



REPUBLIQUE DU BENIN

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE

«ESPACES, CULTURES ET DEVELOPPEMENT»



Option : DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES, GESTION DES RESSOURCES
NATURELLES, AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET POLITIQUE
ENVIRONNEMENTALE

THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI



**EVALUATION ECOLOGIQUE ET ETHNOBOTANIQUE
DU *ZANTHOXYLUM ZANTHOXYLOIDES* (LAM.)
ZEPERNICK & TIMLER AU BENIN : IMPLICATIONS
POUR LA CONSERVATION**

Présentée et soutenue publiquement le 21 janvier 2019 par :

Ferdinand Jean C. GUENDEHOU

Jury composé de :

Président : M. CLEDJO Placide, Professeur Titulaire/UAC
Rapporteur : M. OUEDRAOGO Amadé, Professeur Titulaire/UO₁-KZ
Rapporteur : M. BAKASSO Yacoubou, Professeur Titulaire/UAM
Examineur : M. TEKA S Oscar, Maitre de Conférences/UAC
Directeur : M. ASSOGBADJO Achille E., Professeur Titulaire/UAC
Co-Directeur : M. DJOSSA Agossou Bruno, Maitre de Conférences/UNA

Mention : Très honorable avec les félicitations du jury

Année académique : 2017-2018

Dédicaces

Je dédie ce travail à:

- *Dieu, l'Eternel Tout Puissant, mon Père, Créateur du Ciel et de la Terre. Tu es le début et la fin de toutes choses et Tu as dit : "si vous ne me louez pas ; je vais susciter des pierres pour me louer". Que ce travail soit une louange à la gloire de ton nom ;*
- *Jésus Christ, son Fils, mon Seigneur et mon Sauveur ;*
- *Esprit-Saint, Amour qui unit Père et Fils, Tu entretiens en moi la vie de Dieu ;*
- *Vierge Marie ; Tu es ma Mère et mon Ambassadeur auprès de Jésus Christ Ton Fils ; merci pour ta constante intercession.*

PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

Publications parues

1- F. Guendéhou, B. A. Djossa, C. Kènou et C. A. E. Assogbadjo (2018). Review of studies on *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam): availability and ethnomedical, phytochemical, pharmacological uses. *Scholars Journal of Research in Agriculture and Biology* 3 (3): 244-254

2- GUENDEHOU Ferdinand, DJOSSA Agossou Bruno, TEKA Oscar et ASSOGBADJO Achille. 2017. Propagation de *Zanthoxylum zanthoxyloides* par bouturage au Bénin. *Revue de Géographie du Bénin, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)*, 21 : 24 – 47.

3- Guendéhou Ferdinand, Djossa Agossou Bruno, Bio Anselme et Assogbadjo Achille Ephrem. 2019. Evaluation de l'abondance stationnaire de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin. *Cahiers du CBRSI-Environnement et Sciences de l'Ingénieur*. 13 : 270-286

Manuscrit soumis

2- GUENDEHOU Ferdinand, DJOSSA Agossou Bruno, TEKA Oscar et ASSOGBADJO Achille Ephrem. Connaissances et usages médicinaux de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam.) Zepernick & Timler par les communautés autour de la forêt classée de la Lama au Bénin : implication pour sa conservation. Soumis à *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*

Sigles et Acronymes

CIF	: Centre d'Inspection Forestière
EDP	: Ecole Doctorale Pluridisciplinaire
EFIB	: École de Foresterie et Ingénierie du Bois
ENA	: Université Nationale d'Agriculture
FLASH	: Faculté des Lettres Sciences et Arts Humaines
FSA	: Faculté des Sciences Agronomiques
GPS	: Global Positionning System
LEA	: Laboratoire d'Ecologie Appliquée
PFNL	: Produits Forestiers Non ligneux
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitation
UAC	: Université d'Abomey Calavi
URFAB	: Unité de Recherche en Foresterie, Agroforesterie et Biogéographie

Table des matières

Dédicaces	1
PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES.....	2
Sigles et Acronymes.....	3
Liste des figures	8
Liste des tableaux	9
Liste des Photos.....	10
Résumé	11
Abstract	12
1. Introduction générale.....	13
1.1. Problématique.....	13
1.2. Justification	14
1.3. Objectifs de l'étude	16
1.4. Hypothèses de recherche	16
1.5. Questions de recherche.....	17
1.6. Articulation des chapitres de résultats.....	17
1.7. Concepts et Définitions	17
1.8. Organisation de la thèse	18
Chapitre 1 : Milieu d'étude	19
2- Milieu d'étude.....	20
2.1 Localisation	20
2.2 Caractéristiques Biophysiques	20
2.3 Caractéristiques socio- démographiques	21
2.4. Caractéristiques socio-économiques	23
Chapitre 2 : Revue des études sur <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> : disponibilité et usages ethnométricaux, phytochimiques et pharmacologiques au Bénin	25
3- Revue des études sur <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> : disponibilité et usages ethnométricaux, phytochimiques et pharmacologiques au Bénin.....	26
Résumé.....	26
3.1- Introduction.....	27
3.2- Matériel et Méthodes	28
3.3- Résultats.....	28
3.3.1- Description botanique (Ouattara et al, 2004).....	28
3.3.2- Habitat, diversité et répartition géographique.....	29

3.3.3- Régénération naturelle et propagation	29
3.3.4- Utilisations ethnomédicales	30
3.3.5- Phytochimie	31
3.3.6- Toxicologie	33
3.3.7- Pharmacologie.....	34
3.3.7.1- Activité antibactérienne	34
3.3.7.2- Activité de déparasitage	34
3.3.7.3- Activité anti-drépanocytaire.....	34
3.3.7.4- Activité anti-oxydante.....	35
3.3.7.5- Activité anti-plasmodiale	35
3.3.7.6- Activité anti-inflammatoire.....	35
3.3.7.7- Activité anthelminthique.....	36
3.3.7.8- Activité antihypertensive	36
3.3.7.9- Activité analgésique.....	37
3.3.7.10- Activité cytotoxique.....	37
3.3.7.11- Activité insecticide.....	37
3.4- Discussion	38
3.5- Conclusion	39
Chapitre 3 : Evaluation de l'abondance de <i>Zanthoxylum zanthoxyloïdes</i> (Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin	40
4- Evaluation de l'abondance de <i>Zanthoxylum zanthoxyloïdes</i> (Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin	41
Résumé	41
4. Introduction	42
4.1- Matériel et Méthodes	43
4.1.1- Matériel	43
4.1.2- Matériel biologique	43
4.1.3. Outils de collecte de données	43
4.2- Milieu d'étude	44
4.3- Echantillonnage et collecte des données	44
4.4- Traitement des données.....	46
4.5- Résultats	47
4.5.1- Abondance stationnaire de <i>Z. zanthoxyloïdes</i>	47
4.5.2 Caractérisations dendrométriques de <i>Z. zanthoxyloïdes</i>	47

4.6- DISCUSSION	48
4.6.1- Abondance de <i>Z. zanthoxyloides</i>	48
4.6.2- Caractéristique structurale de population de <i>Z. zanthoxyloides</i>	49
4.6.3- Pressions anthropiques et destruction des populations de <i>Z. zanthoxyloides</i>	49
4.7- Conclusion	50
Chapitre 4 : Propagation de <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> par bouturage au Bénin.....	51
5- Propagation de <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> par bouturage au Bénin	52
Résumé	52
5.1- Introduction.....	53
5.2- Matériel et méthodes.....	54
5.2.1- Milieu d'étude	54
5.2.2- Caractérisation botanique de <i>Z. zanthoxyloides</i>	57
5.2.3- Echantillonnage et collecte des données.....	58
5.2.4- Dispositif Expérimental	58
5.2.5- Analyse des données	59
5.3- Résultats.....	60
5.3.1- Effets du substrat, des provenances et du diamètre sur la croissance des boutures.....	60
5.3.2- Effet de la lumière et du substrat sur la croissance des boutures.....	60
5.4- Discussion	64
5.4.1- Provenances des boutures de <i>Z. zanthoxyloides</i>	64
5.4.2- Nature du substrat et la croissance des boutures de <i>Z. zanthoxyloides</i>	64
5.4.3- Effet de la lumière sur la croissance des boutures de <i>Z. zanthoxyloides</i>	65
5.5- Conclusion	66
Chapitre 5: Connaissances et usages médicaux de <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (lam.)	
Zeperm. & Timler par les communautés autour de forêt classé de la Lama au Bénin :	
implications pour sa conservation	67
6- Connaissances et usages médicaux de <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (lam.) Zeperm. &	
Timler par les communautés autour de forêt classé de la Lama au Bénin : implications pour sa	
conservation	68
Résumé	68
6.1- Introduction.....	69
6.2- Matériel et méthodes.....	70
6.2.1- Milieu d'étude	70
6.2.2- Méthode de collecte de données	72

6.2.3- Enquêtes ethnobotaniques.....	73
6.2.4- Analyse et traitement de données.....	73
6.3- Résultats.....	75
6.3.1- Usages médicinaux des organes suivant les groupes socioculturels et le genre	75
6.3.2- Usages médicinaux des organes de l'espèce suivant les groupes socioculturels et les générations	77
6.4- Discussion.....	82
6.4.1- Connaissances et usages médicinaux par groupe socioculturel.....	82
6.4.2- Connaissances et usages médicinaux suivant le genre et les générations au sein des groupes socioculturels	84
6.4.3- Connaissances, usages et exploitation médicinale de l'espèce et implication pour sa conservation	84
6.5- Conclusion	85
7- Discussion générale	86
7.1. Densité stationnaire, structuresde population et pression anthropiques sur <i>Z. zanthoxyloïdes</i>	86
7.2. Multiplication, provenance, qualité de substratset possibilités de domestication de l'espèce	87
7.3. Connaissances ethnobotaniques et usages médicinaux par groupe socioculturel	90
<i>Connaissances et usages médicinaux par groupe socioculturel</i>	90
8- Conclusion générale, Perspectives et Suggestions.....	94
8.1- Conclusion générale.....	94
8.2- Perspectives et suggestions	95
Références bibliographiques	96

Liste des figures

Figure 1 : Carte du Bénin Les principaux groupes socioculturels et les trois zones agroclimatiques.....	22
Figure 2.1: Structure de faragonine.....	32
Figure 2.2: Structure de burkinabine C.....	32
Figure 3: Cartes détaillées de chacune des forêts classées.....	44
Figure 4: Structure en diamètre de <i>Z. zanthoxyloides</i> dans la forêt classée de la Lama (A) et des jachères environnantes (B).....	48
Figure 5 : Carte du Bénin avec les trois zones climatiques.....	56
Figure 6 : Dispositif expérimental (Split plot) (18 traitements (3x2x3) avec 3 répétitions ; Z_1 : Zone Guinéenne, Z_2 : Zone Soudano-guinéenne, Z_3 : Zone Soudanienne ; S_1 : Terre arable du site expérimental et S_2 : Compost ; D_1 : DBH]0 ; 4], D_2 : DBH]4 ; 8] et D_3 : DBH]8 ; 13]).....	59
Figure 7 : Evolution comparée des boutures sur différents substrats des nombres hebdomadaires des bourgeons, des feuilles, et des tailles des rejets.....	61
Figure 8 : Croissance comparée des tailles des rejets (a) et du nombre de feuilles (b) sur les boutures à la lumière et à l'ombre.....	62
Figure 9 : Carte du Bénin situant la Forêt Classée de la Lama et les villages environnants.....	72
Figure 10 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjias (a), les Fons (b) et les Hollis (c).....	76
Figure 11 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjias (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de 50 ans.....	78
Figure 12 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjias (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de 50 à 75 ans.....	80
Figure 13 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjias (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de plus de 75 ans.....	81

Liste des tableaux

Tableau 4.1: Répartition des placeaux par Forêt Classée et Jachère environnante par zone climatique.....	45
Tableau 4.2: Densités et Indices de raréfaction de <i>Z. zanthoxyloides</i> par zone climatique et par forêt étudiée.....	47
Tableau 1 : Groupes d'affections prises traitées avec les organes de la plante	74

Liste des Photos

Photo 2. Tronc de <i>Z. zanthoxyloides</i>	43
Photo 1. <i>Z. zanthoxyloides</i> en fructification.....	43
Photo 3 : Fruits et feuilles de <i>Z. zanthoxyloides</i>	57
Photo 4 : Tronc épineux de <i>Z. zanthoxyloides</i>	57
Photo 5 : Boutures de <i>Z. zanthoxyloides</i> exposées à la lumière.....	63

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation écologique et ethnobotanique de *Zanthoxylum zanthoxyloides* au Bénin. Cette étude vise à contribuer à la conservation de l'espèce au Bénin pour une utilisation durable. La revue de littérature a montré que l'espèce est largement utilisée pour traiter de nombreuses maladies. De nombreux usages traditionnels de cette plante ont été validés par les recherches actuelles. Tenant compte de ces multiples usages, la question de la disponibilité de la plante se pose. En ce qui concerne la disponibilité de l'espèce, l'inventaire des pieds de l'espèce a révélé que les densités des individus adultes et celle des juvéniles sont significativement différentes entre la forêt naturelle et les jachères ($p < 0.0001$) au niveau des trois forêts prospectées. Les distributions des classes de diamètres ont présenté un bon ajustement par rapport à la distribution de Weibull ($p > 0.05$). La densité des arbres adultes de *Z. zanthoxyloides* était élevée dans la Forêt Classée de la Lama par rapport aux deux autres. Les jachères abritent une plus forte densité des individus de la régénération. Des essais de propagation en vue de sa domestication seraient une contribution utile surtout dans ce contexte d'intense exploitation. Dans cette logique, des essais de sa propagation par bouturage conduits dans le cadre de cette étude ont révélé que le type de substrat et la provenance ont eu un effet significatif ($P < 0,001$) sur la croissance des boutures. Ainsi, les boutures de la zone Soudano-guinéenne ont mieux repoussé et le *compost* a induit la meilleure croissance des rejets. Les boutures issues des individus de la régénération ($dbh \leq 10$) ont affiché des taux de reprise de moins de 20% sous ombrage et de 75 % à la lumière du soleil. L'étude des connaissances ethnobotaniques de *Z. zanthoxyloides* conduite autour de la Forêt Classée de la Lama a révélé qu'il y a au sein des communautés riveraines des usages médicaux variés pour traiter/soulager des affections groupées en : affection microbienne, digestives/parasitaires, du sang, de la peau et de tonifiant. Le groupe socioculturel (Holli) a déclaré plus d'usages suivis respectivement des groupes socioculturels Fon et Adjas. Les femmes ont déclaré globalement moins d'usages que les hommes. Les personnes âgées de plus de 75 ans ont déclaré plus usages médicaux. La racine, l'écorce et les feuilles étant surtout utilisés, il est évident que le maintien sur le long terme de cette espèce sera mis à mal surtout avec l'exploitation des racines. La disponibilité et la conservation de cette espèce passent donc par des actions de domestication à travers des jardins de case et surtout des actions de sensibilisation d'utilisation substitutive d'autres organes de la plante aux racines.

Mots clés : Disponibilité, Conservation, Utilisation durable, Domestication, Bénin

Abstract

The present research conducted deal with ecological and ethnobotanical evaluation of *Z. zanthoxyloides* in Benin. This study aims at contributing to the conservation of this plant species in Benin for current and future uses. The literature review has shown that the species is widely used to treat many diseases. Many traditional uses of this plant have been validated by recent researches. Taking into account these multiple uses, the question of the availability of the plant arises. Regarding the availability of the species, the *Z. zanthoxyloides* tree count revealed that densities of adults and juveniles are significantly different between natural forest and fallow ($p < 0.0001$) at all the prospected forests. The distributions of the diameter classes showed a good fit with the Weibull distribution ($p > 0.05$). The density of adult *Z. zanthoxyloides* trees was high in the Lama Classified Forest compared with the other two. Fallows also harbor a higher density of regeneration individuals. Propagation trials for domestication would be a useful contribution, especially in the current context of intense exploitation. In this logic, trials of its propagation with cuttings carried out within the framework of this study revealed the type of substrate and the climatic zone of origin to have a significant effect ($P < 0,001$) on the growth of the cuttings. Thus, the cuttings of the Sudano-Guinean zone repelled better and the compost induced the best growth of the cuttings. Cuttings from regeneration individuals ($DBH \leq 10$) showed growth rates of less than 20% under shading and 75% under sunlight.

Ethnobotanical knowledge and use of *Z. zanthoxyloides* study conducted around the Lama Classified Forest revealed that there are within local communities various medicinal uses to treat / relieve diseases grouped in: microbial diseases, digestive / parasitic diseases, blood diseases, skin problems and toning. The sociocultural group (Holli) declared more uses followed respectively by sociocultural groups Fon and Adja. Women reported overall fewer uses than men. The persons of 75 year-old have done more declarations on medicinal uses of this species. Root, bark and leaves being mostly used, it is obvious that the long-term maintenance of this species will be harmed especially with the exploitation of the roots. The availability and the conservation of this species thus pass through domestication actions with house gardens for example but also actions of sensitization of substitutive and preferential use of other organs of the plant than roots.

Key words: Availability, Conservation, Sustainable use, Domestication, Benin

1. Introduction générale

1.1. Problématique

La déforestation constitue de nos jours une menace pour la conservation de la biodiversité. Cette déforestation ne saurait être appréhendée uniquement par le défrichement des forêts. Elle implique toute activité liée à la fragmentation de la forêt et à toute action entraînant la disparition progressive des ressources forestières. Sur 5000 ans, les pertes cumulées des espaces forestiers dans le monde est estimée à 1,8 milliards, soit une perte moyenne nette de 360000 hectares par an (FAO, 2010). La croissance démographique et la forte expansion de la demande d'aliments, de fibres et de combustibles ont accéléré le défrichement des forêts, les pertes moyennes nettes se situant à environ 5,2 millions d'hectares au cours des dix dernières années (FAO, 2010). En Afrique, la déforestation est causée par la demande de pâturages et des terres arables adaptées à différentes cultures. Le fait que le bois soit la principale source de combustible vient encore renforcer les pressions exercées sur les forêts africaines (FAO, 2012). En Afrique de l'Ouest, la forêt a régressé de 961000 hectares par an de 1990 à 2000 (FAO, 2011). Le Bénin n'est pas épargné du phénomène de la dégradation des ressources forestières malgré la modestie de sa couverture forestière.

Pour pallier ce problème, l'exploitation rationnelle des produits forestiers non ligneux (PFNLs) s'avère indispensable. L'exploitation des PFNLs est apparue ces dernières décennies comme une alternative viable à l'exploitation du bois, qui peut accroître les revenus en milieu rural tout en ayant un impact réduit sur la structure et le fonctionnement de la forêt (Nakazono *et al.*, 2004; Rodríguez-Buriticá *et al.*, 2005). Elle serait l'utilisation la plus bénigne, sur le plan écologique des forêts tropicales (Wadt *et al.*, 2005). A cause de leur diversité, les PFNLs, sont extrêmement importants pour la biodiversité, la conservation et la gestion des forêts (Quang and Ahn, 2006). Ils peuvent être collectés pour des besoins de subsistance comme inputs directs dans les ménages et/ou comme produits qui peuvent être offerts sur le marché, sous forme brute ou transformée (Shackleton, 2005). Ils sont aussi connus pour jouer un rôle crucial dans la subsistance des ménages et les marchés locaux et régionaux. Les PFNLs sont considérés comme une source importante de revenus pour les populations locales et un facteur clé pour le développement social dans les pays en développement (Rodríguez-Buriticá *et al.*, 2005). Cette perception a augmenté l'enthousiasme pour l'extraction commerciale des PFNLs comme une alternative à la déforestation (Wadt *et al.*, 2005). Cependant, il est souvent arrivé des surexploitations conduisant à un déclin des ressources (Peters, 1999). Au regard de ce constat, les PFNLs font l'objet de beaucoup de recherches dans l'optique de leur utilisation durable. *Zanthoxylum zanthoxyloides*, une des espèces fournisseuses des PFNLs au Bénin, s'inscrit bien

dans ce schéma. L'espèce fait l'objet d'usages multiples mais les plus connus sont médicinaux. Beaucoup de travaux ont été réalisés sur l'espèce sur le plan mondial et la plupart se sont focalisés sur les aspects pharmacologiques (Abdullahi *et al.*, 2010 ; Adeniyi *et al.*, 2010 ; Misra *et al.*, 2013a; Gardini *et al.*, 2009; Kamdem *et al.*, 2015). En médecine traditionnelle, les racines et les tiges de *Z. zanthoxyloïdes* sont utilisées en usage interne contre les entérites, les dysenteries, les diarrhées profuses, les urétrites et comme vermifuge. L'écorce de la racine et les feuilles sont fréquemment utilisées comme anti-odontalgique et pour traiter les stomatites, les gingivites et les caries. Les racines constituent des frotte-dents particulièrement appréciés. En usage externe, l'écorce des racines est utilisée pour traiter les plaies suppurantes et les morsures de serpents. Les feuilles et les écorces de tiges écrasées sont utilisées en aromathérapie contre les migraines et les névralgies.

C'est une espèce de la famille des rutacées, menacée de disparition et inscrite sur la liste rouge du Bénin (Adomou *et al.*, 2010). Il est donc nécessaire des études sur l'espèce au Bénin afin de documenter des informations nécessaires pour entreprendre des actions en vue de sa conservation pour les usages actuels et futurs.

1.2. Justification

Peu d'études ont été conduites sur l'écologie, la disponibilité et l'abondance de l'espèce au Bénin alors qu'elles sont nécessaires pour entreprendre n'importe quelle action de conservation. Ainsi, une revue de littérature conduite a permis de recenser le niveau des connaissances sur *Z. zanthoxyloïdes*. Il ressort que les aspects phytochimiques, pharmacologiques, toxicologiques ont été largement couverts. Malgré les aspects pharmacologiques de *Z. zanthoxyloïdes* mis en exergue par plusieurs études pharmacologiques, il existe encore de nombreuses questions non encore assez explorées comme la génétique et la dynamique des populations de l'espèce, la disponibilité de l'espèce, l'importance ethnobotanique de l'espèce au Bénin, la domestication et les techniques de propagation de l'espèce. Ces aspects ont besoin d'être documentés pour permettre d'initier des actions pertinentes pour sa conservation pour les générations actuelle et future. L'acquisition de données fiables sur l'écologie, la distribution et les risques de disparition d'une espèce sont nécessaires pour sa conservation et pour contribuer à l'élaboration de plans d'aménagement et de gestion de l'espèce (Delvaux et Sinsin, 2002; Guedje *et al.*, 2003). De plus, l'utilisation durable de cette espèce exige une meilleure connaissance de ses populations. A cet effet, il est nécessaire d'aborder ces questions non encore suffisamment traitées au Bénin. L'évaluation de l'abondance stationnaire de *Z. zanthoxyloïdes* suivant les zones climatiques du Bénin est par exemple un aspect important à documenter car cet aspect est utile pour mieux

expliquer comment celle-ci est influencée par les conditions environnementales et les pressions anthropiques locales (Jacob *et al.*, 2010). L'évaluation de l'abondance de toute ressource est un des premiers pas dans l'évaluation, l'appréciation de ces potentialités et de sa disponibilité (Avocevou-Ayisso, 2011). Des données pertinentes et fiables sur ces aspects clés permettent de mieux prendre en charge la gestion d'une espèce végétale et par là, sa conservation.

Il est indispensable par exemple de préserver les essences médicinales indigènes, non seulement dans les dernières réserves forestières, mais plus encore au sein même des systèmes agropastoraux proches des utilisateurs (German, 2010) surtout dans les réalités socioéconomiques qui contraignent une bonne frange de la population à faire d'abord recours à la phytothérapie pour leurs problèmes de santé. Pour rendre disponible les essences végétales qui sont largement exploitées, il est souvent nécessaire de recourir à la domestication ou à une réintroduction dans le milieu. Pour ce faire, il est parfois nécessaire de faire recours à des techniques de multiplication/propagation adaptées au contexte (Shelton *et al.*, 2000). Il est vrai que la reproduction des ligneux par voie sexuée reste le mode de propagation préconisé pour la conservation de l'environnement et la richesse de sa biodiversité (Bellefontaine *et al.*, 2003). Mais il est parfois constaté que certaines espèces convoitées produisent peu de graines, qui germent généralement avec difficulté pour produire un faible nombre de plants qui nécessitent des soins et des conditions de croissance (Thiès, 1995 ; Schippman *et al.*, 2002). *Z. zanthoxyloïdes* est confrontée à cette situation. Une étude des possibilités d'assistance à la propagation est donc nécessaire pour aider à rendre disponible cette espèce à usages multiples. Pour une meilleure valorisation et la conservation d'une espèce, les connaissances et les usages de ladite espèce doivent être identifiés et documentés de manière assez détaillée. Ceci permettra d'apprécier son statut de conservation en raison des pressions diverses qu'elle subit. Cet intérêt pour la conservation des ressources forestières en général et pour les essences végétales autochtones en particulier est de plus en plus présent dans le monde (Fennane, 2004 ; Dadjo, 2011; Kimpouni *et al.*, 2018). Ainsi, les études ethnobotaniques sont conduites comme moyen de compréhension des utilisations sans oublier les perceptions des communautés vivant à côté des ressources (Yapi *et al.*, 2015). Une connaissance approfondie de ce qui précède est un préalable pour mettre en place une approche de gestion participative des espèces dans les habitats qui les abritent.

Au Bénin, *Z. zanthoxyloïdes* est une plante médicinale largement utilisée à diverses fins et qui de ce fait voit presque tous ses organes intensément exploités (Adomou *et al.*, 2011) à cause des satisfactions des utilisateurs dans les communautés rurales (Adomou *et al.*, 2012).

Au regard de tout ce qui précède, nous avons entrepris dans le cadre de cette thèse une Evaluation Ecologique et Ethnobotanique de *Zanthoxylum zanthoxyloides* au Bénin et une analyse des implications des constats sur la conservation de l'espèce pour les usages actuels et futurs.

1.3. Objectifs de l'étude

L'objectif global de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de *Z. zanthoxyloides* en vue de sa conservation au Bénin.

De façon spécifique cette étude vise à :

OS₁ : Faire le point des ouvrages qui ont porté sur le *Z. zanthoxyloides* dans la perspective d'identifier les gaps de connaissances et de ressortir les aspects pertinents sur lesquels des études sont encore nécessaires ;

OS₂ : Etudier la disponibilité de *Z. zanthoxyloides* au sein des aires protégées pouvant conserver l'espèce dans les trois zones climatiques du Bénin ;

OS₃ : Identifier une technique de propagation efficace du *Z. zanthoxyloides* en vue d'une promotion de sa domestication et sa conservation au Bénin;

OS₄ : Evaluer les connaissances et les usages médicaux du *Z. zanthoxyloides* dans les communautés vivant autour des habitats qui abritent l'espèce au Bénin.

1.4. Hypothèses de recherche

Cette recherche est guidée par les hypothèses ci-après :

H₁ : La revue de littérature sur l'espèce a permis d'identifier un gap connaissances indispensables pour sa conservation ;

H₂ : La disponibilité du *Z. zanthoxyloides* au Bénin est sous la double dépendance de ses exigences écologiques et des pressions anthropiques sur ses populations ;

H₃ : La domestication et la conservation du *Z. zanthoxyloides* en vue du renforcement de sa disponibilité sont tributaires d'une assistance de sa régénération naturelle à partir du matériel de plantation autres que les graines ;

H₄ : Les connaissances de la plante et ses usages par les communautés vivant autour de ses habitats actuels varient en fonction des groupes ethniques et des âges au sein de chaque groupe ethnique.

1.5. Questions de recherche

- Qu'est-ce qui détermine la répartition actuelle des populations de *Z. zanthoxyloides* au Bénin ?
- Quelles sont les zones de concentration actuelle de cette espèce au Bénin?
- Quelles sont les techniques et approches de multiplication et de domestication en vue de la conservation de cette espèce au Bénin?
- Quels sont les niveaux de connaissance et d'usage de l'espèce dans les communautés vivant autour des habitats qui l'abritent de nos jours au Bénin?
- Quelle influence les ethnies et les âges ont sur les connaissances et les usages liés à l'espèce?

1.6. Articulation des chapitres de résultats

L'articulation et la progression des chapitres de résultats sont présentées sur le schéma 1 ci-dessous.

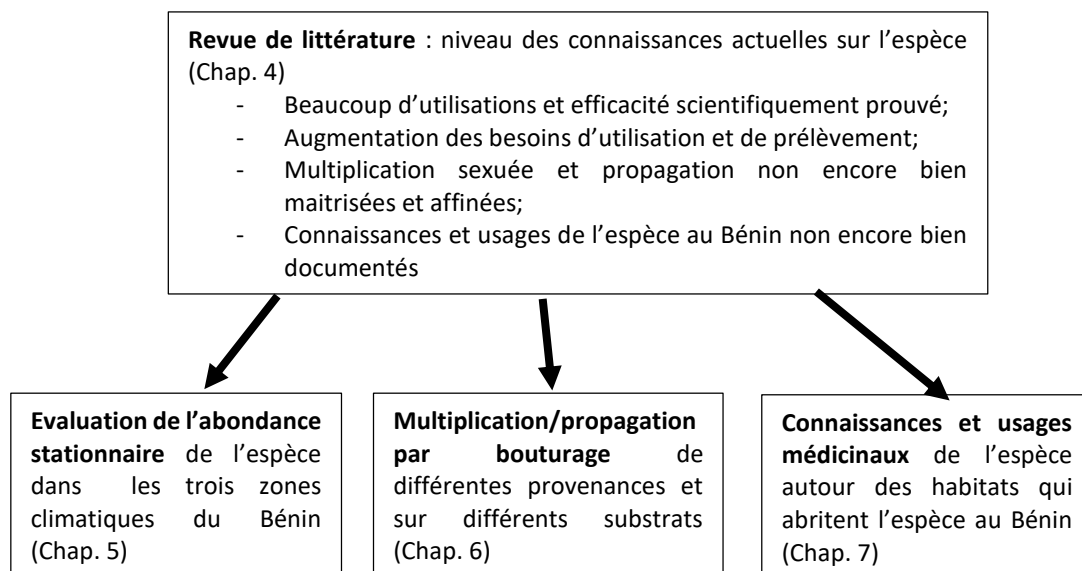


Schéma 1 : Représentation de l'articulation des chapitres de résultats

1.7. Concepts et Définitions

Dans le cadre de notre étude, le terme utilisation durable signifie une utilisation/prélèvement des ressources qui tient compte du croît afin de ne pas entamer le capital ce qui permet son maintien pour les usages actuels et futurs. Pour une espèce productrice de PFNLs, la conservation signifie la gestion durable de l'espèce pour le produit qu'elle fournit dans la perspective de garantir sa disponibilité dans le futur (Chukwuone, 2009).

L'extraction des PFNLs peut être économiquement durable si la valeur, ajustée à l'inflation, croît ou reste constante, alors qu'en termes écologiques, elle est considérée comme durable si la collecte n'a pas à long terme d'effets délétères sur la reproduction et la régénération

des populations exploitées en comparaison avec des populations naturelles non-exploitées équivalentes (Cunningham, 1996). Notons que la durabilité économique et la durabilité écologique se soutiennent mutuellement car il ne saurait y avoir de durabilité économique sans durabilité écologique et vice-versa (Biaou, 2005).

1.8. Organisation de la thèse

Le travail présenté ici sur *Z. zanthoxyloïdes* comporte 8 chapitres :

- le premier chapitre présente la problématique et la justification du sujet, les objectifs, les hypothèses de recherche ainsi que les questions de recherche ;
- le deuxième chapitre traite du milieu d'étude qui comporte la présentation des milieux physique et humain du Bénin;
- le troisième chapitre présente les résultats de la revue bibliographique sur *Z. zanthoxyloïdes* ;
- le quatrième chapitre présente l'évaluation de l'abondance stationnaire de l'espèce dans des habitats clés dans les trois zones climatiques du Bénin ;
- le cinquième chapitre présente les essais de propagation de l'espèce par bouturage ;
- le sixième chapitre présente les connaissances et usages médicaux de *Z. zanthoxyloïdes* par les communautés autour de la Forêt Classée de la Lama au Bénin ;
- le septième chapitre présente la discussion des résultats ; et
- le huitième chapitre présente la conclusion générale et les suggestions.

Chapitre 1 : Milieu d'étude

2- Milieu d'étude

2.1 Localisation

L'étude a été conduite au Bénin, l'un des pays de l'Afrique de l'Ouest ayant un accès sur la mer Atlantique et situé dans le Dahomey Gap. Allongée du Nord au Sud sur environ 670 km, la République du Bénin est située dans la zone intertropicale entre les parallèles 6°30 et 12°30 de latitude Nord et les méridiens 1° et 3°40 de longitude Est. D'une superficie de 114763 Km², le Bénin est limité au Nord par la république du Niger, au Nord-Ouest par le Burkina-Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigéria et au Sud par l'Océan Atlantique avec une façade maritime de 124 km.

2.2 Caractéristiques Biophysiques

La position allongée du Bénin fait de lui, un pays caractérisé par une variation de climat. Sur la base d'une homogénéité relative du climat et de la végétation, on distingue trois grandes zones climatiques au Bénin : la zone guinéo-congolaise au sud, la zone soudanienne au nord et la zone de transition soudano-guinéenne au centre (Figure 1).

Les trois zones se distinguent par les caractéristiques générales ci-après :

Zone guinéo-congolaise : Elle s'étend de la côte à la latitude de 7° Nord. Elle est caractérisée par un climat subéquatorial à quatre saisons : deux saisons pluvieuses alternées de deux saisons sèches avec une pluviométrie moyenne de 1200 mm par an. La température moyenne journalière varie de 25° à 29°C. L'humidité relative de l'air varie entre 69% et 97%. Les types de sols rencontrés sont : des sols ferralitiques, profonds et peu fertiles, des sols alluviaux et des vertisols localisés dans les vallées des fleuves Mono, Couffo et Ouémé, et dans la dépression de la Lama. Ces sols sont riches en argiles, en matière organique et en éléments minéraux. La végétation est constituée des îlots de forêts denses semi-décidues, des mangroves et des prairies.

Zone soudano-guinéenne : Elle est située entre 7° et 8°30' Nord. Elle est caractérisée par un régime pluviométrique unimodal (mi-octobre) avec une pluviométrie moyenne annuelle qui varie de 900 mm à 1110 mm. La température moyenne journalière varie entre 25°C et 29°C. L'humidité relative varie de 31% à 98%. La zone soudano-guinéenne est caractérisée par des mosaïques de forêts claires, des forêts denses sèches, parsemées de savanes arborées et arbustives et traversées par des galeries forestières. On retrouve dans cette zone, des sols minéraux peu évolués et peu fertiles, des sols bien drainés, des sols hydromorphes et des sols sur cuirasses ou roches peu profondes.

Zone soudanienne : Elle s'étend entre 8°30' et 12°30' Nord. Dans cette zone, le climat présente une tendance sahélienne vers l'extrême-nord du pays tandis que la chaîne de l'Atacora se signale par l'importance de ces totaux pluviométriques. La pluviométrie moyenne dans cette zone varie de 900 à 1100 mm par an. La température moyenne journalière varie de 24°C à 31°C. L'humidité de l'air varie de 18% (pendant le harmattan) et 99% (pendant la saison de pluies). La végétation est constituée de savanes et de galeries forestières avec des arbres recouvrant faiblement le sol. Les principales espèces ligneuses rencontrées sont : *Isobertina doka*, *I. tomentosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Adansonia digitata*. Ces différentes formations végétales se retrouvent sur des sols hydromorphes, des sols drainés, des cuirasses ferrallitiques et des lithosols.

Z. zanthoxyloïdes est une plante ligneuse reconnue comme étant présente dans la savane d'Afrique de l'Ouest et dans les zones côtières allant du Sénégal au Nigeria et au Cameroun (Adjanooun *et al.*, 1979; Hawthorne *et al.*, 2006). La plante est présente sur des sols bien drainés et se trouve généralement à basse altitude (Matu, 2011). Sur la base de ces habitats de répartition et des conditions du sol, cette plante ligneuse médicinale devrait être relativement bien répartie au Bénin. Comme ses utilisations sont largement signalées au Bénin, il sera pertinent d'évaluer sa disponibilité au Bénin ainsi que l'intensité de son utilisation afin de déduire son état de conservation au Bénin dans les trois zones climatiques.

2.3 Caractéristiques socio- démographiques

La population du Bénin est de 11 882 303 en 2018 dont 49,3% de personnes de sexe masculin et 50,7% de personnes de sexe féminin (<https://countrymeters.info/fr/Benin>). Le quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4) réalisé en 2013 et constitue également une estimation projetée en 2018 a permis de dénombrer environ 10 000 000 habitants dont 51,2% personnes de sexe féminin. Le troisième recensement (RGPH3) réalisé en 2002 avait permis également de dénombrer environ 7 000 000 habitants. Entre ces deux résultats, il se déduit un taux annuel d'accroissement de 3,5% qui est supérieur à celui obtenu de la période 1992-2002 (3,23%).

Sur la base du RGPH4, la densité moyenne de la population au Bénin est de 87 habitants/km². Les départements les plus peuplés sont les départements de l'Atlantique, du Borgou et de l'Ouémé qui comptent de nos jours plus d'un millions d'habitants chacun.

Les groupes socioculturels du Bénin sont constitués principalement des (i) Fon et Adja (ii) yorouba au Centre et (iii) Otamari, Bariba et Fulani au Nord.

Avec une croissance démographique si élevée, et sachant que la majorité des communautés rurales font d'abord recours aux plantes médicinales pour leurs problèmes de santé, il est à espérer que *Z. zanthoxyloïdes* qui est une espèce assez prisée pour ces besoins supportera sa part de pression d'exploitation qui ira grandissant aussi.

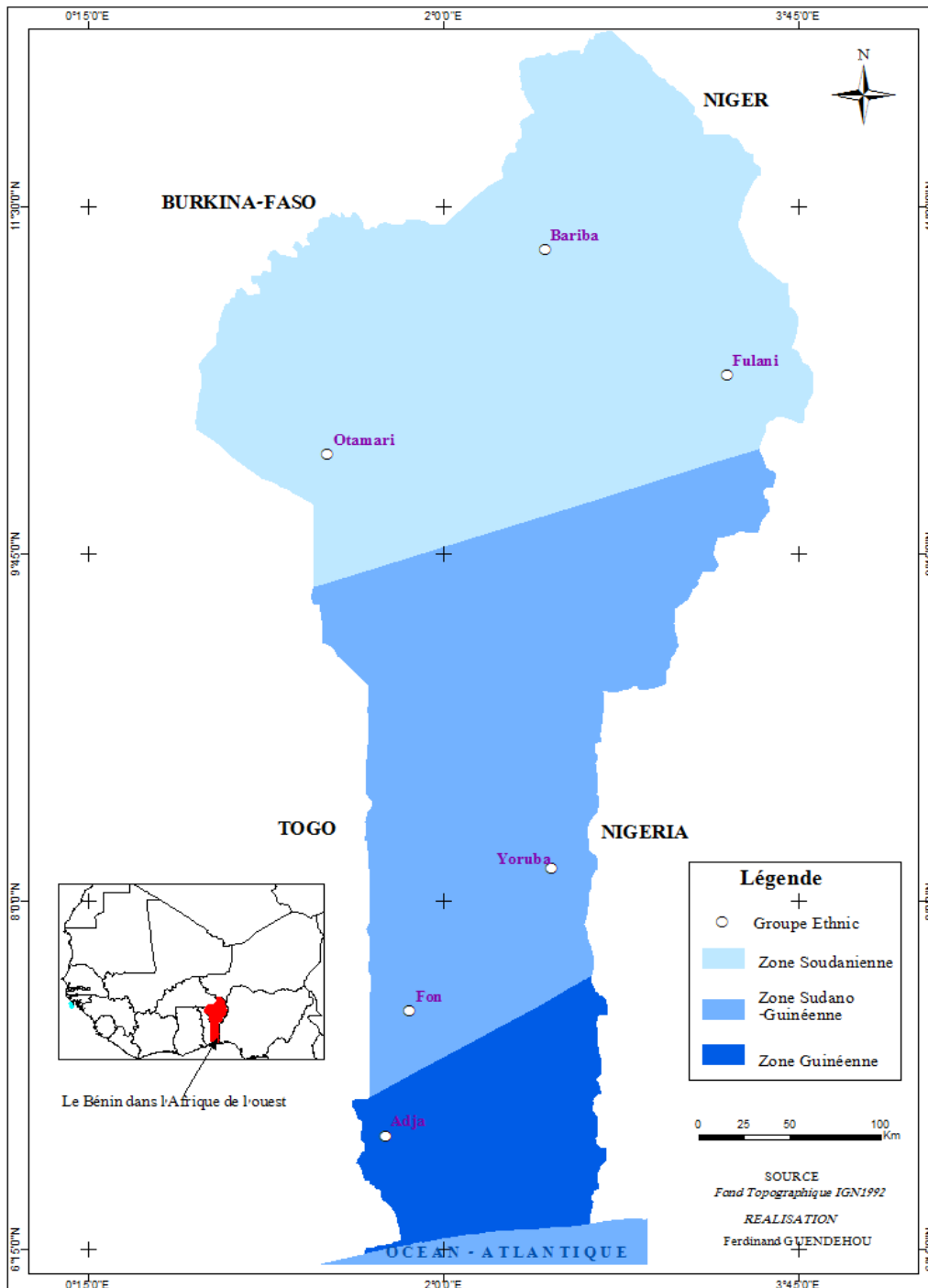


Figure 1 : Carte du Bénin Les principaux groupes socioculturels et les trois zones agroclimatiques

2.4. Caractéristiques socio-économiques

Le Bénin est caractérisé par un produit intérieur brut (PIB) estimé à \$18 613 730 965 et un PIB par habitant est de \$1 567 en 2018. En 2013, le PIB était de 8,307 milliards USD et le PIB par habitant était de 804,69 USD. L'économie béninoise emploie majoritairement une population rurale (70%) plus active dans le secteur primaire. Dans ce secteur, les activités de l'agriculture et de l'élevage dominent. Les activités agricoles sont surtout caractérisées par une faible productivité. Ce secteur primaire contribue à environ de 41% du PIB et occupe 70% de la population. Il faut signaler que le secteur agricole aurait pu mieux contribuer au PIB s'il n'est pas hautement tributaire des aléas climatiques et n'utilise pas à dominance des techniques rudimentaires. Les différentes pratiques culturales varient selon la disponibilité des terres cultivables et la densité de la population. Ainsi, la faible densité de la population dans les zones soudanienne et soudano-guinéenne a favorisé notamment la pratique de la culture itinérante sur brûlis. On note par ailleurs une agriculture de subsistance avec une prédominance des cultures vivrières que sont : le sorgho, le mil, le maïs, le manioc, l'igname, le fonio, le voandzou, le riz et le niébé. Dans la zone guinéo-congolaise, la taille des exploitations sont plus réduite du fait de la forte pression démographique sans cesse grandissante. Les techniques culturales sont basées sur le brûlis sans amendement organique. Les principales cultures rencontrées dans cette région sont le maïs, le manioc et le haricot, souvent sous palmeraie dite naturelle. Les associations culturales dominantes sont : palmier-maïs, palmier-manioc, palmier-haricot (niébé), palmier-maïs-manioc, palmier-niébé-manioc. Toutefois, l'agriculture demeure la première source de richesse du Bénin. Les produits agricoles contribuent pour plus de 85% aux recettes d'exportation d'origine intérieure. Le Bénin exporte principalement le coton qui représente à lui seul 97% des recettes d'exportation des produits agricoles. Il est par ailleurs le principal facteur déterminant l'évolution des recettes d'exportation. Cette agriculture à caractère extensif a entraîné la destruction des habitats de plusieurs espèces ligneuses au Bénin. Cette forme de dégradation des habitats n'épargne pas notre espèce d'étude. Il est à espérer que ces pressions anthropiques continueront pour autant que l'agriculture n'a pas connu une intensification significative.

Quant à l'élevage, il occupe une place de choix dans l'économie des populations. Les principales espèces élevées sont les bovins, les ovins, les caprins, les équins, les arkins, les porcins et les volailles. L'élevage des ruminants se pratique dans un système purement traditionnel et de type extensif avec l'exploitation des pâturages naturels et la collecte de fourrage fait de branches des plantes ligneuses. Ces formes d'utilisation sont souvent

préjudiciables pour la survie des plantes et constituent un frein à la conservation de la biodiversité.

**Chapitre 2 : Revue des études sur *Zanthoxylum zanthoxyloides* :
disponibilité et usages ethnomédicaux, phytochimiques et
pharmacologiques au Bénin**

3- Revue des études sur *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* : disponibilité et usages ethnométricaux, phytochimiques et pharmacologiques au Bénin

Ce chapitre est publié comme ci-après :

F. Guendéhou, B. A. Djossa, C. Kènou et C. A. E. Assogbadjo. 2018. Review of studies on *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam): availability and ethnomedical, phytochemical, pharmacological uses. *Scholars Journal of Research in Agriculture and Biology* 3 (3): 244-254

Résumé

La conservation, la disponibilité et l'exploitation des plantes à usages multiples, principalement médicinales, préoccupent toujours les gestionnaires des ressources naturelles et de la biodiversité. *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Rutaceae) est une plante à usages multiples largement répandue dans divers habitats et stations dans toute son aire de répartition. Il a été signalé que cette plante est récalcitrante et présente une faible régénération naturelle dans ses habitats naturels. Les communautés locales l'utilisent pour soigner de nombreuses maladies dans les régions tropicales, notamment les troubles digestifs, les maux de dents, les douleurs abdominales, la drépanocytose, les morsures de serpents, etc. Cet article passe en revue les travaux menés sur les études phytochimiques, pharmacologiques et toxicologiques de cette plante. De nombreuses utilisations traditionnelles de cette plante ont été validées par des recherches scientifiques actuelles. À ce jour, plusieurs composés bioactifs, notamment des tanins, des saponines, des stérols, des glycosides, des polyterpènes, des polyphénols, des flavonoïdes et des alcaloïdes ont été isolés de ses extraits. Ces divers composés possèdent des effets anti-inflammatoires et analgésiques, antibactériens, anti-drépanocytaires, antihypertenseurs, anti-plasmodiques, anthelminthiques et insecticides. Cependant, d'autres études sont nécessaires pour documenter les mécanismes d'action de ces différents composés et leurs effets cliniques. Bien que toutes ces valeurs soient reconnues, la propagation et la domestication de la plante sont mal maîtrisées et il reste beaucoup à faire pour la rendre disponible pour les besoins actuels et futurs. Outre ce point faible, il est également nécessaire d'évaluer la disponibilité et la répartition de cette plante ainsi que les pressions d'utilisation qui pèsent sur elle au Bénin. A la lumière de tout ce qui précède, l'état de conservation actuelle au Bénin sera analysé en conséquence.

Mots clés: Usages médicinaux traditionnels, composés chimiques, pharmacologie, domestication, Bénin.

3.1- Introduction

Avec plus de 200 espèces réparties dans les régions chaudes et tropicales du monde, principalement en Afrique, en Amérique du Nord et du Sud, en Asie et en Australie, *Zanthoxylum* est le genre le plus abondant de la famille des Rutacées (Groppo *et al.*, 2012). Il est représenté par des arbres, des arbustes monoïques ou dioïques, le tronc, les brindilles et les feuilles sont souvent épineux. L'écorce du bois est jaune, parfumée et parfois épicée.

Le genre *Zanthoxylum* revêt une grande importance ethnobotanique et est utilisé comme source de matières premières pharmaceutiques et cosmétiques (Patiño *et al.*, 2008; Negi *et al.*, 2011). Plusieurs espèces de *Zanthoxylum* sont utilisées dans différentes parties du monde, principalement en Afrique et en Asie, pour traiter diverses maladies chez l'homme et chez l'animal (Diéguez-Hurtado *et al.*, 2003; Adesina, 2005; Rochfort *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2010). Il a également été démontré que certaines de ses espèces possèdent des propriétés pharmacologiques intéressantes, notamment anti-tumorales, anti-leucémiques, antimicrobiennes (de Moura *et al.*, 1997; Nissanka *et al.*, 2001), antibactériennes (de Abreu *et al.*, 2003), anti-VIH (Cheng *et al.*, 2005), antipaludique (Jullian *et al.*, 2006), trypanocides (Ferreira *et al.*, 2007). Des extraits de ces plantes du genre *Zanthoxylum* sont utilisés commercialement comme colorants pour tissus (Cuca *et al.*, 1998) et comme épices piquantes dans certaines recettes de cuisson (Xiong *et al.*, 1995). En Afrique, cette plante est notamment utilisée dans le traitement de la drépanocytose (Ouattara *et al.*, 2004), pathologie inflammatoire et douloureuse (Larsen *et al.*, 2015).

Une étude réalisée au Burkina Faso a montré que de nombreuses espèces de grande importance socioéconomique, dont *Z. zanthoxyloides*, sont difficiles à conserver et à promouvoir en raison de la courte durée de vie de leurs graines (Ouédraogo *et al.*, 1996). De plus, il existe peu d'informations sur leur propagation, leur germination et leur stockage, ce qui rend difficile la plantation de ces espèces. Le faible taux de germination des graines de *Z. zanthoxyloides* peut être dû à des problèmes de maturité ou de dormance des graines. Tous ces résultats indiquent qu'il est nécessaire d'étudier en détail les stades de maturité et les conditions optimales pour la germination et le stockage de ces graines.

Malheureusement, jusqu'à présent, différentes tentatives de propagation de la plante par des approches classiques ont été peu fructueuses et la régénération naturelle par graines s'est avérée difficile (De La Mensbrughe, 1966; Couillerot, 1994). Plusieurs techniques de micropropagation, telles que l'embryogenèse somatique, l'organogenèse et la prolifération des pousses axillaires ont été appliquées à la multiplication *in vitro* de la plante.

En raison de la valeur pharmacologique de *Z. zanthoxyloïdes* mise en évidence par plusieurs études pharmacologiques, phytochimiques et toxicologiques, il est nécessaire de mieux comprendre l'intérêt croissant de *Z. zanthoxyloïdes* pour une meilleure valorisation de cette espèce. Dans ce contexte, la revue de la littérature présentée dans cet article a pour but de rapporter les informations actuellement disponibles sur *Z. zanthoxyloïdes* et qui touchent à son utilisation et à sa conservation. Les objectifs de ce travail étaient de faire l'état des connaissances à travers des recherches menées sur *Z. zanthoxyloïdes* dans les domaines ethnomédical, phytochimique, pharmacologique, toxicologique, génétique mais aussi sur l'état de conservation et les possibilités de domestication, et de mettre en évidence les aspects inexplorés de cette espèce végétale. Ainsi, des pistes des recherches de solution seront explorées pour essayer de la rendre disponible pour les usages actuels et futurs.

3.2- Matériel et Méthodes

Pour faire l'état des connaissances scientifiques sur *Z. zanthoxyloïdes*, une revue de la littérature a été réalisée. Des articles scientifiques, des mémoires et des thèses traitant de l'espèce ont été exploités et synthétisés. Au total, 43 articles publiés et ayant fait cas des aspects pharmaceutiques de l'espèce ont été sélectionnés. Parmi ceux-ci, 21 ont été publiés au Bénin et 22 dans d'autres pays tels que le Cameroun (3), le Nigéria (6), le Togo (2), le Ghana (6), la Côte d'Ivoire (1), le Mali (2) et le Burkina Faso (2). Ces publications exploitées ont été obtenues via des moteurs de recherche libres (www.google.com; www.google.com; www.academicjournals.org; www.aginternetwork.net) et certains directement de leurs auteurs ou via Internet. La recherche a été réalisée avec des mots clés comme : *Z. zanthoxyloïdes*, savoirs autochtones, ethnobotanique, ethnopharmacologie et écologie, Bénin, Afrique de l'Ouest, Afrique centrale, etc.

3.3- Résultats

3.3.1- Description botanique (Ouattara et al, 2004)

Z. zanthoxyloïdes (Lam.) Zepernick et Timler (1981) (Synonymes : *Fagara zanthoxyloïdes* Lam., *Zanthoxylum senegalense* DC, *Zanthoxylum polyganum* Schum.) (Rutaceae) est un arbre de 6 à 12 m de hauteur. L'écorce gris-beige a une surface rugueuse avec de grands piquants en forme de griffes, fortement incurvés. Les épines se trouvent partout sur la tige et les branches à intervalles réguliers. La nervure principale porte de grandes épines courbes. Les feuilles sont alternes, composées et imparipennées. Ils comprennent 5 à 9 paires de folioles glabres opposées, sous-opposées ou alternes jusqu'à 6 cm; un membre aigu à la base, de consistance coriace avec une marge bordée au-dessus; la veine médiane est déprimée dessus, fortement saillante dessous,

très souvent garnie de piquants des deux côtés. Les fleurs blanches ou vertes ont un diamètre de 5 à 6 mm et sont des étamines à cinq pétales à peine ouvertes.

Les fruits, qui ont généralement un diamètre compris entre 5 et 6 mm, sont des capsules qui s'ouvrent avec deux valves et contiennent une seule graine d'un beau noir brillant. Le bois est jaune clair et très dur.

3.3.2- Habitat, diversité et répartition géographique

Zanthoxylum est pantropical et comprend environ 200 espèces, l'Amérique tropicale étant la plus riche en espèces. L'Afrique continentale abrite environ 35 espèces, tandis qu'environ 5 espèces sont endémiques à Madagascar. Plusieurs autres espèces de *Zanthoxylum* sont utilisées. *Zanthoxylum atchoum* (Aké Assi), P. Waterman, est endémique de la Côte d'Ivoire. *Zanthoxylum chevalieri* P.G. Waterman (synonyme: *Fagara pubescens* A. Chev.) se rencontre depuis la Guinée jusqu'au Ghana. *Zanthoxylum viride* (A. Chev.) P.G. Waterman est présent de la Guinée jusqu'au Cameroun.

Z. zanthoxyloïdes est une plante ligneuse présente dans la savane d'Afrique de l'Ouest et dans les zones côtières allant du Sénégal au Nigeria et au Cameroun (Adjanohoun *et al.*, 1979; Hawthorne *et al.*, 2006). La plante est présente sur des sols bien drainés et se trouve généralement à basse altitude (Matu, 2011). Sur la base de ces habitats de répartition et des conditions du sol, cette plante ligneuse devrait être relativement bien répartie au Bénin. Comme ses utilisations sont largement signalées au Bénin, il sera pertinent d'évaluer sa disponibilité au Bénin ainsi que l'intensité de son utilisation afin d'inférer sur son état de conservation au Bénin.

3.3.3- Régénération naturelle et propagation

Traditionnellement, les espèces de *Zanthoxylum* sont multipliées par graines, tiges et boutures de racines. La micro-propagation réussie de *Z. zanthoxyloïdes* a également été rapportée par Etsè *et al.* (2011). *Z. zanthoxyloïdes* est considérée comme une espèce en voie de disparition en raison de méthodes de récolte incontrôlées et de l'intérêt croissant pour les propriétés pharmacologiques de la plante (Etsè *et al.*, 2011).

Malheureusement, jusqu'à présent, différentes tentatives de propagation de la plante par des approches classiques ont été peu fructueuses et la régénération naturelle par graines s'est avérée difficile (De La Mensbrugge, 1966; Couillerot, 1994). Plusieurs techniques de micropropagation, telles que l'embryogenèse somatique, l'organogenèse et la prolifération des pousses axillaires ont été appliquées à la multiplication *in vitro* de plantes ligneuses. Parmi ces méthodes, la prolifération des pousses axillaires est la plus largement utilisée (Jain & Häggman, 2007). La formation de racines adventives est essentielle au succès de la multiplication végétative de

nombreuses plantes ligneuses. Cependant, chez plusieurs espèces d'arbres, l'enracinement est un facteur limitant majeur. Il existe très peu de rapports sur la micropropagation de plantes du genre *Zanthoxylum*. Hwang (2005) a signalé la multiplication de *Z. piperitum* par le biais de cultures d'explants de pousses utilisant 0,5 mg/L de 6-benzylaminopurine (BA) pour la prolifération de pousses. L'auteur a obtenu l'induction des racines en transférant les pousses dans le même milieu de base contenant 2 mg/L d'acide indole-butyrique (IBA). En raison de l'insuffisance de *Z. zanthoxyloides* dans la nature et de la demande croissante, des techniques de culture in vitro ont même été mises au point pour résoudre les problèmes de propagation. Toutes ces techniques discrètes et sophistiquées ne sont pas utilisables par les populations rurales qui sont plus attachées à cette plante et qui répondent à de nombreux besoins, y compris la guérison de tant de maladies.

Compte tenu des besoins et de la demande actuels de *Z. zanthoxyloides* et des problèmes de régénération difficiles bien documentés, il est utile de rechercher d'autres techniques de propagation qui pourraient être plus utilisables dans les communautés rurales de pays en développement comme le Bénin afin d'aider à la domestication et à la conservation à long terme de la plante. Ainsi, elle sera disponible pour les multiples usages actuels et futurs.

3.3.4- Utilisations ethnométricales

Z. zanthoxyloides est largement reconnue en Afrique pour ses diverses utilisations dans les pratiques médicinales traditionnelles. Elle est largement utilisée dans de nombreuses affections telles que le déparasitage, les maux de dents, la faiblesse sexuelle (Chaaib *et al.*, 2003; Adesina, 2005; Queiroz *et al.*, 2006). De même, l'écorce de racine de *Z. zanthoxyloides* est traditionnellement utilisée dans le traitement et la prévention de la drépanocytose (Kouri, 2004) et est connue pour ses propriétés anti-inflammatoires (Ouattara *et al.*, 2004). Une phytomédecine anti-drépanocytaire appelée FACA® a été développée à partir de l'écorce de racine de *Z. zanthoxyloides* en association avec celle de *Calotropis procera* (Asclepiadaceae), après de nombreuses études pharmacologiques et toxicologiques.

Au Mali, les racines de *Z. zanthoxyloides* sont également utilisées contre la dysménorrhée (Sanogo, 2011).

En Côte d'Ivoire, la décoction de feuilles est utilisée comme bain de bouche pour soulager les maux de dents, ou les feuilles sont mastiquées. Les feuilles pulpées sont également appliquées sur les plaies lépreuses et une décoction d'écorce est prise par voie orale. L'écorce de racine broyée est appliquée en lavement pour traiter la gonorrhée. Les racines pulpées sont utilisées en association pour traiter les maux de tête, les douleurs rhumatismales, lombaires et

intercostales. L'écorce macérée dans du vin ou une décoction d'écorce se boit comme aphrodisiaque et pour traiter les maladies vénériennes. La décoction d'écorce se prend également pour traiter les vers intestinaux et la dysenterie. L'écorce broyée est appliquée à la gale. Les racines qui sentent fort sont reniflées comme un emménagogue.

Dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, les feuilles en poudre sont utilisées pour traiter la migraine.

Au Nigéria, la bouillie d'écorce de tige de *Z. zanthoxyloïdes* est utilisée comme contraceptif avant le coït par les femmes Igede (Igoli *et al.*, 2005). Les feuilles de *Z. zanthoxyloïdes* ont montré une réelle efficacité sur l'inflammation et la douleur (Diatta *et al.*, 2014). La pulpe de fruit est utilisée en médecine traditionnelle contre les rhumatismes (Bouquet et Debray, 1974). Plus récemment, les travaux de (Denloye *et al.*, 2010) démontrent le potentiel de *Z. zanthoxyloïdes* pour protéger les graines de niébé et de maïs contre les insectes de stockage tels que *Callosobruchus maculatus* F., *Sitophilus zeamais* M. et *Tribolium castaneum*. De plus, Udo (2011) a révélé le potentiel d'extraits de feuilles, d'écorces et de racines de *Z. zanthoxyloïdes* en tant que biopesticides pour la protection des aliments stockés. La plante est également utilisée comme moyen religieux de protection contre les mauvais esprits (Matu, 2011).

Au Bénin, la plante est utilisée, entre autres, comme brosse à dents (Akpona *et al.*, 2009; Yedomonhan *et al.*, 2017). Les populations locales déclarent que *Z. zanthoxyloïdes* possède des propriétés antimicrobiennes et des effets positifs sur les agents pathogènes oraux tels que *Candida albicans*, *C. krusei* et *C. tropicalis* (Osho *et al.*, 2012). Ces utilisations varient fortement d'un groupe ethnique à l'autre en fonction du paysage floristique.

3.3.5- Phytochimie

Les premières études phytochimiques sur *Z. zanthoxyloïdes* ont été conduites dans les années 50 et ont permis d'identifier et de déterminer la structure de plusieurs composants d'huiles essentielles, de racine et d'écorce de racine, d'écorce de tige, de feuilles et de fruits. Plusieurs effets biologiques ont été documentés. En effet, *Z. zanthoxyloïdes* est une plante riche en divers composés naturels, y compris les alcaloïdes (Messmer *et al.*, 1972; Couillerot *et al.*, 1994; Adesina, 2005), les flavonoïdes (Bowden et Ross, 1963; Adesina, 1986; Azando *et al.*, 2011b), lignanes, amides (Bowden et Ross, 1963; Adesina, 1986, Adesina, 2003). D'autres études phytochimiques sur *Z. zanthoxyloïdes* ont révélé la présence d'huiles essentielles (Menut *et al.*, 2000; Ngassoum *et al.*, 2003; Dongmo *et al.*, 2008; Fogang *et al.*, 2012).

L'analyse phytochimique de l'extrait aqueux d'écorce de racine de *Z. zanthoxyloïdes* révèle la présence de tanins, saponines, stérols, glycosides, polyterpènes, polyphénols, flavonoïdes, quinones et alcaloïdes (Chaaib *et al.*, 2003; Adesina, 2005; Queiroz *et al.*, 2005; Zahoui *et al.*,

2010). Sa composition chimique est presque similaire à celle des écorces séchées macérées, infusées et décoctées de la même plante (Zahoui *et al.*, 2010).

L'écorce de tige et l'écorce de racine contiennent des alcaloïdes des types benzophénanthridine, furoquinoléine et aporphine. De la fagaronine et de la chellénithrine ont été associées à l'écorce de la tige (Chaaib *et al.*, 2003). De l'écorce de la racine a été isolée de la fagaronine, de la dihydroavicine, de la chelerythrine, de l'oxychelerythrine (benzophénanthridines), du skimmianin et de la 8-méthoxydictamine (furoquinolines), ainsi que de la magnoflorine, de la berbérine, du tembétarine et de la N-méthyl-corydine (aporphines). L'écorce de racine contient également les amides aromatiques suivants: arnottianamide, fagaramide, piperlonguminine, rubémamine et N-isopentyl cinnamamide (Chaaib *et al.*, 2003; Queiroz *et al.*, 2006). La racine contient des acides divanilloylquiniques isomères (acide 3,4-O-divanilloylquinique ou burkinabine A, acide 3,5-O-divanilloylquinique ou Burkinabine B et acide 4,5-O-divanilloylquinique ou Burkinabine C) (Ouattara *et al.*, 2009). La burkinabine est un type de tanin hydrolysable (Ouattara *et al.*, 2004).

Des racines, des fruits et de l'écorce de tige, plusieurs amides aliphatiques ont été isolés, notamment le N-isobutyldeca-2,4-diénamide et le N-isobutylocta-2,4-diénamide, qui sont les principaux composants de la pellitorine. De nombreuses coumarines ont été isolées à partir de l'écorce de la tige: ombelliférone, scopolétine, scoparone, xanthotoxine, impertorine, bergaptène, marmesine et pimpinelline. L'écorce de racine et l'écorce de tige contiennent de la sésamine, un lignane, tandis que l'écorce de racine contient également son épimère C-7, l'asarinine (Ogunbolude *et al.*, 2014). De la biomasse aérienne de la plante ont été extraites le zanthoxylol, le diosmin, le fagarol et l'hésperidine (stéroïdes), mais également des triterpènes tels que le lupéol, le β -sitostérol, le stigmastérol, le campestérol et la β -amyrine. Des racines ont été isolées une série d'acides: l'acide vanillique, l'acide hydroxybenzoïque, l'acide parahydroxybenzoïque, l'acide 2-hydroxyméthylbenzoïque et l'acide parafluorobenzoïque, mais aussi **la burkinabine A, B et C** et la **fagararonime** (acides divanilloylquiniques) (Adesina, 1986; Dupont *et al.*, 2005).

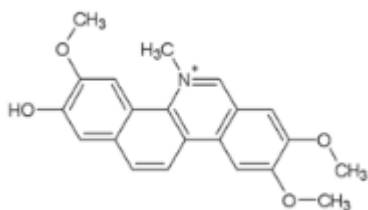


Figure 2.1: Structure de fagaronine

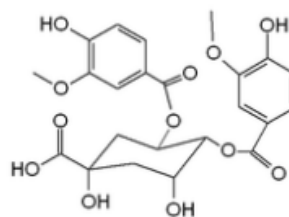


Figure 2.2: Structure de burkinabine C

La diversité de ces composés phytochimiques induit les nombreuses utilisations traditionnelles de cette plante médicinale. Les recherches chimiques sur les parties entières de la racine, de la tige et des parties aériennes de toutes les espèces de *Z. zanthoxyloides* ont révélé la présence de coumarines uniques. Biologiquement, les coumarines sont très utiles et beaucoup d'entre elles ont des activités antibactériennes, antitumorales, vasodilatatrices (dans les vaisseaux coronaires) et anticoagulantes (Lau-Cam et Chu-Fong, 1972). Des furocoumarines ont également été détectées chez cette espèce végétale (Adesina, 2005). En outre, deux xanthotoxines et bergaptènes ont été signalés dans des fruits (Paris et Moyse-Mignon, 1947). Par la suite, trois coumarines simples (ombelliférone, 6,7-diméthylsculine et scopoletine) et cinq furocoumarines (imperatorine, xanthotoxine, bergaptène, marmesine et psoralène) ont été identifiées et quantifiées dans des extraits de fruits séchés de l'espèce (Adesina, 1986).

Menut *et al.* (2000) ont révélé que l'huile de feuille ne contenait que des hydrocarbures monoterpéniques (98,2%). Parmi ces derniers, l' α -pinène (26,5%), le myrcène (30,0%) et le trans- β -ocimène (31,9%) étaient les plus prédominants. La composition de l'huile de fruit est plus diversifiée, avec 85,5% de monoterpénoïdes et une proportion assez élevée d'oxygénés, dont le linalol (11,3%) et le géraniol (9,5%). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par les autres travaux sur la composition des huiles essentielles de *Z. zanthoxyloides*.

3.3.6- Toxicologie

Z. zanthoxyloides est une plante utilisée en médecine traditionnelle dans le traitement de nombreuses maladies. Plusieurs études indiquent que l'écorce de la racine de la plante est l'organe le plus touché par la toxicité. Ogwal-Okeng *et al.* (2003) ont évalué la toxicité aiguë de l'extrait méthanoïde de l'écorce de racine de *Z. zanthoxyloides*. Zahoui *et al.* (2010) ont démontré que la valeur de la concentration létale médiane (CL50) des extraits aqueux de l'écorce de la racine de *Z. zanthoxyloides* était de 4168 ± 462 mg/kg de poids corporel (CP) et de $5\,500 \pm 875$ mg/kg de PC, respectivement par la méthode graphique de Miller et Tainter et par la méthode de calcul de Dragsted et Lang. Ces travaux indiquent que l'espèce peut être classée comme légèrement toxique, car la valeur de la concentration létale médiane (CL50) s'est située entre 0,5 et 5,0 g/kg. Il a été observé que le surdosage en extrait de *Z. zanthoxyloides* est généralement non mortel. Les victimes ont tendance à souffrir de troubles gastro-intestinaux (Anokbonggo *et al.*, 1990).

Les extraits d'écorce de racine de *Z. zanthoxyloides* semblent être cytotoxiques et génotoxiques pour les leucocytes à une concentration élevée, confirmant ainsi la nécessité de faire preuve de prudence lors de l'utilisation de la plante (Ogunbolude *et al.*, 2014).

3.3.7- Pharmacologie

3.3.7.1- Activité antibactérienne

Des études *in vitro* ont montré que les huiles essentielles de fruits et de feuilles, les extraits de fruits et la racine d'écorce ont un effet antimicrobien contre diverses bactéries. Les huiles essentielles de feuilles et / ou de fruits de l'espèce ont montré un effet inhibiteur sur des bactéries telles que *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* (Ngassoum *et al.*, 2003; Gardini *et al.*, 2009; Misra *et al.*, 2013a; Kamdem *et al.*, 2015). De même, l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Z. zanthoxyloïdes* a été démontrée par Misra *et al.*, (2013b). Il est suggéré que la concentration élevée de géraniol dans l'huile essentielle de la plante est en corrélation avec l'activité antimicrobienne (Kamdem *et al.*, 2015). En outre, l'extrait méthanoïde de la poudre de racine de *Z. zanthoxyloïdes* contient des flavonoïdes, de la chellérithrine, de la berbérine et du phénol canthine-6-one, qui ont révélé une activité antimicrobienne (Odebiyi et Sofowora, 1979). Une substance isolée à partir de fruits, la 3,4,5,7-tétrahydroxy-1-méthoxy-10-méthyl-9-acridone, a donné une activité antibactérienne modérée contre les bactéries *Micrococcus luteus* et *Pseudomonas aeruginosa* (Misra *et al.*, 2013b; Wouatsa *et al.*, 2013b). De plus, des travaux récents ont démontré les propriétés antiseptiques et anti-infectieuses de certains composés isolés de l'écorce de tige de cette plante (Magassouba *et al.*, 2007). Ces études peuvent indiquer l'action de l'utilisation traditionnelle contre les troubles intestinaux.

3.3.7.2- Activité de déparasitage

L'utilisation d'extraits de *Z. zanthoxyloïdes* a été identifiée comme l'un des meilleurs traitements contre les maladies à *Ascaris*, ce qui suggère leur utilisation en tant qu'option de traitement complémentaire pour l'ascaridiase. Azando *et al.* (2011b) ont montré que la poudre d'extraits de *Z. zanthoxyloïdes* réduisait considérablement l'excrétion d'œufs de strongles dans les œufs, validant ainsi l'activité anthelminthique *in vivo* de l'espèce sur les strongyles gastro-intestinaux, parasites dominants des jeunes ruminants au Bénin.

3.3.7.3- Activité anti-drépanocytaire

Plusieurs études ont montré que les ingrédients actifs de *Z. zanthoxyloïdes* dans l'écorce de racine contre la drépanocytose sont des dérivés d'acide vanillique (Adesina, 2005; Ouattara *et al.*, 2009). Diverses molécules possédant des propriétés anti-drépanocytaires telles que les acides divaniloquiniques, l'acide vanillique, l'acide p-hydroxybenzoïque, l'acide p-fluorobenzoïque, l'acide 2-dihydroxyméthylbenzoïque ont été isolées de *Z. zanthoxyloïdes*. De plus,

une propriété anti-inflammatoire due à l'acide ortho-hydroxyméthylbenzoïque rend *Z. zanthoxyloides* utile dans le traitement de la douleur lors de la crise de la drépanocytose (Folashade et Omoregie, 2013). Il ressort que ces molécules issues des extraits de cette plante préviennent et retardent les crises liées à cette pathologie en renforçant la capacité de l'hémoglobine à faciliter la circulation dans les capillaires .

3.3.7.4- Activité anti-oxydante

La présence d'antioxydants a été mise en évidence dans l'extrait méthanolique de *Z. zanthoxyloides* de Chaaib *et al.* (2003). Queiroz *et al.* (2006) ont montré que cet extrait méthanolique avait également une activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase.

3.3.7.5- Activité anti-plasmodiale

Le paludisme, causé par des parasites du genre *Plasmodium*, est l'une des principales maladies infectieuses dans de nombreuses régions tropicales. De nombreuses plantes ont prouvé scientifiquement leur efficacité, y compris *Z. zanthoxyloides* (Kassim *et al.*, 2005; Adebayo et Krettli, 2011; Muganga *et al.*, 2010). La fagaronine, un autre composé actif benzo [c] phénanthridine isolé de *Z. zanthoxyloides*, a été décrite comme l'un des composés antipaludiques majeurs trouvés dans plusieurs remèdes traditionnels et plantes de différentes parties du monde (Kassim *et al.*, 2005; Nyang lu *et al.*, 2005). Kassim *et al.* (2005) ont démontré, *in vitro*, une activité anti-plasmodiale de *Z. zanthoxyloides*, par son action inhibitrice sur la croissance et le développement de la phase érythrocytaire de *Plasmodium falciparum*. Les mêmes auteurs ont signalé une activité antipaludique attribuée à l'alcaloïde benzophénanthridine, le fagaronime, provenant d'extraits de racines de *Z. zanthoxyloides*. Gansane *et al.* (2010) ont également rapporté dans une étude utilisant les extraits d'écorce de tronc de *Z. zanthoxyloides*, l'activité antipaludéenne de l'espèce.

3.3.7.6- Activité anti-inflammatoire

Z. zanthoxyloides est utilisée dans le traitement de nombreuses affections telles que les maladies inflammatoires et la douleur. Les extraits hydroalcooliques des racines de *Z. zanthoxyloides* se sont avérés posséder des propriétés anti-inflammatoires. En fait, ils inhibent de manière significative à 300 mg/kg le processus inflammatoire de l'œdème aigu de la patte de rat induit par la carragénine. De plus, l'extrait hydroalcoolique de *Z. zanthoxyloides* à 300 mg/kg empêche notablement l'apparition de douleur, de la même manière que l'acide acétylsalicyclique, administré à une dose de 100 mg/kg per os (Diatta *et al.*, 2014). Pour une conservation durable de l'espèce, Diatta *et al.* (2014) ont démontré la possibilité de remplacer les racines de *Z.*

zanthoxyloïdes par ses feuilles dans le traitement de plusieurs pathologies. Un extrait de racine à une concentration de 0,1 µg/L a montré une activité inhibitrice de plus de 90% de la COX-1 (Larsen *et al.*, 2015). Ceci soutient l'utilisation traditionnelle de l'espèce contre les troubles inflammatoires, la douleur, la fièvre et les infections.

3.3.7.7- Activité anthelminthique

Les extraits éthanoliques de l'écorce des racines de *Z. zanthoxyloïdes* ont montré leur propriété anthelminthique, en particulier contre *Ascaris suum*, un parasite du porc très proche de l'espèce humaine *A. lumbricoides* (Ogwal-Okeng, 1990; Williams *et al.*, 2016). Des études *in vitro* sur *Z. zanthoxyloïdes* ont démontré les effets anthelminthiques des extraits de feuilles brutes de cette plante sur *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*, parasites du mouton (Hounzangbe-Adote *et al.*, 2005; Azando *et al.*, 2011b). De plus, les huiles essentielles de distillat de *Z. zanthoxyloïdes* ont montré des effets anthelminthiques *in vitro* contre les parasites du rat, *Strongyloides ratti* (Olounladé *et al.*, 2012) et *in vivo* contre les parasites nématodes gastro-intestinaux du mouton Djallonke (Azando *et al.*, 2017). Les propriétés anthelminthiques de *Z. zanthoxyloïdes* dépendent en partie des flavonoïdes et des tannins polymères apparentés contenus dans l'espèce, inhibent le développement du cycle de vie des larves, mais également d'autres composés bioactifs tels que les terpènes dérivés de son huile essentielle (Prempeh et Mensah-Attipoe, 2008; Olounladé *et al.*, 2012). Ces études doivent être poursuivies en collaboration avec un spécialiste de la pharmacie afin de fabriquer des médicaments pouvant être utilisés pour soigner les maladies identifiées sur lesquelles des composés actifs de *Z. Zanthoxyloïdes* ont été identifiés. Des études approfondies sont donc nécessaires pour identifier les composés bioactifs responsables de ces différentes activités et pour déterminer leurs mécanismes d'action. Tout cela montre la nécessité de trouver de bonnes techniques de propagation pour cette plante afin de la domestiquer et la rendre disponible pour ces multiples usages.

3.3.7.8- Activité antihypertensive

Des extraits d'écorce de racine de *Z. zanthoxyloïdes* ont montré une activité antihypertensive à une dose de $2,7 \times 10^{-4}$ à $5,5 \times 10^{-1}$ g/kg de poids corporel (Zahoui *et al.*, 2010) et confirme son utilisation en médecine traditionnelle. En effet, Zahoui *et al.* (2010) ont rapporté les actions inhibitrices des composés actifs présents dans les extraits de plante sur les récepteurs muscariniques cholinergiques, entraînant une diminution de la pression artérielle.

3.3.7.9- Activité analgésique

Certains alcaloïdes isolés et purifiés à partir de l'écorce de racine de *Z. zanthoxyloïdes* présentent des activités analgésiques sur des modèles de douleur (Prempah et Mensah-Attipoe, 2008). Une étude de la composition chimique des feuilles pourrait confirmer l'idée d'utiliser des feuilles plutôt que des racines dans les pathologies de l'inflammation et de la douleur (Diatta *et al.*, 2014).

3.3.7.10- Activité cytotoxique

Des extraits de fruits de *Z. zanthoxyloïdes* ont montré une activité cytotoxique in vitro dans le cancer du sein, le cancer du foie, le cancer du côlon et le cancer de la prostate (Adebayo et Krettli, 2011 ; Misra *et al.*, 2013b). Les composés isolés des fruits ont montré une activité cytotoxique contre le cancer du sein et la 3-hydroxy-1,5,6-triméthoxy-9-acridone a montré un effet cytotoxique modéré contre le cancer du foie (Wouatsa *et al.*, 2013a; Wouatsa *et al.*, 2013b). De plus, les effets cytotoxiques remarquables de *Z. zanthoxyloïdes* sont probablement liés à la présence de géraniol et de citronellol, qui présentait une forte activité antiproliférative contre toutes les lignées de cellules tumorales humaines testées, et favorisait l'utilisation locale traditionnelle de cette plante pour le traitement de divers cancers (Fogang *et al.*, 2012a). Dans le même sens, Patel *et al.* (2010) ont mentionné la nitidine en tant que composé actif de *Z. zanthoxyloïdes* ayant des propriétés anticancéreuses. La fagaronine isolée à partir de *Z. zanthoxyloïdes* présente également un potentiel anticancéreux avec divers mécanismes. Plusieurs études confirment l'utilisation traditionnelle de *Z. zanthoxyloïdes* contre le cancer. En effet, il a été démontré que la fagaronine inhibe les topoisomérases I et II de l'ADN et agit comme un intercalateur d'ADN (Messmer *et al.*, 1972,nj; Larsen *et al.*, 1993). Des études pharmacologiques antérieures ont montré que le *Z. zanthoxyloïdes* aqueux inhibe la croissance et la différenciation des cellules leucémiques humaines K 562 et L 1210 (Barret et Sauvaire, 1992; Kassim *et al.*, 2015). Il inhibe également la croissance des cellules HeLa S3 (Kassim *et al.*, 2015). De même, Kassim *et al.* (2015) ont montré que les extraits de *Z. zanthoxyloïdes* pouvaient servir d'agents chimiopréventifs potentiels dans le traitement du cancer de la prostate.

3.3.7.11- Activité insecticide

Plusieurs études ont montré que les racines et l'écorce des racines et des feuilles de *Z. zanthoxyloïdes* ont une activité insecticide, notamment les ravageurs *Prostephanus truncatus* et *Tribolium castaneum* (Eziah *et al.*, 2013) et *Acanthoscelides obtectus* (Fogang *et al.*, 2012b). Les extraits de racines se sont révélés toxiques et répulsifs pour les mouches domestiques, *Musca domestica*, principal vecteur de nombreux organismes pathogènes (Bisseleua *et al.*,

2008). Adesina (1986) a montré qu'il existe des substances telles que la pellitorine, le fagaramide qui serait à l'origine de l'activité insecticide de l'espèce.

3.4- Discussion

Cette plante polyvalente est largement répandue dans de nombreuses régions et habitats sous les tropiques en général et en Afrique en particulier. Il est utilisé partout pour différentes raisons. Sa demande augmente en raison du fait que la majorité des communautés rurales et à faible revenu dans les zones de sa distribution comptent sur le traitement à base de plantes comme premier recours pour des problèmes de santé. Van Andel *et al.* (2012) ont déclaré dans leur étude au Ghana que c'est le marché des plantes médicinales qui renseigne sur la diversité de la flore et les utilisations des plantes mais aussi des problèmes de santé d'un pays. Par ailleurs, Vodouhe *et al.* (2008) ont rapporté que les collectionneurs gagnaient si peu d'argent en collectionnant *Z. zanthoxylum* contrairement aux grossistes qu'ils avaient l'intention d'en collecter davantage pour augmenter leurs revenus. Les méthodes de récolte incontrôlées et destructrices utilisées pour arracher les racines provoquent un déclin très significatif des populations de *Z. zanthoxyloides* dans les habitats qui les abritent. Ainsi, la plante a été identifiée comme une espèce en voie de disparition (Ourodjeri *et al.*, 2001). Dans ce contexte, il est nécessaire de propager et de domestiquer la plante pour soutenir sa demande afin de la conserver pour les utilisations présentes et futures. Mais jusqu'à présent, peu de techniques de régénération naturelle ou de propagation semblaient vraiment efficaces. Les techniques de micro-propagation produiraient plus de succès. Des recherches plus poussées sont alors nécessaires pour découvrir des techniques de propagation plus efficaces au niveau local et applicables par les communautés locales qui l'exploitent le plus pour leurs besoins personnels mais aussi pour la commercialisation. La nécessité de nouvelles connaissances pour propager et domestiquer la plante est tellement pertinente aujourd'hui que la valeur pharmacologique croissante de *Z. zanthoxyloides*, démontrée par des récentes études phytochimiques (Dupont *et al.*, 2005; Ouattara *et al.*, 2009). Il est également nécessaire d'étudier le mécanisme pharmacologique de *Z. zanthoxyloides* en association avec d'autres plantes utilisées en médecine traditionnelle. Et insister sur les études de substitution pour proposer aux utilisateurs quelles parties peuvent être utilisées avec la même efficacité que les racines.

Malgré plusieurs études pharmacologiques, toxicologiques et phytochimiques menées sur *Z. zanthoxyloides*, il existe de nombreux problèmes non résolus concernant la domestication, la génétique et la commercialisation. En effet, il y a un manque de données sur la structure génétique de la population de l'espèce. *Z. zanthoxyloides* est classée comme vulnérable dans de

nombreux pays africains et soumis à de multiples pressions humaines. Il est donc essentiel d'étudier la génétique de la population de l'espèce pour orienter les meilleures stratégies de conservation. En outre, il existe peu d'informations sur la structure de la population de l'espèce en relation avec le changement climatique et sur la répartition géographique des populations de l'espèce. Enfin, peu d'études ont porté sur la commercialisation de différentes parties de l'espèce ou d'informations ethno-botaniques et des utilisations de la plante au Bénin, comme mesure indirecte de la pression d'utilisation exercée sur ses populations.

En résumé, plusieurs études sont encore nécessaires sur *Z. zanthoxyloïdes* dans les domaines suivants: (i) amélioration de la capacité de propagation et de croissance de l'espèce, (ii) connaissance de la diversité génétique, (iii) connaissance du mécanisme d'action des substances bioactives, des molécules responsables d'activités biologiques, (iv) des recherches sur les organes de plantes pouvant remplacer les racines afin de réduire le risque d'extinction dans les zones de forte utilisation des racines, (v) une meilleure connaissance des chaînes de valeur des produits de l'espèce.

3.5- Conclusion

Z. zanthoxyloïdes est une plante bien connue en médecine traditionnelle pour ses multiples actions pharmacologiques. Dans cette revue, l'état des connaissances sur les utilisations ethnomédicales, la phytochimie, la pharmacologie, la toxicologie de l'espèce a été fait. Toutes les parties de la plante sont utilisées, ce qui entraîne de multiples pressions sur les populations de la plante. De nos jours, les études sur l'état actuel de conservation et la variation génétique sont très limitées. De plus, les facteurs génétiques et environnementaux ayant une incidence sur les traits d'intérêt sont mal documentés. Pour promouvoir l'utilisation durable de *Z. zanthoxyloïdes*, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les pratiques de propagation, les connaissances sur la substitution des racines à d'autres parties de la plante, la chaîne de valeur des parties utilisées et les composés bioactifs utiles dans les industries cosmétique et pharmaceutique et assurer la conservation.

Mais en attendant la mise à disposition de ces connaissances qui aideront à exploiter la ressource de manière plus durable, nous jugeons nécessaire de documenter la disponibilité de la plante au Bénin.

**Chapitre 3 : Evaluation de l'abondance de *Zanthoxylum zanthoxyloides*
(Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin**

4- Evaluation de l'abondance de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* (Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin

Ce chapitre est publié dans **Les Cahiers du CBRST** comme ci-après :

Guendéhou Ferdinand, Djossa Agossou Bruno, Bio Anselme et Assogbadjo Achille Ephrem. 2019. Evaluation de l'abondance stationnaire de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* (Lam.) Zepernick & Timler suivant les zones climatiques du Bénin. *Cahiers du CBRST-Environnement et Sciences de l'Ingénieur*. 13 : 270-286

Résumé

Z. zanthoxyloïdes est une plante à usage multiple. De ce fait, elle est sous une forte pression d'utilisation au Bénin. Cette étude a permis d'évaluer la disponibilité de cette espèce ainsi que la caractérisation écologique des habitats naturels qui l'abrite actuellement. L'inventaire des pieds de *Z. zanthoxyloïdes* a été réalisé à l'intérieur de 120 placeaux de 50m x 50m sur des méga-transets au sein des Forêts Classées de la Lama, de Wari-Marou et de N'Dali et des jachères qui les entourent. Les individus de *Z. zanthoxyloïdes* ont été comptés et les diamètres à hauteur de poitrine (DBH) supérieure à 5 cm ont été mesurés avec un ruban pi. L'abondance de l'espèce entre les trois forêts classées a été comparée avec les analyses de variance. L'indice de raréfaction a aussi été calculé entre les habitats. Les résultats montrent que la densité des individus adultes et celle des juvéniles sont significativement différentes entre la forêt naturelle et les jachères environnantes ($p < 0,0001$). Les distributions des classes de diamètres ont présenté un bon ajustement par rapport à la distribution de Weibull ($p > 0,05$). La densité des arbres adultes de *Z. zanthoxyloïdes* est plus élevée dans la Forêt Classée de la Lama par rapport aux deux autres et les jachères contiennent actuellement plus d'individus jeunes que les forêts naturelles. La vulnérabilité de l'espèce est donc confirmée comme l'avait déjà rapporté la liste rouge du Bénin. Ainsi, des actions pour assister sa régénération naturelle seraient une contribution nécessaire pour conserver l'espèce pour les générations actuelles et futures.

Mots clés : *Z. zanthoxyloïdes*, abondance, densité, Jachère, aires protégées, Bénin.

4. Introduction

Dans plusieurs pays en développement, les produits forestiers non ligneux (PFNL) ont été pendant longtemps sous-utilisés. C'est à partir de 1995 que le besoin de les domestiquer pour accroître le bien-être des populations locales est devenu une préoccupation majeure (Leakey *et al.*, 2005). En effet, les informations disponibles sur les ressources forestières non ligneuses sont le plus souvent qualitatives et ne font pas ressortir les données quantitatives nécessaires pour démontrer les opportunités économiques ou pour le développement social et la gestion environnementale (Codjia *et al.*, 2003). Parmi ces PFNL figure *Z. zanthoxyloïdes* qui est une espèce à usages multiples. C'est une plante inscrite sur la liste rouge du Bénin dans la catégorie des espèces vulnérables (Adomou *et al.*, 2011). Ses racines sont fortement commercialisées au Bénin et même exportées (Quiroz *et al.*, 2014). A cet effet, elle mérite une attention particulière pour la mise en place des stratégies de conservation et de domestication dans un contexte de changement climatique. Beaucoup de travaux ont été menés pour contribuer à la mise en valeur de l'espèce dans la sous-région. Cependant, la plupart des études qui ont porté sur cette plante ont uniquement fait cas de sa valeur pharmaceutique. Certes, certains auteurs, en l'occurrence Adomou (2011), Guendéhou (2012) et Yaoitcha (2016) ont abordé ses aspects ethnobotaniques et écologiques mais il est à souligner que les aspects d'abondance, ni de structure de population n'ont pas été élucidés. La présente étude a abordé ces deux aspects afin de disposer des données scientifiques pour aider à prendre des décisions de conservation afin de garantir son utilisation durable au Bénin. La connaissance de la structure des populations de l'espèce est indispensable car elle permet de mesurer les pressions anthropiques sur la dynamique des populations (Sinsin *et al.*, 2004) et constitue une étape cruciale dans la définition de stratégie de conservation et de gestion durable d'une espèce (Glèlè Kakai & Sinsin, 2009 ; Assogbadjo *et al.*, 2010 ; Sinsin, 2004 ; Bonou *et al.*, 2009). Celle liées aux populations de *Z. zanthoxyloïdes* au Bénin en général n'est pas encore documentée. Pour ce qui concerne l'abondance de l'espèce, sa connaissance est utile pour expliquer comment celle-ci est influencée par les conditions environnementales et les pressions anthropiques (Jacob *et al.*, 2010). Ainsi, l'abondance fait partie des toutes premières informations dans l'évaluation des potentialités et la disponibilité des espèces (Avocevou-Ayisso, 2011). La présente étude qui va documenter l'abondance des *Z. zanthoxyloïdes* dans les différentes zones climatiques permettra de mieux apprécier l'occurrence, le niveau de disponibilité et de pression et ces données permettront de faire des suggestions d'action de conservation et d'exploitation durable.

4.1- Matériel et Méthodes

4.1.1- Matériel

4.1.2- Matériel biologique

Il s'agit de *Z. zanthoxyloides* qui appartient à la famille des Rutacées. C'est un arbuste de 6 à 7 m de haut. Les rameaux sont très armés avec des aiguillons très recourbés et aigus, en forme de griffes, petits ou atteignant jusqu'à 1 mètre de longueur. Le rachis et parfois la nervure médiane portent de grosses épines recourbées. Les feuilles (photo 1) sont alternées, composées et impariennées avec un pétiole de 2 à 5 cm de rachis plus ou moins cylindriques ou aplatis. Les tiges se présentent sous forme de fragments cylindriques de 3 à 5 cm de diamètre (Photo 2).



Photo 2. Tronc de *Z. zanthoxyloides*



Photo 1. *Z. zanthoxyloides* en fructification

4.1.3. Outils de collecte de données

Dans le cadre de cette étude, le matériel utilisé est constitué d'un penta décamètre pour la délimitation des placeaux; de bande fluorescente pour matérialiser les limites des placeaux; de coupe-coupe pour l'ouverture des layons et la confection des piquets de coins ; de sécateurs pour le prélèvement des échantillons ; du ruban pi pour la mesure des diamètres des arbres, d'un GPS (*Global Positioning System*) pour le géoréférencer les pieds de *Z. zanthoxyloides* et d'une carte des aires protégées du Bénin.

4.2- Milieu d'étude

La zone d'étude est constituée des Forêts Classées de la Lama, de Wari – Maro et de N'Dali (Figure 4) qui indique les cartes détaillées de chacune des forêts.

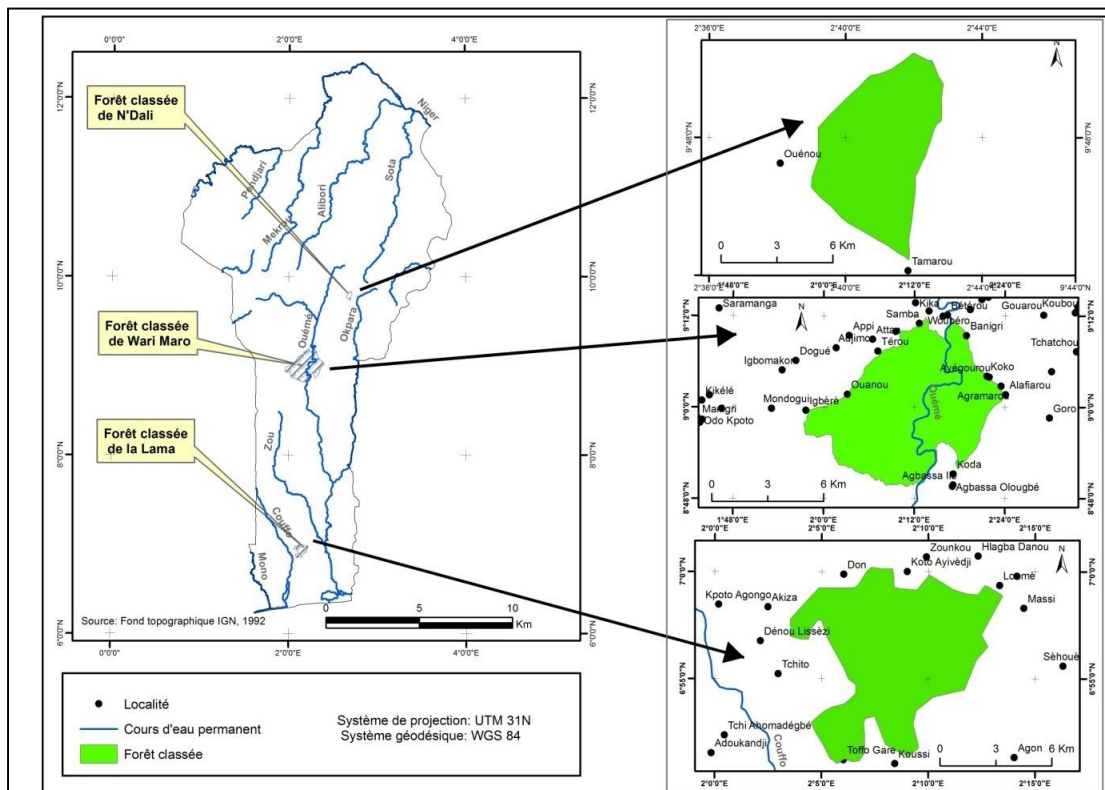


Figure 3: Cartes détaillées de chacune des forêts classées

4.3- Echantillonnage et collecte des données

Le choix de ses habitats a été fait en tenant compte des forêts classées dans chaque zone climatique. La Forêt classée de la Lama dans la zone guinéo-congolaise, la Forêt de Wari-Marou dans la zone de transition soudano-guinéenne et la Forêt classée de N'Dali dans la zone soudanienne.

La zone subéquatoriale à quatre saisons et s'étend de la côte à la latitude de Dan au nord d'Abomey. Elle connaît 250 jours de pluies réparties en deux parties : la première, la plus longue allant de mars à fin juillet et la seconde de septembre à mi-novembre. Les deux saisons de pluie sont séparées par 2 saisons sèches.

La zone soudano-guinéenne à 2 saisons dont une pluvieuse et une sèche, se situe au centre du pays avec 200 jours de pluies concentrées sur la période allant d'avril à octobre. Elle s'étend de la latitude de Dan à celle de Savè.

La troisième zone de type soudanien avec 145 jours de pluies. Elle s'étend de la latitude de Parakou à tout le nord du pays. Elle a également deux saisons dont une pluvieuse et une sèche.

Au niveau de chaque habitat, l'effort de prospection a été déterminé à travers le nombre de placeaux à installer au moyen de la formule de (Dagnelie, 1998) :

$$N = \frac{U^2_{1-\alpha/2}(CV^2)}{d^2}$$

N , la taille de l'échantillon a été déterminée par végétation, $U^2_{1-\alpha/2}=1.96$; CV = coefficient de variation. Le coefficient de variation a donc été calculé par Forêt Classée et d est la marge d'erreur ($d=10$ pour cent). Ainsi, le nombre de placeaux se présente comme dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Ces placeaux ont été également installés de façon régulière en suivant des mégatransects orientés du Sud vers le Nord. L'intervalle entre les placeaux est 200 mètres. Il s'agit de placeaux de 50 m x 50 m (2500 m²) indiqués pour l'analyse structurale en forêt dense (Salako *et al.*, 2013). Il est plus convenable d'utiliser les placeaux carrés ou rectangulaires dans les formations tropicales (Van Laar et Akça, 2007). Dans chaque placeau, un inventaire systématique a été fait. Tous les individus de *Z. zanthoxyloides* ont été recensés et la mesure diamétrique a été faite au niveau des individus ayant un dbh ≥ 10 cm. Les juvéniles ont été également comptés et enregistrés. Le tableau 1 montre la répartition des placeaux par forêt et par zone climatique.

Tableau 4.1: Répartition des placeaux par Forêt Classée et Jachère environnante par zone climatique

Zones Climatiques	Formations Naturelles (taux de sondage)	Jachères	Total
Zone Guinéo-congolaise (Forêt Classée de la Lama)	60 (50%)	19 (15,8%)	79
Zone Soudano- Guinéenne (Forêt Classée de Wari - Maro)	20 (16,66%)	7 (5,8%)	27
Zone Soudanienne (Forêt Classée de N'Dali)	10 (8,33%)	4 (3,3%)	14
Total	90	30	120

4.4- Traitement des données

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Excel et plusieurs paramètres écologiques et dendrométriques ont été calculés :

- **Indice de raréfaction** (*species rarity weight richness index*)

Le statut rare de l'espèce a été déterminé par l'indice de raréfaction calculé selon l'équation suivante : $Ri = (1 - ni/N)$ avec Ri : indice de raréfaction de l'espèce i , ni : nombre de placeaux où l'espèce i est retrouvée et N : nombre total de placeaux installés dans la formation.

Tenant compte de cette relation, si l'indice de raréfaction est inférieur à 80%, l'espèce est considérée comme préférentielle, très fréquente et abondante dans les zones étudiées. Si l'indice de raréfaction est supérieur à 80%, l'espèce est rare. Un indice de raréfaction de 100% signifie que la présence de l'espèce n'a été observée nulle part dans les aires étudiées. Ainsi, cette dernière est fortement menacée d'extinction dans la région.

- **Densité de peuplement**

N est le nombre moyen d'arbres matures ($dbh \geq 10$ cm) par hectare. Elle est donnée par la

$$\text{formule : } N = \frac{n}{s}$$

n est le nombre total d'arbres par placeau et s la surface du placeau en ha. Dans le cas de la densité des pieds de *Z. zanthoxyloides*, la superficie considérée est égale à 1 ha.

- **Caractérisation structurale de *Z. zanthoxyloides***

Les individus de *Z. zanthoxyloides* ont été regroupés par classes de diamètre d'amplitude 5 cm. Ainsi, les densités d'arbres par classes de diamètre ont été déterminées. Les densités des adultes ($dbh \geq 10$) et des juvéniles ($10 \leq dbh$), sont comparées entre les trois Forêts Classées au sein des formations naturelles et des jachères avec le test non paramétriques de Mann Whitney du fait que les données ne suivent pas une distribution normale. Cette analyse statistique a été effectuée avec le logiciel R. Les classes de distributions des diamètres ont été ajustées à la distribution théorique de Weibull à 3 paramètres (a , b et c) à l'aide de la fonction de densité (f) exprimée en fonction du diamètre (x) suivant la formule :

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

où : b = paramètre d'échelle ou de taille ; a = paramètre de position ; c = paramètre de forme. Le seuil du paramètre a a été considéré avec $a=10$ cm pour ajuster la taille des classes de l'espèce. L'analyse a été faite dans R grâce aux packages (Mass, Survival et Fitdistrplus) pour tester la distribution observée par rapport à celle de Weibull.

4.5- Résultats

4.5.1- Abondance stationnaire de *Z. zanthoxyloïdes*

Les inventaires faits par forêt dans les trois zones climatiques du Bénin ont permis de rapporter des densités et de calculer des indices de raréfaction qui sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.2: Densités et Indices de raréfaction de *Z. zanthoxyloïdes* par zone climatique et par forêt étudiée

Zone Climatiques	Densités (pieds/ha)	Indices de Raréfaction
Guinéo-congolaise (Forêt Classée de lama)	1,2	RI<80%
Soudano-Guinéenne (Forêt Classée de Wari -Maro)	0,24	RI>80%
Soudanienne (Forêt Classée de N'Dali)	0	RI>80%

La densité des sujets de *Z. zanthoxyloïdes* diminue de la zone guinéo-congolaise (FC de la Lama) à la zone soudanienne (FC de N'dali) et l'indice de raréfaction montre également que l'espèce est abondante dans la zone guinéo-congolaise et de plus en plus rare à mesure qu'on évolue vers la zone soudanienne.

4.5.2 Caractérisations dendrométriques de *Z. zanthoxyloïdes*

Au sein de la FC de la Lama où l'espèce est abondante, les résultats obtenus ont montré que les juvéniles sont plus nombreux dans les jachères (2,2 pieds/ha) comparativement aux adultes (0,75 pieds/ha) et cette différence est statistiquement significative (P-value< 0.0001). Au niveau de la formation naturelle, ce sont les individus adultes qui prédominent (3,6 pieds/ha) et (3 pieds/ha) observés pour ce qui concerne les sujets jeunes.

Les structures en diamètre de cette espèce dans les deux différentes formations végétales du Noyau Central de la Forêt Classée de la Lama sont présentées par la figure 2.

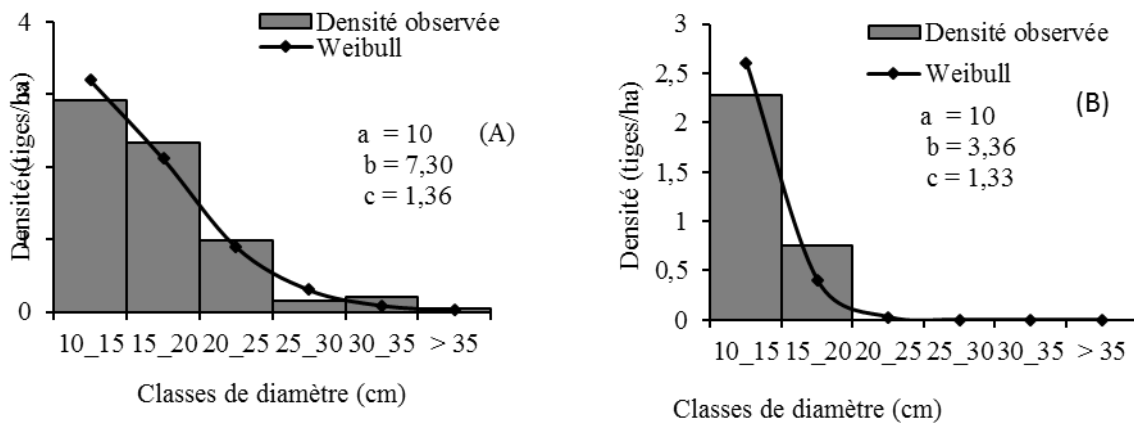


Figure 4: Structure en diamètre de *Z. zanthoxyloïdes* dans la forêt classée de la Lama (A) et des jachères environnantes (B)

Dans tous les deux habitats, le paramètre de forme de Weibull (c) est compris entre 1 et 3,6. Donc, la répartition par classe de diamètre des individus indique globalement une allure non gaussienne partout et présente une asymétrie gauche ($1 < c < 3,6$) caractéristique des peuplements avec une prédominance relative des individus jeunes ou de faibles diamètres. Quel que soit le type d'habitat, les individus de diamètre compris entre 10 et 15 cm sont les plus abondants. On y rencontre près de 3 pieds à l'hectare dans la formation naturelle et plus de 2 pieds à l'hectare dans les jachères. Au niveau des jachères, le diamètre de cette plante n'excède guère 20 cm alors qu'il atteint 35 cm dans la forêt.

Par ailleurs, dans les autres forêts de Wari-Marô et de N'dali, aucun pied de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* n'a été rencontré (0 pieds/ha). Cependant, les investigations ont permis de retrouver quatre pieds isolés dans une jachère située dans l'arrondissement de Manigri, une localité non loin de la forêt classée de Wari-Marô.

4.6- DISCUSSION

4.6.1- Abondance de *Z. zanthoxyloïdes*

Les résultats de la présente étude ont montré que *Z. zanthoxyloïdes* se raréfie au fur et à mesure que s'éloigne de la côte. Ce résultat est similaire à celui de Yaoitcha (2016), qui a montré que l'espèce est moins abondante dans les climats les plus arides. Ce résultat confirme également les travaux de Glèlè Kakai *et al.* (2011) qui ont travaillé sur l'adaptation écologique du *Vitellaria paradoxa* suivant le gradient climatique du Bénin. Par ailleurs, une étude récente avait déjà mentionné cette espèce est menacée de disparition à la hauteur de Glazoué-Savè-Ouèssè, dans la zone soudano-guinéenne (Koutchika *et al.*, 2014). Les résultats de la présente étude ont été plus loin pour montrer qu'au Centre du Bénin, *Z. zanthoxyloïdes* relativement rare

et qu'au Nord du pays l'espèce est complètement absente ou très rare. La rareté des pieds adultes dans les jachères des zones prospectées pourrait s'expliquer par la pression anthropique qui s'exerce sur l'espèce. En effet, en dehors de ses valeurs médicinales (Queiroz *et al.*, 2006), l'espèce est utilisée à d'autres fins comme la carbonisation, le bois énergie, la sculpture, etc. (Pote *et al.*, 2006; Furukawa *et al.*, 2011). Bossokpi (2003) rapportait que *Z. zanthoxyloïdes* est une espèce des savanes pré-forestières et des fourrés littoraux ; Adesina (2005) avait aussi rapporté dans le sud-ouest du Nigéria que l'espèce est plus abondante en savane et en forêt sèche donc il n'aurait pas été autrement sur nos site d'étude si les sujets adultes n'étaient pas régulièrement prélevés. La preuve en est que les sujets juvéniles et jeunes sont assez représentés dans les jachères, signe que la régénération naturelle se produit relativement bien.

Dans les jachères, l'accès direct à la lumière permet aux plantules de s'établir et de se développer. Les jachères et les formations végétales ouvertes ont donc un potentiel élevé de conservation si des actions spécifiques d'aménagement sont menées sur cette population jeunes de l'espèce (Houéhanou *et al.*, 2013).

4.6.2- Caractéristique structurale de population de *Z. zanthoxyloïdes*

Les distributions en diamètre par formation végétale au niveau de la FC de la Lama indiquent en général une allure non normale c'est-à-dire qu'elles ne présentent pas une allure gaussienne et amène donc à déduire que la régularité de la structure *Z. zanthoxyloïdes* n'est pas assurée. Cette dissymétrie gauche avait été rapportée sur différentes espèces tropicales par différentes études. C'est le cas des travaux réalisés par Kperkouma *et al.* (2005) sur les arbres à beurre de karité de Donfelgou au Togo et ceux de Bonou *et al.* (2009) sur les populations de *Azelia africana* au Bénin. Cependant, il avait été mentionné par des auteurs que certaines espèces ayant une distribution en forme de cloche à l'intérieur de petites parcelles pourraient présenter une forme en J inversé lorsque les parcelles sont plus grandes (Pulido *et al.*, 2001). L'échelle d'une forêt classée pourrait donc avoir joué pour l'ajustement obtenu avec la distribution de Weibull.

4.6.3- Pressions anthropiques et destruction des populations de *Z. zanthoxyloïdes*

Cette plante est constamment coupée lors de la mise en place des espaces agricoles Sud comme au Nord Bénin. Pour la production agricole des cultures vivrières comme le maïs, les forêts sont défrichées progressivement par labour avec un déracinement graduel qui prend d'abord en compte les souches moins robustes dans l'optique de mieux assurer la disponibilité des nutriments et l'aération des couches du sol (Bajwa, 2014). Généralement, après le travail des terres par les agriculteurs, les racines de *Z. zanthoxyloïdes* sont récupérées par ceux qui veulent les vendre. Autrement, les racines deviennent gênantes et sont utilisées comme combustibles.

Tout ceci, non seulement diminue les étendus des populations de l'espèce mais diminue aussi le potentiel de sa régénération sur les friches. Mais il est heureux de constater que les études de Quiroz *et al.* (2014) au Bénin rapportent que les racines de l'espèce étaient vendues moins cher sur le marché (1.15 USD/kg) comparé aux racines des plantes en général (2.21 USD/kg). Ce qui devrait diminuer un tant soit peu la pression, tout au moins du point de vue des collectes à des fins commerciales car, les vendeurs de plantes médicinales préféreraient les racines qui sont plus prisées dans les marchés. Quoique Botha *et al.*(2007) affirmaient, le prix n'est pas le meilleur indicateur de la disponibilité d'une plante médicinale.

4.7- Conclusion

La distribution de *Z. zanthoxyloides* est plus confinée dans la zone guinéenne du Bénin et bénéficie d'une situation de protection plus favorable dans la Forêt classée de la Lama. La diminution des sujets matures dans les jachères et espaces anthropisés recommande que des actions d'aménagements soient menées pour assurer sa disponibilité actuelle et future. Nous suggérons cependant que des études plus fouillées soient conduites pour rendre disponibles des cartes de distribution actuelle et passée de cette espèce afin de guider les actions de conservation. En attendant, les actions de propagation par bouturage sont à essayer pour aider à assurer la disponibilité de la plante pour les usages actuels mais seules les actions de domestication garantiront la diminution de la pression sur elle dans les habitats naturels et sa conservation à long terme au Bénin.

**Chapitre 4 : Propagation de *Zanthoxylum zanthoxyloides* par bouturage au
Bénin**

5- Propagation de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* par bouturage au Bénin

Ce chapitre est publié comme ci-après :

GUENDEHOU Ferdinand, DJOSSA Agossou Bruno, TEKA Oscar et ASSOGBADJO Achille. 2017. Propagation de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* par bouturage au Bénin. *Revue de Géographie du Bénin*, Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 21 : 24 – 47.

Résumé

Zanthoxylum zanthoxyloïdes est une espèce à usage multiple et à fort potentiel médicinal. Elle a un pouvoir de régénération faible du fait de sa faible production de graines. La présente étude vise à évaluer la propagation de l'espèce à partir des boutures dans le but de contribuer à sa conservation et à sa valorisation au Bénin.

Des tiges fragmentées feuillées ont été collectées au sein des trois des zones climatiques du Bénin. Le dispositif expérimental utilisé pour cette étude est un essai factoriel en blocs aléatoires complets avec 3 répétitions. L'étude a révélé que parmi les trois facteurs considérés à savoir le type de substrat, le diamètre des clones et la zone climatique, seuls le type de substrat et la zone climatiques ont eu un effet significatif ($P < 0,001$) sur la croissance des boutures. Les boutures issues de la zone Soudano-guinéenne ont mieux repoussées et seul le substrat *compost* a induit la meilleure croissance des rejets. L'évaluation de l'aptitude végétative des boutures issues des plantes juvéniles de diamètre inférieur à 10 cm ($DBH \leq 10$ cm) montre un taux de reprise de moins de 20% sous ombrage et un taux de 75 % à la lumière solaire.

Il ressort de ce travail que la multiplication du *Z. zanthoxyloïdes* peut se faire par bouturage mais le développement des plantes dépend de la qualité du substrat et des boutures qui doivent être de préférence issues des plantes juvéniles.

Mots clés : Propagation, bouturage, clones, zones climatiques, Bénin.

5.1- Introduction

La médecine traditionnelle joue en Afrique un rôle important dans la résolution des problèmes sanitaires des populations rurales qui ont peu d'accès à la médecine moderne (Amadou, 2010). Cette situation conduit les communautés à développer et à conserver des connaissances sur les usages divers sur de nombreuses ressources naturelles disponibles dans leur milieu de vie. Parmi ces ressources, figure *Z. zanthoxyloides*, une espèce à usage multiple et à fort potentiel médicinal (Juhé *et al.*, 2002 ; Bossokpi, 2003; G nondoli *et al.*; 2006). La plus part des travaux réalisés sur l'espèce dans le monde touchent les aspects médicinales, pharmaceutiques, aromatiques (Menut *et al.*, 2000 ; Ngassoum *et al.*, 2003 ;Chaaib, 2004 ; Igoli *et al.*, 2005 ; Adesina , 2005 ; Queiroz *et al.*, 2006 ; Abdullahi *et al.*, 2010 ; Adeniyi *et al.*, 2010 ; Denloye *et al.*, 2010 ; Etsè *et al.*, 2011). Cependant, sur la base des critères d'évaluation de l'UICN, l'espèce a été classée vulnérable en Afrique et au Bénin (Adomou *et al.*, 2010).

A notre connaissance, peu de choses sont connues sur sa régénération en vue de sa conservation durable, alors que cette espèce a une importance médicinale reconnue. De ce fait, sa conservation dans les milieux qui lui sont favorables et mieux dans les milieux proches des utilisateurs est nécessaire (Eyog- Matig *et al.*, 2004).

Le prélèvement non rationnel des organes de *Z. zanthoxyloides* pour des usages continus menace l'espèce dans ses biotopes (Djègo *et al.*, 2011) ; surtout que les graines de cet arbuste ont un pouvoir germinatif très faible (Thiès, 1995) pour assurer une régénération naturelle suffisante dans les milieux où sont encore présents quelques pieds semenciers. Pour résoudre ce problème et assurer une adéquate régénération pour cette espèce, il est nécessaire d'investiguer d'autres techniques de propagation.

La reproduction de ligneux à partir des graines est de loin le mode de propagation préféré en ce qu'elle conserve la biodiversité (Bellefontaine, 2003) dans tout ce qui a de génétique sans oublier le potentiel de contribuer à la gestion des flux de gène. Certaines espèces très convoitées produisant peu de graines et qui germent généralement difficilement pour donner un faible nombre de plantes, lesquelles nécessitant des conditions de croissance spécifiques (Quentin, 2006). *Z. zanthoxyloides* est une des espèces confrontée à ce problème. C'est pour contribuer à combler ce gap de connaissance que la présente étude envisage d'évaluer la technique de propagation par bouturage comme possible moyen pour tenter de lever cette contrainte. La multiplication par bouturage consiste à faire un traitement spécial permettant de faire apparaître des racines sur des fragments de tiges feuillées qui se comportent comme de jeunes plantes (Koko, 2002). Cela va permettre de conserver ladite espèce en déclin, tout en

permettant son exploitation rationnelle. De plus, elle permettra de contribuer à sa domestication en vue d'une meilleure valorisation au Bénin.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la propagation de *Z. zanthoxyloides* à partir des boutures. Nous avons comme hypothèse que : *i*) les boutures venant des trois différentes zones agro climatiques du Bénin ont des comportements différents, *ii*) l'âge des sujets sur lesquels les boutures sont prélevés peut influencer la reprise des boutures, *iii*) la qualité du substrat pourrait jouer sur la croissance des boutures.

Les résultats obtenus permettront de retenir les meilleures pratiques et les meilleurs matériels pour réussir la multiplication végétative de cette espèce et cela pourrait ouvrir de nouvelles perspectives pour sa domestication.

5.2- Matériel et méthodes

5.2.1- Milieu d'étude

La collecte des données a été faite dans les trois zones agro climatiques du Bénin (Figure 5.1) que sont la zone guinéo-congolaise, la zone soudano-guinéenne et La zone soudanienne.

La zone guinéo-congolaise (de 6°25 à 7°30 N) a un régime pluviométrique bimodal avec une pluviométrie moyenne de 1200 mm par an totalisant en moyenne 250 jours de pluies (la grande saison de pluie d'avril à fin juillet et la petite de septembre à mi-novembre). Ces périodes de pluies sont alternées avec 2 saisons sèches: une grande, de mi-novembre à mi-mars et une petite d'août à septembre. On y enregistre une température journalière qui varie de 25° à 29°C. L'humidité de l'air varie entre 69 % et 97 %. La zone guinéo-congolaise est dominée par des sols ferrallitiques, profonds et peu fertiles, des sols alluviaux et des vertisols qu'on retrouve dans les vallées des fleuves Mono, Couffo et Ouémé, et dans la dépression de la Lama (Sinsin *et al.*, 2001; MEPN, 2009). Les principales espèces végétales rencontrées dans la zone guinéo-congolaise sont entre autres *Ceiba pentandra*, *Azelia africana*, *Diospyros mespiliformis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Antiaris toxicaria*, *Milicia excelsa*, *Mimusops andongensis*, *Dialium guineense*, *Milicia exelsa*, *Triplochyton scleroxylon* et *Terminalia superba* (MEPN, 2009) ;

La zone soudano-guinéenne (située entre 7°30' N et 9°45' N) a un régime pluviométrique unimodal (mai-octobre) et la pluviométrie moyenne annuelle varie de 900 à 1110 mm répartie le plus souvent sur 113 jours en moyenne. L'humidité relative varie de 31 % à 98 % et les températures varient entre 25°C et 29°C. La zone de transition soudano-guinéenne prolongeant la zone à affinités guinéennes, est le domaine des mosaïques de forêts claires, avec éventuellement des forêts denses sèches, parsemées de savanes arborées et arbustives et traversées par des galeries forestières. On y retrouve les sols minéraux peu évolués et peu

fertiles et les sols ferrugineux sur socle cristallin de fertilité variable. Dans cette zone, on rencontre *Daniellia oliveri*, *Parkia biglobosa* et *Terminalia glaucescens* sur les sols bien drainés, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia campylacantha* et *Terminalia macroptera* sur les sols hydromorphes, *Isoberlinia doka* et *Detarium microcarpum* sur les sols sur cuirasses ou roches peu profondes (MEPN, 2009).

La zone soudanienne (située entre 9°45' N et 12°30' N) connaît une pluviométrie qui varie de 900 à 1100 mm par an, répartie en moyenne sur 145 jours. L'humidité de l'air varie de 18 % pendant l'harmattan (décembre à février) à 99 % en août pendant la saison de pluies et la température mensuelle varie de 24°C à 31°C. La zone soudanienne est le domaine des sols hydromorphes, des sols drainés, des cuirasses ferralitiques et des lithosols. Elle est constituée de savanes et de galeries forestières avec des arbres recouvrant faiblement le sol.

Dans la partie sud de cette zone, la végétation est analogue à celle de la zone de transition. On rencontre des peuplements d'*Isoberlina doka* et d'*Isoberlina tomentosa* et ensuite des espèces comme *Adansonia digitata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Azelia africana*, *Erythrophleum guineense*, etc. (MEPN, 2009).

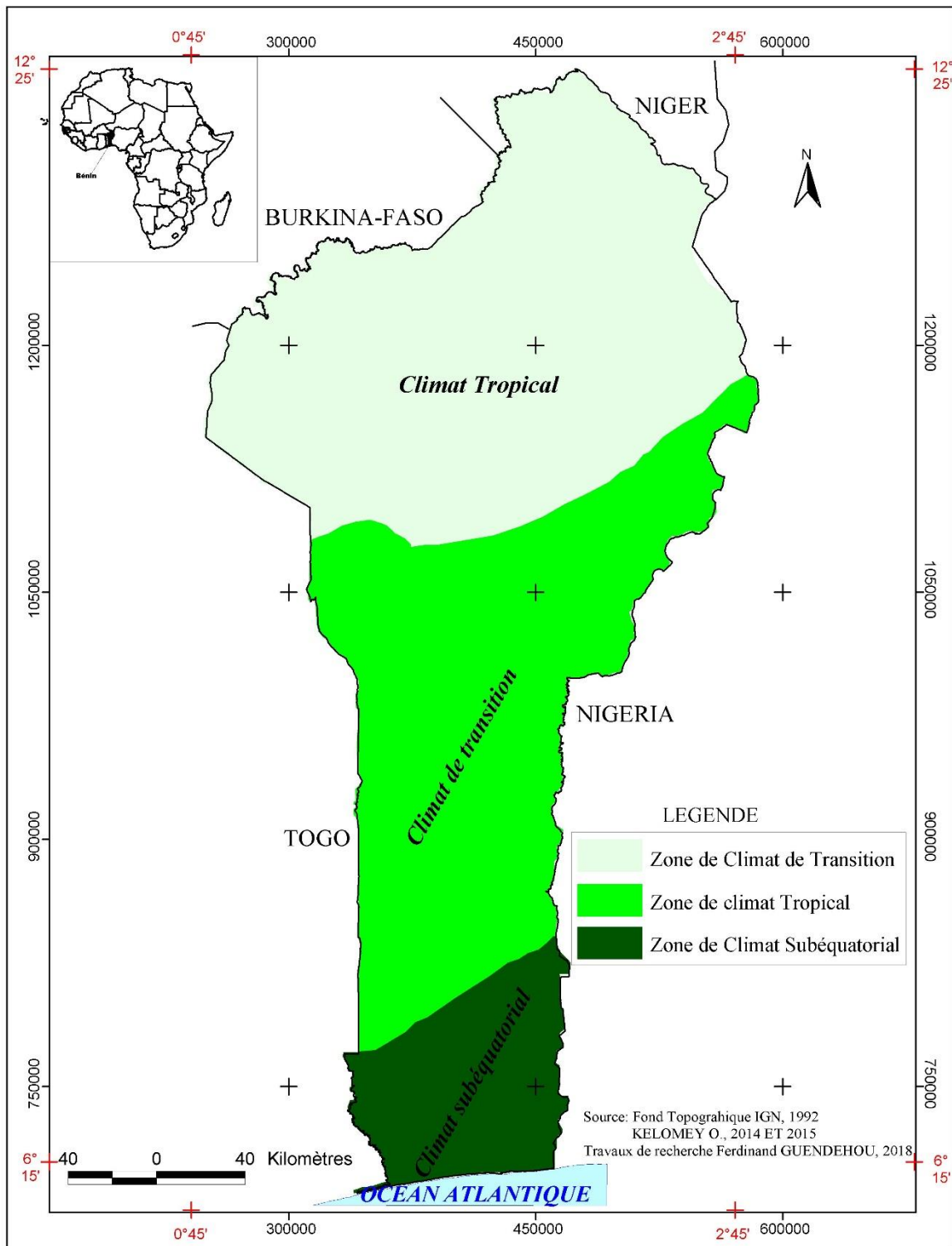


Figure 5 : Carte du Bénin avec les trois zones climatiques

Le site où l'essai de germination par bouturage s'est déroulé est la ferme de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey Calavi située dans la commune d'Abomey Calavi. La Commune d'Abomey-Calavi est située dans le Département de l'Atlantique. Elle est comprise entre 6°21' et 6°42' latitude Nord et 2°13 et 2°25 longitude Est. Elle fait partie des plus vastes communes du Département de l'Atlantique dont elle occupe plus de 20 % de la superficie. Elle s'étend sur une superficie de 650 Km² représentant 0,48% de la superficie de tout le Bénin. Située dans la partie sud du Bénin, elle est limitée au Nord par la commune de Zè, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par les communes de Sô-Ava et de Cotonou et à l'Ouest par les communes de Tori-Bossito et d'Ouidah. Les sols sont ferrallitiques, profonds et peu fertiles.

5.2.2- Caractérisation botanique de *Z. zanthoxyloides*

Z. zanthoxyloides appartient à la famille des Rutaceae avec plusieurs synonymes : *Fagara zanthoxyloides* Lam., *Fagara senegalensis* (DC) A. Chev., *Zanthoxylum senegalense* (DC). A. Chev., *Zanthoxylum polyganum* Schum., *Zanthoxylum zanthoxyloides* Waterm. (Bossokpi, 2003 ; Chaaib, 2004). C'est un arbuste glabre de 6 à 7 m de haut. Les rameaux sont très armés avec des aiguillons très recourbés et aigus, en forme de griffes, petits ou atteignant jusqu'à 1 mètre de longueur. Le rachis et parfois la nervure médiane portent de grosses épines recourbées. Les feuilles (photo 1) sont alternées, composées et imparipennées avec un pétiole de 2 à 5 cm de rachis plus ou moins cylindriques ou aplatis. Les tiges se présentent sous forme de fragments cylindriques de 3 à 5 cm de diamètre (photo 5.2).



Photo 3 : Fruits et feuilles de *Z. zanthoxyloides*



Photo 4 : Tronc épineux de *Z. zanthoxyloides*

5.2.3- Echantillonnage et collecte des données

Le matériel végétatif est constitué essentiellement de fragments de tiges feuillées prélevés au niveau des plantes mères avec une paire de sécateurs. La collecte a été faite dans les trois zones agro climatiques du Bénin et précisément dans leurs habitats naturels. Les tiges feuillées fragmentées sont collectées, à chaque fois et dans chaque zone agro-climatique, sur une moyenne de dix (10) individus de l'espèce, chaque individu étant séparé de l'autre d'au moins 100 m pour éviter de collecter du matériel sur des sujets apparentés. Des lots de 100 boutures ont été constitués par zone agro climatique conformément à la méthode de Tubull (1975). Trois classes de diamètres à savoir $0 < DBH_1 < 4$ mm ; $4 \leq DBH_2 < 8$ mm et $8 \leq DBH_3 < 13$ mm sont choisies pour évaluer les taux de reprises des clones ainsi choisis en relation avec le diamètre, les classes de diamètre ayant un lien relativement direct avec l'âge des sujets. Par rapport à l'impact de la lumière sur la croissance des boutures, nous avons disposé un bloc expérimental sous ombrage et un autre à ciel ouvert directement exposé aux rayons solaires. Enfin, deux substrats (compost et terre arable) ont été utilisés pour évaluer l'effet de la qualité du substrat sur le succès de la reprise des boutures.

Nous avons mesuré le temps de reprise, la hauteur des rejets et compté le nombre de feuilles et de bourgeons. Ces mesures ont été faites sur une durée de quatre mois à intervalle de 15 jours à partir d'une période de deux semaines.

5.2.4- Dispositif Expérimental

Le dispositif (Figure 5.2) est un essai factoriel (3 x 2 x 3). Il s'agit de trois clones de différents diamètres, de deux substrats et de trois provenances (Zones agro climatiques) disposés en blocs aléatoires complets avec 3 répétitions. Chaque bloc contient 6 lots de 15 boutures. Les lots de sachets qui ont constitué les unités expérimentales sont randomisées dans chaque bloc. Au total il s'agit de 270 boutures (5 boutures * 3 clones * 3 zones * 2 substrats * 3 répétitions). L'unité expérimentale couvre une superficie totale de 9m², soit 3m² (2 m * 1,5 m) par répétition.

Les facteurs étudiés sont : Zone agro climatique, Substrat et Classe de diamètre. L'arrosage a été effectué à l'aide d'un arrosoir en raison de 6 litres d'eau par unité expérimentale suivant une fréquence de trois jours. Chaque semaine, durant trois mois, le nombre de bourgeons, le nombre de feuilles et les longueurs des rejets sont enregistrés.

Z1		Z2		Z3	
S1	S2	S1	S2	S1	S2
D1	D2	D3	D2	D3	D1
D3	D1	D1	D1	D2	D3
D2	D3	D2	D3	D1	D2
D3	D2	D1	D3	D2	D3
D2	D3	D2	D2	D3	D2
D1	D1	D3	D1	D3	D1
D2	D3	D3	D3	D1	D2
D1	D1	D2	D2	D1	D1
D3	D2	D1	D1	D3	D3
D1	D3	D2	D2	D3	D1
D2	D2	D1	D3	D2	D2
D3	D1	D3	D1	D1	D3
D3	D3	D1	D1	D1	D3
D1	D2	D2	D2	D3	D1
D2	D1	D3	D3	D2	D2

Figure 6 : Dispositif expérimental (Split plot) (18 traitements (3x2x3) avec 3 répétitions ; Z₁ : Zone Guinéenne, Z₂ : Zone Soudano-guinéenne, Z₃ : Zone Soudanienne ; S₁: Terre arable du site expérimental et S₂: Compost ; D₁ : DBH]0 ; 4], D₂ : DBH]4 ; 8] et D₃ : DBH]8 ; 13])

Après avoir eu les résultats du premier essai, un deuxième essai a été conduit sur la provenance et le clone qui a donné les meilleurs résultats. Il s'agit de la provenance zone agro écologique soudano-guinéenne de diamètres compris entre 4 et 8 mm. Cette fois-ci en a utilisé encore les deux types de substrat (compost et terre arable du site) et l'exposition au soleil et le maintien sous ombrage.

5.2.5- Analyse des données

Pour évaluer l'effet des facteurs (zones agro climatiques, substrats et classes de diamètre) sur les modalités (nombre de bourgeons, la longueur des rejets et nombre de feuilles), les données ont été collectées sur une période de 12 semaines. Le tableur Microsoft Excel 2013 a été utilisé pour la saisie et la codification des données. Une analyse de Friedman dans ANOVA sur mesures répétées sur rang a été faite dans SignaStat 3.5. Une figure (histogramme) a aussi été générée pour montrer la meilleure provenance. Ce test vise à ressortir une différence statistique significative entre les provenances en fonction des succès de rejet et selon les substrats.

S'agissant de l'importance de l'âge de la plante mère et de la lumière sur la croissance des boutures, elle a été appréciée par une reprise de l'expérience sous ombrage et à la lumière avec des boutures issues des plantes de DBH compris entre 4 et 8 mm. Les résultats du deuxième essai ont également permis de générer dans Excel des courbes pour comparer les valeurs

moyennes du nombre des bourgeons, de la longueur des rejets et la longueur le nombre des feuilles sur les différents substrats et ceci, au soleil ou sous ombrage.

5.3- Résultats

5.3.1- Effets du substrat, des provenances et du diamètre sur la croissance des boutures

Il ressort de notre expérience que les trois facteurs considérés (type de substrat, zone climatique et classes de diamètre) ont un effet très hautement significatif sur les modalités (nombre de bourgeons, longueur des rejets et nombres de feuilles) (Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks, Chi-square= 98,656, ddf = 17, p <0,001) (Figure 5.3).

Seules les provenances de la zone soudano-guinéenne et de DBH = D2 :]4; 8] ont affiché un développement significatif avec la longueur moyenne et le nombre de feuille les plus élevés sur le substrat composte.

5.3.2- Effet de la lumière et du substrat sur la croissance des boutures

Le debourrage des boutures de diamètres compris entre 4 et 8 mm prélevées des plantes juvéniles de diamètres sur 5 semaines sont présentés sur les Figures ci-après. Le choix de ces valeurs de diamètres se justifie par le fait que la croissance des boutures lors de la première expérience a été observée à leur niveau.

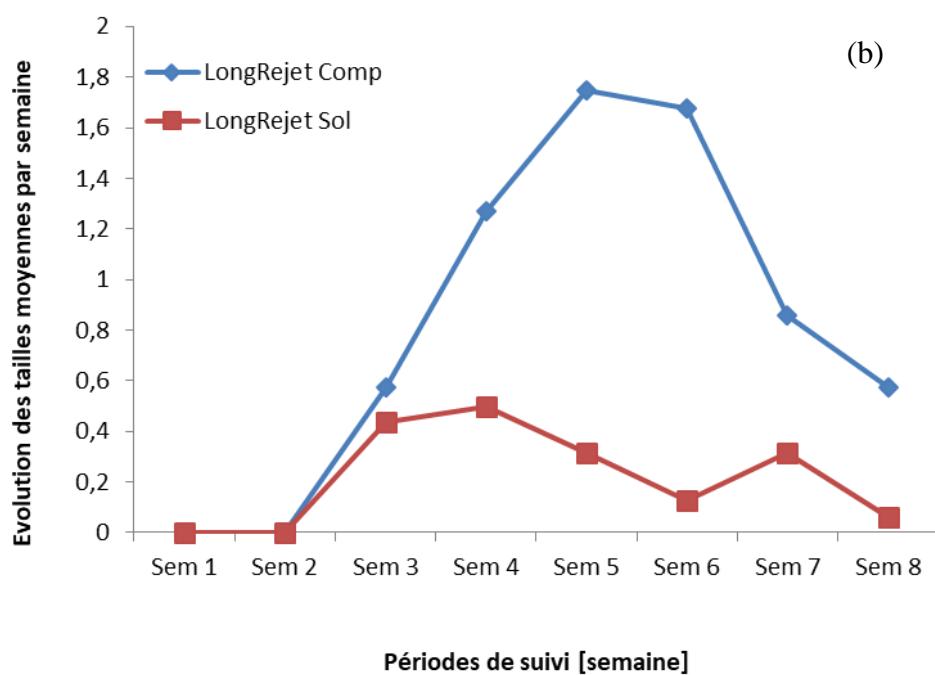
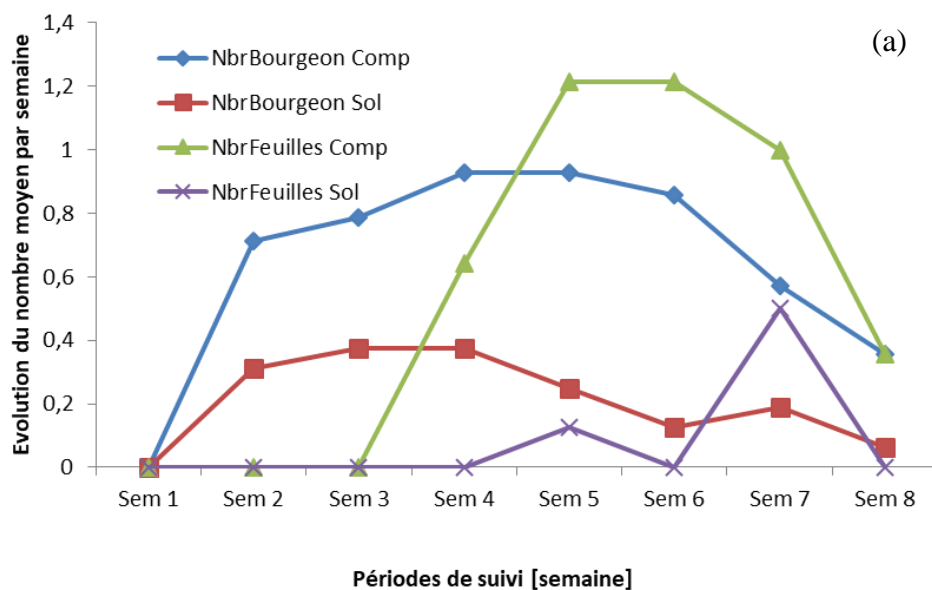


Figure 7 : Evolution comparée des boutures sur différents substrats des nombres hebdomadaires des bourgeons, des feuilles, et des tailles des rejets.

Le substrat compost a donné les meilleurs résultats quant aux nombre des bourgeons (Compost Bourgeon vs. Sol Bourgeon: Mann-Whitney U Statistic = 43,500, T = 257,500 n(small) = 14 n(big) = 14 ; p = 0,011) et des feuilles (Compost Feuille vs. Sol Feuille ; Mann-Whitney U Statistic = 21,000; T = 280,000 n (small) = 14 n (big)= 14 ; p = <0,001) mais les tailles des

rejets ne sont pas significativement différentes (Compost Rejet vs. Sol Rejet: Mann-Whitney U Statistic = 82,500, T = 218,500 n (small) = 14 n(big)= 14 (P = 0,434) ; p = 0,011).

Le même essai repris avec un second lot à l'ombre et un lot à la lumière du soleil a donné les résultats présentés sur la Figure 5.4. La croissance des boutures exposées à la lumière est importante comparativement à celles exposées à l'ombre (a). Le nombre de feuilles sur les boutures exposées à la lumière est élevé par rapport au nombre de feuilles sur les boutures exposées à l'ombre (b). Il se révèle que La lumière joue un rôle considérable sur la vie des plantes chlorophylliennes.

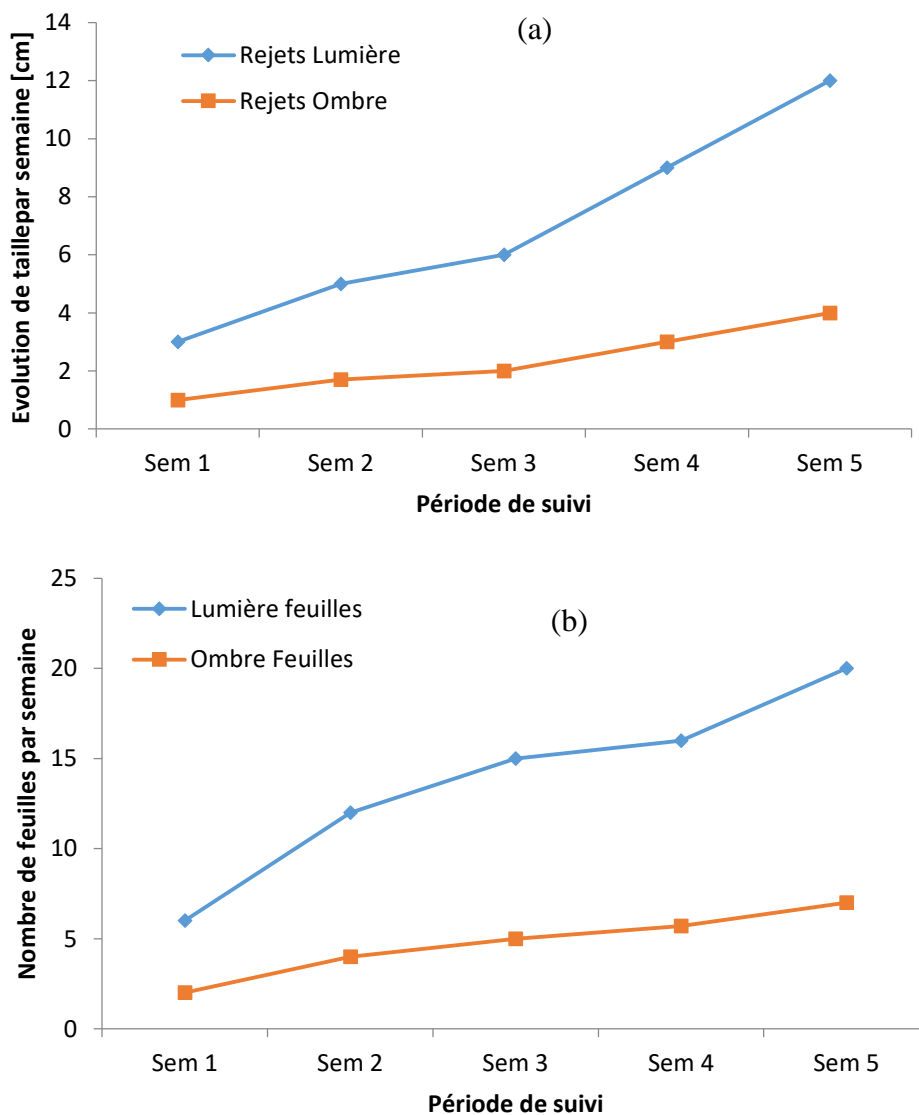


Figure 8 : Croissance comparée des tailles des rejets (a) et du nombre de feuilles (b) sur les boutures à la lumière et à l'ombre.

Les meilleures croissances ont été obtenues à la lumière du soleil (23 à 92% meilleure à la lumière du soleil qu'à l'ombre pour les repousses des boutures). Ce résultat a été obtenu avec les boutures provenant de la Zone Guinéenne et le substrat compost.



Photo 5 : Boutures de *Z. zanthoxyloides* exposées à la lumière

5.4- Discussion

5.4.1- Provenances des boutures de *Z. zanthoxyloides*.

Les différences observées par rapport à la croissance des boutures sont dues à l'influence de l'environnement (manque de la lumière solaire) sur le développement de la plante (Padonou, 2009). L'absence de régénération des boutures issues des zones Guinéenne et Soudanienne ne s'explique pas à cette étape de notre recherche et cette situation pourrait faire penser à un éventuel problème physiologique ou de déshydratation précoce après leur prélèvement des pieds parents. Selon Nguema (2013), ses échantillons auraient connu un dessèchement précoce sous l'effet du climat après leur détachement de l'arbre mère. En effet, la qualité des boutures est très dépendante du stade de développement qu'elles ont atteint au moment de leur collecte. Chez *Manihot esculenta*, par exemple, il est recommandé l'usage de boutures issues des pieds mères dont l'âge n'excède pas 18 mois (Ahanhanzo *et al.*, 2008). Etant une espèce tropicale, héliophile qui produit très peu de graines et se multiplie par bouturage (Jean-Pierre, 2006), elle est peut-être comparable à *Z. zanthoxyloides* sur ces aspects en lien avec la multiplication par bouturage. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des boutures issues des plantes mères adultes (DBH]10 ; 50 cm]). Ces boutures sont certainement assez lignifiées et renferment peut-être peu de réserves nutritives pour assurer une reprise rapide des boutures. Cet état ne favorise pas la formation et le développement des racines et des pousses dans un premier temps, puis réduit la viabilité des bourgeons en voie de débourrement (Thorpe *et Stefania*, 2001). La période de l'expérimentation peut avoir joué sur le succès de repousse. En effet, cette période correspond à la saison sèche et les apports d'eau peuvent ne pas suffire pour compenser toutes les pertes en eau. Nguema *et al.* (2013) ont rapporté que les plantes propagées par bouturage possèdent une faible résistance à la sécheresse comparativement aux plantes régénérées par les graines. Malgré le retard de croissance des boutures, il a été enregistré une floraison après deux mois de germination, conformément aux observations de Reinhard (2010), Reinhard et Tianasoa (2010) qui avaient rapporté que les plantes issues du bouturage ont souvent la même phénologie que les pieds mères et peuvent rentrer relativement tôt en production.

5.4.2- Nature du substrat et la croissance des boutures de *Z. zanthoxyloides*

Le compost a assuré la reprise plus rapide des boutures par rapport à la terre arable. Le compost avec ses microorganismes peut libérer plus d'éléments nutritifs assimilables par les plantes pour se développer. Tout ceci est favorisé par l'activité des microorganismes se trouvant dans le compost (Fuchs, 2009). L'influence positive du compost sur le développement de la plante

résulte de deux actions différentes. D'une part, il agit comme un engrais en fournissant à la plante des éléments nutritifs et, d'autre part, comme amendement en améliorant les propriétés des sols. Le compost, grâce à sa teneur élevée en matières organiques, améliore de nombreuses propriétés physiques des sols. Il abaisse significativement la densité apparente (Mays *et al.*, 2003), accroît la porosité totale (Pagliai, 2005) et améliore la capacité de rétention en eau des sols en augmentant la microporosité du sol (Bengstone, 2003). Toutes ces améliorations confirment l'action positive des matières organiques sur la fertilité des sols (Pichot, 2005; Gobat *et al.*, 2003; Velly, 2004).

5.4.3- Effet de la lumière sur la croissance des boutures de *Z. zanthoxyloides*

L'évaluation de l'aptitude végétative des boutures montre un taux de reprise de moins de 20 % sous ombrage et 75 % à la lumière solaire. Le faible taux de reprise observé au niveau des boutures sous ombrage serait dû à l'absence de lumière/énergie solaire qui ne favorise pas suffisamment les activités photosynthétiques (Nguema, 2013) et dans ces conditions Kengué (2002) rapporte que les réserves s'épuisent au moment même où aucune structuration racinaire n'est encore mise en place pour prendre le relais. En effet, lorsqu'un rameau est séparé de la plante mère, il devient autonome du point de vue nutritif et doit enclencher au préalable la formation d'une cal cicatricielle induisant la poussée des racines. La lumière apporte l'énergie nécessaire à la photosynthèse et ainsi la croissance des plantes varie selon le spectre et la photopériode (Wang *et al.*, 2001; Afreen *et al.*, 2005). La lumière joue un rôle considérable sur la végétation, et plus particulièrement sur la vie des plantes chlorophylliennes capables d'utiliser l'énergie lumineuse pour réaliser la synthèse des composés organiques (Fanny, 2006). Son intensification améliore la quantité de biomasse et la teneur de molécules d'intérêt dans les plantes médicinales. (Leonhardt *et al.*, 2009 ; Tran, 2005 ; Afreen *et al.* 2005). A cet effet, on peut déduire que *Z.zanthoxyloides* est une plante «héliophile» (Emrich *et al.*, 1999) eu égard à la performance de ses boutures exposées à la lumière du soleil.

5.5- Conclusion

Nos résultats montrent clairement que la multiplication de *Z. zanthoxyloides* peut se faire par bouturage mais le développement des plantes dépend des conditions du milieu de culture y compris la qualité du substrat. Aussi, les plus jeunes plants fournissent des boutures plus à même de rejeter que celles issues des sujets plus âgés.

Les résultats de cette étude permettent d'envisager la multiplication végétative et la domestication du *Z. zanthoxyloides* pour les utilisations actuelles est future. Les multiples usages médicinaux connus pour cette plante nécessitent que des études plus approfondies soient entreprises en vue de la valoriser plus et pour qu'elle soit au centre d'actions nationales au niveau des plans d'aménagement des habitats naturels de son aire de distribution au Bénin. Mais en attendant, il est nécessaire d'évaluer le niveau de connaissance et des usages médicinaux que les populations font de cette plante à usage multiple afin de mieux apprécier son statut de conservation.

Chapitre 5: Connaissances et usages médicaux de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam.) Zeperm. & Timler par les communautés autour de forêt classé de la Lama au Bénin : implications pour sa conservation

6- Connaissances et usages médicinaux de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam.) Zeperm. & Timler par les communautés autour de forêt classée de la Lama au Bénin : implications pour sa conservation

Ce chapitre est soumis pour publication comme ci-après :

GUENDEHOU Ferdinand, DJOSSA Agossou Bruno, TEKA Oscar et ASSOGBADJO Achille Ephrem. Connaissances et usages médicinaux de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (lam.) Zeperm. & Timler par les communautés autour de la forêt classée de la Lama au Bénin : implication pour sa conservation. Soumis à *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*

Résumé

Au Bénin, *Z. zanthoxyloides*, espèce surtout médicinale subit de fortes pressions d'utilisation. La présente étude a investigué les pressions d'utilisation en évaluant les connaissances et usages des organes de l'espèce autour la Forêt Classée de la Lama où l'espèce est plus présente au Bénin. Une enquête conduite auprès de 240 personnes réparties dans les trois groupes socioculturels majeurs (Fon, Adja, Holli) a permis de rapporter les divers usages sur l'espèce. La pression d'utilisation de la plante a été appréciée au moyen des valeurs d'usages calculés par organe utilisé pour traiter différentes affections. Les résultats ont révélé des usages médicinaux variés pour traiter/soulager des problèmes de santé regroupés en : *affections microbiennes, affections digestives/parasitaires, affections du sang, affections cutanées et tonifiants*. Les Holli ont déclaré plus d'usages suivis respectivement des Fon et des Adja. Les femmes ont déclaré globalement moins d'usage que les hommes. Les personnes des deux sexes, de différents âges, ont déclaré des usages médicinaux globalement comparables avec les Holli encore en tête. Les affections microbiennes étaient partout en tête des déclarations d'usage généralement suivies des affections digestives/parasitaires. La racine, l'écorce et les feuilles étant surtout utilisés, il est évident que le maintien sur le long terme de cette espèce sera mis à mal. Nous concluons que les usages médicinaux traditionnels, pratiques adoptées par la grande majorité des personnes vivant dans ces milieux, constituent une pression qui appelle des interventions pour aider au maintien et à la gestion durable de cette ressource pour les usages actuels et futurs.

Mots clés : Ethnobotanique, plantes médicinales, groupes socioculturels, genre, âge, Bénin.

6.1- Introduction

L'Afrique est l'un des continents où la biodiversité est la plus élevée au monde mais en constante dégradation (UNEP-WCMC, 2016). Elle est également un des continents où de nombreuses communautés rurales dépendent de la diversité biologique pour tirer leurs moyens d'existence (Endamana *et al.*, 2015) comme ailleurs dans les régions pauvres du monde (Kumar et Lalramnghinglova, 2011). L'utilisation des PFNLs est une illustration de cette exploitation des ressources naturelles à diverses fins (Bikoué et Essomba, 2007). Les usages faits de la biodiversité végétale peuvent être médicaux, alimentaires, culturels, artisanaux ou domestiques (Fandohan *et al.*, 2010; Perumal, 2010). Ainsi, différentes études ethnobotaniques (Fandohan *et al.*, 2010 ; Goussanou *et al.*, 2011 ; Gouwakinnou *et al.*, 2011), socioéconomiques (Codjia *et al.*, 2009) et écologiques (Quin *et al.*, 2005 ; Dadjo, 2011 ; Déguénonvo, 2011) ont confirmé ces différents intérêts. Au nombre de ces usages ceux médicaux sont les plus répandus surtout dans les communautés rurales pauvres. La majorité des populations du tiers-monde (70%) a recours à la tradi-thérapie basée sur les plantes pour leurs problèmes de santé (Malaisse, 1992) alors que plus d'Africains (80%) y font recours (Jiofack *et al.*, 2010). Au plan mondial, l'IUCN a dénombré à partir des pharmacopées publiées 16.000 espèces de plantes supérieures, mousses, fougères et lichens ayant des vertus médicinales (Leaman *et al.*, 2009). Un inventaire réalisé par l'OMS, vers la fin des années 1970 a estimé que le nombre d'espèces ayant des propriétés médicinales était de l'ordre de 21.000 dans le monde (Khan *et al.*, 2013). Cependant, il n'existe pas de liste mondiale exhaustive des espèces de plantes car nombre d'espèces restent à déterminer (Gilbert *et al.*, 2016). Sur les 300.000 espèces végétales recensées sur la planète plus de 200.000 se trouvent en Afrique tropicale et présentent des propriétés médicinales (Salhi *et al.*, 2010). Au Bénin, sur les 3000 espèces de plantes inventoriées dans les écosystèmes forestiers, 172 sont consommées par les populations locales comme plantes alimentaires (Codjia *et al.*, 2003 ; Dadjo *et al.*, 2012) et 814 sont exploitées comme plantes médicinales (Sinsin et Owolabi, 2001). La documentation des plantes médicinales ainsi que les usages qui leurs sont associés est nécessaire pour mieux apprécier les pressions anthropiques dont elles font l'objet et surtout pour entreprendre des actions pouvant permettre leur conservation pour les usages actuels et futurs. Cet intérêt pour la conservation des ressources forestières en général et pour les essences végétales autochtones d'intérêt s'élève de plus en plus et un peu partout dans le monde (Fennane, 2004 ; Dadjo, 2011 ; Kimpouni *et al.*, 2018 ;). Des études ethnobotaniques sont donc utilisées comme moyen pour comprendre les utilisations ainsi que les perceptions des communautés riveraines des habitats qui abritent les espèces d'intérêt (Yapi et Zirihi 2015). Elles apparaissent comme un préalable indispensable

pour l'élaboration et la mise en place d'un plan de gestion participative des espèces dans leurs habitats naturels.

Au Bénin, *Z. zanthoxyloides* est une plante médicinale assez utilisée qui fait l'objet de l'exploitation de presque tous ses organes (Adomou *et al.*, 2011) à cause de ses vertus médicinales largement reconnues par les communautés rurales (Adomou *et al.*, 2012). Mieux, elle est reconnue récemment par des chercheurs béninois pour ses effets prouvés sur la drépanocytose avec le médicament VK-500® mis au point par Dr Medegan Fagla Jerome à partir de plusieurs plantes dont *Z. zanthoxyloides* et exploite au Bénin depuis 1999 (Mavian, 2012). L'espèce a une distribution réduite et semble aujourd'hui confinée aux aires protégées comme la FC de la Lama. Ce qui est révélateur d'un certain statut de conservation au Bénin (Adomou *et al.*, 2011).

La présente étude sur *Z. zanthoxyloides* ambitionne évaluer les connaissances et les usages médicinaux liés à cette espèce par les différents groupes socioculturels autour de la F.C. de la Lama qui est un de ses réservoirs importants au Bénin. Cette étude documente les pressions que subit *Z. zanthoxyloides* pour motiver les décisions et actions pour sa conservation. De manière spécifique, il s'est agi de (i) recenser les divers usages de différents organes de la plante par les différents groupes socioculturels et l'influence du genre et de l'âge et (ii) évaluer les convergences des usages entre les groupes socioculturels investigués;(iii) proposer des pistes pour une conservation durable de *Z. zanthoxyloides* pour garantir les usages actuels et futurs au Bénin

6.2- Matériel et méthodes

6.2.1- Milieu d'étude

La Forêt Classée de la Lama se situe dans le Sud du Bénin à environ 65 km (vol d'oiseau) de Cotonou et s'étend à cheval entre les départements de l'Atlantique et du Zou. Son nom lui vient de la dépression de la Lama où elle est installée (Figure 1). Les villages riverains sont Koto et Don du côté nord et Toffo au sud. La voie de chemin de fer Cotonou-Parakou est sa limite Ouest et la voie goudronnée Cotonou-Bohicon en est la limite Est. Cette forêt se situe géographiquement entre 6°55' et 7°00' de latitude nord et entre 2°04' et 2°12' de longitude Est. Elle est un des derniers vestiges de mosaïque forêts/savanes qui existent encore au Bénin. Elle est composée de forêt naturelle, de mosaïques de forêts/savanes dégradées et de formations forestières plantées avec des essences exotiques. Cette forêt a été classée par le gouvernement béninois (Dahomey d'alors) avec l'arrêté de classement n°05574/SE/F du 24 décembre 1946. Elle couvre à l'origine une superficie de 16250 ha dont 11000 ha de forêt qui ne reste de nos

jours que 4777 ha de forêt dénommée noyau central décomposé en 292 ha de plantation de *Tectona grandis* et *Gmelina arborea*, de 1900 ha de forêt dense et de savane (Emrich *et al.*, 1999). Au plan administratif, les 16250 ha se divisent en partie sud (9750ha) dans la commune de Toffo, Département de l'Atlantique et la partie nord (6500ha) dans la commune de Zogbodomey, département du Zou (Figure 1). Cette forêt appartient au domaine phytogéographique Guinéo-congolais avec une pluviométrie annuelle de 1100 mm de pluie. Le climat est de type subéquatorial avec deux saisons de pluie (avril à mi-juillet et de mi-septembre à octobre). La température moyenne annuelle est de 29°C et le type de sol dominant est hydromorphique.

Des études précédentes avaient rapporté une diversité faunique dans la forêt y compris plusieurs espèces menacées (Coubéou, 1995, Codjia and Assogbadjo, 2004). Les espèces recensées étaient *Thryonomys swinderianus*, *Potamochoerus porcus*, *Tragelaphus scriptus*, *Cercopithecus mona*, *Cercopithecus erythrogaster erythrogaster*, *Civettictis civetta*, *M. tricuspis* (Manidae) etc. Cette forêt alimente également une activité non négligeable de commerce de viande de brousse (Sogbohossou and Kassa, 2016).

Les groupes socioculturels vivant autour de cette forêt sont les Fons, les Adjas et les Holli. L'agriculture est l'activité dominante suivie des jobs dans les travaux d'exploitation des plantations par la structure en charge de la gestion de la forêt.

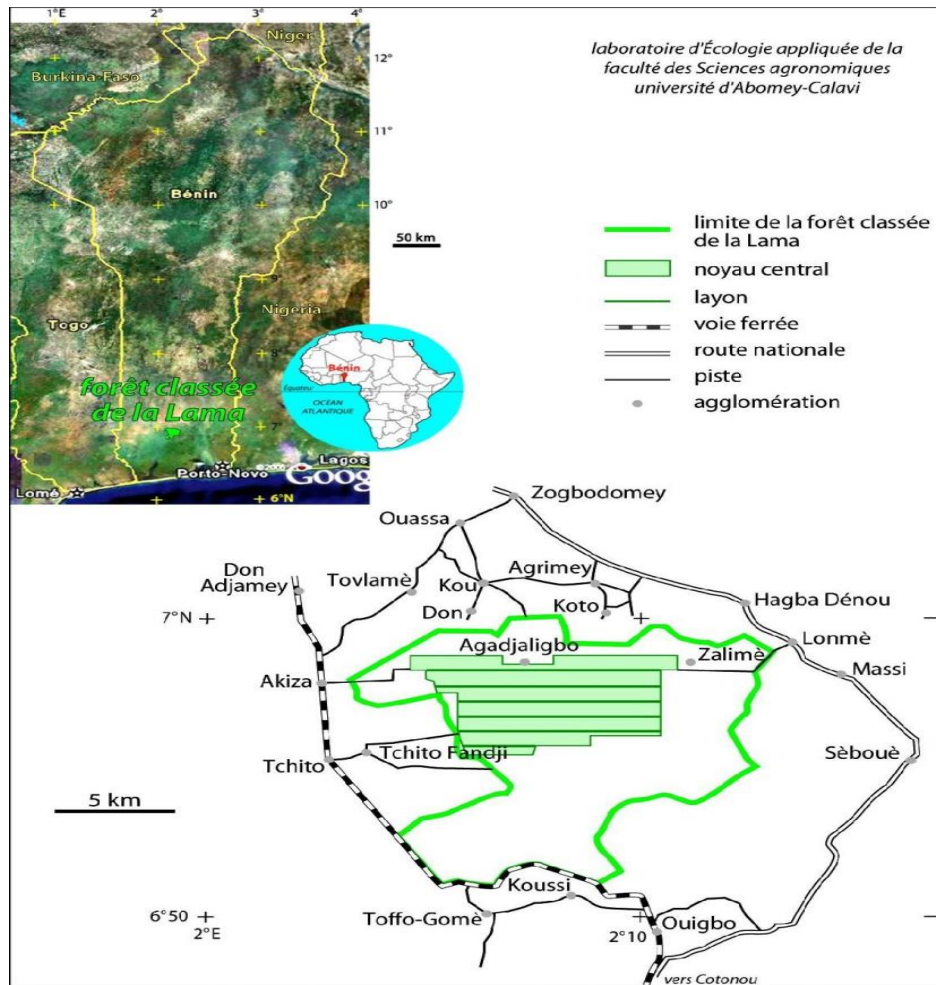


Figure 9 : Carte du Bénin situant la Forêt Classée de la Lama et les villages environnants

6.2.2- Méthode de collecte de données

Une étude exploratoire a été effectuée sur un échantillon de 100 personnes prises au hasard dans l'ensemble des groupes socioculturels ciblés. Ce sondage a permis de déterminer la proportion de 25 personnes qui possèdent des connaissances sur les usages médicinaux de *Z. zanthoxyloides*. Ensuite un calcul de la taille effective de l'échantillon à partir des résultats du sondage a été fait grâce à la formule 1 de Dagnelie (1998) :

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{d^2} \quad (1)$$

n : est le nombre total de personnes enquêtées dans le cadre de cette étude. t^2 est la valeur de la variable aléatoire normale pour une valeur de la probabilité pour $\alpha=0.05$.

$t^2= 1,96$; p : est la proportion de personnes qui ont une connaissance sur les usages ethnobotaniques de *Z. zanthoxyloides* (les résultats du sondage ont donné 25 personnes sur 100 soit $p = 0,25$), d : est la marge d'erreur autorisée (il a été choisi $d =5\%$). Le calcul de la taille

de l'échantillon requise a donné $n = 230$ personnes. Ainsi, il a été enquêté 240 personnes appartenant aux trois groupes ethniques (Fon, Adja et Holli) majoritairement représentés dans et autour de la FCL.

6.2.3- Enquêtes ethnobotaniques

Au total, 240 personnes appartenant à 3 groupes socioculturels à savoir les Fons (34,16%), les Holli (57,5%) et les Adja (8,33%) ont été enquêtées en utilisant un questionnaire de type structuré. Un consentement libre de toutes les personnes a été obtenu avant la conduite desdites enquêtes. Pour les enquêtés non alphabétisés et non scolarisés, les services de traduction d'un guide local ont été requis.

Les données collectées sont relatives aux usages médicinaux des organes suivant les groupes socioculturels, le genre et l'âge.

6.2.4- Analyse et traitement de données

Les usages médicinaux déclarés par les répondants ont été classés par organes, par groupes socioculturels, par sexe et par classe d'âge défini (< 50 ans, $50-75$ ans et ≥ 75 ans). Par organe de la plante les valeurs d'usage (VU) ont été calculées suivant la formule 2 ci-après :

$$U_{\text{aff}}/N_{\text{tu}} \quad (2)$$

Avec U_{aff} représentant le nombre d'usage par affection et N_{tu} représentant le nombre total d'usage médicinaux par organe.

Pour des besoins de simplification du message, les affections traitées par les enquêtés ont été regroupées en catégories plus ou moins homogènes sachant que ces groupes socioculturels font surtout des traitements symptomatiques ignorant souvent les causes. Les principales catégories d'affections sont consignées dans le tableau 6.1 ci-après. Il importe de spécifier les différentes affections qui figurent au sein de ce tableau. Les affections microbiennes sont des maladies provoquées par la transmission d'un micro organisme ou d'un agent infectieux. Pour ce qui concerne les affections digestives, elles regroupent les pathologies liées au système digestif (estomac et intestins). S'agissant des affections asthéniques, elles sont liées à une insuffisance fonctionnelle d'un organe ou d'un système. Quant aux affections du sang, encore appelées « hémopathies », ce sont des pathologies qui touchent non seulement la production du sang mais aussi ses composants comme les cellules sanguines, l'hémoglobine, le mécanisme de coagulation et les protéines sanguines. Quant aux affections parasitaires, elles sont dues à des parasites.

Tableau 1 : Groupes d'affections prises traitées avec les organes de la plante

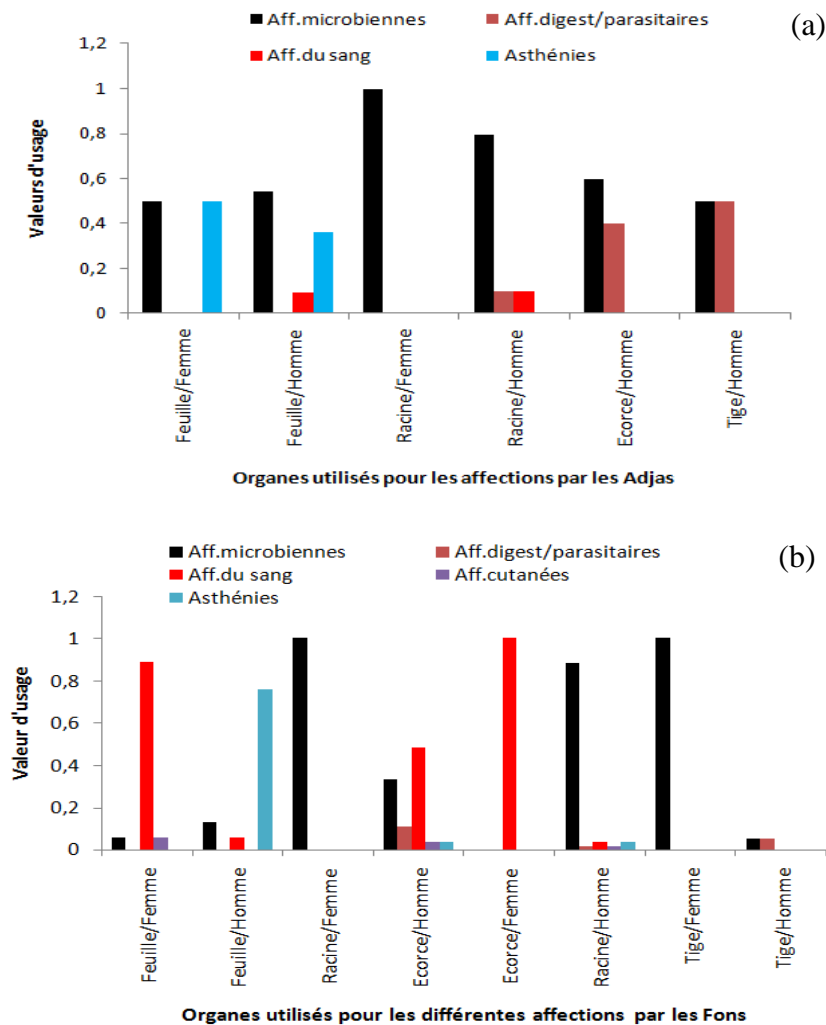
N°	Groupes d'affection	Maladies et affections constitutives
1	Affections microbiennes	Abcès, carie dentaire, infections, inflammation, MST, rougeole, toux
2	Affections digestives et parasitaires	Maigrissement, hernie, malnutrition, maux de ventre, purge, constipation, ver de guinée, vermifuge
3	Affections du sang	Crise convulsive chez les enfants, drépanocytose, épilepsie, hypertension, paludisme
4	Affections de la peau	Dâtres, démangeaisons, urticaires, piqûres d'insecte
5	Asthénies	Faiblesse sexuelles, vertiges, impuissance sexuelle passagère

Les séries des valeurs d'usage par organes ont été utilisées pour comparer les groupes socioculturels avec une ANOVA (lorsque les données ont une distribution normale ; dans le cas contraire c'est Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks) et en cas de différence significative, des comparaisons deux à deux sont faites (All Pairwise Multiple Comparison Procedures Holm-Sidak method ou Tukey Test). Au cas où seulement deux groupes d'affections sont définies à partir des usages déclarés, un t-test est utilisé pour les comparer. A sein de chaque groupe socioculturel les groupes d'affections ont également été utilisés pour rechercher des différences entre le genre avec les mêmes analyses statistiques. Par ailleurs, les mêmes outils statistiques ont été utilisés pour rechercher des différences significatives entre les âges définis quant aux groupes d'affections définies. Les valeurs d'usage ont été utilisées pour construire des histogrammes pour afficher les comparaisons.

6.3- Résultats

6.3.1- Usages médicaux des organes suivant les groupes socioculturels et le genre

Les usages des organes de *Z. zanthoxyloides* pour prendre en charge les différents groupes d'affections par groupes socioculturels et suivant le genre autour de la Forêt Classée de la Lama se présentent comme suit (Figure 6.2).



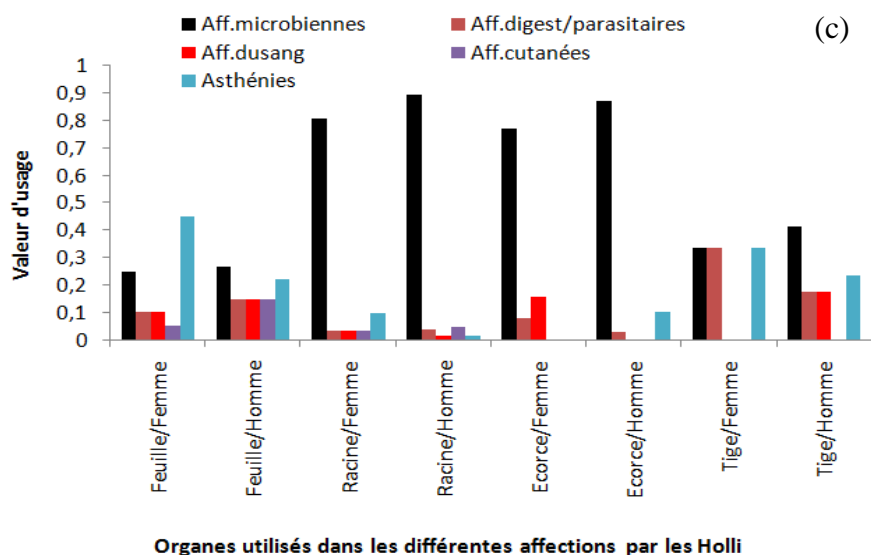


Figure 10 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjas (a), les Fons (b) et les Hollis (c).

Les usages rapportés pour tous les organes et dans tous les groupes affichent des déclarations liées aux affections microbiennes suivies des affections de sang surtout chez les Fons sans oublier les asthénies en troisième position mais également présentes dans tous les groupes socioculturels.

Chez les Adjas, la comparaison deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test)) a permis de ressortir une différence significative entre les affections microbiennes, de sang et les asthénies alors qu'aucune différence n'a été détectée entre les affections microbiennes et les affections digestives/parasitaires ; il en est de même avec les asthénies.

En considérant les femmes, aucune différence significative n'a été détectée sur la base de la prise en charge des affections. Quant aux hommes, des différences significatives ont été révélées (One Way Analysis of Variance; $p = 0,002$) puis la comparaison deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method)) a permis de rapporter une différence significative entre les affections microbiennes et les affections de sang, digestives/parasitaires et asthéniques. Aucune différence significative détectée entre les affections digestives/parasitaires et affections de sang et asthéniques. Egalement aucune entre les affections de sang et asthéniques.

Au niveau des Fons, des différences significatives ont été rapportées au niveau des affections (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 11,440$; $df = 4$; $p = 0,022$). Les comparaisons deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey

Test)) ont révélé de manière tranchée qu'il n'existe pas de différence entre affections microbiennes et affections cutanées. Les autres comparaisons ont été déclarées non testées.

En considérant les femmes, aucune différence significative n'a été détectée (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 8,146$; $df = 4$; $p = 0,086$). Il en est de même pour les hommes (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 6,849$; $df = 4$; $p = 0,144$).

Chez les Hollis, des différences significatives ont été révélées au niveau des affections (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 21,058$; $df = 4$; $p = <0,001$) et la comparaison deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test)) a permis de rapporter des différences significatives entre les affections microbiennes et les affections de sang, cutanées. Mais aucune différence entre les affections microbiennes et les asthénies en plus entre les asthénies et les affections cutanées.

Des différences significatives ont également été révélées au niveau des femmes (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 9,851$; $df = 4$; $p = 0,043$) ainsi qu'au niveau des hommes (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 11,029$; $df = 4$; $p = 0,026$).

6.3.2- Usages médicaux des organes de l'espèce suivant les groupes socioculturels et les générations

Les usages des organes de *Z. zanthoxyloides* pour prendre en charge les différents groupes d'affections par les groupes socioculturels et entre générations autour de la Forêt Classée de la Lama se présentent comme suit (Figure 6.3).

Les usages rapportés chez les jeunes (≤ 50 ans) montrent que ces derniers utilisent les organes de la plante pour prendre en charge surtout les affections microbiennes suivies des affections digestives/parasitaires. Les jeunes Hollis affichent des usages plus diversifiés.

Au niveau des Adjas, des différences significatives (Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 15,699$; $df = 2$; $p = <0,001$) ont été rapportées pour ces jeunes sur la base des affections prises en charge par les organes de la plante. Les comparaisons deux à deux on

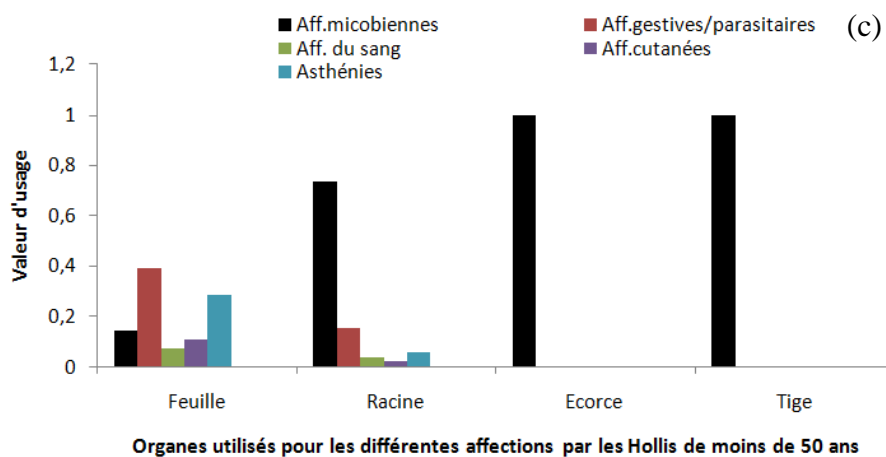
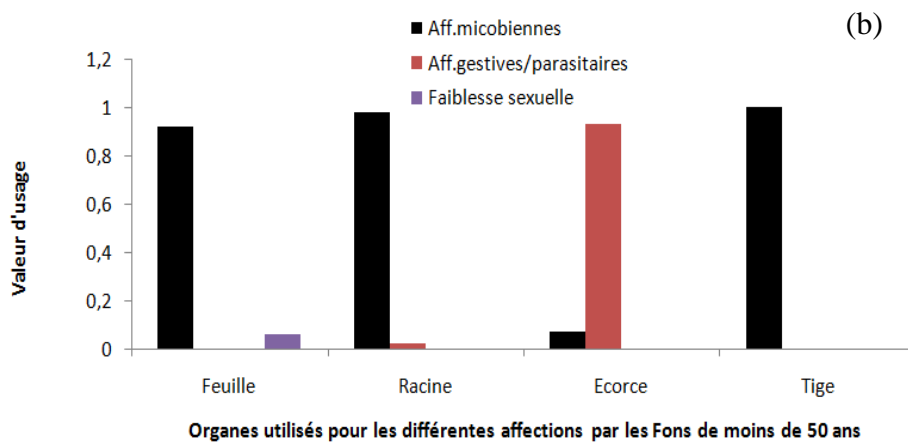
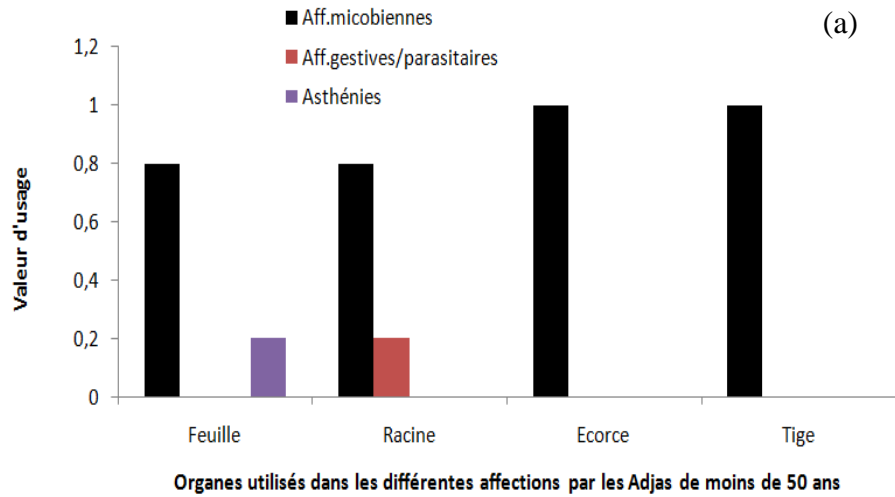


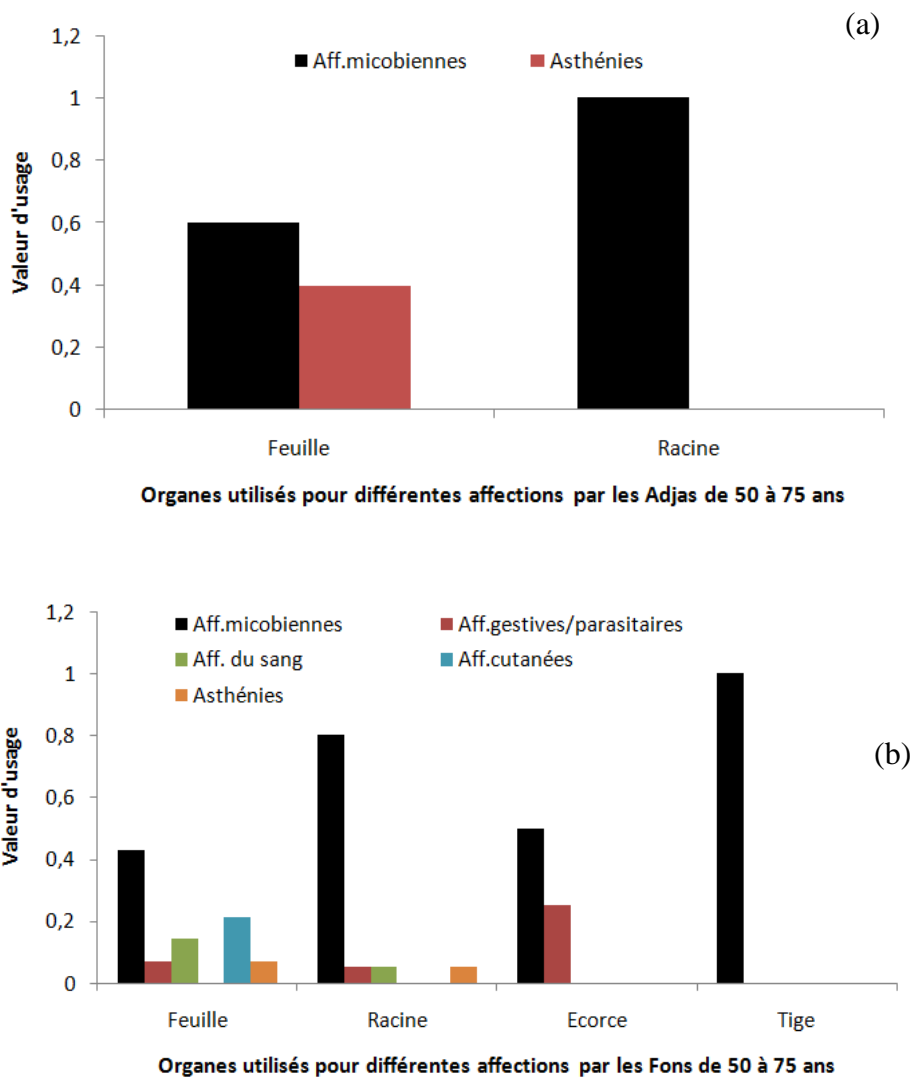
Figure 11 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjas (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de 50 ans.

Permet de révéler des différences significatives (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test).

Chez les Fons, aucune différence significative (One Way Analysis of Variance ; $p = 0,057$) n'a été rapportée sur la base des affections prises en charge.

Il n'y a également aucune différence significative (Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 8,496$; $df = 4$; $p = 0,075$) n'a été détectée pour les jeunes Hollis dans la prise en charge des affections avec les organes de la plante.

Les usages des organes de *Z. zanthoxyloides* pour prendre en charge les différents groupes d'affections par les personnes âgées de 50 à 75 ans des différents groupes socioculturels autour de la Forêt Classée de la Lama se présentent sur la figure 6.4 ci-dessous.



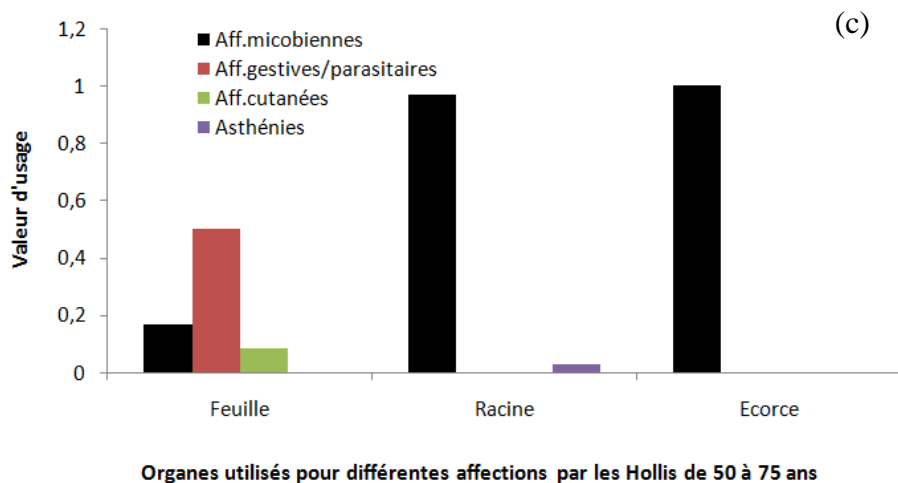


Figure 12 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjas (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de 50 à 75 ans.

Les Figures montrent une dominance des affections microbiennes suivies immédiatement par les problèmes asthéniques. Les Fons ont déclaré les usages les plus diversifiés alors que les Adjas de cet âge ont déclaré le moins possible les Hollis étant intermédiaires entre les deux. Au niveau des Adjas de cet âge aucune différence significative (T-test ; $t = 2,121$; $df = 2$; $p = 0,168$) n'a été détectée au niveau des deux groupes d'affections prises en charge avec les organes de la plante.

Pour les Fons, des différences significatives ont été détectées (Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 10,706$; $df = 4$; $p = 0,030$). Les comparaisons deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test)) ont révélé de manière tranchée qu'il n'existe pas de différence entre affections microbiennes et affections cutanées. Les autres comparaisons ont été déclarées non testées.

Quant aux Hollis de cet âge, il y a des différences significatives (One Way Analysis of Variance ; $p = 0,046$) entre les groupes d'affections prises en charge ; cependant les comparaisons deux à deux (All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method)) n'ont pas permis de ressortir de différences entre deux groupes d'affections pris en charge.

Les usages des organes de *Z. zanthoxyloides* pour prendre en charge les différents groupes d'affections par les personnes âgées (≥ 75 ans) des différents groupes socioculturels autour de la Forêt Classée de la Lama se présentent sur la figure 6.5 ci-dessous.

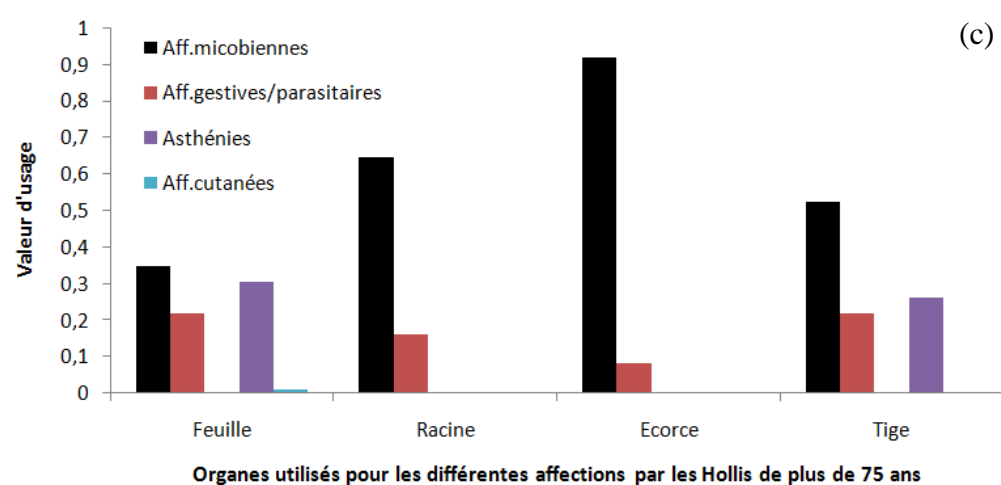
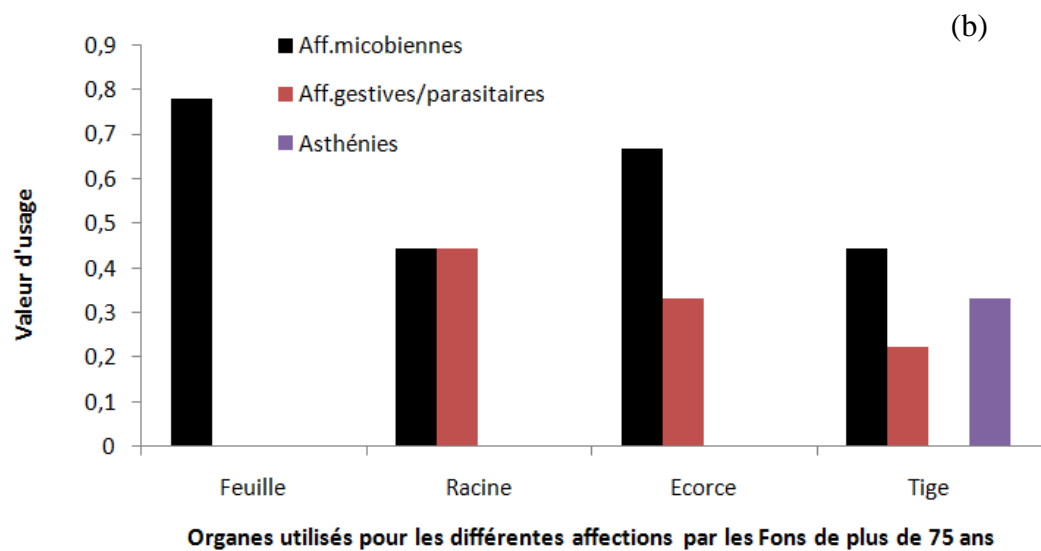
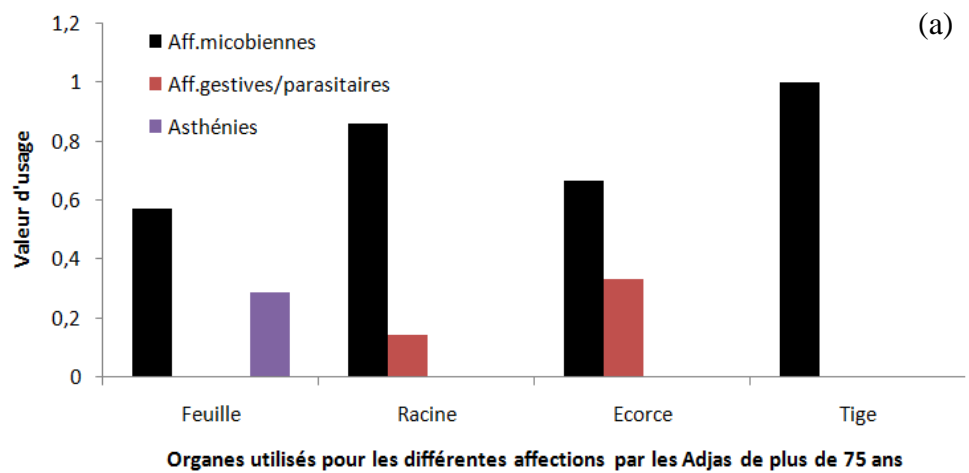


Figure 13 : Utilisation des organes de l'espèce dans la prise en charge des affections par les Adjas (a), Fons (b) et Hollis (c) de moins de plus de 75 ans.

De la lecture des figures les affections microbiennes sont les plus prises en charge dans tous les groupes socioculturels suivies des affections digestives/parasitaires et enfin les problèmes asthéniques. Il est remarquable que tous les organes de la plantes sont utilisés pour prendre en charge n'importe lequel des groupes d'affection.

Il y a des différences significatives (Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks ; $H = 8,105$; $df = 2$; p (est.)= 0,017 ; p (exact)= 0,011) entre les affections prises en charge avec les organes de la plantes.

6.4- Discussion

6.4.1- Connaissances et usages médicinaux par groupe socioculturel

La présente étude sur les connaissances des usages médicinaux des organes de *Z. zanthoxyloides* pour la prise en charge des affections courantes dans les communautés vivant autour de la Forêt Classé de la Lama (FCL), où on trouve encore des populations de l'espèce a rapporté des usages diversifiés sur une gamme relativement élevée d'affections. Les résultats montrent que tous les groupes socioculturels vivant autour de la FCL utilisent tous les organes majeurs de l'espèce pour traiter différentes affections courantes. Cependant, si les mêmes groupes d'affections se retrouvent chez tous les groupes socioculturels, les intensités d'usages par groupes d'affection varie. Ces genres de variation dans les connaissances ethnobotaniques sur les espèces autochtones avaient déjà été rapportées par différentes études précédentes (Fandohan *et al.*, 2010 ; Gouwakinnou *et al.*, 2011 ; Wédjangnon *et al.* 2016). La différence de connaissance et d'utilisation médicinale de l'espèce constatée au niveau des groupes socioculturels place les Adjas derrière les Fons et les Hollis, ces derniers ayant déclaré le plus d'utilisation. Si les Fons sont les groupes en place dans le milieu depuis longtemps, les Hollis qui ont rejoint plus tard à la recherche de terre agricole, sont plus en contact de ces habitats naturels qu'aucun autre groupe socioculturel. Etant spécialiste du travail des terres lourdes comme celle de leur région de provenance au Bénin, la région d'Issaba qui est aussi dans la grande dépression de la Lama qui s'étend depuis le Nigéria jusqu'au Togo (Lamouroux, 1969 ; Ballouche *et al.*, 2000). Ce groupe socioculturel a pour activité principale l'agriculture et est connu pour son attachement encore assez remarquable à la médecine traditionnelle pour les soins de santé primaire si bien que ses connaissances un peu plus diversifiées que les Fons dans un milieu peut se comprendre. Les Fons, quoiqu'étant plus présent dans ce milieu ne sont pas aussi attachés à la terre et aux ressources qui y sont associées surtout pour les soins de santé primaire comparés aux Hollis. Kébenzikato *et al.* (2015) avaient rapporté que l'ethnie représente un facteur important de différence dans les usages et connaissances des plantes entre les communautés. Les Adjas, un

autre peuple d'agriculteurs et qui migrent aussi à la recherche de terres agricoles seraient certainement arrivés un peu plus tard et ses connaissances et usages médicaux un peu plus faibles pourraient se comprendre comme telles.

Il est remarquable que les affections que nous avons groupées comme affections microbiennes étaient partout présentes et prises en charge dans tous les trois groupes socioculturels avec différents organes de la plante. Les communautés vivant autour de le FCL étant reconnues dominées par des populations rurales pauvres, cette situation documentée semble confirmer les assertions de Wagstaff (2002) qui avait rapporté que la pauvreté expose à des problèmes de santé et les problèmes de santé entretiennent la pauvreté. En deuxième position était rapporté les affections liées au sang. Ceci, également dans les trois groupes socioculturels étudiés. Quand on connaît qu'au nombre de ces affections groupées figure le paludisme, qui est endémique de cette région du monde et du Bénin, la présence et la prise en charge des affections liées au sang pourraient relever d'une évidence. Ce groupe d'affection avec une présence rapportée plus prononcée chez les Fons pourrait être due à l'héritage culturel, les connaissances étant transmises de génération en génération au sein d'une même ethnie pour des sociétés africaines encore dominées par l'oralité (Tessy, 2013). Ainsi, le groupe ethnique conserve plus ou moins ces pratiques et habitudes d'utilisation des ressources d'intérêt qu'elle transmet plus ou moins fidèlement. L'ethnie représente un facteur important de différence dans les usages et connaissances des plantes entre les communautés (Kébenzikato *et al.*, 2015). En dehors du paludisme, il y a également l'anémie falciforme couramment appelée drépanocytose, qui est une maladie tropicale et très présente au Bénin, est prise en charge par les enquêtés avec les organes de cette plante. Cette utilisation de la plante qui est séculaire a commencé par avoir retenu l'attention des scientifiques qui commencent par chercher à les formaliser. Des essais de fabrication de médicaments à partir de la plante sont de plus en plus communiqués même si les spécialistes du monde pharmaceutique et médical ne sont pas encore tous d'accord sur les premières mises au point. Il s'agit du cas de VK500 depuis 2005 au Bénin et du Faca depuis 2017 au Burkina Faso.

Il était également rapporté dans nos résultats une prise en charge des problèmes digestifs et parasitaires. Une combinaison de ces trois affections à savoir microbiennes, du sang et digestives/parasitaires peint bien le tableau de santé primaire que l'on peut s'attendre à rencontrer dans des populations rurales pauvres. La question qu'on peut se poser reste maintenant si les connaissances et les usages médicaux connaissent quelque variation liée au genre ou à l'âge.

6.4.2- Connaissances et usages médicinaux suivant le genre et les générations au sein des groupes socioculturels

Sur la base des résultats de cette étude, il est ressorti que globalement les prises en charge des groupes d'affections ont varié significativement au niveau des hommes au sein de tous les groupes socioculturels alors que chez les femmes, dans les mêmes conditions chez les Adjas et les Fons mais seulement chez les Hollis. Cette connaissance et usages plus variés pour les groupes d'affections au niveau des hommes comparés aux femmes pourrait s'expliquer par le fait que la société africaine confine les femmes dans des rôles plus concentrés sur le ménage et en matière de santé primaire des enfants alors que les hommes sont sollicités dans tous les compartiments. Ce niveau de connaissance des usages de la plante suivant le genre en faveur du sexe masculin comme le consacre souvent la structure sociale et le partage des rôles dans les sociétés traditionnelles africaines (Pfeiffer and Butz, 2005) est pourtant contredit par les résultats Camou-Guerrero *et al.* (2008) qui, en travaillant sur une communauté au sud-ouest du Mexique, ont rapporté que les femmes ont plus de connaissances sur les plantes médicinales que les hommes. La différence au niveau des femmes des Hollis montre également que les femmes dans certaines conditions peuvent en savoir autant ou même plus que les hommes confirmant aussi une fois encore la supériorité des connaissances et des usages dans ce groupe socioculturels comparés aux autres.

D'un autre côté les résultats permettent de retenir que les personnes âgées avaient relativement plus de connaissance et de variation de prise en charge que les plus jeunes. Cet état de chose avait été associé par certains auteurs à la perte/rupture de connaissances entre jeune et ancienne génération (Case *et al.*, 2005; Hanazaki *et al.*, 2000), l'acculturation des nouvelles générations (Benz *et al.*, 2000, Merétika *et al.* 2010) ou à la modernisation (Quinlan, 2007) avec ses corollaires de perte des valeurs et déracinement. Il est également remarquable que si les affections microbiennes restent encore présentes dans les usages des personnes âgées, les problèmes asthéniques étaient devenus plus prononcés dans leurs usages des organes de l'espèce. Ce qui peut bien se comprendre pour des personnes de plus de 75 ans qui pourraient à juste titre avoir besoin soutenir et tonifier leur corps.

6.4.3- Connaissances, usages et exploitation médicinale de l'espèce et implication pour sa conservation

Les résultats montrent que tous les organes majeurs (feuilles, racines, écorces et tige) de la plante sont utilisés pour traiter les différentes affections courantes. L'utilisation des organes comme les racines, les feuilles, les écorces et même les tiges est clairement reconnu comme

étant une vraie menace car une telle exploitation n'est pas rationnelle. Une telle exploitation des organes des plantes autochtone est une pratique courante. Matu (2011) avait déjà rapporté que dans toute l'Afrique de l'Ouest, les racines, l'écorce de tige et les feuilles aromatiques sont communément utilisées en médecine traditionnelle comme antiseptiques, analgésiques et diaphorétiques. Et que des macérations, décoctions ou infusions d'écorce de tige ou de racine sont couramment prises pour traiter le paludisme, la fièvre, l'anémie falciforme, la tuberculose, la paralysie, l'œdème et la faiblesse corporelle générale. Pour Cunningham and Duffy (1996), la vulnérabilité des espèces ligneuses médicinales dépend de la demande, de l'offre et des organes utilisés. Les travaux de Quiroz *et al.* (2014) ont rapporté que les racines de cette plante sont exportées du Bénin vers l'Italie et la Guadeloupe. Si les utilisations dépassent les besoins du Bénin pour se tourner vers la satisfaction des besoins extérieurs cela devrait devenir préoccupant. Ce qui sous-tend notre préoccupation pour l'espèce qui était déjà inscrite sur la liste rouge du Bénin comme espèce menacée (Adomou *et al.*, 2011). Par ailleurs, il est connu que la vulnérabilité d'une espèce végétale n'est pas seulement liée à ses utilisations. D'autres facteurs tels que l'agriculture, les feux de végétation, la déforestation, la fragmentation des habitats et l'urbanisation ont aussi un impact sur la disponibilité d'une plante (Delvaux *et al.*, 2009; Koko *et al.*, 2011). Une conjonction de tous ces facteurs décrits montre que cette espèce a besoin d'une attention plus soutenue et des actions de conservation sans quoi il sera difficile de continuer les usages actuels tout en garantissant les usages pour les générations à venir. Pour cela, il va falloir entreprendre des actions pour sa conservation dans ses habitats naturels mais aussi et surtout pour sa domestication.

6.5- Conclusion

Cette étude sur les connaissances et les usages médicinaux de *Z. zanthoxyloides* a permis de mieux renseigner les pressions d'utilisation et partant son statut de conservation dans la Forêt Classée de la Lama où la plante est encore plus présente au Bénin. Les fréquences d'utilisation et les organes prélevés (racines, écorces et feuilles) sont de nature à compromettre la conservation à long terme de l'espèce dans cet écosystème. Car les problèmes de santé pour lesquels les usages sont faits sont effectivement fréquents. Cette étude suggère donc des actions comme la domestication de la plante pour garantir ses utilisations actuelles et futures par les générations à venir.

7- Discussion générale

7.1. Densité stationnaire, structures de population et pression anthropiques sur *Z. zanthoxyloïdes*

Abondance de *Z. zanthoxyloïdes*

Les résultats de la présente étude ont montré que la densité de *Z. zanthoxyloïdes* se raréfie au fur et à mesure que s'éloigne de la côte. Ce résultat est similaire à celui de Yaoitcha (2015), qui a montré que l'espèce est moins abondante dans les climats les plus arides. Une étude récente avait déjà mentionné que cette espèce est menacée de disparition déjà à la hauteur de Glazoué-Savè-Ouèssè, dans la zone soudano-guinéenne (Ehinnou-Koutchika *et al.*, 2014). Il n'est donc pas surprenant de rapporter les informations que nous avons eues dans cette étude sur cette espèce dans les deux zones climatiques du Centre et du Nord Bénin. La rareté des pieds adultes dans les jachères des zones prospectées pourrait s'expliquer par la pression anthropique qui s'exerce sur l'espèce. En effet, en dehors de ses valeurs médicinales (Queiroz *et al.*, 2006), l'espèce est utilisée à d'autres fins comme la carbonisation, le bois énergie, la sculpture, etc. (Pote *et al.*, 2006; Furukawa *et al.*, 2011). Car Bossokpi (2003) avait rapporté que *Z. zanthoxyloïdes* est une espèce des savanes pré-forestières et des fourrés littoraux ; Adesina (2005) avait aussi rapporté dans le sud-ouest du Nigéria que l'espèce est plus abondante en savane et en forêt sèche donc il n'aurait pas été autrement sur nos site d'étude si les sujets adultes n'étaient pas régulièrement prélevés. La preuve en est que les sujets juvéniles et jeunes sont assez représentés dans les jachères, signe que la régénération naturelle se produit relativement bien.

Dans les jachères, l'accès direct à la lumière permet aux plantules de s'établir et de se développer. Les jachères et les formations végétales ouvertes ont donc un potentiel élevé de conservation si des actions spécifiques d'aménagement sont menées sur cette population jeunes de l'espèce (Houéhanou *et al.*, 2013).

Caractéristique structurale de population de *Z. zanthoxyloïdes*

Les distributions en diamètre par formation végétale au niveau de la FC de la Lama indiquent en général une allure non normale c'est-à-dire qu'elles ne présentent pas une allure gaussienne et amène donc à déduire que la régularité de la structure *Z. zanthoxyloïdes* n'est pas assurée. Cette dissymétrie gauche avait été rapportée sur différentes espèces tropicales par différentes études comme ce que Cassou *et al.* (1997) avaient rapporté sur la population africaine de palmiers au Burkina Faso, Kperkouma *et al.* (2005) sur les arbres à beurre de karité de Donfelgou au Togo, Bonou *et al.* (2009) sur les populations d'*Azelia africana* au Bénin.

Cependant, il avait été mentionné par des auteurs que certaines espèces ayant une distribution en forme de cloche à l'intérieur de petites parcelles pourraient présenter une forme en J inversé lorsque les parcelles sont plus grandes (Pulido *et al.*, 2001). L'échelle d'une forêt classée pourrait donc avoir joué pour l'ajustement obtenu avec la distribution de Weibull. La fonction de densité (f) du diamètre (x) sollicitée pour l'étude dendrométrique de l'espèce se justifie par son efficacité. Selon (Bonou, 2009), l'utilisation de la fonction de densité de probabilité de distribution de Weibull devient de plus en plus universelle pour modéliser les distributions de diamètre des peuplements forestiers homogènes et inéquiennes.

Pour ce qui concerne la Forêt Classée de N'Dali, l'espèce est absente comme l'avait déjà rapporté une étude précédente (Djagounet *et al.*, 2010). Le constat est identique à ce qui est constaté dans la FC de Wari-Marou.

Pressions anthropiques et destruction des populations de *Z. zanthoxyloides*

Cette plante est constamment coupée lors de la mise en place des espaces agricoles au Sud comme au Nord Bénin. Pour la production agricole des cultures vivrières comme le maïs, les forêts sont défrichées progressivement par labour avec un déracinement graduel qui prend d'abord en compte les souches moins robustes dans l'optique de mieux assurer la disponibilité des nutriments et l'aération des couches du sol (Bajwa, 2014). Généralement, après le travail des terres par les agriculteurs, les racines de *Z. zanthoxyloides* sont récupérées par ceux qui veulent les vendre. Autrement, les racines deviennent gênantes et sont utilisées comme combustibles. Tout ceci, non seulement diminue les étendus des populations de l'espèce mais diminue aussi le potentiel de sa régénération sur les friches. Mais il est heureux de constater que les études de Queiroz *et al.* (2014) au Bénin rapportent que les racines de l'espèce étaient vendues moins cher sur le marché (1.15 USD/kg) comparé aux racines des plantes en général (2.21 USD/kg). Ce qui devrait diminuer un tant soit peu la pression, tout au moins du point de vue des collectes à des fins commerciales. Cependant, Botha *et al.* (2007) affirmaient que le prix n'est pas le meilleur indicateur de la disponibilité d'une plante médicinale.

7.2. Multiplication, provenance, qualité de substrat et possibilités de domestication de l'espèce

Provenances et âge des boutures de *Z. zanthoxyloides*.

La reprise a été uniquement observée chez les boutures qui proviennent de la zone Soudano-Guinéo-cogolaise. En effet, excepté la provenance, l'âge en rapport avec le DBH, et le sol sont les facteurs qui se sont révélés les plus importants qui ont affecté la croissance des boutures. Ces différences observées sont donc dues à l'influence de l'environnement sur le développement de

la plante (Padonou, 2009). L'absence de régénération des boutures issues des zones Guinéo-congolaise et Soudanienne ne s'explique pas à cette étape de notre recherche et cette situation pourrait faire penser à un éventuel problème physiologique ou de déshydratation précoce après leur prélèvement des pieds parents. Selon Nguema (2013), ses échantillons auraient connu un dessèchement précoce sous l'effet du climat après leur détachement de l'arbre mère. En effet, la qualité des boutures est très dépendante du stade de développement qu'elles ont atteint au moment de leur collecte. Chez *Manihot esculenta*, par exemple, il est recommandé l'usage de boutures issues des pieds mères dont l'âge n'excède pas 18 mois (Ahanhanzo *et al.*, 2008). Étant une espèce tropicale, héliophile qui produit très peu de graines et se multiplie par bouturage (Jean-Pierre, 2006), elle est peut-être comparable à *Z. zanthoxyloides* sur ces aspects. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des boutures issues des plantes mères adultes ($10 \geq \text{DBH} \leq 50 \text{ cm}$). Ces boutures sont certainement assez lignifiées et renferment peut-être peu de réserves nutritives pour assurer une reprise rapide des boutures. Cet état de chose ne favorise pas la formation et le développement des racines et des pousses dans un premier temps, puis réduit la viabilité des bourgeons en voie de débourrement (Thorpe et Stefania, 2001). La période de l'expérimentation peut avoir joué un peu sur le succès de repousse. En effet, cette période correspond à la saison sèche et les apports d'eau peuvent ne pas suffire pour compenser toutes les pertes en eau. Nguema *et al.* (2013) ont rapporté que les plantes propagées par bouturage possèdent une faible résistance à la sécheresse comparativement aux plantes régénérées par les semences. En outre, Peter et Ray (2000) affirment que lors du bouturage, les racines se développent en premier, suivi des bourgeons qui donneront les tiges.

Cette phase de reprise des boutures dure trois à six jours. Pendant le premier mois, les racines s'étendent rapidement, horizontalement puis à peu près verticalement. La tige croît en ce moment lentement dans cette période. Il s'agit de la phase d'installation durant laquelle les seules ressources proviennent de la bouture (Peter et Ray, 2000). Ceci pourrait avoir expliqué nos observations. Malgré le retard de croissance des boutures, il a été enregistré une floraison après deux mois de germination, conformément aux observations de Reinhard (2010), Reinhard et Tianaso (2010) qui avaient rapporté que les plantes issues du bouturage ont souvent la même phénologie que les pieds mères et peuvent rentrer relativement tôt en production.

Nature du substrat et la croissance des boutures de Z. zanthoxyloides

Le compost a assuré la reprise plus rapide des boutures par rapport à la terre arable. Le compost avec sa teneur en matières organiques peut libérer plus d'éléments nutritifs assimilables par les plantes pour se développer. Tout ceci est favorisé par l'activité des microorganismes

trouvant dans le compost (Fuchs, 2009). L'influence positive du compost sur le développement de la plante résulte de deux actions différentes. D'une part, il agit comme un engrais en fournissant à la plante des éléments nutritifs et, d'autre part, comme amendement en améliorant les propriétés des sols. Le compost, grâce à sa teneur élevée en matières organiques, améliore de nombreuses propriétés physiques des sols. Il abaisse significativement la densité apparente (Mays *et al.*, 2003), accroît la porosité totale (Pagliai, 2005) et améliore la capacité de rétention en eau des sols en augmentant la microporosité du sol (Bengstone, 2003). Toutes ces améliorations confirment l'action positive des matières organiques sur la fertilité des sols (Pichot, 2005 ; Gobat *et al.*, 2003; Velly, 2004). Pour des actions dans le sens de la domestication de l'espèce, une plantation sous forme de jardin de case permettrait de les installer sur des substrats comparables au compost comme on retrouve souvent dans les environs immédiats des habitations et agglomérations des zones rurales du Bénin, lesquels substrats étant souvent issus de la « gestion » des ordures ménagères qui sont souvent jetées et qui s'amoncellent et se décomposent par le bas et au fil du temps avec l'aide des microorganismes détritvires. Ce résultat sur le comportement des boutures lié au type de substrat est donc un pavé posé sur le chemin de la domestication de cette espèce à usages multiple au Bénin.

Effet de la lumière sur la croissance des boutures de Z. zanthoxyloides

L'évaluation de l'aptitude végétative des boutures a montré un taux de reprise de moins de 20 % sous ombrage et 75 % à la lumière solaire. Il est connu que la lumière solaire apporte l'énergie nécessaire à la photosynthèse et ainsi la croissance des plantes varie selon le spectre et la photopériode (Wang *et al.*, 2001 ; Afreen *et al.*, 2005). Elle joue un rôle considérable sur la végétation, et plus particulièrement sur la vie des plantes chlorophylliennes capables d'utiliser l'énergie lumineuse pour réaliser la synthèse des composés organiques (Fanny, 2006). Son intensification améliore la quantité de biomasse et la teneur de molécules d'intérêt dans les plantes médicinales (Leonhardt *et al.*, 2002 ; Tran, 2005 ; Afreen *et al.* 2005). Le faible taux de reprise observé au niveau des boutures sous ombrage serait donc dû à l'absence de lumière/énergie solaire qui ne favorise pas suffisamment les activités photosynthétiques (Nguema, 2013) et dans ces conditions, les réserves des boutures s'épuisent au moment même où aucune structuration racinaire n'est encore mise en place pour prendre le relais (Kengué, 2002). En effet, lorsqu'un rameau est séparé de la plante mère, il devient autonome du point de vue nutritif et doit enclencher au préalable la formation d'une cal cicatricielle induisant la poussée des racines. Dans l'idée que les boutures issues de sujets apparemment plus âgés (DBH plus grands) pourraient contenir moins de réserves nutritives, parce que ayant moins de potentiel

de croissance encore, les boutures qui ont encore un peu plus de concentration de ressources et qui se sont retrouvées sur un substrat relativement riche comme le compost ont certainement eu plus d'opportunité de repousse. Ces informations sont également exploitables pour des actions de domestication de l'espèce au Bénin.

7.3. Connaissances ethnobotaniques et usages médicaux par groupe socioculturel

Connaissances et usages médicaux par groupe socioculturel

Les groupes socioculturels vivant autour de la Forêt Classée de la Lama utilisent tous les organes majeurs de l'espèce pour traiter différentes affections courantes. Cependant, si les mêmes groupes d'affections se retrouvent chez tous les groupes socioculturels, les degrés d'usages par groupes d'affection varient. Ces genres de variation dans les connaissances ethnobotaniques sur les espèces autochtones avaient déjà été rapportée dans différentes études précédentes (Fandohan *et al.*, 2010 ; Ekué *et al.*, 2010 ; Gouwakinnou *et al.*, 2011 ; Assogbadjo *et al.*, 2011, Adjéya *et al.*, 2015 ; Wédjangnon *et al.*, 2016). La différence de connaissance et d'utilisation médicale de l'espèce constatée au niveau des groupes socioculturels place les Adja derrière les Fon et les Holli, ces derniers ayant déclaré le plus d'utilisation. Si les Fon sont les groupes en place dans le milieu depuis longtemps, les Holli qui ont rejoint plus tard, à la recherche de terres agricoles, sont plus en contact de ses habitats naturels qu'aucun autre groupe socioculturel. Etant spécialiste du travail des terres lourdes comme celle de leur région de provenance au Bénin, la région d'Issaba qui est aussi dans la grande dépression de la Lama qui s'étend depuis le Nigéria jusqu'au Togo (Lamouroux, 1969 ; Ballouche *et al.*, 2000). Ce groupe socioculturel a pour activité principale l'agriculture et est connu pour son attachement encore assez remarquable à la médecine traditionnelle pour les soins de santé primaire si bien que ses connaissances un peu plus diversifiée que les Fon dans un tel milieu peut se comprendre. Les Fon, quoiqu'étant plus présent dans ce milieu ne sont pas aussi attachés à la terre et aux ressources qui y sont associées surtout pour les soins de santé primaire comparés aux Holli. Kébenzikato *et al.* (2015) avaient rapporté que l'ethnie représente un facteur important de différence dans les usages et les connaissances des plantes entre les communautés. Les Adja, un autre peuple d'agriculteurs et qui migrent aussi à la recherche de terres agricoles seraient certainement arrivés un peu plus tard et ses connaissances et usages médicaux un peu plus faibles pourraient se comprendre comme telles.

Il est remarquable que les affections groupées comme affections microbiennes étaient partout présentes et prises en charge dans tous les trois groupes socioculturels avec différents organes de la plante. Les communautés vivant autour de la FCL étant reconnues dominées par des

populations rurales pauvres, cette situation documentée semble confirmer les assertions de Wagstaff (2002) qui avait rapporté que la pauvreté expose à des problèmes de santé et les problèmes de santé entretiennent la pauvreté. En deuxième position était rapporté les affections liées au sang. Ceci, également dans les trois groupes socioculturels étudiés. Quand on connaît qu'au nombre de ces affections groupées figure le paludisme, qui est endémique de cette région du monde et du Bénin, la présence et la prise en charge des affections liées au sang pourraient relever d'une évidence. La connaissance transmise par les ethnies pourrait être due à l'héritage culturel, les connaissances étant transmises de génération en génération au sein d'une même ethnie pour des sociétés africaines encore dominées par l'oralité (Gayibor, 2011 ; Dijoux, 2012). Ainsi, le groupe ethnique conserve plus ou moins ces pratiques et habitudes d'utilisation des ressources d'intérêt qu'elle transmet plus ou moins fidèlement. L'ethnie représente donc un facteur important de différence dans les usages et connaissances des plantes entre les communautés (Kébenzikato *et al.*, 2015).

En dehors du paludisme, il y a également l'anémie falciforme couramment appelée drépanocytose, qui est une maladie tropicale et très présente au Bénin, prise en charge par les enquêtés avec les organes de cette plante. Cette utilisation de la plante qui est séculaire a commencé par attirer l'attention des scientifiques qui commencent par chercher à les formaliser. Des essais de fabrication de médicaments à partir de cette plante sont de plus en plus communiqués même si les spécialistes du monde pharmaceutique et médical ne sont pas encore tous d'accord sur les premières mises au point. Il s'agit du cas de VK500 depuis 2005 au Bénin et du Facade depuis 2017 au Burkina Faso.

Il était également rapporté dans nos résultats une prise en charge des problèmes digestifs et parasitaires. Une combinaison de ces trois affections à savoir microbiennes, du sang et digestives/parasitaires peint bien le tableau de santé primaire que l'on peut s'attendre à rencontrer dans des populations rurales pauvres. La question qu'on peut se poser reste maintenant si les connaissances et les usages médicaux connaissent quelque variation liée au genre ou à l'âge.

Connaissances et usages médicaux suivant le genre et les générations au sein des groupes socioculturels

Les connaissances et les usages de cette plante étaient plus élevés chez les hommes de tous les groupes socioculturels comme le consacre souvent la structure sociale et le partage des rôles dans les sociétés traditionnelles africaines (Pfeiffer & Butz, 2005). Ceci n'est peut-être pas vrai partout sur la terre car Camou-Guerrero *et al.* (2008) travaillant sur une communauté au sud-

ouest du Mexique, ont rapporté que les femmes ont plus de connaissances sur les plantes médicinales que les hommes. La différence au niveau des femmes des Hollimontre également que les femmes dans certaines conditions peuvent en savoir autant ou même plus que les hommes confirmant aussi une fois encore la supériorité des connaissances et des usages dans ce groupe socioculturels comparés aux autres.

D'un autre côté les résultats permettent de retenir que les personnes âgées avaient relativement plus de connaissance et de variation de prise en charge que les plus jeunes. Cet état de chose avait été associé par certains auteurs à la perte/rupture de connaissances entre jeune et ancienne générations (Hanazaki *et al.*, 2000; Case *et al.*, 2005), l'acculturation des nouvelles générations (Benz *et al.*, 2000) ou à la modernisation (Quinlan, 2007) avec ses corollaires de perte des valeurs et de « déracinement ». Il est également remarquable que si les affections microbiennes restent encore présentes dans les usages des personnes âgées, les problèmes asthéniques étaient devenus plus prononcés dans leurs usages des organes de l'espèce. Ce qui peut bien se comprendre pour des personnes de plus de 75 ans qui pourraient à juste titre avoir besoin de soutenir et tonifier leur corps.

Connaissances, usages et exploitation médicinale de Z. zanthoxyloides et implication pour sa conservation

Tous les organes majeurs que sont les feuilles, les racines, l'écorce et la tige de la plante sont utilisés pour traiter les différentes affections courantes. L'utilisation des organes comme les racines, les feuilles, les écorces et même les tiges est clairement une vraie menace car une telle exploitation n'est pas rationnelle. Une telle exploitation des organes des plantes autochtone est une pratique courante. Matu (2011) avait déjà rapporté que dans toute l'Afrique de l'Ouest, les racines, l'écorce de tige et les feuilles aromatiques sont communément utilisées en médecine traditionnelle comme antiseptiques, analgésiques et diaphorétiques. Et que des macérations, décoctions ou infusions d'écorce de tige ou de racine sont couramment prises pour traiter le paludisme, la fièvre, l'anémie falciforme, la tuberculose, la paralysie, l'œdème et la faiblesse corporelle générale. Pour Cunningham (1996), la vulnérabilité des espèces ligneuses médicinales dépend de la demande, de l'offre et des organes utilisés. Les travaux de Queiroz *et al.* (2014) ont rapporté que les racines de *Z. zanthoxyloides* sont exportées du Bénin vers l'Italie et la Guadeloupe. Si les utilisations dépassent les besoins du Bénin pour se tourner vers la satisfaction des besoins extérieurs cela devrait devenir préoccupant. Ce qui sous-tend notre préoccupation pour l'espèce qui était déjà inscrite sur la liste rouge du Bénin comme espèce menacée (Adomou *et al.*, 2011). Par ailleurs, il est connu que la vulnérabilité d'une espèce

végétale n'est pas seulement liée à ses utilisations. D'autres facteurs tels que l'agriculture, les feux de végétation, la déforestation, la fragmentation des habitats et l'urbanisation ont aussi un impact sur la disponibilité d'une plante (Adomouet *al.*, 2007 ; Delvaux *et al.*, 2009 ; Déléké-Kokoet *al.*, 2011 ; Djegoet *al.*, 2011). Une conjonction de tous ces facteurs décrits montre que cette espèce a besoin d'une attention plus soutenue et des actions de conservation sans quoi il sera difficile de continuer les usages actuels tout en garantissant les usages pour les générations à venir. Pour cela, il va falloir entreprendre des actions pour sa conservation dans ses habitats naturels mais aussi et surtout pour sa domestication. Il serait donc pertinent de continuer les essais sur la propagation de l'espèce à partir des boutures comme on a déjà essayé au cours de cette étude afin de mettre au point les meilleures techniques de multiplication végétatives. Ainsi, une deuxième phase sera de mener des activités de sensibilisation et de promotion de plantation en champ et en jardin de case. Parallèlement, il faudra inciter à des études phytochimiques et de screening pour mettre à disposition des utilisateurs des informations sur les parties ou organes de la plantes qui peuvent être utilisés en remplacement des racines, de l'écorce, etc. qui sont les parties dont les utilisations menacent la conservation des sujets sur lesquels elles ont été prélevées.

8- Conclusion générale, Perspectives et Suggestions

8.1- Conclusion générale

La présente étude avait pour objectif global de contribuer à une meilleure connaissance de *Zanthoxylumzanthoxyloides* en vue de sa conservation au Bénin. Au terme des diverses investigations les conclusions suivantes se dégagent :

➤ Point des connaissances sur l'espèce

Z. zanthoxyloides est bien connue en médecine traditionnelle pour ses multiples actions pharmacologiques. L'état des connaissances sur les usages ethnobotaniques, de la phytochimie, de la pharmacologie, de la toxicologie de l'espèce, réalisé de manière descriptive révèle que toutes les parties de la plante sont utilisées. Ce qui entraîne de multiples pressions sur les populations de l'espèce. Actuellement, les études sur l'état de conservation et les variations génétiques sont très limitées.

➤ Distribution, abondance stationnaire dans les zones climatiques au Bénin

Il ressort de la présente étude que l'espèce est plus présente et abondante dans la zone climatique guinéo-congolaise (Forêt Classée de la Lama) et son abondance diminue en allant vers la climatique soudanienne (Forêt Classée de N'Dali) en passant par la zone de transition soudano-guinéenne (Forêt Classée de Wari-Marou). Sur les sites qui l'abritent, l'espèce est mieux représentée dans les habitats naturels (jeunes et adultes) que dans les jachères environnantes (surtout les jeunes sujets). La disponibilité de l'espèce et les pressions d'utilisation justifient son inscription sur la Liste Rouge du Bénin.

➤ Multiplication par bouturage de l'espèce

Les résultats de la présente étude montrent clairement que la multiplication de *Z. zanthoxyloides* peut se faire par bouturage mais le développement des plantes dépend des conditions du milieu de culture y compris la qualité du substrat. Aussi, les plus jeunes plants fournissent des boutures plus à même de rejeter que celles issues des sujets plus âgés. Par ailleurs, les substrats riches comme les composts sont plus indiqués pour obtenir les meilleurs taux de rejet. Enfin, le succès de rejet desdites boutures sont plus élevés en plein air et aux rayons solaires.

➤ Connaissances et usages médicaux de l'espèce dans les communautés autour de la Forêt Classée de la Lama

Les connaissances et les usages médicaux de la plante varient selon les groupes socioculturels, suivant le genre et même l'âge. En effet, les Holli avaient des connaissances et usages de la plante plus que les Adja suivis des Fon. En général les hommes dans tous les groupes avaient plus de connaissances et d'usages que les femmes. Une fois encore, les femmes

Holli étaient en tête des femmes en matière de connaissances et d'usages déclarés. Les Personnes âgées ont montré un peu plus de connaissances et d'usages que les plus jeunes donnant l'idée d'une certaine érosion des connaissances au fil du temps.

On peut retenir au terme de la présente étude que plusieurs aspects restent à être élucidés pour entreprendre une véritable conservation de cette espèce au Bénin.

8.2- Perspectives et suggestions

En dépit de plusieurs études pharmacologiques, toxicologiques et phytochimiques menées sur *Z. zanthoxyloides*, il existe encore de nombreuses questions non résolues concernant la domestication, la génétique, la commercialisation. En effet, il existe un manque de données sur la structure génétique de la population de l'espèce. *Z. zanthoxyloides* est classée vulnérable dans de nombreux pays africains et fait l'objet de multiples pressions anthropiques et il serait alors utile d'étudier la génétique des populations de l'espèce pour orienter les meilleures stratégies de conservation.

Par ailleurs, il y a peu de données sur la structure des populations de l'espèce et l'effet des changements climatiques sur la répartition géographique des populations de l'espèce.

De ce qui précède, afin de mieux garantir la disponibilité de l'espèce pour son utilisation actuelle et future, des travaux de recherche sont nécessaires dans les domaines suivants : (i) l'amélioration des capacités de propagation et de croissance des espèces, (ii) l'amélioration de la connaissance sur la diversité génétique, (iii) l'amélioration de la connaissance du mécanisme d'action des molécules bioactives responsables des activités biologiques, (iv) une meilleure connaissance des chaînes de valeur des produits issus de l'espèce.

Références bibliographiques

- Abdullahi M., Banji B.B., Aderolake D.A., Nathaniel D., Salihu A.M., 2010. Screening for Anthelmintic Activity in *Zanthoxylum zanthoxyloides* and *Annona senegalensis*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences* 3 (09): 1-4. Available online at www.jpbums.info
- Adebayo, J. O., and Krettli, A. U., 2011. Potential antimalarials from Nigerian plants. *Journal of Ethnopharmacology* 133, 289-302.
- Adeniyi C.B.A., Odumosu B.T., Aiyelaagbe O.O., Kolude B., 2010. In-vitro antimicrobial activities of methanol extracts of *Zanthoxylum xanthoxyloides* and *Pseudocedrela kotschyi*. *Afr. J. Biomed. Res.* 13: 61-68. Available online at www.ajbrui.net
- Adesina S.K., 2005. The nigerian *Zanthoxylum*; chemical and biological values. *Afr. J. Trad. CAM* 2 (3): 282-301. Available online at www.africanethnomedicines.net
- Adesina, S., 1986. Further novel constituents of *Zanthoxylum zanthoxyloides* root and pericarp. *Journal of Natural Products* 49, 715-716.
- Adesina, S., 2005. The Nigerian *Zanthoxylum*; chemical and biological values. *AJT CAM* 2, 282-301.
- Adjanohoun E., Alyi A.M., Aké Assi L., Baniakina J., Chibon P., Cusset G., Doulou V., Enzanza A., Eymé J., Gondoté E., Kéita A., Mbemba C., Mollet J., 1986. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Bénin. ACCT éd., Paris 103p.
- Adjanohoun, E., and Assi, L. A., 1979. Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. ACCT, Paris, 672 p.
- Adomou A. C., Agbani O. P., Sinsin, B., 2011. Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Liste Rouge pour le Bénin. International Institute of Tropical Agriculture Ibadan Nigeria. *Plantes*. 21-46.
- Adomou A.C., Sinsin B. and van der Maesen L. J. G., 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin *Notulae Florae Beninensis* 12. , 76: 155-178.
- Adomou A.C., Sinsin B., Akoégninou A. A., van der Maesen J., 2010. Plant species and ecosystems with high conservation priority in Benin. In: X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds), *Systematics and Conservation of African Plants: Royal Botanic Gardens, Kew*. 429-444..
- Adomou, A. C., Yedomonhan, H., Djossa, B., Legba, S. I., Oumorou, M., et Akoégninou, A., 2012. Etude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 745-772.
- Afreen F., Zobayed S.M.A and Kozai T., 2005. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycynhizin concentration og Glycynhizeuralensis in hydroponic and pot system. *Plant Physiology*, 43 : 1074- 1081.
- Ahanhanzo C., Agbangla C., Agassounon D., Tchiboza M, Cacaï G, Dramane K., 2008. Etude comparative de l'influence des régulateurs de croissance sur la morphogénèse (in vitro) de quelques variétés de *Manihot esculenta* Crantz du Bénin. *Revue du CAMES*, Série A, 7, 40-45
- Akodewou A., Akpavi S., Dourma M., Batawila K., Amegnaglo K. B., Atakpama W., and Akpagama K., 2016. *Sorindeiawarnecke* Engl. (Anacardiaceae), une espèce multiusagère de la dépression de la Lama au Togo. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10 (2), pp ??
- Amadou D., 2010. La plus grosse bêtise qui est jamais sortie en Afrique, c'est de dire qu'en Afrique quand un vieillard meurt, c'est une bibliothèque qui brûle, 152 p

- Anani K., Hudson J. B., De Souza C., Akpagana K., Tower G. H. N., Arnason J. T., and Gbeassor M., 2000. Investigation of medicinal plants of Togo for antiviral and antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology*, 38(1), 40-45.
- Anne I. O., Andrew O. O., and Idu M., 2013. Phytochemistry and antimicrobial activity of *Zanthoxylum zanthoxyloides* root used as chewing stick in Nigeria. *The Journal of Phytopharmacology*, 2(6), 1-7.
- Anouar B., Kouassi B., N'drighilles K., Djaman J., and N'guessan J., 2017. Ethnobotanic and toxicological study of some medicinal plants used in treatment of diabetes. *The Journal of Phytopharmacology* 6, 45-52.
- Arnold J.E. M. and Ruiz-Pérez M., 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics*, 39, 437-447.
- Asante I. K., Nancy A., Augustine D., and Kofi A., 2009. Screening of some Ghanaian medicinal plants for phenolic compounds and radical scavenging activities. *Pharmacognosy Journal*, 201-206.
- Assogbadjo A. E., Glèlè Kakäï R. L., Sinsin B., Dieter P., 2010. Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Marô Forest Reserve in Benin. *African Journal Ecology* 48 (3), 644–653.
- Avossèvou-Ayisso C., Avohou T.H., Oumorou M., Dossou G., Sinsin B., 2011. Ethnobotany of *Pentadesma butyraceum* Benin : A quantitative approach. *Ethnobotany Research & Applications*, 9, 151-166.
- Azando E. V. B., Hounzangbé-Adoté M. S., Olounladé P. A., Brunet S., Fabre N., Valentin A., and Hoste H., 2011b. Involvement of tannins and flavonoids in the in vitro effects of *Newbouldia laevis* and *Zanthoxylum zanthoxyloides* extracts on the exsheathment of third-stage infective larvae of gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 180, 292-297.
- Azando E., Olounladé A., Hounzangbé-Adoté M., Tam Ha T., Fabre N., and Valentin A., 2017. Contrôle des parasitoses gastro-intestinales ovines par l'huile essentielle de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (*Fagara zanthoxyloides*). *Revue de Médecine Vétérinaire*, 168, 205-212.
- Bajwa A. A., 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop Protection*, 65: 105-113. doi: 10.1016/j.cropro.2014.07.014
- Ballouche A., Akoègninou A., Neumann K., Salzman U., et Sowunmi A., 2000. Le projet "Dahomey Gap" une contribution à l'histoire de la végétation au Sud-Bénin et Sud-ouest du Nigeria. *Berichte des Frankfurter Sonderforschungsbereiches*, 268, (14) 237-251.
- Barnabas B. B., Mann A., Ogunrinola T. S., and Anyanwu P. E., 2010. Screening for Anthelmintic activities from extracts of *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Neocaryamacrophylla* and *Celosia laxa* against ascaris infection in rabbits. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 3(4), 1-4.
- Barret Y., and Sauvaire Y., 1992. Fagaronine, a novel antileukaemic alkaloid. *Phytotherapy Research*, 6, 59-63.
- Belem B., Nacoulma B. M. I., Gbangou R., Kambou S., Hansen, H. H., Gausset Q., and Theilade I. 2007. Use of non wood forest products by local people bordering the "Parc National Kaboré Tambi", Burkina Faso. *The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies*, 6(1), 1-21.
- Bell R. G., 2007. The role of compost and composting in modern agriculture. , vol 14 (6), pp 27-29.
- Bellefontonaine, 2003. Le Drageonnage des arbres hors forêt, 22-24
- Bengstone G. W., Cornette J. J., 2003. Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: effects on soil and trees. *Journal. Environmental. Qual.*, vol 2, 441-444.

- Benz B. F., Cevallos E. J. Santana M.F.; Jesus A.R. and Graf M.S., 2000.- Losing knowledge about plant use in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* 52: 183-191.
- Biaou G., 2005. Développement économique et sociale du développement durable. CIFRED, Bénin. Nature du document
- Bikoué M.A.C., et Essomba H., 2007. Gestion des ressources naturelles fournissant les PFNL alimentaires en Afrique centrale, 104p
- Bisseleua H. B., Gbewonyo S. W., and Obeng-Ofori D., 2008. Toxicity, growth regulatory and repellent activities of medicinal plant extracts on *Musca domestica* L.(Diptera: Muscidae). *African Journal of Biotechnology*.
- Bonou W., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A.E., Fonton, H. N., Sinsin B., 2009. Characterisation of *Azeliaafricana* sm. Habitat in the lama forest reserve of Benin. *Forest Ecology and Management* 258, 1084–1092.
- Bossokpi I.P. L., 2003. Etude des activités biologiques de *Fagara zanthoxyloides* Lam. (Rutaceae). Thèse de doctorat, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako, Mali, 127 p.
- Botha J., Witkowski E.T.F., Shackleton C. M, 2007. Factors influencing prices of medicinal plants traded in the Lowveld, South Africa. *Int. J. Sustainable Dev. World* 14,450-469.
- Bouquet A., and Debray M., 1974. Medicinal plants in Ivory Coast. *Document Orstom France*32, 1-4.
- Bowden K., and Ross W., 1963. The local anæsthetic in *Fagara xanthoxyloides*. *Journal of the Chemical Society*, 3503-3505.
- Brizicky G. K., 1962. The genera of Rutaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*43, 1-22.
- Camou-Guerrero A., Reyes-García V., Martínez-Ramos M., and Casas A., 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Human ecology*, 36(2), 259-272
- Cassou J. and Depomier D., 1997. “In Annonce: Réunion Tri- partie Sur L’agroforesterie,” Sikasso, Burkina Faso.
- Case A., Fertig A., et Paxson C., 2005. The lasting impact of childhood health and circumstance. *Journal of health economics*, 24(2), 365-389.
- Chaaib K. F., 2004. Investigation phytochimique d’une brosse à dents africaine *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepernick et Timler (Syn. *Fagara zanthoxyloides* L.) (Rutaceae).
- Chaaib F., Queiroz E. F., Ndjoko K., Diallo D., and Hostettmann K., 2003. Antifungal and antioxidant compounds from the root bark of *Fagara zanthoxyloides*. *Planta Medica*69, 316-320.
- Chausson P., 1999. Utilisation des composts en agriculture : Synthèse des essais- vitrines 1989-1998. Compost-Diffusion, SESA, et Sol-Conseil, 27 p.
- Cheng M. J., Lee K. H., Tsai I. L. and Chen I. S., 2005. Two new sesquiterpenoids and anti-HIV principles from the root bark of *Zanthoxylum ailanthoides*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 13, 5915-5920.
- Chukwuonye I. I., Chuku A., John C., Ohagwu K. A., Imoh M. E., Isa S. E., and Oviasu E., 2009. Prevalence of overweight and obesity in adult Nigerians—a systematic review. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 6,
- Codjia J. T. C., Vihotogbe R., et Lougbegnon T., 2009. Phytodiversité des légumes-feuilles locales consommées par les peuples Holli et Nagot de la région de Pobè au sud-est du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(6),

- Codjia J.T.C., Assogbadjo A.E., et Ekué M.R. M., 2003. Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin. *Cahiers agricultures*, 12(5), 321-331.
- Codjia J.T. C. et Assogbadjo A. E., 2004. Faune sauvage mammalienne et alimentation des populations holli et fon de la forêt classée de la Lama (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 13(4), 341-347.
- Comoë L., Carpentier Y., Desoize B., and Jardillier J.-C., 1988. Effect of fagaronine on cell cycle progression of human erythroleukemia K562 cells. *Leukemia research* 12, 667-672.
- Coubéou P. T., 1995. Diversité faunistique des différents biotopes de la forêt classée de la Lama. Thèse d'ingénieur agronome. FSA/UNB. Abomey-Calavi, Bénin).
- Couillerot E., Caron C., Comoë L., Audran J.-C., Molinatti P., Zeches M., Le Men-Olivier L., Jardillier J.-C., and Chenieux J.-C., 1994. Benzophenanthridine and furoquinoline accumulation in cell suspension cultures of *Fagara zanthoxyloides*. *Phytochemistry* 37, 425-428.
- Craft C.M., and Nelson E.B., 1996. Microbial properties of composts that suppress damping off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 1550-1557.
- Crowder M. J. and Hand D. J., 1990. Analysis of Repeated Measures. Chapman and Hall, London, UK. 257 p.
- Cuca L. E., Martinez V, J. C., and Monache F. D., 1998. Epoxy lignan and other constituents of *Zanthoxylum culantrillo*. *Phytochemistry*, 47, 1437-1439.
- Cunningham A. B., 1996. People, park and plant use. Recommendations for multiple-use zones and development alternatives around Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. People and Plants Working Paper 4. UNESCO, Paris.
- Cunningham D., and Duffy T., 1996. Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. Handbook of Maroc). Atelier national « Zones importantes de plantes au Maroc ». Institut Scientifique, 11-12.
- Dadjo C., Assogbadjo A. E., Fandohan B., Kakaï R. G., Chakeredza S., Houehanou T. D., and Sinsin B., 2012. Uses and management of black plum (*Vitex doniana* Sweet) in Southern Benin. *Fruits*, 67(4), 239-248.
- Dadjo C.P.A. F., 2011. Caractérisation ethnobotanique, morphologique et spatiale de *Vitex doniana* Sweet (Verbenaceae) au Sud-Bénin. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences Agronomiques, 81p.
- Dagnelie P., 1998.- Statistique théorique et appliquée. Tome 2: Inférence statistique à une et à deux dimensions, Paris et Bruxelles.
- de Abreu W., Weber A. D., Giacomelli S. R., Simionatto E., Dalcol I. I., Dessoy E. C. M., and Morel, A. F., 2003. Composition and antibacterial activity of the essential oils from *Zanthoxylum rhoifolium*. *Planta Medica*, 69, 773-775.
- de Moura N. F., Ribeiro H. B., Machado E. C., Ethur E. M., Zanatta N., and Morel A. F., 1997. Benzophenanthridine alkaloids from *Zanthoxylum rhoifolium*. *Phytochemistry* 46, 1443-1446.
- Déguénonvo M. N., 2011. Evaluation écologique et socioéconomique de *Mondia whitei* (hook.f.) Skeels (asclepiadaceae) au Sud-Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC, 64p.
- Delvaux C., Sinsin B., Darchambeau V., Damme P., 2009. Recovery from bark harvesting of 12 medicinal tree species in Benin, *West Africa Journal of Apply Ecology*, 46, 703-712
- Delvaux C, Sinsin B, Darchamberau F and Van Damme P., 2009. Recovery from bark harvesting of 12 medicinal trees species in Benin, West Africa. *Journal Applied Ecology* 46(3), 703-712.

- Denloye A. A., Makanjuola W. A., Ajelara O., Akinlaye O. J., Olowu R. A., and Lawal O. A., 2010. Toxicity of powder and extracts of *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam (Rutaceae) root bark from Nigeria to three storage beetles. *Julius-Kühn-Archiv*, (425), 833.
- Diatta W., Sy G. Y., Manga C. I., Diatta K., Fall A., and Bassene E., 2014. Recherche des activités anti-inflammatoire et analgésique des extraits de feuilles de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam) zepernick et timler (Rutaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8, 128-133.
- Diéguez-Hurtado R., Garrido-Garrido G., Prieto-González S., Iznaga Y., González L., Molina-Torres J., Curini M., Epifano F., and Marcotullio M., 2003. Antifungal activity of some Cuban *Zanthoxylum* species. *Fitoterapia*, 74, 384-386.
- Djagoun S. C. A. M., Glèlè Kakaï, R., Konnon D., Sewade C., Kouton M., Bonou W. and Fandohan B., 2010. Potentiel des ressources végétales forestières alimentaires et médicinales de la forêt classées de l’Ouémé Supérieur et N’Dali au Nord Bénin. *Fruits, Vegetable and Cereale Science and Biotechnology*, 4(1), 47-54
- Djègo J., Djègo-Djossou S., Cakpo Y., Agnani P. and Sinsin B., 2011. Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (4), 1432-1447.
- Dongmo P. M. J., Tchoumboungang F., Sonwa E. T., Kenfack S. M., Zollo P.-H. A., and Menut C., 2008. Antioxidant and antiinflammatory potential of essential oils of some *Zanthoxylum* (Rutaceae) of Cameroon. *International journal of essential oil therapeutics*, 2, 82-88.
- Dupont C., Couillerot E., Gillet R., Caron C., Zeches-Hanrot M., Riou J.-F., and Trentesaux, C., 2005. The benzophenanthridine alkaloid fagaronine induces erythroleukemic cell differentiation by gene activation. *Planta Medica*, 71, 489-494.
- Emrich A., Mühlenberg M., Steinhauer B., Sturm H., 1999. Evaluation écologique intégrée de la forêt naturelle de la Lama en République du Bénin. Rapport de synthèse. ONAB-KfWGTZ. Cotonou, Bénin. 74 p + annexes.
- Endamana D., Ondoua Ondoua G., Jepang C. & Ntumwel B.C., 2015.-. Analyse de la dépendance forêt et moyens d’existence des ménages ruraux du Cameroun, de la République du Congo et de la République Centrafricaine. In *Nature & Faune*, Volume 29, Numéro 2. 41-44.
- Etsè K. D., Aïdam A. V., de Souza C., Crèche J., & Lanoue A., 2011. In vitro propagation of *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam., an endangered African medicinal plant. *Acta Botanica Gallica*, 158(1), 47-55.
- Eyog-Matig O., Vodouhè R., Atta-Krah K., Achigan-Dako G.E. & Avohou H., 2004, Plant genetic resources and food security in West and Central Africa, *IPGRI/INIBAB*, 365 p.
- Eziah V. Y., Buxton T., and Owusu E. O., 2013. Bioefficacy of *Zanthoxylum xanthoxyloides* and *Securidaca longependuncata* against *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Biopesticides*, 6, 54
- Sandron F., 2011. Transmission intergénérationnelle des normes et des valeurs : le famadihana dans les Hautes Terres malgaches. 120 p.
- Fandohan B., Assogbadjo A. E., Kakaï R. G., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J. T. C., et Sinsin B., 2010. Women’s traditional knowledge, use value, and the contribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households’ cash income in Benin. *Economic Botany*, 64(3), 248-259.
- FAO, 1999. Towards a harmonized definition of non-wood forest products. *Unasylva* 50(198), 63–64.
- FAO, 2002. Non-Wood Forest Products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at

- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 : Rapport principal. Etude FAO : Forêts 163. Rome.
- FAO, 2011. Situation des forêts au Monde. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture, Rome 164p
- FAO, 2012. Harmonized World Soil Database (Version 1.2). FAO, Rome Italy and IIASA, Laxenburg Austria .45 p
<http://www.fao.org/forestry/FOP/FOPW/NWFP/new/nwfp.htm>.
- Fennane M., 2004. Propositions de zones importantes pour les plantes au Maroc (ZIP de Madingou (Bouenza-Congo). *European Scientific Journal*, 14(3),
- Fernandez E.C., Sandi Y.E. and Kokoska L., 2003. Ethnobotanical inventory of medicinal plants used in the Bustillo province of the Potosi Department, Bolivia. *Filoterapia*, 74: 407-416.
- Ferreira M. E., Nakayama H., de Arias A. R., Schinini A., de Bilbao N. V., Serna E., Lagoutte D., Soriano-Agatón F., Poupon E., and Hocquemiller R., 2007. Effects of canthin-6-one alkaloids from *Zanthoxylum chiloperone* on *Trypanosoma cruzi*-infected mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 109, 258-263.
- Fogang H. P. D., Womeni H. M., Piombo G., Barouh N., and Tapondjou L. A. 2012b. Bioefficacy of essential and vegetable oils of *Zanthoxylum xanthoxyloides* seeds against *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Food Protection*, 75, 547-555.
- Fogang H. P., Tapondjou L. A., Womeni H. M., Quassinti L., Bramucci M., Vitali L. A., Petrelli D., Lupidi G., Maggi F., and Papa F., 2012a. Characterization and biological activity of essential oils from fruits of *Zanthoxylum xanthoxyloides* Lam. and *Z. leprieurii* Guill. And Perr., two culinary plants from Cameroon. *Flavour and Fragrance Journal*, 27, 171-179.
- Folashade K. O., and Omoregie E. H., 2013. Chemical constituents and biological activity of medicinal plants used for the management of sickle cell disease-A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7, 3452-3476.
- Frei B., Baltisberger M., Sticher O. and Heinrich M., 1998. Medical ethnobotany of the Zapotecs of the Isthmus-Sierra (Oaxaca, Mexico): Documentation and assessment of indigenous uses. *Journal of Ethnopharmacology*, 62: 149-165.
- Fuchs J., 2009. Interactions Between Beneficial and Harmful Microorganisms: From bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 1550-1557.
- Fuchs J. 2009. Interactions Between Beneficial and Harmful Microorganisms: From the Composting Process to Compost Application. Dans: *Microbes at work: from wastes to resources*, pp. 255–258.
- Furukawa T., Fujiwara K., Kiboi S. K., Chalo Mutiso P. B., 2011. Threshold change in forest understory vegetation as a result of selective fuelwood extraction in Nairobi, Kenya. *Forest Ecology and Management*, 262, 962–969.
- Gansane A., Sanon S., Ouattara P., Hutter S., Ollivier E., Azas N., Traore A., Guissou I., and Nebie I., 2010. Antiplasmodial activity and cytotoxicity of semi purified fractions from *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam. bark of trunk. *International Journal of Pharmacology*, 6, 921-925.
- Gaoue O. G., Ticktin T., 2007. Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khayasenegalensis* in Benin: variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biological Conservation*. 137, 424–436.
- Gardini F., Belletti N., Ndagijimana M., Guerzoni M. E., Tchoumboungang F., Zollo P. H. A., Micci C., Lanciotti R., and Kamdem S. L. S., 2009. Composition of four essential oils

- obtained from plants from Cameroon, and their bactericidal and bacteriostatic activity against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus*. *African Journal of Microbiology Research*, 3, 264-271.
- Garfinkel H., 2001. Le programme de l'ethnométhodologie. In *L'ethnométhodologie LaDécouverte*, 31-56.
- Giday M., Asfaw Z., Elmqvist T. and Woldu Z., 2003. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the Zay people in Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*, 85, 43–52.
- Gilbert P., 2016. *Human nature and suffering*. Routledge.
- Glèlè Kakai R., Akpona T. J. D., Assogbadjo A. E., Gaoué O. G., Chakeredza S., Gnangle P. C. and Sinsin B., 2011. Ecological adaptation of the shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) along climatic gradient in Bénin, *West Africa*. *African journal of ecology*, 49(4), 440-449.
- Glèlè Kakai R., Sinsin B., 2009. Structural description of two *Isobertia* dominated vegetation types in the Wari –Forest Reserve (Benin). *South Africa Journal of Botany*, 75, 43-51
- Glèlè kakai R., Sodjinou E. and Fonton H. N., 2006. Conditions d'Application des Méthodes Statistiques Paramétriques. Bibliothèque Nationale, Cotonou, Bénin. 94 p.
- Gnondoli P., Bakoma, B., Batawila, K., Wala, K., Dourma, M., Pereki, H. et Akpagana, K. Distribution et utilités des mauvaises herbes des champs de cultures du campus Universitaire de Lome. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Universite de Lome*, 17(1), 1-19.
- Gobat J.M., Aragno M. and Matthey W., 2003. Le Sol vivant Bases de pédologie Biologie des sols. Deuxième édition, *Presse polytechniques et universitaires romandes*, 568p.
- Goussanou A.C., Tenté B., Djègo J., Agbani P., et Sinsin B., 2011. Inventaire, caractérisation et mode de gestion de quelques produits forestiers non ligneux du Bassin versant de la Donga. *Annal. Science. Agronomy*, 14(1), 77-99.
- Gouwakinnou G.N., Lykke A.M., Assogbadjo A. E., et Sinsin B., 2011. Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(1), 8.
- Graef F., Lawrence P., von Oppen M., *Adapted Farming in West Africa: Issues, Potentials and Perspectives*, p 255–258.
- Grosso M., Kallunki J. A., Pirani J. R., and Antonelli A., 2012. Chilean *Pitavia* more
- Guédjè N. M., Lejoly J., Nkongmeneck B. A. and Jonkers W.B. J., 2003. Population dynamics of *Garcinia lucida* (Clusiaceae) in Cameroonian Atlantic forests. *Forest Ecology and Management*, 177, 231–244.
- Guendehou F. J., 2012. Ecological evaluation and use of *Zanthoxylum zanthoxyloides* wartern. (Rutaceae) in Lama Forest Reserve. Thesis of Master, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin. 60 p
- Guissou I. P., 1990. Etudes de l'efficacité antidiarrhéale des gélules de *Faca* chez les enfants en milieu hospitalier de Ouaga (CHN-Yo). *Revue. Cames* 7, 15.
- Hanazaki N., Tamashiro J. Y., Leitão-Filho H. F., and Begossi A., 2000. Diversity of plant uses in two Caiçara communities from the Atlantic Forest coast, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 9(5), 597-615.
- Hawthorne W. D., and Jongkind C. C., 2006. *Woody plants of Western African forests, A guide to the forest trees, shrubs and lianes from Senegal to Ghana*, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Headings V.E., Abu S., Anyaire S., Castro O., 1976. Characteristics of the antisickling activity of *Fagara zanthoxyloides* extract proceedings of the International Conference on sickle cell disease : a world problem. Howard University. Center for sickle cell disease 163 p.
- Hernando S., Lobo M. C., Polo A., 2005. Effect of the application of municipal refuse compost on the physical and chemical properties of a soil. *The Science of the Total Environment*, 318/319, 589-596.

- Houehanou T. D., Assogbadjo A. E., Glèlè-Kakai R. Kyndt T., M., Sinsin B., 2013a. How far a protection area contributes to conserve habitat species composition and population structure of endangered African tree species. *Ecological Complexity*, 13, 60-68.
- Hounyangbé-Adoté, M.S., 2004. Propriétés anthelminthiques de 4 plantes tropicales testé in vitro sur les nématodes gastro intestinaux chez les petits ruminants Djallonké. Thèse de doctorat, FST/Université d'Abomey Calavi, 240 p.
- Hounzangbe-Adote M. S., Paolini V., Fouraste I., Moutairou K., and Hoste H., 2005. In vitro effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. *Research in Veterinary Science*, 78, 155-160.
- Husch B., Beers T., Kershaw J., 2003. *Forest Mensuration*, 4th ed. Ronald Press Company, London in Africa. SRP, Exeter, London.
- Shahabuddin, G., Prasad, S., 2004. Assessing ecological sustainability of non-timber forest produce extraction: the Indian scenario. *Conservation and Society*, 2, 235–250.
- Igoli J.O., Ogaji O.G., Tor-Anyiin T.A., Igoli N. P., 2005. Traditional medicine practice amongst the Igede people of Nigeria, Part II. *Afr. J. Trad. CAM*, 2 (2): 134-152. www.africanethnomedicines.net
- Isaacs-Sodeye W.A., Sofowara E.A., Williaws A.O., Marquis V.O., Adekunle A, and Anderson C. O., 1975. Extract of *Fagara zanthoxyloides* root in sickle cell anemia. Toxicology and preliminary clinical trials. *Acta haematol*, 33 (3): 158.
- IUCN, 2008. List of tropical Woods Used and Sold for Woodturning and their Endangerment Status. <http://www.braturnsgreen.com/Wood%20Status%20List.pdf>.
- Jacob T., and Gardes L., 2010. Propositions relatives au développement des connaissances de la population de dugongs de Nouvelle-Calédonie, 33 p.
- Jean-Pierre M., 2006. Origine de la diversité de plantes domestiquées par la reproduction végétative en Amérique du Sud: reproduction sexuée résiduelle et introgression d'espèces sauvages éloignées. Exemples de l'arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Banc. Apiaceae) et du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) (Doctoral dissertation, Université Montpellier II).
- Jiofack T., Fokunang C., Guedje N. M., Kemeuze V., Fongnzossie E., Nkongmeneck B. A., Mapongmetsem P. M., Tsabang N., 2010. Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2 (3), 60-79.
- Juhé-Beaulaton D., and Roussel B., 2002. Les sites religieux vodun. Patrimonialiser la nature tropicale: dynamiques locales, enjeux internationaux, 415 p.
- Jullian V., Bourdy G., Georges S., Maurel S., and Sauvain M., 2006. Validation of use of a traditional antimalarial remedy from French Guiana, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. *Journal of Ethnopharmacology*, 106, 348-352.
- Kamdem S. L., Belletti N., Tchoumboungang F., Essia-Ngang J. J., Montanari C., Tabanelli G., Lanciotti R., and Gardini F., 2015. Effect of mild heat treatments on the antimicrobial activity of essential oils of *Curcuma longa*, *Xylopiya aethiopica*, *Zanthoxylum xanthoxyloides* and *Zanthoxylum leprieurii* against *Salmonella enteritidis*. *Journal of Essential Oil Research*, 27, 52-60.
- Kassim O. O., Copeland R. L., Kenguele H. M., Nekhai S., Ako-Nai K. A., and Kanaan Y. M., 2015. Antiproliferative activities of *Fagara xanthoxyloides* and *Pseudocedrela kotschy* against prostate cancer cell lines. *Anticancer Research*, 35, 1453-1458.
- Kassim O. O., Loyevsky M., Elliott B., Geall A., Amonoo H., and Gordeuk V. R., 2005. Effects of root extracts of *Fagara zanthoxyloides* on the in vitro growth and stage distribution of *Plasmodium falciparum*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 49, 264-268.

- Kébenzikato A.B., Wala K., Atakpama W., Dimobé K., Dourma M., Woégan A.Y., Batawila K. et Akpagana K., 2015. Connaissances ethnobotaniques du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Togo. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 19(3), 247.
- Kengue J. 2002. Safou :*Dacryodes edulis*. Cameroun, 147 p.
- Kerharo J., Adam J. G., 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle-Plantes médicinales et toxiques. Editions Vogot Frères, Paris, France. P: 256 – 257.
- Khan A.U., Ali S., Rehman A.U., Ali H., Ahmad T., Waqar M., and Niaz Z., 2013. Antibacterial Activity of *Nigella sativa* and *Piper nigrum*. *Asian Journal of Natural and Applied Sciences*, 2 (4), 173-9.
- Kimpouni V., Lenga-Sacadura M. Y., Mamboueni J. C., and Mikoko E. N., 2018. Phytodiversité et pharmacopée traditionnelle de la communauté Kaamba in ethnobiological research: the importance of gender. *Journal of ethnobiology*, 25(2), 240-278.
- Koko., 2002. Contribution à l'étude de la multiplication végétative du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.): Le bouturage direct sous tunnel plastique. DEA Sciences Agronomiques, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 57 pp.
- Koko I.K.D., Djego J., Gbenou J., Hounzangbé-Adoté S. M., et Sinsin B., 2011. Etude phytochimique des principales plantes galactogènes et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains de la Zone cynégétique de la Pendjari. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2),
- Kouri F. C., 2004. Investigation phytochimique d'une brosse à dents africaine *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepernick et Timler (Syn. *Fagara zanthoxyloides* L.)(Rutaceae), Université de Genève.
- Koutchika R. I. E., Salako V. K., Agbani P. O., Chougourou D., and Sinsin B., 2014. Etude écologique et diversité des bois sacrés du Centre Bénin.
- Kperkouma W., Sinsin B., Guelly K., Kokou K. and Akpagana K., 2005. Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Donfelgou. *Sécheresse*, Vol. 1, (3), 8.
- Kumar P., and Lalramnghinglova H., 2011. India with special reference to an Indo-Burma hotspot region. *Ethnobotany Research & Applications*, 9, 379-420.
- Lamouroux M., et Ségalen P., 1969. Etude comparée des produits ferrugineux dans les sols rouges et bruns méditerranéens du Liban. *Science du Sol*, (1), 63-75.
- Larsen A. K., Grondard L., Couprie J., Desoize B., Comoe L., Jardillier J.-C. and Riou J.-F., 1993. The antileukemic alkaloid fagaronine is an inhibitor of DNA topoisomerases I and II. *Biochemical Pharmacology*, 46, 1403-1412.
- Larsen B. H. V., Soelberg J., and Jäger A. K., 2015. COX-1 inhibitory effect of medicinal plants of Ghana. *South African Journal of Botany*, 99, 129-131.
- Lau-Cam C., and Chu-Fong I., 1972. TLC of coumarin anticoagulants. *Journal of pharmaceutical sciences*, 61, 1303-1306.
- Leakey R. R., Tchoundjeu Z., Schreckenber K., Shackleton S. E., Shackleton C. M., 2005. Agroforestry tree products (AFTPs): targeting poverty reduction and enhanced livelihoods. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 3(1): 1-23.
- Leaman R., Miller C., and Gonzalez G., 2009. Enabling recognition of diseases in biomedical text with machine learning: corpus and benchmark. In Proceedings of the 2009 Symposium on Languages in Biology and Medicine (Vol. 82, No. 9).
- Léonhart S., Pedneault K., Gosselin A., 2009. Diversification of Greenhouse crop production under supplemental lighting by the use cultures with economic potential. *Acta Hort. 580, ISHS*, 1, 249-254
- Louis K., NGoran K., and Amani K. Multiplication végétative du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) par la technique de bouturage direct sous tunnel plastique. *Journal of Applied Biosciences*, 46, 3124-3132.

- Lykke A. M., 2000. Local perceptions of vegetation change and priorities for conservation of woodysavanna vegetation in Senegal. *Journal of Environmental Management*, 59, 107-120.
- Magassouba F., Diallo A., Kouyaté M., Mara F., Mara O., Bangoura O., Camara A., Traoré S., Diallo A., and Zaoro M., 2007. Ethnobotanical survey and antibacterial activity of some plants used in Guinean traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 114, 44-53.
- Malaisse F., 1992. La gestion des produits sauvages comestibles, Défis- Sud, 7, 18-19.
- Matu E. N., 2011. *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. and Timler. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale).
- Mavian P. W., 2012. Activité antifalcémiant et screening phytochimique de la fraction éthéro-méthanolique de BEAT-SS. Université de Kinshasa.
- Mays M. D., and Lee C. W., 2003. Major and trace elements of selected pedons in the USA. *Journal of Environmental Quality*, 32(6), 2109-2121.
- McSweeney K., 2004. Tropical forests product sale as natural insurance: The effects of household characteristics and the nature of shock in Eastern Honduras. *Society and Natural Resources*, 17, 39-56.
- Menut C., Lamaty G., Bessière J. M., Molangui T., Ayedoun M. A., Sossou P. V., Houenon J. G., 2000. Aromatic plants of tropical West Africa. X. Volatile constituents of *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam. leaves and fruit pericarps from Benin. *Journal of Essential Oil Research*, 12(1), 33-35.
- MEPN, 2009. Quatrième rapport national du Bénin sur la convention des Nations Unies sur la diversité biologique. PNUD, 172p
- Merétika A.H.C., Peroni N. and Hanazak N., 2010. Local knowledge of medicinal plants in three artisanal fishing communities (Itapoá, Southern Brazil), according to gender, age, and urbanization *Acta bot. bras*, 24(2): 386-394.
- Messmer W.M., Tinwa M., Fong H.H.S., Bevelle C., Farnsworth N.R., Abraham D. J., Trojanek J., 1972. Fagaronine, a new tumor inhibitor isolated from *Fagara zanthoxyloides* (Rutacées). *J. Pharm. Sci* 61 (11) 1858.
- Meunier Q., Bellefontaine R., & Monteuis O., 2008. La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois et forêts des tropiques*, (295), 71-82.
- Misra L. N., Wouatsa, N. A. V., Kumar, S., Venkatesh Kumar, R., and Tchoumboungang, F., 2013b. Antibacterial, cytotoxic activities and chemical composition of fruits of two Cameroonian *Zanthoxylum* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 74-80.
- Muganga R., Angenot L., Tits M., and Frederich M., 2010. Antiplasmodial and cytotoxic activities of Rwandan medicinal plants used in the treatment of malaria. *Journal of Ethnopharmacology*, 128, 52-57.
- Nakazono E.M., Bruna E.M. and Mesquita R.C. G., 2004. Experimental harvesting of the non-timber forest product *Ischnosiphon polyphyllus* in central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 190, 219–225.
- Ndoutoumou P. N., Ondo-Azi A. S., Beyeme A. M. M., Ovono P. O., Ignanga A. W. I., and Campa C. Essais de propagation de *Pseudo spondiasmicrocarpa* A. Rich. dans les conditions climatiques de Franceville (Sud-Est du Gabon).
- Negi J., Bisht V., Bh A., Singh P., and Sundriyal R., 2011. Chemical constituents and biological activities of the genus *Zanthoxylum*: a review. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5, 412-416.
- Neumann R.P. and Hirsch E., 2000. Commercialization of Non-timber Forest Products: Review and Analysis of Resource. CIFOR, Bogor Blackwell Publishing Ltd. 187 p.

- Ngassoum M. B., Essia-Ngang J. J., Tatsadjieu L. N., Jirovetz L., Buchbauer G., and Adjoudji O., 2003. Antimicrobial study of essential oils of *Ocimum gratissimum* leaves and *Zanthoxylum xanthoxyloides* fruits from Cameroon. *Fitoterapia*, 74 (3), 284-287.
- Nguema Ndoutoumou P., Bouanga E. B., Massounga Y. C., and Boussiengui G. Etude compare de trois méthodes de multiplication de *Jatropha curcas* L. dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. *Journal of Applied Biosciences*, 65(4989), 49
- Nissanka A. P., Karunaratne V., Bandara B. R., Kumar V., Nakanishi T., Nishi M., Inada A., Tillekeratne L., Wijesundara D., and Gunatilaka A. L., 2001. Antimicrobial alkaloids from *Zanthoxylum tetraspermum* and *caudatum*. *Phytochemistry*, 56, 857-861.
- Nyangulu J. M., Hargreaves S. L., Sharples S. L., Mackay S. P., Waigh R. D., Duval O., Mberu E. K., and Watkins W. M., 2005. Antimalarial benzo [c] phenanthridines. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 15, 2007-2010.
- Odebiyi O., and Sofowora E., 1979. Antimicrobial alkaloids from a Nigerian chewing stick (*Fagara zanthoxyloides*). *Planta Medica*, 36, 204-207.
- Ogunbolude Y., Ibrahim M., Elekofehinti O. O., Adeniran A., Abolaji A. O., Rocha J. B. T., and Kamdem J. P., 2014. Effects of *Tapinanthus globiferus* and *Zanthoxylum zanthoxyloides* extracts on human leukocytes in vitro. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 3, 167.
- Ogwal-Okeng J., 1990. The in vitro Study of the Anthelmintic Activity of Crude Extracts of Two Ugandan Medicinal Plants: *Cissus adenocaulis* and *Fagara zanthoxyloides*, M. Sc. Thesis, Makerere University.
- Ogwal-Okeng J. W., Obua C., and Anokbonggo W. W., 2003. Acute toxicity effects of the methanolic extract of *Fagara zanthoxyloides* (Lam.) root-bark. *African Health Sciences*, 3, 124-126.
- Olounladé P., Azando E., Hounzangbé-Adoté M., Ha T. T., Leroy E., Moulis C., Fabre N., Magnaval J., Hoste H., and Valentin A., 2012. In vitro anthelmintic activity of the essential oils of *Zanthoxylum zanthoxyloides* and *Newbouldia laevis* against *Strongyloides ratti*. *Parasitology Research*, 110, 1427-1433.
- Omulen L., Acere-Lervick K., Ndyabarema R., Tumwijukye A., Asio S., 1997. District environment profile: Bushenyi. NORPLAN and Bushenyi District. Internal Report, 100 p
- Oriowo, M. A., 1982. Anti-inflammatory activity of piperonyl-4-acrylic isobutyl amide, an extractive from *Zanthoxylum zanthoxyloides*. *Planta Medica*, 44(01), 54-56.
- Ouattara B., Angenot L., Guissou P., Fondou P., Dubois J., Frédéric M., Jansen O., van Heugen J.-C., Wauters J.-N., and Tits M., 2004. LC/MS/NMR analysis of isomeric divanilloylquinic acids from the root bark of *Fagara zanthoxyloides* Lam. *Phytochemistry*, 65, 1145-1151.
- Ouattara B., Jansen O., Angenot L., Guissou I. P., Frédéric M., Fondou P., and Tits M., 2009. Antisickling properties of divanilloylquinic acids isolated from *Fagara zanthoxyloides* Lam. (Rutaceae). *Phytomedicine*, 16(2), 125-129.
- Ouattara B., Jansen O., Angenot L., Guissou I., Frédéric M., Fondou P., and Tits M., 2009. Antisickling properties of divanilloylquinic acids isolated from *Fagara zanthoxyloides* Lam. (Rutaceae). *Phytomedicine*, 16, 125-129.
- Triplet P., 2012. Manuel de gestion des aires protégées d'Afrique francophone. 80 p
- Padonou E., 2009. Contribution à la domestication de *Jatropha curcas* L.: Etude de la variabilité écophénotypique. Thèse du Diplôme d'Ingénieur Agronome. FSA.UAC.

- Pagliai M., Guidi G., LaMarca M., Giachetti M., Lucamante G., 2005. Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. *J. Environ. Qual.*, vol 10(4) 556-561.
- Paris R., and Moysé Mignon H., 1947. Etude préliminaire du Fagara xanthoxyloides Lam. *Ann.Pharm. Fr.*, 5, 410-420.
- Patel B., Das S., Prakash R., and Yasir M., 2010. Natural bioactive compound with anticancer potential. *International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences*,
- Patiño L. O. J., Prieto R. J. A., and Cuca S. L. E., 2008. Zanthoxylum genus as potential source of bioactive compounds. *Bioactive Compounds in Phytomedicine*, p185-218.
- Pereira S., Lopes L., Marques R., Figueiredo K., Costa D., Chaves M., and Almeida F., 2010. Antinociceptive effect of Zanthoxylum rhoifolium Lam.(Rutaceae) in models of acute pain in rodents. *Journal of Ethnopharmacology*, 129, 227-231.
- Perumal S.R., et Gopalakrishnakone P., 2010. Therapeutic potential of plants as anti-microbials for drug discovery. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 7(3), 283-294.
- Peter HR, Ray F. E., 2000. Biologie végétale. Ed. De Boeck, Université Paris, France. 564 p.
- Pfeiffer J. M., and Butz R.J., 2005b. Assessing cultural and ecological variation au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 29(3), 4678-4690.
- Pfeiffer J. M., and Butz R.J., 2005a. Assessing cultural and ecological variation in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Human ecology*, 36(2), 259-272
- Pichot, J., 2005. Rôle de la matière organique dans la fertilité du sol. *Agronomie Tropicale*, vol 30, (2), 170-175.
- Pote J., Shackleton C., Cocks M., Lubke R., 2006. Fuelwood harvesting and selection in Valley Thicket, South Africa. *Journal of Arid Environments*, 67, 270-287.
- Pulido F. J., Díaz M., and de Trucios S. J. H., 2001. Size structure and regeneration of Spanish holm oak Quercus ilex forests and dehesas: effects of agroforestry use on their longterm sustainability. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 1-13.
- Quang D.V. and Anh T. N., 2006. Commercial collection of NTFPs and households living in or near the forests ; case study in Que, Con Cuong and Ma, Tuong Duong, Nghe An, Vietman. *Ecological Economics*, 60, 65-74.
- Queiroz D., Towns A., Legba S. I., Swier J., Brière S. Sosef M., van Andel T., 2014. Quantifying the domestic market in herbal medicine in Benin. *West Africa. Journal of ethnopharmacology*, 151, 1100-1108
- Queiroz E. F., Hay A. E., Chaaib F., van Diemen D., Diallo D., and Hostettmann K., 2006. New and bioactive aromatic compounds from Zanthoxylum zanthoxyloides. *Plantamedica*, 72 (08), 746-750.
- Quentin M., 2006. La Multiplication végétative d'arbres et arbustes médicaux des communautés rurales d'Ouganda.
- Quin J., Engle D., Litwiller A., Peralta E., Grasc A., Boley T., et Hazelrigg S., 2005.- Vitamin E succinate decreases lung cancer tumor growth in mice. *Journal of surgical research*, 127 (2), 139-143.
- Quinlan R. J., and Quinlan M.B., 2007. Evolutionary ecology of human pair-bonds: Cross-cultural tests of alternative hypotheses. *Cross-Cultural Research*, 41(2), 149-169.
- Quiroz D., Towns A., Legba S.I., Swier J., Brière S., Sosef M., and van Andel T., 2014. Quantifying the domestic market in herbal medicine in Benin, *West Africa. Journal of Ethnopharmacology*, 151(3), 1100-1108.
- Reinhard K. H., 2010. Identification, selection and multiplication of high yielding Jatropha curcas L. plants and economic key points for viable Jatropha oil production costs. Henning paper.

- Reinhard K. H., Tianasoa R., 2010. Le manuel de Jatropha pour Madagascar, Marovoay ; [http://www.jatropha.de / documents/ SAS Institute Inc. \(2003\). SAS Online Doc® 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA,](http://www.jatropha.de/documents/SAS_Institute_Inc._(2003).SAS_Online_Doc%209.1.SAS_Institute_Inc.,_Cary,_NC.,_USA)
- Robinson J. G., 2001. Using, sustainable use approaches to conserve exploited populations. In Conservation of Exploited Species (eds) J.D. Reynolds, G.M. Mace, K.H. Redford & J.G. Robinson,
- Rochfort S., Parker A. J., and Dunshea F. R., 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, 69, 299-322.
- Rodríguez-Buriticá S., Orjuela M. A. and Galeano G., 2005. Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: An understory palm used as foliage in Colombia. *Forest Ecology and Management*, 211, 329–340
- Rondeux J., 1999. La mesure des peuplements forestiers. Presses agronomiques de Gembloux, 2ème éd. Gembloux, 521 p.
- Salako V. K., Glèlè-Kakaï R., Assogbadjo A. E., Fandohan B., Houinato M. and Palm R., 2003. Salhi S., Fadli M., Zidane L., et Douira A., 2010. Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, vol. 31, p 133.
- Sanogo D., Badji M., and Akpo L. E., 2008. Possibilités de bouturage in situ de *Lawsoniainermis* L.(henné). *Bois et Forêts des Tropiques*, (297), p,3.
- Sanogo R. (2011). Medicinal plants traditionally used in Mali for dysmenorrhea. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*
- Schippmann U., Leaman D. J., and Cunningham A. B., 2002. Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*
- Shackleton S.E., 2005. The significance of local level trade in natural resource products for livelihoods and poverty alleviation in South Africa. PhD thesis, Rhodes, University, Grahamstown. 301 p.
- Shelton H. M., 2000. Tropical forage tree legumes in agroforestry systems. UNASYLVA-FAO-, 25-32.
- Sinsin B., et Owolabi L., 2001. Monographie nationale de la diversité biologique. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'urbanisme (MEHU), Cotonou, Bénin, 41.
- Sinsin B., EyogMatig O., Assogbadjo A. E., Gaoué O. G., Sinadouwirou T., 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azizelia africana* Sm. Dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and conservation*, 13, 1555-1570.
- Sinsin B., Owolabi L., 2001. Monographie nationale de la diversité biologique. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'urbanisme (MEHU), Cotonou, Bénin.41p.
- Sofowara E. A., 1985. Medicine plants and traditional medicine in Africa. Spectrum books limited (Ibada) and John Wiley and Son. *Liyodia*
- Sofowara E.A., Isaacs W.A., 1971. Reversal of sickling and crenation in erythrocytes by the root extract of *Fagara zanthoxyloides*. *Lloydia* 34,p383.
- Sogbohossou E. A., and Kassa B. D., 2016. The bushmeat trade and livelihoods in southern Benin: an exploratory survey. *Nature & Faune*, 30(2), 29-31.
- Takasaki Y., Barham B.L. and Coomes O. T., 2004. Risk coping strategies in tropical forests: floods, illnesses, and resource extraction. *Environment and Development Economics*, 9, 203-224.
- Tessy D.R., 2013. Contribution des livres de contes africains à la conservation et à la diffusion des expressions culturelles. Foire Internationale du Livre et du Matériel Didactique de Dakar (FLIDAK), Dakar, Sénégal.

- Thiès E., 1995. Principaux ligneux agro forestiers de la Guinée, Zone de transition. Guinée Bissau, Guinée, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigéria, Cameroun. Schriftenreihe der, GTZ .
- Thorpe T. A., Stefania B., 2001. Regulation of plant organogenesis. *Adv Cell Cult.* 1, 213-239.
- Tran T.L. M., 2005. Synthèse et accumulation d'alcaloïdes des tropaniques chez *Datura innoxia* Mill cultivé en hydroponie : analyse des effets de l'environnement biotique et abiotique ; essai de mise en place d'une nouvelle technologie de production. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine en Sciences Agronomiques. France, 105p.
- Turnbull J. W., 1975. Seed collection – sampling consideration and collection tech. In: Report of FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling. Chiang Mai, Thailand. FAO/TF/RAS-11(DEN). FAO, Rome, Italy. 101–122.
- Udo I., 2011. Potentials of *Zanthoxylum xanthoxyloides* (LAM.) for the control of stored product insect pests. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2, 40-44.
- UNEP-WCMC., 2016. L'Etat de la Biodiversité en Afrique : Examen à mi-parcours des progrès réalisés vers l'atteinte des Objectifs d'Aichi. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Van Laar A. and Akça A., 2007. Forest mensuration. Springer, Dordrecht. 383 p.
- Velly J., 2004. Expérimentation sur le rôle spécifique de la matière organique à Madagascar. Doc. IRAT. Madagascar, 30 p.
- Vodouhè F.G., Coulibaly O., Assogbadjo A. E., Sinsin B., 2008. Medicinal Plant commercialization in Benin: An analysis of profit distribution equity across supply chain actors and its effect on the sustainable use of harvested species. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2, 331-340.
- Wadt L.H.O., Kainer K.A. and Gomes-Silva D.A. P., 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 211, 371–384.
- Wagstaff A., 2002. Poverty and health sector inequalities. *Bulletin of the world health organization*, 80, 97-105.
- Wang Y. C., 2001. Improved growth of *Artemisia annua* L. hairy root and artemisinin production under red light conditions. *Biochemical Lett*, 23, 1971-1973.
- Wédjangnon A.A., Houèthégnon T., et Ouinsavi C., 2016. Caractéristiques ethnobotaniques et importance socio-culturelle de *Mansonia altissima* A. Chev.
- Williams A. R., Soelberg J., and Jäger A. K., 2016. Anthelmintic properties of traditional African and Caribbean medicinal plants: identification of extracts with potent activity against *Ascaris suum* in vitro.
- Wouatsa V. N., Misra, L., Kumar S., Prakash O., Khan F., Tchoumboungang F., and Venkatesh R. K., 2013a. Aromatase and glycosyl transferase inhibiting acridone alkaloids from fruits of Cameroonian *Zanthoxylum* species. *Chemistry Central Journal*.
- Wouatsa V. N., Misra L., Venkatesh Kumar R., Darokar M. P., and Tchoumboungang F., 2013b. Zantholic acid, a new monoterpenoid from *Zanthoxylum zanthoxyloides*. *Natural Product Research*, 27, 1994-1998.
- Xiong Q., Shi D., and Mizuno M., 1995. Flavonol glucosides in pericarps of *Zanthoxylum bungeanum*. *Phytochemistry*, 39, 723-725.
- Yang G., and Chen D., 2008. Alkaloids from the roots of *Zanthoxylum nitidum* and their antiviral and antifungal effects. *Chemistry & biodiversity*, 5(9), 1718-1722
- Yaoitcha A., 2016. Biologie de la conservation des plantes ligneuses médicinales au Bénin : Diversité, Vulnérabilité et Priorisation. Thèse de doctorat de l'UAC. 177 p.
- Yapi A.B., et Zirihi G. N., 2015. Etude ethnobotanique des Asteraceae médicinales vendues sur les marchés du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 2633-2647.

Zahoui S., Zirihi N., Soro Y., and Traore F., 2010. Effet hypotenseur d'un extrait aqueux de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Waterman (Rutaceae). *Phytotherapie*, 8, 359-369.