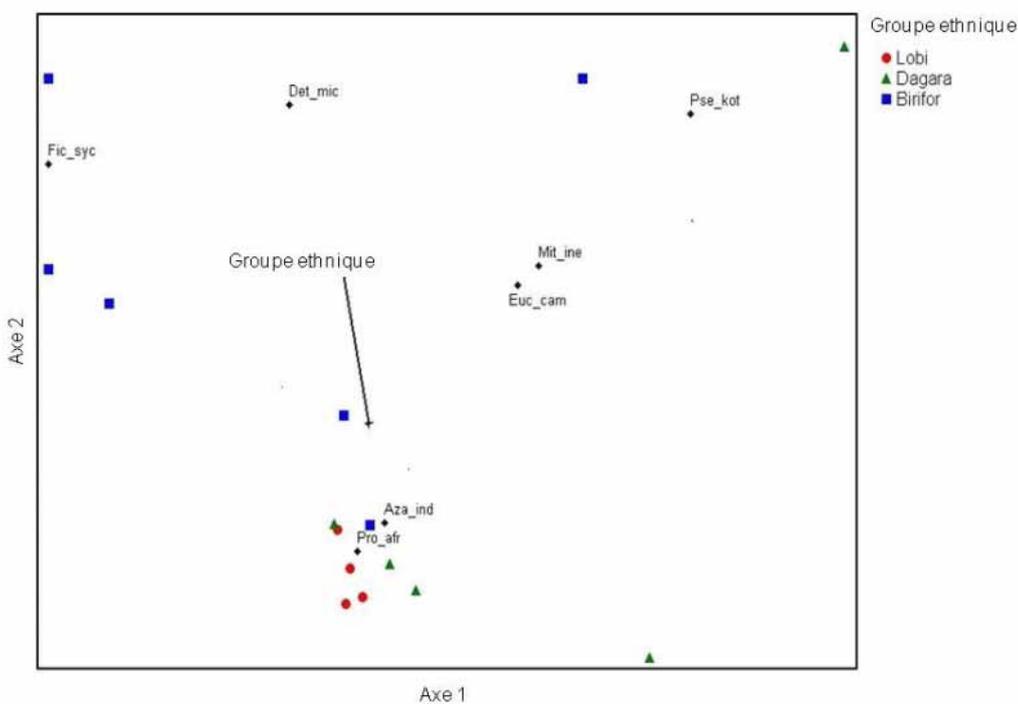


Figure 23 : Diagramme de l'ordination de l'ACP des substituts de *B. africana*.

Ara_ind : *Azadirachta indica*, Det_mic : *Detarium microcarpum*, Euc_cam : *Eucalyptus camadulensis*, Fic_syc : *Ficus sycomorus*, Mit_ine : *Mitragyna inermis*, Pro_afr : *Prosopis africana*, Pse_kot : *Pseudocedrela kotschy*

Tableau XXXI : Substituts de *Burkea africana* classés en fonction de l'importance de citation, la partie utilisée et le type de plante.

Rang	Substitut	Partie utilisée	Fréquence de citation (%)	Plante cultivée ou achetée	Plante locale
1	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.*	bois	27,9		+
2	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. et Perr.*	bois	19,4		+
3	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.*	bois	12,7		+
4	<i>Prosopis africana</i> (G. et Perr.) Taub.*	bois	7,5		+
5	<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	bois	6,7		+
6	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	bois	5,9	+	
7	<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	bois	4,9		+
8	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	bois	2,6		+
9	<i>Pseudocedrela kotschy</i> (Schw.) Harms	bois	2,1		+
10	<i>Eucalyptus camadulensis</i> Dehnh.	bois	1,8	+	
11	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. Ex Bak.) van Meeuwen	bois	1,6		+
12	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.*	bois	1		+
13	<i>Ficus sycomorus</i> (Miq.) C. C. Berg	bois	0,8		+
14	<i>Mitragyna inermis</i> (Wild.) Kuntze.	bois	0,8		+
15	<i>Tectona grandis</i> L. f.	bois	0,8	+	
16	<i>Acacia nilotica</i> (L) Willd. ex Del. subsp. <i>Nilotica</i>	bois	0,5		+
	Aucun substitut		3,1		

*Espèces protégées au Burkina Faso selon l'Arrêté n° 2004-019/MECV portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière.

8.4. Discussion

Burkea africana fournit divers biens et services aux populations à l'exception de l'alimentation. Les connaissances sur la plante sont assez similaires chez les Lobi (ID = 0,053 et IE = 0,358) et les Birifor (ID = 0,050 et IE = 0,337) mais est légèrement plus élevée chez les

Dagara (ID = 0,067 et IE = 0,454). De manière générale, l'utilisation du bois dans la construction est de loin la première des utilisations, majoritairement reconnues par les enquêtés. La dureté de son bois, sa résistance aux attaques des termites et à la moisissure, ainsi que la forme en fourche de son tronc sont les principaux atouts avancés par les populations.

En effet, *B. africana* fait partie d'une liste restreinte d'espèces très résistantes compilée par Scheffer et Morrell (1998) à travers le monde. La dureté exceptionnelle du cœur de son bois est liée partiellement à ses propriétés fongicides et germinicides mais seraient aussi liée au caractère hydrophobe du bois ainsi qu'à sa forte stabilité dimensionnelle (Neya *et al.*, 2004). Les Dagara, les Lobi et les Birifor construisent tous des habitations dont le toit est en dalle faite de terre et de bois ; *B. africana* est l'une des principales espèces utilisées à cet effet. Pour accéder au dessus de la dalle, c'est généralement le tronc de *B. africana* qui est taillé et utilisé comme escalier. Autrefois, pour implanter une habitation, la présence d'un peuplement à *B. africana* dans les environs était une condition à remplir, afin d'être sûr de pouvoir disposer de bois de qualité pour la construction des maisons.

L'utilisation du tronc de l'arbre implique l'abattage complet des individus. Cette pratique impacte négativement le maintien d'une bonne structure de la population de l'espèce (voir chapitre 3). Une solution logique serait de planter et d'entretenir la plante près des habitations, afin de ne plus dépendre des populations naturelles. Une exploitation industrielle de plantations de *B. africana* peut également être un débouché rentable et une solution pour préserver les pieds naturels. L'histoire récente de la sylviculture de l'eucalyptus (Martin, 2003) devrait aider à croire à la faisabilité d'une telle initiative.

Le bois de chauffe est la deuxième utilisation de l'espèce. La promotion et la vulgarisation des foyers améliorés et des fours solaires devront permettre de minimiser l'utilisation du bois de chauffe. *Burkea africana* étant également une espèce très recherchée pour la fabrication du charbon, une surveillance accrue par les services techniques en charge de la protection de l'environnement devra être encouragée pour éviter toute exploitation massive et frauduleuse de cette précieuse ressource.

La présente étude a montré que la plante revêt aussi un intérêt médicinal pour la population. L'utilisation de la plante contre les céphalées rejoint les résultats de Sandberg (1965) et de Ruffo (1991). *B. africana* est bien connue dans d'autres contrées comme plante médicinale. Elle soigne la gale (Sandberg, 1965), la rétention du placenta (Moreki *et al.*, 2012) et les infections opportunistes du VIH/Sida (herpès, éruptions cutanées) (Chinsebu et Hedimbi, 2010). Son écorce contient des antioxydants et des molécules ayant des propriétés

de piégeage anti-radicalaire (Mathisen *et al.*, 2002). Il a été démontré que les extraits de racines ont un effet inhibiteur sur la croissance de *Salmonella typhi* (Mbatchou *et al.*, 2011a). L'utilisation des rameaux comme cure-dent a déjà été rapportée au Togo et se justifie bien car son bois possède des propriétés antimicrobiennes (Kpakote *et al.*, 1998).

Burkea africana est peu connu dans la région du Sud-Ouest comme espèce appréciée par les animaux. Or, l'impala (*Aepyceros melampus* (Lichtenstein, 1812)) et le grand koudou (*Tragelaphus strepsiceros* (Pallas, 1766)), deux mammifères d'Afrique du Sud, en raffolent (Davidson, 1998).

Les écorces sont fréquemment utilisées dans les soins, mais des études ont montré que l'espèce est peu tolérante à l'écorçage (Delvaux *et al.*, 2009). Cette pratique devrait donc être restreinte, voir interdite. A cela, s'ajoute le fait que malheureusement en milieu naturel, l'écorce de la plante est recherchée par les éléphants (Hien, 2001). Les feuilles mortes de *B. africana* pourraient être convenablement exploitées et traitées pour nourrir les ruminants du fait de leur richesse en éléments nutritifs comme les fibres, les protéines, Ca, K, Na, Mg et Zn, Fe (Mbatchou *et al.*, 2011b).

Les résultats ont aussi montré l'importance de la plante dans l'artisanat. L'utilisation de son bois pour la confection des manches de daba et de hache est la première des utilisations artisanales. Il serait alors nécessaire, pour préserver l'espèce, de vulgariser l'utilisation de la charrue dans la région du Sud-Ouest. En effet, nous avons observé que la daba est largement utilisée dans la région alors que dans d'autres parties comme le centre du pays, la charrue à traction animale a tendance à se substituer à la daba chez les populations disposant de meilleurs revenus.

La plante fournit des services culturels dont le rôle est inestimable dans les sociétés du Sud-Ouest. La symbolisation des défunts par le bois de *B. africana* est très répandue. Nous n'avons pas pu savoir pourquoi c'est cette espèce qui est utilisée à cet effet. Des cas similaires ont été rapportés par Seignobos (1997) dans le bassin du lac Tchad. Les espèces telles que *Vitex doniana*, *Adenium obesum* Roem. & Schult., *Kigelia africana* (Lam.) Benth., *Faidherbia albida*, *Euphorbia kamerunica* Pax, *Cissus quadrangularis* L. y sont utilisées pour substituer un cadavre manquant dans la tombe, ou pour représenter le double d'un chef ou d'un simple particulier. Les valeurs culturelles des espèces sont souvent occultées et sous estimées, alors qu'elles constituent des puissants arguments pour plaider en faveur de la sauvegarde de la diversité biologique.

La sauvegarde des espèces passe par la volonté de protéger ce qui existe dans les écosystèmes naturels mais également par l'utilisation de moyens alternatifs qui évitent de

recourir aux espèces. Les stratégies de substitution de *B. africana* données par les trois groupes ethniques reposent en grande partie sur des espèces protégées (*Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpa*, *Prosopis africana*, *Vitellaria paradoxa*). *Pterocarpus erinaceus*, le premier des substitut, est une espèce déjà menacée dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso (Thiombiano *et al.*, 2010).

La substitution de *B. africana* par *Acacia nilotica*, *Khaya senegalensis* et *Tectona grandis* trouve leur justification dans la forte résistance de leurs bois comparable à l'espèce substituée (Scheffer et Morrell, 1998).

Les espèces plantées telles que *Azadirachta indica* et *Tectona grandis* pourront faire l'objet de vulgarisation à petite échelle afin de réduire la pression sur les formations naturelles. Cependant, l'utilisation de certaines espèces exotiques comme l'eucalyptus devrait être encadrée car l'espèce présente des risques écologiques avérés comme la toxicité ou l'épuisement des nappes phréatiques (Liu et Li, 2010). De façon durable, les politiques publiques en matière de gestion des forêts devraient aider les producteurs dans l'acquisition de paquets technologiques pour la mise en place de programmes de plantation des espèces locales très utilisées.

L'utilisation de *Vitellaria paradoxa* comme substituts au bois de *B. africana* n'est pas acceptable car elle est non seulement interdite de couper (Zida *et al.*, 2009), mais c'est également une espèce d'importance économique capitale pour le pays (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014). Toute utilisation massive de cette plante autre que la récolte de fruits doit attirer l'attention des décideurs et des services chargés de la protection de l'environnement.

8.5. Conclusion

Cette étude a pu rassembler et analyser l'ensemble des biens et services écosystémiques fournis par *Burkea africana* aux populations de la région du Sud-Ouest. A notre sens, l'utilisation de cette espèce dans la construction et dans la représentation des défunts sont les deux éléments les plus importants qui marquent en quelques sortes la culture des Birifor, des Dagara et des Lobi. Au delà de l'aspect écologique de la protection de l'espèce pour l'équilibre des écosystèmes, et pour le bien-être des générations futures, préserver cette plante rentre également dans une philosophie de maintien et d'affirmation des racines traditionnelles de tout un pan de l'histoire sociale de trois groupes ethniques apparentés. Les indications thérapeutiques de la plante mentionnées dans cette étude peuvent

servir d'hypothèses et d'orientations pour des études pharmacologiques. L'utilisation de plantes intégralement protégées à la place de *B. africana* pose le problème de l'inadéquation des stratégies de substitution adoptées par la population. L'utilisation de matériaux modernes de construction s'avère être une option incontournable pour supprimer la part de la construction dans l'épuisement des peuplements de *B. africana*.

Chapitre 9 : Valeurs économiques des espèces

9.1. Introduction

Au delà des connaissances sur les différentes utilisations des plantes, une évaluation monétaire de leur importance s'impose pour mieux les valoriser et plaider pour leur conservation. Comme l'a si bien souligné Bishop (1999), l'importance économique des produits forestiers non ligneux dans les sociétés qui vivent de l'agriculture de subsistance, comme c'est le cas dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso, reste sous-estimée.

L'évaluation économique des biens et services écosystémiques étant un outil de valorisation des services environnementaux (Hanemann, 1994 ; Pearce, 2001 ; Voltaire, 2011), nous avons cherché à déterminer une valeur monétaire qu'on pourrait attribuer à *Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* et *Burkea africana* à travers des enquêtes de marchés et une évaluation contingente (Luchini, 2002 ; Turpie, 2003 ; Voltaire, 2011). De telles études sont quasi-absentes dans la littérature en ce qui concerne ces trois plantes.

La méthode d'évaluation contingente (MEC) a été utilisée pour l'estimation de la valeur économique d'un pied de chaque espèce. Les méthodes de valorisation économique reposant sur les préférences individuelles, comme la MEC, ont pour objectif de mesurer la valeur que les gens accordent à un bien non marchand (Voltaire, 2011). La MEC est basée sur le consentement à payer (CAP). Le CAP (ou *willingness to pay*-WTP en anglais) est une méthode utilisée pour évaluer indirectement le prix d'un bien qui ne se vend pas sur la place du marché.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer les valeurs économiques des trois plantes. Une double approche économique a ainsi été utilisée pour faire ressortir la valeur monétaire d'un individu de chaque plante, au regard des biens marchands et non marchands qu'elle fournit à la population. L'hypothèse de départ était que les trois espèces de références (*Crateva adansonii*, *Sarcocephalus latifolius* et *Burkea africana*) ont des valeurs économiques quantifiables chez les populations du Sud-Ouest du Burkina Faso.

9.2. Matériels et méthodes

Une enquête de marché a été effectuée à différentes périodes de l'année, dans une douzaine de marchés pour collecter les prix des produits des espèces. Il s'est agi des feuilles de *C. adansonii*, des racines de *S. latifolius* et du charbon de bois de *B. africana*. La masse et

le prix de ces produits ont été notés. En ce qui concerne *Burkea africana*, des enquêtes ont été menées auprès des charbonniers afin d'obtenir la quantité moyenne de charbon de bois qu'un individu peut produire. Nous avons alors utilisé la formule suivante pour calculer la valeur monétaire marchande des produits des espèces :

$$V = p \times bm$$

V : valeur monétaire en FCFA d'un pied moyen de l'espèce ;

p : prix moyen d'une unité de masse du produit sur le marché ;

bm : quantité moyenne de biomasse produite par un individu de l'espèce.

L'évaluation contingente a été conduite dans 10 villages appartenant aux trois groupes ethniques. Ce sont : Bombara, Tioyo et Tinguera pour les Lobi, Bontioli, Zambo, Djikologo et Legmoin pour les Dagara, Mezan, Titi et Tamipar pour les Birifor. Ces villages ont été choisis dans le but de couvrir toutes les provinces de la région (Figure 17, voir chapitre 6).

La MEC utilise une situation fictive afin d'obtenir la valeur d'un bien ou d'un service écosystémique en se basant sur le CAP des personnes qui utilisent ce bien ou à qui ce service écosystémique profite. La MEC a donc été utilisée pour évaluer la valeur monétaire des pieds de *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*. Une enquête préliminaire a été préalablement conduite dans le village de Bamako (province de la Bougouriba) en utilisant un questionnaire ouvert. Cette enquête a impliqué 30 personnes (15 femmes et 15 hommes). Au terme de cette enquête, les quantiles 15 ; 32,5 ; 50 ; 67,5 et 85 des CAP pour préserver un individu de chaque espèce ont été extraits. Ces quartiles étaient de : 1 000, 1 500, 3 500, 7 000 et 40 000 FCFA pour *C. adansonii*, 1 000, 2 000, 4 000, 6 000 et 10 000 FCFA pour *S. latifolius* et 500, 1 000, 2 500, 6 000 et 13 000 FCFA pour *B. africana*.

Ces montants ont été ensuite utilisés dans la grande enquête avec un questionnaire fermé. Elle a impliqué 283 personnes, dont 137 femmes et 146 hommes, soit 30 personnes par village à l'exception de Tamipar (13 personnes) où il n'y avait pas autant de personnes qui remplissaient les conditions de l'enquête. Les différents montants ont été aléatoirement proposés aux enquêtés dans une approche de *take-it-or-leave-it* ou « à prendre ou à laisser » (Luchini, 2002 ; Dong *et al.*, 2003). Il leur était posé la question suivante : « seriez-vous prêt à payer x FCFA pour préserver un pied de telle espèce vous appartenant, si toutefois on décidait de vous la couper ? ».

Les données collectées ont été analysées en utilisant une approche non paramétrique. L'estimateur de Turnbull a été utilisé pour déterminer la borne inférieure du CAP pour chaque espèce (voir annexe 2 pour la procédure de calcul). Les détails sur la démarche sont donnés

par Terra (www.ecologie.gouv.fr). Les données ont été analysées avec les logiciels Excel 2007 et XLSTAT Pro 7.5.2.

9.3. Résultat

9.3.1. Valeur économique de *C. adansonii*

Les résultats de l'enquête de marché montrent que le prix moyen d'un kilogramme de feuilles de *C. adansonii* est de 201,7 FCFA au cours de l'année. La productivité moyenne d'un pied est de 23,6 kg de biomasse foliaire fraîche par an soit 708 kg sur 30 ans (voir chapitre 4). Ainsi donc, on évalue la valeur monétaire d'un pied à 142 800 FCFA.

Un pied moyen procure alors un revenu moyen de 4 760 FCFA par an. Chaque chef de ménage possède en moyenne 3,8 pieds de *C. adansonii* à Tovor. L'espèce procure donc en moyenne 18 088 FCFA par an à chaque ménage dans cette localité.

L'évaluation contingente montre que les enquêtés sont prêts à payer 22 650 FCFA en moyenne pour sauvegarder un individu de *C. adansonii*. Le CAP des hommes est de 26 035 FCFA contre 18 220 FCFA pour les femmes. Les hommes sont prêts à payer 7 815 FCFA de plus que les femmes.

9.3.2. Valeur économique de *S. latifolius*

Les résultats montrent que la valeur monétaire de l'espèce obtenue à travers la méthode directe d'observation des prix des racines échangées sur le marché est légèrement supérieure à la valeur d'un pied obtenue à travers la méthode d'évaluation contingente.

En effet, la masse moyenne d'un tas de racines vendu par les herboristes est de 0,07 kg. Chaque tas est échangé sur le marché à 50 FCFA. Un pied moyen de *S. latifolius* produit 12,2 kg de racine sèche (confère chapitre 5), ce qui équivaut à une valeur monétaire de 8 714 FCFA.

Les gens sont prêts à payer 6 030 FCFA en moyenne pour conserver un individu de *S. latifolius* dans leur environnement. Le CAP des hommes se chiffre à 6 420 FCFA, contre 5 769 FCFA pour les femmes. Les hommes consentent donc à payer 651 FCFA de plus que les femmes.

9.3.3. Valeur économique de *B. africana*

Les enquêtes menées auprès des charbonniers ont montré qu'un individu de taille moyenne de *B. africana* produit trois sacs de charbon de bois. Chaque sac se négocie sur les marchés locaux à 2 000 FCFA. La valeur marchande d'un pied de l'espèce peut donc être évaluée à 6 000 FCFA, en faisant abstraction de la valeur marchande des autres produits de la plante comme la vente des écorces par les herboristes (très marginale dans la région pour être évaluée).

La population de la région est prête à payer 7 810 FCFA pour voir un individu de la plante préservé. Les hommes consentent à payer 9 200 FCFA contre 7 085 FCFA pour les femmes. Le CAP des hommes est donc de 2 115 FCFA plus élevé que celui des femmes.

9.3.4. Comparaison des valeurs économiques des espèces

Des trois espèces étudiées, *C. adansonii* détient la plus grande valeur économique quelle que soit la méthode d'étude économique utilisée. Par contre, elle est la plante qui a enregistré le plus grand écart (120 150 FCFA) entre les valeurs marchandes de son bien le plus utilisé (142 800 FCFA) et la valeur que la population attribue à un pied tout entier (22 650 FCFA). On note que la population accorde plus de valeur à *C. adansonii* comparativement aux deux autres espèces. En effet, le CAP pour préserver un seul de ses pieds est trois fois environ ceux attribués à *S. latifolius* et *B. africana*. On note également que quelle que soit l'espèce, le CAP des femmes reste toujours inférieur à celui des hommes (Tableau XXXII).

Tableau XXXII : Comparaison entre les valeurs économiques de *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana* selon la méthode d'étude économique utilisée.

Méthode	Valeurs économiques (FCFA)		
	<i>C. adansonii</i>	<i>S. latifolius</i>	<i>B. africana</i>
Méthode directe (MD)	142 800	8 714	6 000
Evaluation contingente (MEC)	22 650	6 030	7 810
CAP Hommes	26 035	6 420	9 200
CAP Femmes	18 220	5 769	7 085
Différence CAP Hommes-Femmes	7 815	651	2 115
Différence entre MD et MEC	120 150	2 684	1 810

9.4. Discussion

La valeur monétaire d'un pied de *C. adansonii* (142 800 FCFA) est non négligeable au regard du niveau de revenu moyen au Burkina Faso. La valeur marchande annuelle de ses feuilles (18 088 FCFA) représente 13,8 % de la valeur du seuil de pauvreté. En effet, ce dernier est estimé, selon l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (2014), à 130 735 FCFA par adulte et par an (46 % de la population vivent avec moins de cette somme). La plante a aussi l'avantage de procurer un revenu régulier à son propriétaire chaque année.

L'étude contingente a montré que les gens accordent une valeur nettement en deçà de la valeur marchande de *C. adansonii* (22 650 FCFA vs. 142 800 FCFA). Comme c'est le consentement à payer (CAP) qui a été utilisé dans l'évaluation contingente, les enquêtés, au regard de la modestie de leurs revenus, ne peuvent que donner des valeurs plus influées par leurs revenus que par la valeur réelle d'un pied de l'espèce. En outre, de façon générale, il n'est pas commode chez les producteurs traditionnels, d'évaluer réellement la valeur monétaire de leurs productions. Les enquêtés ignorent donc en réalité la valeur monétaire totale d'un individu de la plante. Nous estimons aussi que, comme le souligne Terra (www.ecologie.gouv.fr), la valeur issue du MEC aurait été plus élevée si le consentement à recevoir (CAR) avait été appliqué. Néanmoins, le CAP reste la meilleure approche comparativement au CAR. En effet, il est très difficile d'aboutir à des valeurs fiables avec des questions portant sur le CAR, du fait de comportements stratégiques de la part des personnes enquêtés (Terra, www.ecologie.gouv.fr). Nous n'occultons pas le fait que la valeur monétaire ne saurait se limiter à la seule valeur marchande de ses feuilles. La plante est aussi utilisée dans d'autres domaines, comme la pharmacopée, qui n'ont pas pu être pris en compte dans notre étude.

Les enquêtes ont permis de montrer que les racines de *S. latifolius* font effectivement l'objet de vente par les herboristes dans les villes de la région (Gaoua, Batié, Diébougou). Comme le note Van Andel *et al.* (2012), les plantes médicinales sont très souvent sollicitées dans les villes comme compléments ou substituts des médicaments modernes.

L'évaluation économique de ce produit brut révèle que la plante a une valeur monétaire considérable évaluée à 8 714 FCFA par pied (dbh \geq 5 cm). Par conséquent, ce montant peut par exemple servir de référence pour le calcul des dommages pécuniaires que les entreprises pourront payer à l'Etat ou aux collectivités locales lors de la construction d'ouvrage publics (routes, lacs artificiels, etc.) nécessitant la destruction des arbres.

Les consentements à payer pour préserver l'espèce, donnent une idée de l'importance qu'accorde la population aux biens et services qu'elle tire de la plante. Le montant révélé (6 030 FCFA) devra être apprécié à sa juste valeur, car il est intimement lié au pouvoir d'achat qui est relativement bas au Burkina Faso (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2014).

Quant à *B. africana*, l'évaluation économique à travers la MEC a révélé une valeur proche de celle issue de l'observation directe de la structure du marché du charbon de la plante (7 810 FCFA vs. 6000 FCFA). Toutefois, d'autres études incluant les prix de son bois sont nécessaires pour mieux apprécier la valeur marchande de la plante. Une telle étude n'a pas pu se faire dans le Sud-Ouest car le commerce du bois y est très limité comparativement à ce qui s'observe autour des grands centres urbains comme Ouagadougou et Bobo-Dioulasso.

A l'instar des deux autres espèces, la différence des valeurs révélées par les hommes et par les femmes (9 200 FCFA vs. 7 085 FCFA) corroborent les études antérieures qui ont montré l'influence du sexe des individus sur la valeur de leur CAP (Voltaire, 2011 ; Yegbemey *et al.*, 2014). Globalement, cette différence de CAP peut être liée à la différence de pouvoir d'achat entre les femmes et les hommes. Les premières ayant moins accès aux ressources financières que les seconds, il est alors logique de concevoir qu'elles consentent à payer moins que les hommes. De ce fait, on ne peut pas attribuer aux hommes une plus grande volonté de sauvegarder les plantes que les femmes sur la base de ces résultats.

En comparant les valeurs des trois espèces, on note que *S. latifolius* détient le plus faible CAP (6 030 FCFA vs. 7 810 FCFA pour *B. africana* et 22 650 FCFA pour *C. adansonii*). Ce résultat laisse alors penser que plus la valeur marchande d'une espèce est élevée (le constat est plus net avec *C. adansonii*), plus la population est prête à consentir nettement plus de moyens pour sa sauvegarde.

Trois raisons peuvent être avancées séparément ou concomitamment pour justifier le grand écart entre les CAP accordés à *C. adansonii* et ceux des deux autres plantes :

1. *C. adansonii* est presque quotidiennement utilisé dans l'alimentation des populations, ce qui lui donne une plus grande importance aux yeux des consommateurs.
2. *C. adansonii* est rare en milieu naturel si bien que les gens investissent dans le développement de la plante depuis sa plantation jusqu'à l'âge adulte. Cet investissement contribue fortement à rendre la plante nettement plus importante que les deux autres qui poussent et se développent naturellement.

D'un point de vue de l'éthique environnementale, cette analyse montre que la valeur des plantes est estimée sous un angle anthropocentrique : l'utilisation des espèces par l'homme détermine sa valeur (Larrère, 2002). De façon pratique, comme le fait remarquer De Groot *et al.* (2012), l'évaluation économique de l'importance des services écosystémiques peut utilement servir comme un puissant moyen de communication pour la gestion des ressources forestières (De Groot *et al.*, 2012).

9.5. Conclusion

Cette étude a permis de montrer que *C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana* ont des valeurs économiques chez les populations du Sud-Ouest du Burkina Faso. Elle a ainsi révélé le niveau de préférence de ces espèces à travers l'importance économique que la population attribue à ces espèces en tant que biens écosystémiques. Les valeurs trouvées constituent des arguments chiffrés qui pourront être utilisés dans les comptabilités des services environnementaux. Mises à part les services que les trois plantes procurent aux populations, on retiendra des enquêtes contingentes et de marché, que la perte d'un individu de ces espèces s'accompagne d'un manque à gagner en termes de perte économique au profit de la population. L'évaluation contingente a clairement indiqué que la population est prête à consentir des efforts financiers pour la protection des trois plantes.

Chapitre 10 : Synthèse et discussion générale

10.1. Disponibilité et productivité des espèces

L'analyse conjointe des résultats sur l'état structural des populations des espèces et la productivité de certains organes des plantes permettent de mettre en exergue un certain nombre d'aspects.

D'abord, il apparait clairement que l'exploitation dont les espèces font l'objet contribue pour une grande part au recul des formations naturelles. Cela signifie que dans la zone d'étude, le rythme de prélèvement des plantes excède celui de la croissance des espèces. La population a tendance à rechercher les plantes loin des terroirs villageois, voire dans les aires protégées s'il le faut.

Ensuite, les interventions humaines (feux incontrôlés, pâturage) perturbent les habitats et rendent vulnérables les individus présents. Cela suggère qu'il serait opportun de bien protéger les massifs forestiers délimités contre toutes les formes de perturbation. Il n'y a que dans ces aires protégées que les plantes peuvent bénéficier d'un écosystème équilibré et propice à leur maintien. Les terroirs villageois vont sans doute continuer à se fragmenter. Les espèces s'y feront de plus en plus rares, si rien n'est fait pour impliquer les paysans dans la sauvegarde des plantes situées hors des forêts délimitées. L'exemple de *C. adansonii* montre qu'il est tout à fait possible de bien réussir la plantation des espèces sauvages si les paysans sont bien impliqués.

Enfin, les résultats ont montré que les espèces (notamment *C. adansonii* et *S. latifolius*) fournissent de grandes quantités de biomasse qui peuvent être rationnellement utilisées. En effet, les feuilles de *C. adansonii* sont produites toute l'année. Elles peuvent être utilisées sans porter préjudice à la plante si la récolte est faite avec méthode. Il en est de même des racines de *S. latifolius*. Pour cette espèce cependant, les études devront se poursuivre pour confirmer à long terme l'efficacité de la méthode de récolte des racines que nous conseillons dans cette thèse. En plus de cela, la capacité de cette plante à synthétiser de nouvelles racines à la place de celles qui ont été coupées devra être étudiée.

10.2. Services écosystémiques, valeurs économiques et substituts des espèces

Il ressort des résultats que les trois espèces fournissent des biens et des services rangés dans les mêmes grandes fonctions. A première vue, *C. adansonii* est alimentaire (feuilles), *S.*

latifolius est médicinale (racines) et *B. africana* sert de bois de construction (troncs, branches). L'étude a montré que ces mêmes utilisations se retrouvent chez les trois espèces mais à des degrés divers, à l'exception de *B. africana* qui n'est utilisé dans l'alimentation d'aucune localité ni d'aucune ethnie.

A titre illustratif, toutes les trois espèces soignent les maux de ventre. Sans trop extrapoler, nous pouvons dire que les populations locales ont développé un ensemble de savoirs et de savoir-faire sur toutes les utilisations potentielles de chacune des espèces. De cette manière, si telle espèce devient rare, on la remplace par un de ses substituts qui remplit à peu près les mêmes rôles. Si cela peut être vu comme une diversification des utilisations sur une large gamme d'espèces, cela peut aussi constituer une pression sérieuse sur les espèces à usages multiples. Si sur la même espèce, le bois, la racine, les fruits et les écorces sont tous exploités, la structure et la santé de ses individus s'en trouveront affectées.

Le principal service écosystémique des trois espèces est le service d'approvisionnement : nourriture, médicament, bois énergie et fourrage.

Le second, qui est non moins important, est le service culturel : spiritual (fétiches, totems), récréatif (cérémonies traditionnelles) et éducatif (initiation). Les aspects esthétiques des plantes ne sont pas « directement » utilisés en milieu paysan africain. Il est certain que les paysans contemplent et trouvent une certaine satisfaction par exemple dans la beauté des plantes (comme par exemple dans les fleurs de *Sarcocephalus latifolius*), mais ils n'en tirent pas une utilisation particulière. L'utilisation des fleurs ou des plantes à but ornemental est méconnu dans nos sociétés, contrairement à ce qui s'observe dans les pays occidentaux.

Les services de régulation n'ont pas été rapportés lors des enquêtes. A notre sens, ces espèces participent fortement à ce service par la régulation de l'érosion du sol et la régulation du climat (transpiration, séquestration du carbone, etc.). Quand les plantes sont prises de façon isolée, il est difficile pour un non spécialiste de réaliser qu'un pied de *B. africana* par exemple participe activement à réguler la température ou la pluviosité de la localité. C'est pourquoi, en milieu paysan, ces aspects sont ignorés.

En outre, le service de support tel que la formation des sols et le cycle des nutriments n'ont pas été rapportés. En milieu paysan, on connaît cependant l'existence de plantes qui participent à une bonne fertilité des sols (Yelemou *et al.*, 2007 ; Bayala et Ouédraogo, 2008).

La fonction d'approvisionnement des espèces apparaît donc comme le principal service dont les paysans dépendent, en termes d'intensité d'utilisation, comparativement à la fonction culturelle. Les actions de lutte contre la surexploitation des plantes devront

commencer par briser cette dépendance des populations vis-à-vis des espèces pour leur nourriture, leur santé et leur logement, en proposant des alternatives.

Sur ce volet donc, les résultats de l'étude sur les substituts ont montré une très forte dépendance des populations vis-à-vis des plantes. La grande majorité de ces substituts sont des espèces ligneuses locales. La baisse de fourniture des services écosystémiques fournis par les trois espèces va se traduire par un changement d'utilisation d'espèce plutôt que par l'adoption de produits manufacturés qui jouent les mêmes rôles que ces plantes. Par conservatisme sans doute, une faible proportion des enquêtés n'ont pas trouvé de substitut à l'une au moins des espèces. On peut alors malheureusement penser que ces personnes continueront d'exploiter ces espèces quelque que soit leur niveau de rareté.

Ce qui exacerbe la pression sur les formations est aussi l'utilisation des espèces à des fins commerciales. Nos travaux ont montré que les trois espèces ont des valeurs économiques avérées pour les paysans. Les échanges commerciaux sont nécessaires dans toute société, mais l'exploitation commerciale des espèces à grande échelle doit être prohibée. *B. africana* fait par exemple l'objet d'une exploitation commerciale de son bois sous forme de charbon. C'est souvent des sujets verts qui sont employés à cet effet. Des actions de contrôle et de sensibilisation de grande envergure sont nécessaires pour faire cesser ces pratiques. Il en est de même des racines de *S. latifolius*. Les produits forestiers ligneux et non ligneux constituent des filières porteuses mais elles doivent respecter la sauvegarde des espèces.

Les savoirs paysans constituent des sources « intarissables » de connaissances qu'il faudra documenter. Depuis les travaux des premiers ethnobotanistes et botanistes africains, il est apparu un devoir urgent pour les chercheurs de revenir à la source pour apprendre des populations locales leurs sciences et leurs techniques sur l'utilisation, la conservation ou la sauvegarde des végétaux. Les plantes fournissent des biens et des services que les hommes utilisent activement ou passivement pour leur bien-être (Fischer, 2009), et, comme le dit une sagesse africaine « on ne scie pas la branche d'un arbre sur laquelle on est assis ». Parce que les plantes nous sont vitales, nous avons l'obligation de les sauvegarder.

10.3. Quelles stratégies face aux menaces qui pèsent sur les espèces ?

Plusieurs approches ont été développées dans la littérature pour juguler les menaces qui pèsent sur certaines espèces en particulier et sur les formations végétales en général. Au terme de nos travaux, nous pensons que les stratégies face aux menaces qui pèsent sur les espèces devront se reposer sur trois points essentiels :

Premièrement, les populations locales devront être responsabilisées dans la gestion de leur environnement. La brousse ne devra plus être vue comme un bien qui n'appartient à personne, mais comme un bien commun à toute la communauté villageoise. Les différents acquis en termes de techniques de protection de l'environnement développées par les chercheurs et les services forestiers devront être capitalisés. La sensibilisation devra aussi être poursuivie.

Deuxièmement, les possibilités de substitution des espèces doivent être mises à profit et développées. Les travaux ont montré que le choix des substituts dépend plus du groupe ethnique. Il est donc judicieux de tenir compte de cette différence de point de vue selon les groupes ethniques dans l'orientation des actions de préservation. Il faudra donc promouvoir un partage de connaissances entre ces groupes ethniques qui vivent dans une même région afin de fédérer leurs savoirs. L'amélioration des revenus et l'éradication de la pauvreté monétaire des populations pourront contribuer à changer les stratégies de substitution des espèces qui épargnent les espèces déjà menacées.

Troisièmement, la maîtrise de la sylviculture des espèces locales et leur plantation s'avèrent incontournables. Ceci favorisera un changement d'attitude et une prise de conscience sur la valeur réelle des arbres. Les populations, avec l'aide des chercheurs et des services techniques, doivent identifier les plantes prioritaires qui seront plantées, soit dans les parcs agroforestiers, soit en plantations pures. Il est primordial de se tourner vers cette option plutôt que de continuer à s'adonner à la cueillette dans les formations naturelles.

10.4. Conclusion générale

Notre travail a permis d'évaluer les services écosystémiques de trois plantes prises comme des modèles. Il a en outre permis de caractériser leurs peuplements, d'analyser leur structure en relation avec la pression anthropique, de mesurer leur productivité, d'évaluer leur valeur économique et de déterminer leurs substituts.

Les résultats ont permis de montrer que les structures des populations de *S. latifolius* et de *B. africana* sont meilleures dans les aires protégées que dans les aires anthropisées. Le résultat contraire a été trouvé pour *C. adansonii*. La première hypothèse principale qui stipulait que les activités anthropiques engendrent une perturbation des écosystèmes forestiers en général et de la structure des populations des trois espèces (*C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*) en particulier dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso a donc été vérifiée avec deux espèces (*S. latifolius* et *B. africana*) mais infirmée avec une espèce (*C. adansonii*).

Notre travail a montré que les trois espèces procurent divers services écosystémiques aux populations qui en dépendent fortement. *C. adansonii* fournit principalement des services d'approvisionnement et des services culturels. La consommation des feuilles en sauce reste la principale utilisation de cette plante. *S. latifolius* sert de médicament mais est aussi utilisée dans les domaines artisanal et culturel. *B. africana* est très recherchée pour son bois. La deuxième hypothèse principale qui stipulait que les valeurs écosystémiques des systèmes forestiers sont estimables en biens et services produits aux bénéficiaires des populations locales a donc été vérifiée.

L'évaluation économique a aussi permis de donner une valeur monétaire à un pied de chacune des espèces étudiées. Un pied moyen de *C. adansonii* produit des feuilles d'une valeur de 4 760 FCFA par an soit 142 800 FCFA sur 30 ans. L'évaluation contingente au sein de la population montre que chaque personne est prête à payer 22 650 FCFA pour sauvegarder un individu de la plante. En moyenne, la valeur marchande des racines d'un pied de *S. latifolius* est estimée à 8 714 FCFA et la population consent à déboursier individuellement 6 030 FCFA pour protéger la plante. Un pied de *B. africana* a une valeur monétaire de 6 000 FCFA si bien que chaque individu accepte verser 7 810 FCFA pour voir la plante sauvegardée. La troisième hypothèse principale qui stipulait que les trois espèces de références (*C. adansonii*, *S. latifolius* et *B. africana*) ont des valeurs économiques quantifiables chez les populations du Sud-Ouest a donc été validée au regard des résultats obtenus.

La population a identifié seize substituts pour *C. adansonii*, vingt deux pour *S. latifolius* et seize pour *B. africana*. Il est donc possible de remplacer ces espèces. Toutefois, la durabilité de certains choix reste problématique.

La quantification de la biomasse des feuilles de *C. adansonii* a permis de montrer que les individus plantés produisent significativement plus de biomasse foliaire que ceux du milieu naturel. Les individus plantés procurent une quantité importante de biomasse qui autorise la récolte des feuilles huit fois en moyenne dans l'année, procurant ainsi une source de nourriture plus régulière aux populations.

L'architecture du système racinaire de *S. latifolius* a été décrite et la quantité de biomasse racinaire produite a été évaluée et prédite à travers une équation allométrique. La méthode semi destructive utilisée dans ce travail peut servir pour l'étude des systèmes racinaires des ligneux.

Dans le contexte actuel marqué par le recul des formations naturelles, les populations sont confrontées à une réduction très sensible des biens et services que les arbres leur

fournissent comme la nourriture (feuilles, fruits), les médicaments (racines, écorces, etc.) et le bois (bois de service, bois énergie). Il devient donc urgent de maîtriser la sylviculture de ce qui est considéré comme sauvage afin de garantir la fourniture constante des services écosystémiques.

Plusieurs cas militent en faveur de la plantation des espèces comme moyen sûr pour, non seulement conserver ce qui est sauvage, mais également pour augmenter les services et les biens forestiers face à la demande croissante de la population. Les résultats sur les substituts des espèces ont montré la récessivité de se tourner résolument vers cette voie. *Crateva adansonii* par exemple, qui est une espèce sauvage très recherchée dans le Sud-Ouest, est plantée par la population de cette région.

La plupart des substituts sont des espèces locales ou exotiques. Il est donc possible, plutôt que d'interdire sans proposition de rechange à l'exploitation des espèces menacées, d'inverser la tendance en accompagnant les populations à utiliser les diverses potentialités de substitution des espèces. Ceci est un axe de conservation efficace des ressources végétales.

Nous recommandons donc la plantation des espèces, en commençant par les plantes les plus utilisées par les populations locales. Cette recommandation s'adresse aux décideurs des politiques environnementales et aux organismes travaillant dans la reforestation. Les plantes ou les semences des espèces sauvages à promouvoir peuvent généralement être trouvées dans les formations naturelles contiguës aux villages. Une partie des moyens déployés pour les reboisements dans les pays sahéliens peuvent servir à mettre en place des programmes axés exclusivement sur la maîtriser la sylviculture des espèces sauvages.

Nous recommandons également la mise en place d'unités de transformation des produits au sein des villages, qui pourront par exemple faire des médicaments traditionnels améliorés sous la supervision des tradipraticiens. Cela contribuera à donner une plus grande valeur aux plantes, mais générera aussi des revenus qui permettront aux paysans de se procurer des substituts comme le ciment (substitut à l'utilisation massive du bois dans la construction), les médicaments modernes (substituts à l'utilisation anarchiques des plantes pour les soins) et le gaz ou l'électricité (substituts aux bois de chauffe).

Notre travail comporte des limites objectives et la recherche devrait se poursuivre pour mieux améliorer ou élucider certains aspects. Les applications thérapeutiques données dans cette thèse par exemple ne devraient, en aucun cas, constituer des recettes à appliquer comme telles, car elles sont souvent incomplètes.

Au terme de ce travail, plusieurs perspectives peuvent être dégagées.

Les rôles réels et les interactions entre les espèces vivant dans un écosystème restent un domaine qui mérite d'être approfondi. Pourquoi par exemple les racines de *S. latifolius* se mêlent-elles à celles d'autres espèces ? Un travail minutieux sur cet aspect et sur l'étude des systèmes racinaires des espèces *in situ* sont des champs d'étude à explorer.

La recherche sur les savoirs paysans de conservation des espèces doit être poursuivie. La promotion de la sylviculture des espèces locales les plus recherchées devra être encouragée.

L'évaluation économique des biens et services environnementaux devra être abordés dans d'autres études impliquant les principales espèces d'importance socio-économique pour les populations locales et pour la Nation entière. Elle peut constituer un domaine de recherche et de formation à part entière qui fournira constamment des outils de veille à la sauvegarde de l'environnement.

Les travaux sur les possibilités de substitution des plantes les plus utilisées et les plus menacées devront être poursuivis afin de documenter les tendances de changement d'utilisations des espèces. Les résultats issus de ces études serviront d'outils de veille pour la conservation des formations naturelles.

Un travail de modélisation, associant à la fois les substituts des espèces, leur disponibilité et la croissance de la demande de la population en biens écosystémiques, permettra d'anticiper la faisabilité de certains modèles de changement à opérer pour sauvegarder la biodiversité.

Références bibliographiques

Addis G., Asfaw Z. et Woldu Z. 2013. Ethnobotany of wild and semi-wild edible plants of Konso ethnic community, South Ethiopia. *Ethnobotany Research & Applications* 11: 121-141.

Aklilu A. et Gren I.M. 2014. Economic incentives for carbon sequestration: A review of the literature. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Economics. Working paper No. 2014: 8. 43 p.

Akouehou G., Goussanou C. A. et Idohou R. 2012. Importance socioculturelle de *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (Moraceae) au Sud-Bénin. In : *Actes du Symposium en Hommage au Professeur Émérite Edouard Adjanohoun*. A. Adomou, H. Yedomonhan, P.O. Agbani, A. Akoegninou et B.A. Sinsin (éds), Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, pp 178-194.

Albert V.A., Barbazuk W.B., Der J.P., Leebens-Mack J., Ma H., Palmer J.D. et Guo C. 2013. The Amborella genome and the evolution of flowering plants. *Science* 342 (6165): 1241089-1-1241089-10.

Amenu E. 2007. Use and management of medicinal plants by indigenous people of Ejaji area (Chelya woreda) West Shoa, Ethiopia: An ethnobotanical approach. Thesis, School of graduate studies, Addis Ababa, Ethiopia, 104 p.

Amos A., Abbah J., Chindo B., Edmond I., Binda L., Adzu B., Buhari S., Odutola A.A., Wambebe C. et Gamaniel K. 2005. Neuropharmacological effects of the aqueous extract of *Nauclea latifolia* root bark in rats and mice. *J. Ethnopharmacol.* 97: 53-57.

Anand R., Patnaik G.K., Kulshreshtha D.K., Mehrotra B.N., Srimal R.C. et Dhawan B.N. 1993. Antiuro lithiatic activity of *Crateva nurvala* ethanolic extract on rats. *Fitoterapia* 64 (4): 345-350.

Arbonnier M. 2009. Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest (3^{ième} édition). CIRAD MNHN-UICN, Paris, 573 p.

Armenteras D., Rudas G., Rodriguez N., Sua S. et Romero M. 2006. Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators* 6(2): 353-368.

Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovalle C. et Pontanier R. 1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In : *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* R. Pontanier, A. M'Hiri, N. Akrimi, J. Aronson, E. (eds), Le Floc'h John Libbey Eurotext, Paris, pp. 11-29.

Asase A. et Oteng-Yeboah A.A. 2012. Plants used in Wechiau Community Hippopotamus Sanctuary in Northwest Ghana. *Ethnobotany Research and Applications* 10: 605-618.

Badiaga M. 2011. Etude ethnobotanique, phytochimique, et activités biologique de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale récoltée au Mali. Thèse, Université de Bamako, Mali, 183 p.

Baska R., Malini M.M., Varalakshmi P., Balakrishna K. et Rao R.B. 1996. Effect of lupeol isolated from *Crataeva nurvala* stem bark against free radical-induced toxicity in experimental urolithiasis. *Fitoterapia* 67 (2): 121-125.

Baumer M. 1987. Agroforesterie et désertification. ICRAF, CTA, Pays-Bas, 260 p.

Bayala J. et Ouedraogo S.J. 2008. Agroforestry and soil fertility maintenance. In: *Synthesis of soil, water and nutrient management research in the Volta Basin*. A. Bationo, R. Tabo, B. Waswa, J. Okeyo, J. Kihara, M. Fosu et S. Kaboré (éds), Ecomedia Ltd , Nairobi, Kenya, pp 43-68.

Bayram H. et Öztürk A.B. 2014. Global climate change, desertification, and its consequences in Turkey and the Middle East. In: *Global Climate Change and Public Health*, E.P. Kent, N.T. William (eds), Springer New York, pp. 293-305.

Belem B., Nacoulma B.M.I., Gbangou R., Kambou S., Hansen H.H., Gausset Q., Lund S., Ræbild R., Lompo D., Ouédraogo M., Theilade I. et Boussim I.J. 2007. Use of non-wood forest products by local people bordering the “Parc National Kaboré Tambi”, Burkina Faso. *J. Transdiscip. Environ. Stud.* 6(1) : 1-21.

Benoit-Vical F., Valentin A., Cournac V., Pélissier Y., Mallié M. et Bastide J.M. 1998. *In vitro* antiplasmodial activity of stem and root extracts of *Nauclea latifolia* S.M. (Rubiaceae). *Journal of Ethnopharmacology* 61: 173-178.

Berhaut J. 1971. Flore illustrée du Sénégal. Tome I. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 556 p.

Berhaut J. 1974. Flore illustrée du Sénégal. Tome II. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 615 p.

Berhaut J. 1975a. Flore illustrée du Sénégal. Tome III. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 547 p.

Berhaut J. 1975b. Flore illustrée du Sénégal. Tome IV. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 535 p.

Berhaut J. 1976. Flore illustrée du Sénégal. Tome V. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 580 p.

Berhaut J. 1979. Flore illustrée du Sénégal. Tome VI. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 555 p.

Blais F. et Filion M. 2001. De l'éthique environnementale à l'écologie politique Apories et limites de l'éthique environnementale. *Philosophiques* 28 (2) : 255-280.

Blanchet F.G., Legendre P. et Borcard D. 2008. Forward selection of explanatory variables. *Ecology* 89: 2623-2632.

Bodner G., Leitner D., Nakhforoosh A., Sobotik M., Moder K. et Kaul H-P. 2013. A statistical approach to root system classification. *Frontiers in Plant Science* 4: 292.

Bognounou F. 2009. Restauration écologique et gradient latitudinal : Utilisation, diversité et régénération de cinq espèces de Combretaceae au Burkina Faso. Thèse unique de Doctorat, Univ. de Ouagadougou, 139 p.

Bognounou F., Ouédraogo O., Zerbo I., Sanou L., Rabo M., Thiombiano A. et Hahn K. 2013. Species-specific prediction models to estimate browse production of seven shrub and tree species based on semi-destructive methods in savannah. *Agroforest. Syst.* 87 (5) : 1053-1063.

Bognounou F., Savadogo M., Boussim I.J. et Guinko S. 2008. Équations d'estimation de la biomasse foliaire de cinq espèces ligneuses soudaniennes du Burkina Faso. *Sécheresse* 19: 201-205.

Bonou W., Glélé Kakai R., Assogbadjo A.E., Fonton H.N. et Sinsin B. 2009. Characterisation of *Azelia africana* Sm. habitat in Lama Forest reserve of Benin. *Forest Ecology and Management* 258: 1084-1092.

Bontemps J.D., Longuetaud F., Franceschini T., Charru M. et Constant T. 2012. L'estimation de la biomasse et de la productivité forestières à l'épreuve des changements environnementaux. *Innovations Agronomiques* 18: 39-52.

Boumendjel A., Taiwe G.S., Bum E.N., Chabrol T., Beney C., Sinniger V., Haudecoeur R., Marcourt L., Challal S., Queiroz E.F., Souard F., Le Borgne M., Lomberget T., Depaulis A., Lavaud C., Robins R., Wolfender J.-L., Bonaz B. et De Waard M. 2013. Occurrence of the synthetic analgesic Tramadol in an African medicinal plant. *Angew. Chem. Int. Ed.* 52: 11780-11784.

Boyd J. et Banzhaf S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63 (2-3): 616-626.

Budiharta S., Slik F., Raes N., Meijaard E., Erskine P.D. et Wilson K.A. 2014. Estimating the aboveground biomass of Bornean forest. *Biotropica* 46: 507-511.

Burke B. 2006. Savanna trees in Namibia-Factors controlling their distribution at the arid end of the spectrum. *Flora* 201: 189-201.

Butchart S.H., Walpole M., Collen B., van Strien A., Scharlemann J.P., Almond R.E., ... et Watson R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328 (5982): 1164-1168.

Byg A. et Baslev H. 2001. Diversity and use of Palms in Zahamena, Eastern Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 10: 951-970.

Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H. et Baumgardner G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1-11.

Campos M.T. et Ehringhaus C. 2003. Plant virtues are in the eyes of the beholders: a comparison of known palm uses among indigenous and folk communities of southwestern Amazonia. *Economic Botany* 57: 324-344.

Casse T., Milhøj A., Ranaivoson S., et Randriamanarivo J.R. 2004. Causes of deforestation in southwestern Madagascar: what do we know? *Forest Policy and Economics* 6 (1): 33-48.

Centre d'Analyse Stratégique. 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision. Premier ministère, France, 378 p.

Chevassus-au-Louis B., Salles J-M., Bielsa S., Richard D., Martin G. et Pujol J-L. 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes : Contribution à la décision publique. Rapports et documents, Centre d'Analyse Stratégique, France, 378 p.

Chinsembu K.C. et Hedimbi M. 2010. An ethnobotanical survey of plants used to manage HIV/AIDS opportunistic infections in Katima Mulilo, Caprivi region, Namibia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6 (25): 1-9.

Costanza R., d'Arge R., Groot R.D., de Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. et Belt M.V.D. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 (6630): 253-260.

Cox D.R. 2007. Applied statistics: a review. *The Annals of Applied Statistics* 1 (1): 1-16.

Cunningham A.B. 2001. Applied ethnobotany, people, wild plant use and conservation. WWF. Earthscan Publications Ltd, London, United Kingdom, 300 p.

Da S.J. de Dieu. 2009. Etude des usages et de la régénération d'une plante alimentaire au Sud-Ouest du Bourkina Faso. Mémoire IDR, Univ. Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 61 p.

Da S.S. 2010. Spatial patterns of West-African plant diversity along a climatic gradient from coast to Sahel. Doctoral thesis, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät (Nees-Institut für Biodiversität der Pflanzen), Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn, 121 p.

Daily G.C. 1997. Introduction: what are ecosystem services? In: *Nature's Services*. G.C. Daily (ed.), Island Press, Washington DC, pp 1-10.

D'Amato A.W., Catanzaro P.F., Damery D.T., Kittredge D.B. et Ferrare K.A. 2010. Are family forest owners facing a future in which forest management is not enough? *Journal of Forestry* 108(1): 32-38.

Dansi A.A., Adomou A. et Adeoti K. 2010. Growing traditional leafy vegetable. In: *Biodiversity Atlas of West Africa, Volume I: Benin*. B. Sinsin et D. Kampmann (éds), Cotonou et Frankfurt/Main, pp 234-247.

Davidson B.C. 1998. Seasonal changes in leaf lipid and fatty acid composition of nine plants consumed by two African herbivores. *Lipids* 33(1): 109-113.

De Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P. et van Beukering P. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services* 1: 50-61.

Deleke Koko I.K.E., Djego J., Hounzangbe-Adote M.S. et Sinsin B. 2009. Etude ethnobotanique des plantes galactogènes et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains à la Zone Cynégétique de la Pendjari. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 3(6): 1226-1237.

Delvaux C., Sinsin B., Darchambeau F. et Van Damme P. 2009. Recovery from bark harvesting of 12 medicinal tree species in Benin, West Africa. *Journal of Applied Ecology* 46(3): 703-712.

Diatta W., Sy G.Y., Manga C.I., Diatta K., Fall A.D. et Bassene E. 2014. Recherche des activités anti-inflammatoire et analgésique des extraits de feuilles de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam) zepernick et timler (*Rutaceae*). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(1) : 128-133.

Doamba S.W., Savadogo P. et Nacro H.B. 2014. Rôle des feux de savane sur les caractéristiques biogéochimiques des sols en zone soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci* 8(2): 777-793.

Dobson A., Lodge D., Alder J., Cumming G.S., Keymer J., McGlade J., Mooney H., Rusak J.A., Sala O., Wolters V., Wall D., Winfree R. et Xenopoulos M.A. 2006. Habitat loss, trophic collapse and the decline of ecosystem services. *Ecology* 87 (8): 1915-1924.

Dodiomon S., Koffi N. et Kafana S. 2011. Variability of production out of fruits of Shea trees *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2 (2): 239-243.

Doka I.G et Yagi S.M. 2009. Ethnobotanical Survey of medicinal plants in West Kordofan (Western Sudan). *Ethnobotanical Leaflets* 13: 1409-1416.

Eisenlohr P.V. 2014. Persisting challenges in multiple models: a note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data. *Brazilian Journal of Botany* 37: 365-371.

Fabricant D.S. et Farnsworth N.R. 2001. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environ Health Perspect* 109: 69-75.

Ferrari S. 2010. Éthique environnementale et développement durable : Réflexions sur *le Principe Responsabilité* de Hans Jonas. *Développement durable et territoires* 1 (3) : 1-11.

Ferreira D., Marais J.P.J. et Slade D. 2005. Heterogeneity of the interflavanyl bond in proanthocyanidins from natural sources lacking C-4 (C-ring) deoxy flavonoid nucleophiles. (Special issue: Tannins and related polyphenols, Part 2.). *Phytochemistry* 66 (18): 2216-2237.

Fisher B., Turner R.K. et Morling P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.* 68: 643-653.

Fontès J. et Guinko S. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Institut. Internat. de la Végét., Labo. d'Ecologie Terrestre (UMR 9964), Centre Nat. de la Rech. Sc., Univ. de Toulouse III, France / Institut. du Dével. Rur., Fac. des Sc. et Tech., Univ. de Ouagadougou, Burkina Faso, 67 p.

Gallai N., Salles J.-M., Settele J. et Vaissière B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68 (3): 810-821.

Gao J. et Liu Y. 2012. Deforestation in Heilongjiang Province of China, 1896–2000: Severity, spatiotemporal patterns and causes. *Applied Geography* 3(1): 345-352.

Gaoue O.G. et 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. *Biological conservation* 137: 424-436.

Gebauer J., El-Siddig K. et Ebert G. 2002. Baobab (*Adansonia digitata* L.): a review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Gartenbauwissenschaft* 67 (4) : 155-160.

Geist H.J. et Lambin E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience* 52(2) : 143-150.

Ghorbani A., Langenberger G., Liu J.-X., Wehner S. et Sauerborn J. 2012. Diversity of medicinal and food plants as non-timber forest products in Naban River Watershed National Nature Reserve (China): implications for livelihood improvement and biodiversity conservation. *Economic Botany* 66 (2) : 178-191.

Glèlè Kakai R., Bonou W. et Lykke A.M. 2015. Approche méthodologique de construction et d'interprétation des structures en diamètre des arbres. *Annales des Sciences Agronomiques* (sous press) 19 p.

Gnomou A., Bognounou F., Hahn K. et Thiombiano A. 2011. Woody plant diversity and stand structure in the Comoe-Leraba Reseve, Southwestern Burkina Faso (West Africa). *Journal of Biological Science* 11 (2): 111-123.

Gnomou A., Bognounou F., Hahn K. et Thiombiano A. 2012. A comparison of *Guibourtia copallifera* Benn. stands in South West Burkina Faso-community structure and regeneration. *Journal of Forestry Research* 23 (1): 29-38.

Goussanou C.A., Assogbadjo A.E., Gouwakinnou G.N., Glèlè-Kakai R.L., Chakeredza S. et Sinsin B. 2013. Biomass, root structure and morphological characteristics of the medicinal *Sarcocephalus latifolius* (Sm) E.A. Bruce shrub across different ecologies in Benin. *QScience Connect* 12: 1-9.

Grimaud A. et Rouge L. 2014. Carbon sequestration, economic policies and growth. *Resource and Energy Economics* 36(2): 307-331.

Guinko S. 1984. Végétation de la Haute Volta. Thèse d'Etat. Université de Bordeaux III, Bordeaux, France, 318 p.

Hahn-Hadjali K. et Thiombiano A. 2000. Perception des espèces en voie de disparition en milieu Gourmantché (Est du Burkina Faso). *Berichte des Sonderforschungsbereichs* 268: 285-297.

Hanemann W.M. 1994. Valuing the environment through contingent valuation. *Journal of Economic Perspectives* 8 (4): 19-43.

Hargrave J. et Kis-Katos K. 2011. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: A panel data analysis for the 2000s. Discussion Paper Series, University of Freiburg, Department of International Economic Policy, No. 17, 33 p.

Harrison I., Laverty M. et Sterling E. 2004. Definition of biodiversity. OpenStax-CNX. 2 p.

Heubach K., Wittig R., Nuppenau E.-A. et Hahn K. 2013. Local values, social differentiation and conservation efforts: the impact of ethnic affiliation on the valuation of NTFP-Species in Northern Benin, West Africa. *Hum. Ecol.* 41: 513-533.

Heubes J. 2012. Modelling the impact of future climate and land use change on vegetation patterns, plant diversity and provisioning ecosystem services in West Africa. PhD thesis, Johann Wolfgang Goethe Universität, Germany, p. 109.

Heubes J., Schmidt M., Stuch B., García Márquez J.R., Wittig R., Zizka G., Thiombiano A., Sinsin B., Schaldach R. et Hahn K. 2013. The projected impact of climate and land use change on plant diversity: An example from West Africa. *Journal of Arid Environments*, 96:48-54.

Hien M. 2001. Etude des déplacements des éléphants, lien avec leur alimentation et la disponibilité alimentaire dans le Ranch de gibier de Nazinga, province du Nahouri, Burkina Faso. Thèse de doctorat unique, Univ. Ouagadougou, 136 p.

Höft M., Barik S. et Lykke A.M. 1999. *Quantitative ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany.* People and plants working paper 6, UNESCO, Paris, 50 p.

Institut National de la Statistique et de la Démographie. 2014. Annuaire statistique 2013. Burkina Faso, 376 p.

Iwueke A.V. et Nwodo O.F.C. 2008. Antihyperglycaemic effect of aqueous extract of *Daniella oliveri* and *Sarcocephalus latifolius* roots on key carbohydrate metabolic enzymes and glycogen in experimental diabetes. *Biokemistri* 20 (2) : 63-70.

Jaccard P. 1901. Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranes et dans quelques régions voisines. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.* 37: 241-272.

Jackson R.B., Canadell J., Ehleringer J.R., Mooney H.A., Sala O.E. et Schulze E.D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389-411.

Jain M., Johnson T.S. et Krishnan P. 2012. Biotechnological approaches to conserve the wealth of nature: endangered and rare medicinal plant species, a review. *Journal of Natural Remedies* 12 (2) : 93-102.

Jorgenson A.K. et Burns T.J. 2007. Effects of rural and urban population dynamics and national development on deforestation in less-developed countries, 1990–2000. *Sociological Inquiry* 77 (3): 460-482.

Jourdan J., Michaux-Ferrière N. et Perbal G. 2000. Root system architecture and gravitropism in the oil palm. *Annals of Botany* 85: 861-868.

Jurisch K., Hahn K., Wittig R. et Bernhardt-Römermann M. 2012. Population structure of woody plants in relation to land use in a semi-arid savanna, West Africa. *Biotropica* 44 (6): 744-751.

Kaboré G.E., Sambaré O., Ouédraogo A. et Thiombiano A. 2013. Diversité et structure des cordons ripicoles le long de la Sirba (Nord-Est du Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (5) : 1929-1950.

Kaboré S.A., Hien M., Ouédraogo D., Diallo T.E.R., Hahn K. et Nacro H.B. 2014. Use of ecosystem services and induced effect of human pressure on the species in the Southwestern Region of Burkina Faso. *Ethnobotany Research and Applications* 12: 561-570.

Kaennel M. 1998. Biodiversity: a diversity in definition. In: *Assessment of biodiversity for improved forest planning*. P. Bachmann, M. Köhl et R. Päivinen (éds), Dordrecht, Kluwer, pp. 71-81.

Karou S.D., Tchacondo T., Tchiboza M.A.D., Abdoul-Rahaman S., Anani K., Koudouvo K., Batawila K., Agbonon A., Simpore J. et de Souza C. 2011. Ethnobotanical study of medicinal plants used in the management of diabetes mellitus and hypertension in the Central Region of Togo. *Pharmaceutical Biology* 49 (12): 1286-1297.

Kasei R., Diekkrüger B. et Leemhuis C. 2010. Drought frequency in the Volta Basin of West Africa. *Sustainability Science* 5 (1): 89-97.

Kebenzikato A.B., Wala K., Dourma M., Atakpama W., Dimobe K., Pereki H., Batawila K. et Akpagana K. 2014. Distribution et structure des parcs à *Adansonia digitata* L. (baobab) au Togo (Afrique de l'Ouest). *Afrique Science* 10 (2) : 434-449.

Kiage L.M. 2013. Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography* 37(5) : 664-684.

Kill J. 2014. Le commerce des services écosystémiques : lorsque le « paiement pour services environnementaux équivaut à l'autorisation de détruire ». World Rainforest Movement, 40 p.

Kobayashi A., Takahashi A., Kakimoto Y., Miyazawa Y., Fujii N., Higashitani A. et Takahashi H. 2007. A gene essential for hydrotropism in roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (11): 4724-4729.

- Koenig W.D. 1999.** Spatial autocorrelation of ecological phenomena. *Tree* 14: 22-26.
- Konaté S. et Linsenmair K.E. 2010.** Biological diversity of West Africa: importance, threats and valorization. In: *Biodiversity Atlas of West Africa, Volume II: Burkina Faso*. A. Thiombiano et D. Kampmann (éds), Ouagadougou et Frankfurt/Main, pp. 14-75.
- Kpakote K.G., Akpagana K., De Souza C., Nenonene A.Y., Djagba T.D. et Bouchet P. 1998.** Antimicrobial activities of some Togolese species of chewing sticks. *Annales Pharmaceutiques Françaises* 56 (4): 184-186.
- Kristensen M. et Lykke A.M. 2003.** Informant-based valuation of use and conservation preferences of savanna trees in Burkina Faso. *Economic Botany* 57 (2): 203-217.
- Kuba R. 2000.** Marking boundaries and identities: the pre-colonial expansion of segmentary societies in southwestern Burkina Faso. *Berichte des Sonderforschungsbereichs* 268 (14) : 415-425.
- Lagnika L., Anago E., Atindehou M., Adjahoutonon B., Dramane K. et Sanni A. 2011.** Antimicrobial activity of *Crataeva religiosa* Forst against bacteria isolated from *Thryonomys swinderianus* Temminck. *African Journal of Biotechnology* 10 (49) :10034-10039.
- Lamien N. 2001.** Organisation structurale et état sanitaire des populations fructifères de Karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) de la région de Bondoukuy, Burkina Faso. Mémoire de DEA de biologie et écologie végétales, Univ. de Ouagadougou, 70 p.
- Lamien N. 2006.** Fructification du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F.Gaertn., Sapotaceae): Facteurs de déperdition, amélioration et prévision des rendements à Bondoukuy, Ouest Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'Univ. de Ouagadougou, 101 p.
- Lamien N., Tigabu M., Guinko S. et Oden P.C. 2007.** Variations in dendrometric and fruiting characters of *Vitellaria paradoxa* populations and multivariate models for estimation of fruit yield. *Agroforest. Syst.* 69: 1-11.

Lamorde M., Tabuti J.R.S., Obua C., Kukunda-Byobona C., Lanyero H., Byakika-Kibwika P., Bbosa G., Lubega A., Ogwal-Okeng J., Ryan M., Waako P.J. et Merry C. 2010. Medicinal plants used by traditional medicine practitioners for the treatment of HIV/AIDS and related conditions in Uganda. *Journal of Ethnopharmacology* 130: 43-53.

Larrère C. 2002. Avons-nous besoin d'une éthique environnementale ? *Cosmopolitiques* 1 : 69-85.

Le Réseau Africain d'Ethnobotanique. 2000. *Bulletin du Réseau Africain d'Ethnobotanique* 2: 5-117.

Legba S.I., Adomou A.C., Yedomonhan H., Djossa B., Oumorou M. et Akoegninou A. 2012. Etude ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. In : *Actes du symposium en hommage au Professeur émérite Edouard Adjanohoun*. A. Adomou, H. Yedomonhan, P.O. Agbani, A. Akoegninou et B.A. Sinsin (éds), Université de Abomey-Calavi, Bénin, pp 140-169.

Legendre P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology* 74: 1659-1673.

Lejju J.B. 2009. Vegetation dynamics in western Uganda during the last 1000 years: climate change or human induced environmental degradation? *African Journal of Ecology* 47(s1): 21-29.

Levillain J., M'Bou A.T., Deleporte P., Saint-Andre L. et Jourdan C. 2011. Is the simple auger coring method reliable for below-ground standing biomass estimation in Eucalyptus forest plantations? *Ann Bot* 108: 221-230.

Limoges B. 2009. Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. *Le Naturaliste Canadien* 133: 15-19.

Lins Neto E.M.F., Peroni N. et de Albuquerque U.P. 2010. Traditional knowledge and management of Umbu (*Spondias tuberosa*, *Anacardiaceae*): an endemic species from the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Economic Botany* 64 (1): 11-21.

Liu H. et Li J. 2010. The study of the ecological problems of Eucalyptus plantation and sustainable development in Maoming Xiaoliang. *Journal of Sustainable Development* 3(1) : 197-201.

Lompo-Ouédraogo Z. 2003. Plants and lactation: from tradition to the mechanism of action. PhD thesis. Wageningen Universiteit. 104 p.

Luchini S. 2002. De la singularité de la méthode d'évaluation contingente. *Economie et Statistique* 357 (1) : 141-152.

Malamy J.E. 2005. Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture. *Plant Cell Environment* 28: 67-77.

Malcolm J.R., Liu C., Neilson R.P., Hansen L. et Hannah L. 2005. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20 (2) : 538-548.

Mama A., Bamba I., Sinsin B., Bogaert J. et De Cannière C. 2014. Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques* 324 (4) : 65-75.

Markandya A. et Chiabai A. 2013. Ecosystems and biodiversity: economic loss of ecosystem services from 1900 to 2050. In: *How much have global problems cost the World? A scorecard from 1900 to 2050*, B. Lomborg (ed), pp 131-145.

Martin B. 2003. L'Eucalyptus, un arbre forestier stratégique. *Rev. For. Fr.* 2: 141-154.

Maslow A.H. 2013. *Toward a psychology of being*. Start Publishing LLC, 192 p.

Mathisen E., Diallo D., Andersen O.M. et Malterud K.E. 2002. Antioxidants from the bark of *Burkea africana*, an African medicinal plant. *Phytotherapy Research* 16 (2): 148-153.

Mawdsley J., O'Malley R. et Ojima D.S. 2006. A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conserv. Biol.* 23 (5): 1080-1089.

Mbatchou V.C., Aggrey I. et Oyelude E. O. 2011a. In vitro growth inhibitory activity of secondary metabolites from the roots of *Burkea africana* and *Combretum adenogonium* on *Salmonella typhi*. *Canadian Journal of Pure & Applied Sciences* 5 (3): 1623-1629.

Mbatchou V.C., Sackey J. et Sackey I. 2011b. Proximate and chemical compositions of leaf samples of *Burkea africana* from Mole National Park, Ghana. *Canadian Journal of Pure & Applied Sciences* 5 (2): 1493-1500.

McCully M. 1995. How do real roots work? Some new views of root structure. *Plant Physiol.* 109: 1-6.

McCune B. et Mefford M.J. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0 MjM Software. Gleneden Beach, Oregon, U.S.A., 300 p.

Merganic J. et Sterba H. 2006. Characterization of diameter distribution using Weibull function: method of moments. *Eur. J. For. Res.* 125: 427-439.

Millennium Ecosystem Assessment. 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington DC: Island Press, 266 p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005a. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Washington DC: Island Press, 100 p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005b. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C., 80 p.

Miyazawa Y., Yamazaki T., Moriwaki T. et Takahashi H. 2011. Root Tropism: its mechanism and possible functions in drought avoidance. Plant responses to drought and salinity stress. *Advances in Botanical Research* 57: 349-375.

Monteiro J.M., Albuquerque U.P., Lins Neto E.M.F., Araújo E.L. et Amorim E.L.C. 2006. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's Semi-Arid Northeastern Region. *J. Ethnopharmacol.* 105: 173-186.

Moreki J.C., Tshireletso K. et Okoli I.C. 2012. Potential use of ethnoveterinary medicine for retained placenta in cattle in Mogonono. *Botswana Journal of Animal Production Advances* 2 (6): 303-309.

Nacoulma B.M.I. 2012. Dynamique et stratégies de conservation de la végétation et de la phytodiversité du complexe écologique du Parc national du W du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Univ. Ouagadougou, 202 p.

Nacoulma B.M.I., Traoré S., Hahn K. et Thiombiano A. 2011. Impact of land use types on population structure and extent of bark and foliage harvest of *Azelia africana* and *Pterocarpus erinaceus* in Eastern Burkina Faso. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 3 (3) : 62-72.

Nacoulma-Ouédraogo. 1996. Plantes médicinales et pratiques médicinales traditionnelles au Burkina Faso: cas du Plateau Central, tomes 1 et II. Thèse de doctorat d'état. Université de Ouagadougou, 261 p.

Nacro H.B. 2003. Le feu de brousse, un facteur de reproduction des écosystèmes de savanes à dominance herbacées à Lamto (Côte d'Ivoire) ? *Sciences et Médecine* 2: 49-57.

Naser M.M. 2015. Climate change, environmental degradation, and migration : a complex nexus. *William & Mary Environmental Law and Policy Review* 36 (3): 713-768.

Neya B., Hakkou M., Pétrissans M. et Gérardin P. 2004. On the durability of *Burkea africana* heartwood: evidence of biocidal and hydrophobic properties responsible for durability. *Ann. For. Sci.* 61(3): 277-282.

Nikiema A., Ouédraogo S.J. et Boussim J. 2001. Situation des ressources génétiques forestières du Burkina Faso. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la

zone sahélienne. Ouagadougou, 22-24 sept. 1998. Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document FGR/22F. Département des forêts, FAO, Rome, Italie, 34 p.

Niwattanakul S., Singthongchai J., Naenudorn E. et Wanapu S. 2013. Using of Jaccard coefficient for keywords similarity. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* 1-5.

Nombré I., Schweitzer P., Sawadogo M., Boussim J.I. et Millogo-Rasolodimby J. 2009. Assessment of melliferous plant potentialities in Burkina Faso. *African Journal of Ecology* 47 (4): 622-629.

O'Gorman E.J., Yearsley J.M., Crowe T.P., Emmerson M.C., Jacob U. et Petchey O.L. 2010. Loss of functionally unique species may gradually undermine ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* rspb20102036: 1-8.

Okoli C.O., Akah P.A. et Nwafor S.V. 2003. Anti-inflammatory activity of plants. *Journal of Natural Remedies* 3 (1): 1-30.

Oliver-Bever B. 1986. Medicinal plants in tropical West Africa. Cambridge University Press, New York, 375 p.

Ouédraogo A., Glèlè Kakai R. et Thiombiano A. 2013a. Population structure of the widespread species, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. across the climatic gradient in West Africa semi-arid area. *South African Journal of Botany* 88: 286-295.

Ouédraogo I., Nacoulma B.M.I., Ouédraogo O., Hahn K. et Thiombiano A. 2014. Productivité et valeur économique des calices de *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet en zone soudanienne du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques* 319 : 31-41.

Ouédraogo M., Ouédraogo D., Thiombiano T., Hien M., Lykke A.M. 2013b. Dépendance économique aux produits forestiers non ligneux : cas des ménages riverains des forêts de Boulon et de Koflandé, au Sud-Ouest du Burkina Faso. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 107 (1): 45-72.

Ouédraogo O. 2009. Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du parc national d'Arly (Sud-Est du Burkina Faso). Thèse de doctorat unique, Univ. de Ouagadougou, 188 p.

Ouoba P. 2006. Flore et végétation de la Forêt Classée de Niangologo, Sud-Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat unique, Université de Ouagadougou, 140 p.

Pearce D. et Moran D. 1994. The economic value of biodiversity. Earthscan Publications Ltd, London, United Kingdom, 172 p.

Pearce D.W. 2001. The economic value of forest ecosystems. *Ecosystem Health* 7 (4): 284-296.

Perrings C., Naeem S., Ahrestani F., Bunker D.E., Burkill P., Canziani G., Elmqvist T., Ferrati R., Fuhrman J., Jaksic F., Kawabata Z., Kinzig A., Mace G.M., Milano F., Mooney H., Prieur-Richard A.-H., Tschirhart J. et Weisser W. 2010. Ecosystem services for 2020. *Science* 330 (6002): 323-324.

Picard N., Saint-André L. et Henry M. 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 p.

Popradit A., Srisatit T., Kiratiprayoon S., Yoshimura J., Ishida A., Shiyomi M., Murayama T., Chantaranonthai P., Outtaranakorn S. et Phromma I. 2015. Anthropogenic effects on a tropical forest according to the distance from human settlements. *Sci. Rep.* 5:14689.

Ranganathan J., Raudsepp-Hearne C., Lucas N., Irwin F., Zurek M., Bennett K., Ash N. et West P. 2008. Services d'écosystèmes : guide à l'attention des décideurs. World Resources Institute, 96 p.

Recensement General de la Population et de l'Habitation. 2006. Monographie de la région du Sud-Ouest, 152 p.

Resh S.C., Battaglia M., Worledge D. et Ladiges S. 2003. Coarse root biomass for eucalypt plantations in Tasmania, Australia: sources of variation and methods for assessment. *Trees* 17: 389-399.

Ruffo C.K. 1991. A Survey of medicinal plants in Tabora region, Tanzania. *In: Traditional Medicinal Plants*. Ministry of Health, Dar Es Salaam University Press, Tanzania, 391 p.

Sackey I. et Hale W.H.G. 2008. Effects of perennial fires on the woody vegetation of Mole National Park, Ghana. *Journal of Science and Technology* 28 (2): 36-47.

Sahoo S. et Davidar P. 2013. Effect of harvesting pressure on plant diversity and vegetation structure of Sal forests of Similipal Tiger Reserve, Odisha. *Tropical Ecology* 54(1): 97-107.

Salvati L. 2010. Economic causes and consequences of land degradation and desertification risk in southern Europe: integrating micro-macro approaches into a geographical perspective. *International Journal of Ecological Economics and Statistics* 18(S10): 20-63.

Sambaré O., Bognounou F., Wittig R. et Thiombiano A. 2011. Woody species composition, diversity and structure of riparian forests of four watercourses types in Burkina Faso. *Journal of Forestry Research* 22(2) : 145-158.

Sandberg F. 1965. Etude sur les plantes médicinales et toxiques de l'Afrique équatoriale. *Cahiers de la Maboké* 3 (1) : 5-49.

Sanon Z., Hien M., Yameogo T.J., Bachmann Y. et Somda I. 2015. Dynamique structurale des îlots de forêt claire à *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. et Perr. dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (2) : 847-860.

SAS Institute Inc. 2010. JMP 9 Discovering JMP. Cary, NC, États-Unis, SAS Institute, 148 p.

Savadogo P. et Elfving B. 2007. Prediction models for estimating available fodder of two savanna tree species (*Acacia dudgeon* and *Balanites aegyptiaca*) based on field and image analysis measures. *Afr J Range Forage Sci* 24: 63-71.

Scheffer T.C. et Morrell J.J. 1998. Natural durability of wood : a worldwide checklist of species. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Research Contribution 22, 58 p.

Sawadogo L. 2009. Influence des facteurs anthropiques sur la dynamique de la végétation des forêts classées de Laba et de Tiogo en zone soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat d'Etat ès sciences naturelles, Univ. de Ouagadougou, 181 p.

Schmelzer G.H. et Gurib-Fakim A. 2013. Plantes médicinales 2(11). PROTA, 418 p.

Schumann K., Wittig R., Thiombiano A., Becker U. et Hahn K. 2012. Uses, management and population status of the baobab in eastern Burkina Faso. *Agroforest. Syst.* 85: 263-278.

Secretariat of the CBD (Convention on Biological Diversity). 1992. Convention sur la diversité biologique. Nations Unies, 32 p.

Secretariat of the CBD (Convention on Biological Diversity). 2000. Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatifs à la Convention sur la diversité biologique : texte et annexes. Montréal : Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. Montréal, Canada, 30 p.

Secretariat of the CBD (Convention on Biological Diversity). 2011. Nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on biological diversity: text and annex. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 30 p.

Seignobos C. 1997. Les arbres substitués du mort et doubles du vivant. *L'Homme et le milieu végétal dans le Bassin du Lac Tchad*, pp. 23-34.

Sharma N. et Kant S. 2014. Vegetation structure, floristic composition and species diversity of woody plant communities in sub-tropical Kandi Siwaliks of Jammu, J & K, India. *International Journal of Basic and Applied Sciences* 3(4): 382-391.

Sharma S. et Kumar A. 2012. Tribal uses of medicinal plants of Rajasthan : Kachnar. *Int. J. Life Sc. Pharma. Res.* 2: 69-76.

Shinwari Z.K. et Gilani S.S. 2003. Sustainable harvest of medicinal plants at Bulashbar Nullah, Astore (Northern Pakistan). *Journal of Ethnopharmacology* 84: 3289-298.

Shishkova S., Rost T.L. et Dubrovsky J.G. 2008. Determinate root growth and meristem maintenance in angiosperms. *Annals of Botany* 101: 319-340.

Shovic A.C. 1999. Nutrient composition of abiyuch and rowal fruits. *Tropical Science* 39 (3): 159-161.

Shrestha P., Stainback G.A., Dwivedi P., et Lhotka J.M. 2015. Economic and life-cycle analysis of forest carbon sequestration and wood-based bioenergy offsets in the Central Hardwood Forest Region of United States. *Journal of Sustainable Forestry* 34(3): 214-232.

Slik J.W.F., Paoli G., McGuire K., Amaral I., Barroso J., Bastian M., Blanc L., Bongers F., Boundja P., Clark C., Collins M., Dauby G., Ding Y., Doucet J-L., Eler E., Ferreira L., Forshed O., Fredriksson G., Gillet G-F., Harris D., Leal M., Laumonier Y., Malhi Y., Mansor A., Martin E., Miyamoto K., Araujo-Murakami A., Nagamasu H., Nilus R., Nurtjahya E., Oliveira A., Onrizal O., Parada-Gutierrez A., Permana A., Poorter L., Poulsen J., Ramirez-Angulo H., Reitsma J., Rovero F., Rozak A., Sheil D., Silva-Espejo J., Silveira M., Spironelo W., Steege H., Stevart T., Navarro-Aguilar G.E., Sunderland T., Suzuki E., Tang J., Theilade I., van der Heijden G., van Valkenburg J., Do T.V., Vilanova E., Vos V., Wich S., Wöll H., Yoneda T., Zang R., Zhang M-Z. et Zweifel N. 2013. Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecology and Biogeography* 22 : 1261-1271.

Somé V.N. 1996. Anthropologie économique des Dagara du Burkina Faso et du Ghana : lignages, terre, production. Thèse de Doctorat, Anthropologie, Université de Paris 8, Paris, 731 p.

Sourabié S., Guissou I.P., Kabore I.Z. 1992. Mise en évidence d'une activité antibactérienne de *Nauclea latifolia* Sm. (*Rubiaceae*) vis-à-vis d'entérobactéries responsables de gastro-entérites infantiles au Burkina Faso. *Publications Médicales Africaines* 120:18-23.

Stangeland T., Tabuti J. et Lye KA. 2011. The framework tree species approach to conserve medicinal trees in Uganda. *Agroforest. Syst.* 82: 275-284.

Stangeland T., Tabuti J.R.S. et Lye K.A. 2007. The influence of light and temperature on the germination of two Ugandan medicinal trees. *Afr. J. Ecol.* 46: 565-571.

Tabuti J.R.S. 2007. The uses, local perceptions and ecological status of 16 woody species of Gadumire Sub-county, Uganda. *Biodivers Conserv.* 16: 1901-1915.

Tabuti J.R.S., Lye K.A. et Dhillion S.S. 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. *Journal of Ethnopharmacology* 88 (1): 19-44.

Tansley A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16(3): 284-307.

Termote C., Van Damme P. et Djailo B.D. 2011. Eating from the wild: Turumbu, Mbole and Bali traditional knowledge on non-cultivated edible plants, District Tshopo, DR Congo. *Genet Resour Crop Evol.* 58: 585-618.

Thelma M.N. 2015. Desertification in northern Nigeria: Causes and implications for national food security. *Peak Journal of Social Sciences and Humanities* 3 (2): 22-31.

Thiombiano A., Schmidt M., Da S., Hahn-Hadjali K., Zizka G. et Wittig R. 2010. Vascular plants: flowering plants. In *Biodiversity atlas of West Africa, Volume II: Burkina Faso*, A. Thiombiano et D. Kampmann (éds), Ouagadougou et Frankfurt/Main, pp 184-192.

Thiombiano A. 2005. Les *Combretaceae* du Burkina Faso : taxonomie, écologie et régénération des espèces. Thèse d'Etat ès Sciences Naturelles, Univ. de Ouagadougou, Burkina Faso, 290 p.

Tia L. 2007. Modeling of vegetation dynamics and its contribution to the water balance in semi-arid lands of West Africa. PhD thesis. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Germany, 198 p.

Ticktin T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21.

Traoré A., Ouedraogo S., Lompo M., Traoré S., Somé N. et Guissou I.P. 2013. Ethnobotanical survey of medicinal plants used to treat gastrointestinal parasites in human and livestock in four geographic areas of Burkina Faso (West Africa). *Arch. Appl. Sci. Res.* 5(6) : 172-177.

Traoré L., Ouédraogo A. et Thiombiano A. 2012a. To what extent do protected areas determine the conservation of native flora? A case study in the Sudanian zone of Burkina Faso. *International Scholarly Research Network ISRN Botany*. doi:10.5402/2012/168196.

Traoré L., Sop T.K., Dayamba S.D., Traore S., Hahn K. et Thiombiano A. 2012b. Do protected areas really work to conserve species? A case study of three vulnerable woody species in the Sudanian zone of Burkina Faso. *Environ Dev Sustain.* 15 (3): 663-686.

Turner R.K., Paavola J., Cooper P., Farber S., Jessamy V. et Georgiou S. 2003. “Valuing nature: lessons learned and future research directions”. *Ecological economics* 46 (3): 493-510.

Turpie K.J. 2003. The existence value of biodiversity in South Africa: how interest, experience, knowledge, income and perceived level of threat influence local willingness to pay. *Ecological Economics* 46 : 199-216.

Van Andel T., Myren B. et van Onselen S. 2012. Ghana’s herbal market. *Journal of Ethnopharmacology* 140: 368-378.

Varalakshmi P., Shamila Y. et Latha E. 1990. Effect of *Crataeva nurvala* in experimental urolithiasis. *Journal of Ethnopharmacology* 28 (3): 313-321.

Ventegodt S., Merrick, J. et Anderson N.J. 2003. Quality of life theory III. Maslow revisited. *The Scientific World Journal* 3: 1050-1057.

Voltaire L. 2011. Méthode d'évaluation contingente et évaluation économique d'un projet de réserves naturelles dans le Golfe du Morbihan (France). Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 281 p.

Wang T., Sun J.G., Han H. et Yan C.Z. 2012. The relative role of climate change and human activities in the desertification process in Yulin region of northwest China. *Environmental monitoring and assessment* 184(12): 7165-7173.

Warner K., Hamza M., Oliver-Smith A., Renaud F. et Julca A. 2010. Climate change, environmental degradation and migration. *Natural Hazards* 55 (3): 689-715.

Wilson B.F. 1967. Root growth around barriers. *Botanical Gazette* 128 (2): 79-82.

Wilson B.G. et Witkowski E.T.F. 2003. Seed banks, bark thickness and change in age and size structure (1978-1999) of the African savanna tree, *Burkea africana*. *Plant Ecology* 167(1): 151-162.

Brundtland G., Khalid M., Agnelli S., Al-Athel S., Chidzero B., Fadika L., ... et Okita S. 1987. Our common future. Brundtland report, World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, USA, 416 p.

Yegbemey R.N., Yabi J.A., Heubach K., Bauer S. et Nuppenau E.A. 2014. Willingness to be informed and to pay for agricultural extension services in times of climate change: the case of maize farming in northern Benin, West Africa. *Climate and Development* 6(2): 132-143.

Yelemou B., Bationo B.A., Yameogo G. et Millogo-Rasolodimby J. 2007. Gestion traditionnelle et usages de *Piliostigma reticulatum* sur le Plateau central du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques* 291 (1) : 55-66.

Yesufu H.B., Bassi P.U., Khan I.Z., Abdulrahman F.I. et Mohammed G.T. 2010. Phytochemical screening and hepatoprotective properties of the aqueous root bark extract of *Sarcocephalus latifolius* (Smith) Bruce (African Peach). *Acta Microbiologica* 1(2) : 1-5.

Yinusa I., George N.I. et Amupitan J.O. 2012. Isolation and bioactivity of pentacyclic triterpenoid (Betunilic acid) from the bark of *Sarcocephalus latifolius* (Smith Bruce). *Journal of Natural Sciences Research* 2 (4): 13-23.

Zida D., Tigabu M., Sawadogo L., Tiveau D. et Odén P.C. 2009. Long-term effects of prescribed early fire, grazing and selective tree cutting on seedling populations in the Sudanian savanna of Burkina Faso. *Afr. J. Ecol.* 47: 97-108.

Zida D. 2007. Impact of forest management regimes on ligneous regeneration in the Sudanian savanna of Burkina Faso. PhD, Swedish University of Agricultural Sciences, 44 p.

Zizka A., Thiombiano A., Dressler S., Nacoulma B.M.I., Ouédraogo A., Ouédraogo I., Ouédraogo O., Zizka G., Hahn K. et Schmidt M. 2015. Traditional plant use in Burkina Faso (West Africa): a national-scale analysis with focus on traditional medicine. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 11: 9.

Zschocke S., Rabe T. et Staden J. 2000. Plant part substitution - a way to conserve endangered medicinal plants? *J. Ethnopharmacol.* 71: 281-292.

Zuur A.F., Ieno E.N. et Elphick C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology & Evolution* 1: 3-14.

Chazdon R.L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320 (5882) : 1458-1460.

Webographie

Addinsoft 2009. Disponible sur : www.xlstat.com/fr/ (Dernière consultation : 01/06/15)

Brunken U., Schmidt M., Dressler S., Janssen T., Thiombiano A. et Zizka G. 2008. West African plants - A Photo Guide. Disponible sur : www.westafricanplants.senckenberg.de. - Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt/Main, Germany. (Dernière consultation : 01/06/15)

Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève. Disponible sur : www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa (Dernière consultation : 01/06/15)

Duke J.A. 2013. Ethnobotanical uses of *Nauclea latifolia*. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical databases. Disponible sur : <http://www.ars-grin.gov/> (Dernière consultation : 18/08/13).

International Plant Names Index. Disponible sur : www.ipni.org/ipni (Dernière consultation : 01/06/15)

Leakey R.R. 2013. Addressing the causes of land degradation, food/nutritional insecurity and poverty: a new approach to agricultural intensification in the tropics and sub-tropics. *Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late: make agriculture truly sustainable now for food security in a changing climate*, 192-198. Disponible sur : <http://permaculturenews.org/2013/12/05/addressing-the-causes-of-land-degradation-food-nutritional-insecurity-and-poverty-a-new-approach-to-agricultural-intensification-in-the-tropics-and-subtropics/>

Letourmy P. 1999. Expérimentation agronomique planifiée. CIRAD, Montpellier, France, 50 p. Disponible sur : <http://agroecologie.cirad.fr> (Dernière consultation : 14/01/12).

PROTA4U : www.prota4u.org (Dernière consultation : 30/11/14).

Terra S. Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente. Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale. Paris, France, 83 p. Disponible sur : <http://www.ecologie.gouv.fr> (Dernière consultation : 01/06/15).

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. 2009. TEEB for national and international policy makers. Summary: Responding to the Value of Nature. (2009) Disponible sur : <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket> (Dernière consultation : 01/06/15)

The Economics of Land Degradation Initiative. 2015. The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. 170 p. Disponible sur : www.eld-initiative.org. (Dernière consultation : 30/09/15)

The Plant List. Disponible sur : <http://www.theplantlist.org> (Dernière consultation : 01/06/15)

United Nations Convention to Combat Desertification. 2007. Follow-up to the Joint Inspection Unit report and strategy development to foster the implementation of the Convention. Disponible sur : www.unccd.int/cop/officialdocs/cop8/pdf/10eng.pdf (Dernière consultation : 01/06/15)

ANNEXES

Annexe 1 : Publications tirées de la thèse

Kaboré S.A., Hien M., Ouédraogo D., Diallo T.E.R., Hahn K. et Nacro H.B. 2014. Use of ecosystem services of *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E. A. Bruce and induced effect of human pressure on the species in the Southwestern region of Burkina Faso. *Ethnobotany Research and Application* 12: 561-570.

Kaboré S.A., Hahn K., Hien M. et Nacro H.B. 2015. Does the description of root system matter for sustainable use and conservation? A case study in Burkina Faso. *Qscience Connect* 2015: 3: 2-9. doi.org/10.5339/connect.2015.3.

Kaboré S.A., Schumann K., Hien M., Lykke A.M., Hahn K. et Nacro H.B. 2015. Stratégies d'adaptation à la réduction des services écosystémiques : cas des potentialités de substitution de trois espèces forestières dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (3) : 1194-1208.

Annexe 2 : Approche non-paramétrique de calcul du montant du CAP (Source : Terra, www.ecologie.gouv.fr)

Soit T le nombre de personnes enquêtées. A chaque enquêté, est proposé l'un des M montants différents obtenus à partir de l'enquête ouverte, soit t_j . Ces montants sont 1 000, 1 500, 3 500, 7 000 et 40 000 FCFA pour *C. adansonii*, 1 000, 2 000, 4 000, 6 000 et 10 000 FCFA pour *S. latifolius*, 500, 1 000, 2 500, 6 000 et 13 000 FCFA pour *B. africana*.

Notons CAP_i le consentement à payer de la personne i . Si i répond « oui » à la question « seriez-vous prêt à payer t_j FCFA pour préserver un pied de telle espèce vous appartenant, si toutefois on décidait de vous la couper ? », alors $CAP_i \geq t_j$. Sinon, $CAP_i < t_j$. Puisque que le vrai consentement à payer est inconnu, on considère qu'il s'agit d'une variable aléatoire dont la fonction de répartition est F_w . La probabilité pour que la personne i réponde « non » s'écrit donc :

$$\Pr(CAP_i < t_j) = F_w(t_j) = F_j$$

On note T_j le nombre de personnes à qui le montant t_j a été proposé, Y_j le nombre de personnes ayant accepté de payer ce montant et N_j le nombre de personnes ayant refusé. On a donc $T_j = Y_j + N_j$ et $T = T_1 + \dots + T_M$.

Un estimateur naturel de F_j appelé estimateur du maximum de vraisemblance s'écrit :

$$F_j = N_j / T_j$$

L'estimation de la probabilité qu'une personne ne soit pas prête à payer t_j FCFA est égale à la proportion sur l'échantillon d'individus répondant « non » au montant t_j .

Quand l'échantillon est grand et lors que t_j augmente, la proportion de réponses « non » observée pour chaque montant devrait augmenter : $F_j \leq F_{j+1}$. Or, cette condition n'est pas toujours vérifiée. On aboutit souvent à des fonctions de répartition empiriques non monotones pour certains montants. Le calcul de l'estimateur de Turnbull permet d'imposer une restriction de monotonie sur cette fonction.

- **Calcul de l'estimateur de Turnbull**

1. Pour chaque montant j ($j = 1, \dots, M$), calculer $F_j = N_j / (N_j + Y_j)$ avec :

N_j : nombre de reponse « non » à t_j

Y_j : nombre de reponses « oui » à t_j ($T_j = N_j + Y_j$)

2. A partir de $j = 1$, comparer F_j et F_{j+1}
3. Si $F_{j+1} > F_j$, alors continuer.
4. Si $F_{j+1} \leq F_j$, alors rassembler les cellules j et $j+1$ en une seule de borne t_j et t_{j+2} et calculer $F_j^* = (N_j + N_{j+1}) / (T_j + T_{j+1})$ Soit $F_j = N_j^* / T_j^*$
5. Continuer jusqu'à ce que les cellules soient suffisamment regroupées pour que la fonction de répartition soit croissante.
6. Fixer $F_{M+1}^* = 1$.
7. Calculer la fonction de densité $f_j^* = F_j^* - F_{j+1}^*$.

- **Calcul du consentement à payer**

1. Calculer la fréquence de réponses « non » pour chaque montant t_j grâce à la procédure décrite ci-dessus. Ces fréquences constituent des estimations convergentes de la probabilité d'une réponse « non » pour chaque montant proposé.
2. Calculer $f_{j+1}^* = F_{j+1}^* - F_j^*$ pour chaque montant t_j . Cela représente des estimations convergentes de la probabilité pour que le consentement à payer soit compris entre les montants t_j et t_{j+1} . Pour calculer la probabilité pour que le CAP soit compris entre le montant le plus élevé t_M et la borne supérieure t_{M+1} , on pose $F_{M+1}^* = 1$. Cela signifie qu'aucun enquêté n'a un CAP plus grand que la borne supérieure.
3. Multiplier chaque montant (t_j) par la probabilité f_{j+1}^* obtenue à l'étape 2.
4. Sommer les quantités obtenues à l'étape 3 pour obtenir une estimation de la borne inférieure du CAP.

Annexe 3. Densités relatives des espèces inventoriées dans les peuplements des trois espèces étudiées à l'intérieur et à l'extérieur des Réserves de Bontioli.

Espèces	Dans les Réserves	Hors des Réserves
<i>Acacia dudgeoni</i> Craib.ex Holl.	0,8	0,9
<i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex Benth.		0,0
<i>Acacia seyal</i> Del.	0,2	0,1
<i>Adansonia digitata</i> L.		0,3
<i>Azalia africana</i> Sm.	1,5	0,3
<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.		0,3
<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	0,0	0,0
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	4,1	1,9
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. et Perr.	0,7	0,5
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.		0,7
<i>Blighia sapida</i> Koenig		0,5
<i>Bombax costatum</i> Pell. & Vuill.	0,1	0,1
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	1,2	
<i>Bridelia scleroneura</i> Müll. Arg.	0,0	0,3
<i>Burkea africana</i> Hook. F.	10,4	10,0
<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. F.	0,1	0,4
<i>Capparis corymbosa</i>	0,1	
<i>Carica papaya</i> L.		0,1
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0,3	0,3
<i>Ceiba pentadra</i> (L.) Gaertn		0,1
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle		0,1
<i>Cola laurifolia</i> Mast.	0,1	
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	0,1	2,2
<i>Combretum fragrans</i> F. Hoffm.	1,3	0,8
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	2,3	0,6
<i>Combretum molle</i> R. Br.ex G. Don	0,0	0,7
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill & Perr	0,0	0,0
<i>Cordia myxa</i> L.		1,2
<i>Crateva adansonii</i> D.C.	5,1	7,3
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afz. ex G. Don.) Benth.	5,0	1,2
<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. & Dalz.	2,9	2,1
<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	7,6	7,4
<i>Dichrostachys cinerea</i> L.Wight & Arn.	3,7	4,1
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	1,9	1,5
<i>Entada abyssinica</i> Steud. Ex A. Rich.	0,0	0,0
<i>Entada africana</i> G. & Perr.	0,1	0,1
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	0,4	0,3
<i>Feretia apondanthera</i> Del.	1,0	0,3
<i>Ficus sur</i> Forssk.	0,1	0,0
<i>Ficus sycomorus</i> (Miq.) C. C. Berg		0,7
<i>Flueggea virosa</i> (Roxl. Ex Willd.) Voigt		0,4
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf et Hutch.	0,0	0,6

<i>Gardenia sokotensis</i> Hutch.	3,2	0,2
<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. Et Thonn.	0,0	0,6
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	0,1	0,1
<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.	0,1	0,2
<i>Haematostaphis barteri</i> Hook. F.	0,1	0,4
<i>Hannoa undulata</i> (Guill. Et Perr.) Planch		0,1
<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. et Diels	0,2	0,2
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.		1,3
<i>Isoberlinia doka</i> Craib et Stapf	0,6	1,3
<i>Ixora brachypoda</i> DC	0,4	
<i>Jasminum obtusifolium</i> Bak.	0,1	0,2
<i>Jatropha curcas</i> L.		0,1
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.		0,6
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.		0,1
<i>Lanea acida</i> A. Rich.	0,5	0,7
<i>Lanea barteri</i> (Oliv.) Engl.		0,0
<i>Lanea microcarpa</i> Engl. Et K. Krause	0,2	0,3
<i>Lanea velutina</i> A. Rich.	0,8	0,2
<i>Lophira lanceolata</i> Van Tiegh. Ex Keay		0,1
<i>Mangifera indica</i> L.		0,4
<i>Manilkara multinervis</i> (Bak.) Dubard	0,0	0,1
<i>Maranthes polyandra</i> (Benth.) Prance		0,9
<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell.	0,5	0,0
<i>Mitragyna inermis</i> (Wild.) Kuntze.	1,8	0,1
<i>Moringa oleifera</i> Lam.		0,1
<i>Ozoroa insignis</i> Del.	0,3	
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.		0,2
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	0,9	0,2
<i>Paullinia pinnata</i> L.	0,1	
<i>Pavetta crassipes</i> K. Schum.		0,2
<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. Ex Bak.) van Meeuwen	3,3	2,2
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.		0,1
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redhead	2,6	0,7
<i>Prosopis africana</i> (G. et Perr.) Taub.	0,6	0,3
<i>Pseudocedrela kotschyi</i> (Schw.) Harms	0,7	0,0
<i>Pteolepis suberosa</i> Engl. et Diels.	5,8	11,9
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	2,7	1,6
<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	0,3	0,2
<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Smith) Bruce	3,0	2,0
<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres.		0,1
<i>Senna singueana</i> (Del.) Lock	0,1	0,2
<i>Sterculia setigera</i> Del.		0,2
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	2,5	1,6
<i>Strychnos innocua</i> Del.	0,1	0,8
<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	0,2	3,7
<i>Tamarindus indica</i> L.		0,0

<i>Tectona grandis</i> L. f.		3,7
<i>Terminalia avicennioides</i> G. & Perr.	2,4	2,9
<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	0,5	1,5
<i>Terminalia macroptera</i> G. & Perr.	0,4	0,2
<i>Terminalia mollis</i> Laws.		0,0
<i>Terminalia schimperiana</i> Hochst.	0,2	
<i>Trichilia emetica</i> Vahl.	0,1	0,2
<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake		0,1
<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	5,9	6,7
<i>Vitex chrysocarpa</i> Planch. Ex Benth.	2,4	
<i>Vitex madiensis</i> Oliv.		0,0
<i>Vitex simplicifolia</i> Oliv.	0,6	0,1
<i>Xeroderris stuhlmannii</i> (Taub.) Mendonça et E.P. Sousa	0,1	0,7
<i>Ximenia americana</i> L.	0,1	0,1
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Watermann		0,0

Annexe 4. Densités relatives des espèces inventoriées dans les peuplements des trois espèces étudiées à l'intérieur et à l'extérieur de la Forêt Classée de Koulbi.

Espèces	Dans la forêt classée	Hors de la forêt classée
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.		0,0
<i>Acacia gourmaensis</i> A. Chev.	0,6	0,3
<i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex Benth.	0,0	
<i>Acacia polyacantha</i> Willd. subsp <i>campylacantha</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Brenan	0,1	
<i>Acacia seyal</i> Del.	0,9	0,9
<i>Adansonia digitata</i> L.		0,2
<i>Afzelia africana</i> Sm.	0,5	0,1
<i>Albizia malacophylla</i> (A. Rich.) Walp.	0,4	0,1
<i>Anacardium occidentale</i> L.		0,9
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	0,8	1,2
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. et Perr.	1,0	0,4
<i>Aphania senegalensis</i> (Juss. ex Poir.) Radlk.	0,1	0,0
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.		0,0
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.		0,0
<i>Blighia sapida</i> Koenig		0,1
<i>Bombax costatum</i> Pell. & Vuill.	0,0	0,3
<i>Bridelia ferrugina</i> Benth.	0,0	0,2
<i>Bridelia scleroneura</i> Müll. Arg.	0,4	0,4
<i>Burkea africana</i> Hook. F.	11,7	10,8
<i>Crateva adansonii</i> DC.		0,1
<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. F.		0,0
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0,3	0,3
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle		0,0
<i>Cola laurifolia</i> Mast.	0,2	
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	1,0	1,7
<i>Combretum fragrans</i> F. Hoffm.	4,9	3,2
<i>Combretum molle</i> R. Br.ex G. Don	0,4	0,5
<i>Cordia myxa</i> L.	0,2	0,1
<i>Crateva adansonii</i> D.C.	0,7	
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afz. ex G. Don.) Benth.	0,4	1,7
<i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. & Dalz.	0,4	2,2
<i>Detarium microcarpum</i> G. & Perr.	2,7	4,6
<i>Dichrostachys cinera</i> (L.) Wight et Am.	13,6	5,3
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoschst. ex A. DC.	0,1	0,3
<i>Entada africana</i> G. & Perr.	1,3	0,8
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.		0,0
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	0,3	0,2
<i>Ficus platyphylla</i> Del.	0,1	0,2
<i>Ficus sur</i> Forssk.	0,1	0,3
<i>Ficus sycomorus</i> (Miq.) C. C. Berg	0,2	0,3

<i>Flueggea virosa</i> (Roxl. Ex Willd.) Voigt		0,3
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf et Hutch.	0,4	1,0
<i>Gardenia sokotensis</i> Hutch.	0,0	0,5
<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. Et Thonn.	0,0	
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	0,1	0,4
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	0,0	0,1
<i>Hannoa undulata</i> (Guill. Et Perr.) Planch	0,0	0,1
<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. et Diels	0,6	0,1
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	0,1	0,4
<i>Isoberlinia doka</i> Craib et Stapf	1,7	2,6
<i>Jatropha curcas</i> L.		0,1
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	0,1	0,1
<i>Lannea acida</i> A. Rich.	1,1	2,4
<i>Lannea velutina</i> A. Rich.	0,3	0,3
<i>Lonchocarpus cyanescens</i> (Schum. Et Thonn.) Benth.	0,2	
<i>Lophira lanceolata</i> Van Tiegh. ex Keay		0,0
<i>Mangifera indica</i> L.		0,4
<i>Maranthes polyandra</i> (Benth.) Prance		0,2
<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell.	0,5	0,5
<i>Mitragyna inermis</i> (Wild.) Kuntze.	0,1	1,3
<i>Monotes kerstingii</i> Gilg		1,0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.		0,3
<i>Ochna schweinfurthiana</i> F. Hoffm.		0,2
<i>Ozoroa insignis</i> Del.	0,1	0,0
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	0,2	0,3
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	0,1	0,4
<i>Paulinia pinnata</i> L.	0,0	
<i>Paveta crassipes</i> K. Schum.	0,0	
<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. Ex Bak.) van Meeuwen	0,9	1,0
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redhead	3,1	5,0
<i>Prosopis africana</i> (G. et Perr.) Taub.	0,2	0,1
<i>Pseudocedra kotschyi</i> (Schw.) Harms	3,3	1,9
<i>Psidium guajava</i> L.		0,0
<i>Pteolepsis suberosa</i> Engl. et Diels.	5,2	3,0
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	2,4	2,7
<i>Pterocarpus lucens</i> Guill. et Perr.	0,0	
<i>Saba senegalensis</i> (A. DC) Pichon	0,1	0,3
<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Smith) Bruce	3,7	7,4
<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres.	0,0	
<i>Sterculia setigera</i> Del.	0,0	0,1
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	1,2	0,1
<i>Strychnos innocua</i> Del.	0,6	1,3
<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	3,3	2,3
<i>Swartzia madagascariensis</i> Desv.	0,0	
<i>Tamarindus indica</i> L.	0,0	
<i>Terminalia avicennioides</i> G. & Perr.	1,1	0,4

<i>Terminalia brownii</i> Fresen.	0,3	
<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	0,8	1,1
<i>Terminalia macroptera</i> G. & Perr.	0,6	1,3
<i>Trichilia emetica</i> Vahl.	1,2	0,3
<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake		0,0
<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	21,3	18,1
<i>Vitex doniana</i> Sweet	0,1	0,2
<i>Ximenia americana</i> L.	0,1	0,2
