

Caractérisation Des Ligneux Des Collines De Kaélé En Zone Soudano-Sahélienne De l'Extrême-Nord, Cameroun

Beidi Eugène^{1*} Souare Konsala¹ et Ibrahima Adamou²

¹ Université de Maroua, Faculté de Sciences, Département des Sciences Biologiques. BP 814 Maroua, Cameroon.

² Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, Laboratoire de Biodiversité et du Développement Durable. BP 454 Ngaoundéré Cameroun.

* Corresponding author: eugenebeidi@gmail.com Tel: +237699371253/+237671282226

Résumé

Les écosystèmes rocheux et des monts sont particulièrement riches en biodiversité, mais exposés à de nombreuses menaces. L'étude vise à examiner la phytodiversité des monts Kaélé dans la zone soudano-sahélienne de l'Extrême-Nord Cameroun. Trois (03) monts ont été choisis notamment Lara, Boboyo et Midjivin. Sur chaque mont, quatre versants ont été considérés suivant les quatre points cardinaux, des quadrats de 100 m x 10 m ont été établis de la base au sommet avec 100 m d'intervalle entre eux. Tous les individus ont été inventoriés et leur diamètre à hauteur de poitrine ($dbh \geq 10$ cm) ont été relevés. Au total, 5781 individus ligneux ont été inventoriés, répartis dans 30 espèces, 26 genres et 18 familles sur l'ensemble des trois monts étudiés. Les individus de taille inférieure à 8 m sont les plus représentés avec 66,80% du font floristique des collines étudiées, les arbres de moins de 20 cm de diamètre sont les plus importants. Les espèces les plus importantes en termes de valeur d'importance écologique en moyenne on a *Ficus abutilifolia* (29,38%), *Termialia bronwnii* (25,76%), *Ficus ingens* (22,42%) et *Commiphora africana* (25,93%). Les familles les plus représentées sont les Combrétacées, Césalpiniacées, Anacardiacees, Moracées. L'indice de diversité de Shannon de la végétation des sites varie de 4,02 sur le mont Midjivin, de 4,11 sur le mont Boboyo à 4,26 sur le mont Lara. La structure diamétrale de la végétation des trois collines montre une prédominance des individus de diamètre de moins de 20 cm de diamètre. La distribution de la végétation sur les trois collines montre en

moyenne que le versant NORD est plus peuplé (2057 individus) soit que le versant SUD (1946 individus) et le versant OUEST (1867 individus) que le versant EST (1687).

Mots clés : Structure, végétation, collines de Kaélé, savanes soudano-sahéliennes, Cameroun

Introduction

La diversité biologique est au centre des préoccupations des scientifiques depuis une vingtaine d'année (Wilson 1988), ainsi que celui des dirigeants. Les problèmes écologiques constituent aujourd'hui un sujet de préoccupation globale, la conservation de la biodiversité est un enjeu planétaire. Le couvert végétal du monde en général et celui du Cameroun en particulier est confronté à la déforestation accentuée par les variations climatiques (China *et al.*, 2003). Il est important de reconnaître les interactions qui existent entre la nature et ses constituants, parmi lesquels, l'homme, qui tient une place de choix à travers les biens et services rendus par le milieu naturel (COMIFAC, 2009). Sous l'effet des facteurs naturels et anthropiques, les formations végétales changent de physionomie dans le temps et dans l'espace. Sous la dépendance d'un même climat, le relief et le sol ainsi que l'action de l'homme constituent les déterminants de la dynamique des groupements végétaux à travers le paysage (Toko *et al.* ;2010).

Ainsi, les écosystèmes de montagnes sur lesquels porte notre étude procurent des ressources essentielles telles que les minéraux, les produits forestiers et agricoles, et les services récréatifs (Houinato, 2001). La forte croissance démographique représente un facteur de pression

sur la végétation naturelle à travers différentes formes d'activités (Yaya *et al.*, 2017). Les écosystèmes de montagnes des zones sahéliennes sont caractérisés par des conditions climatiques particulièrement sévère qui se manifestent par une longue saison de sécheresse, une intense évaporation et des précipitations faibles (Houinato, 2001, Oumorou 2003). Les écosystèmes des monts de l'arrondissement de Kaélé dans l'Extrême-Nord Cameroun n'échappent pas aux phénomènes de perte de la biodiversité et de la dégradation son habitat naturel. Les mesures de conservation des formations végétales naturelles à travers les dispositions de légales, règlementant les pratiques suscitées n'ont pas pu jouer un rôle efficient dans la conservation de la biodiversité (Yaya *et al.*, 2017). Il se pose donc fondamentalement la question de l'état des formations végétales naturelles de ces monts dans un contexte de fortes pressions anthropiques. Il est alors opportun de connaître les caractéristiques de ces formations naturelles. L'objectif de la présente étude est de caractériser la végétale naturelle des collines de Kaélé dans l'Extrême-Nord Cameroun.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude s'est déroulée dans l'arrondissement de Kaélé situé dans Département du Mayo-Kani, région de l'Extrême-Nord Cameroun (Figure 1). S'étendant sur une superficie d'environ 2000 km² (Beauvilain, 1995) et Situé entre 10°02' et 10°23' de latitude Nord et de 14°03' et 14°42' de longitude Est (Donfack *et al.*, 1998), l'arrondissement de Kaélé est dominé par la plaine de Kaélé qui est limitée par le Tchad au Nord-Est, par l'arrondissement de Figuil au sud-ouest, par l'arrondissement de Mindif au Nord, par l'arrondissement de Moutourwa à l'Ouest, par l'arrondissement de Moulvoudaye au Nord'Est et par l'arrondissement de Guidiguis à l'Est

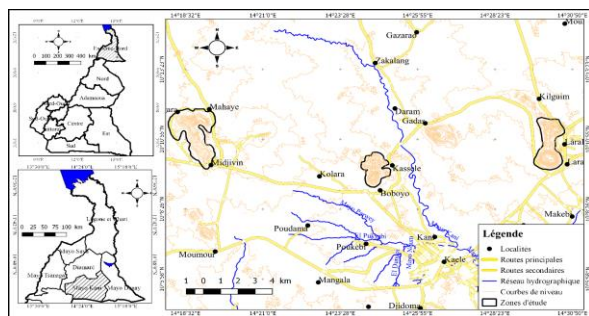


Figure 1: Localisation des sites d'étude

Le climat soudano-sahélien domine le milieu d'étude. Il est caractérisé par deux saisons. Une longue saison sèche de huit (08) mois, allant d'Octobre à Mai et une courte saison des pluies de quatre (4) mois qui couvre les mois de juin à septembre. Les précipitations efficaces utiles pour les pratiques agricoles s'étendent entre juillet et septembre. La répartition de la pluviosité dans le temps demeure le principal facteur déterminant l'occupation des espaces par les cultures ; elles varient entre 700 et 900 mm par an. La saison sèche est caractérisée par une température qui varie entre le froid (novembre-janvier) et la chaleur caniculaire (février à mai). La température moyenne est de 28,1 °C avec un minimum de 18°C en janvier et le maximum de 40°C en Avril et Mai. Les amplitudes des précipitations moyennes sont de 809 mm par an (Fotsing, 2009). On enregistre la régression des précipitations au fil des années et de la durée de la saison pluvieuse et de la hauteur des pluies (Lienou *et al.*, 2003)

Les sols sont essentiellement granitiques discordants ou alcalins et alluvions. Ils sont généralement des formations sédimentaires. Les textures de ces sols varient de sableux à argileux en passant par sableux-argileux et argileux-sableux. Ces sols sont ferrugineux et ferralitiques (Donfack, 1993).

Le relief de la Commune de Kaélé est constitué de 95% des plaines, 1% des plateaux et 4% des montagnes. (Source : Rapport annuel d'activités P. 32-33, Délégation d'Arrondissement d'Agriculture de Kaélé) (PCD, 2013). Situés dans la zone semi-aride, tous les cours d'eau de la Commune ont un régime intermittent. Ils sont en crues aux mois de Juillet, août et septembre et tarissent partiellement en saison sèche. D'autres cours d'eaux comme le lac de Boboyo conservent leurs eaux toute l'année et coulent de l'Ouest à l'Est. La plupart de ces mayos prennent leurs sources au Tchad. Les principaux cours d'eau de la Commune sont : Mayo-Kani, Mayo-Zapazon et Mayo-Gamrey. A côté de ces cours d'eau, l'on rencontre des zones inondables à Kani, Gadas, Piwa, Poukèbi, Mindjil. (Source : Rapport annuel d'activités P. 32-33, Délégation d'Arrondissement d'Agriculture de Kaélé)

Les types de végétations les plus répandus sont celles des savanes arbustives et des savanes

arborées avec des espèces végétales qui sont dominées par *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma thonningii*, *Acacia seyal*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia albida*, *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, (Letouzey, 1968.) La végétation est à prédominance herbacée et parsemée des formations ligneuses. Les espèces herbacées dominantes sont des graminées.

La faune de la plaine de Kaélé est constituée des espèces variées. On note la

présence des carnivores, des hyènes (*Crocuta crocuta*) des chats sauvages (*Felix silvestris*), des renards (*Canis aures*), des phacochères, des rongeurs, des pintades et des reptiles (Commune de Kaélé).

Les principaux groupes ethniques rencontrés sont les Moundangs, les Guidars, les Toupouris, les Guizigas, les Peuls, avec les Moundangs comme groupe majoritaire.

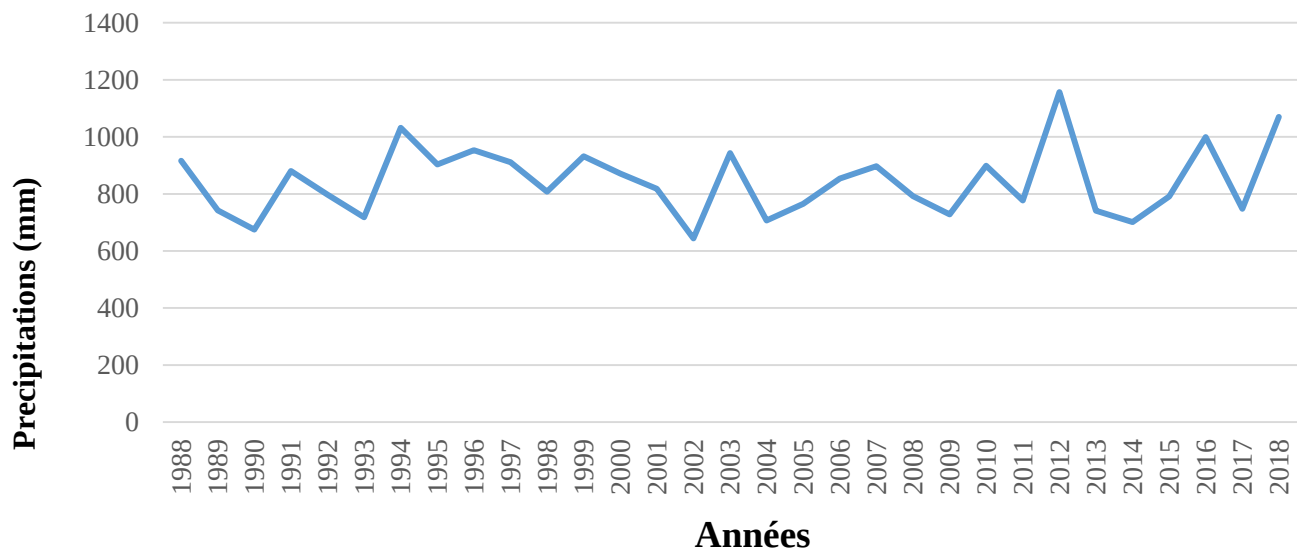


Figure 2: courbe de variation des précipitations de la zone d'étude (SODECOTON de Kaélé)

Méthodologie

Pour déterminer la composition et la structure de la végétation des collines de Kaélé, un inventaire floristique des ligneux a été réalisé dans des parcelles de 100 m x 20 m, établis de la base au sommet des collines, avec un intervalle de 100 m entre elles et sur chacune des quatre façades : NORD, SUD, est et OUEST. La méthode des parcelles a été utilisée par rapport à celle de transect à cause des caractéristiques des sites. Selon Bowman (1997), la méthode d'inventaire la plus pratique sur les collines est la méthode de quadrats ou parcelle, le transects ne pouvant être réalisé à cause de la rugosité du milieu et des grands rochers. Tous les individus ont répertorié, leur diamètre à hauteur de poitrine (DBH), le diamètre de leur houppier et leur hauteur ont été mesurés à l'aide d'un mètre ruban et d'une perche graduée respectivement. Pour les individus multicaules, le diamètre de la plus

grosse, de la moyenne et de la plus petite tige sont mesurés. Les noms scientifiques des espèces ont été déterminés sur le terrain, au laboratoire à l'aide des clés de germination ou à l'Herbier National.

La réalisation du profil écologique de la végétation de ces collines s'est faite en utilisant des paramètres de quantification des taxa (abondance absolue, fréquence, densité relative, fréquence, surface terrière,) qui sont calculés selon les formules suivantes:

- L'abondance absolue est le nombre total d'individus de l'espèce sur le nombre total d'individus. L'abondance relative est le rapport de l'abondance absolue sur le nombre total d'individus de la communauté.

- La densité relative qui est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce et le nombre total de tous les individus rencontrés sur une surface donnée multiplié par 100. ($DeR = \frac{N_i}{N} 100$;

- La fréquence qui désigne le nombre de fois qu'une espèce apparaît sur le totale de relevées effectués multiplié par 100;

- La surface terrière : $G_i = \pi D h^2 / 4$

Où G_i est la surface terrière de l'espèce i , Dh est le diamètre de houpe de l'espèce.

- L'Indice de valeur d'importance écologique des espèces (IVIE) qui est donné par la formule suivante utilisé par Akoègnion (2004), Adjakpa (2006) et Haiwa *et al.* (2016) :

$$IVIE = 100 * \left[\left(\frac{N_i}{\sum N_i} \right) + \left(\frac{G_i}{\sum G_i} \right) + \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) \right]$$

Où N_i est le nombre d'individus de l'espèce i , F_i est la fréquence de l'espèce i , Les espèces dont l'IVIE est supérieur ou égal à 10 sont celles qui sont écologiquement importantes dans le milieu d'étude.

L'évaluation de la diversité floristique des collines s'est faite en utilisant les indices de diversité de Shannon-Weaver (H'), l'équitabilité de Pielou et l'indice de Simpson (D),

- L'indice de Shannon-Weaver servant de mesurer et d'apprécier la diversité. Cet indice est un indicateur de la richesse spécifique et se calcule selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Où H' est l'indice de biodiversité de Shannon de l'espèce i , $p(i)$, la proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S). L'indice de Shannon permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. A côté de ces indices, on peut calculer l'équitabilité de Pielou (E) qui est l'inverse de l'indice de Shannon.

L'hétérogénéité des collines a été évaluée à partir du coefficient de similitude floristique de Jaccard, associé à la distance de Hamming (H) proposée par Daget *et al.* (2003). Le coefficient de similitude de Jaccard (Le Floch, 2007) permet de comparer les différentes placettes et d'évaluer la diversité β . Il se calcule selon la formule suivante :

$$PJ = c / (a + b - c) * 100$$

Où PJ est le coefficient de similitude floristique de Jaccard, a , le nombre d'espèces de la liste du Milieu a , b , le nombre d'espèces de la liste du Milieu b ; c , le nombre d'espèces communes aux deux milieux.

- La distance de Hamming proposée par Daget *et al.*, (2003) cité par Floch (2007) s'ajoute à cet indice pour comparer les relevés floristiques selon la formule suivante :

$$H = 100 - PJ$$

Les seuils retenus sont repartis dans le tableau 1.

Tableau 1 : Seuil de comparaison des relevés floristiques selon la distance de Hamming

Seuil	Comparaison
$H < 20$	Différence floristique très faible
$20 < H < 40$	Différence floristique faible
$40 < H < 60$	Différence floristique moyenne
$60 < H < 80$	Différence floristique forte
$80 < H$	Différence floristique très forte

A. Résultats

Composition floristique des ligneux

Au total, 5781 individus ligneux ont été inventoriés, répartis en 30 espèces, 26 genres et 18 familles sur l'ensemble des trois collines, avec, 2497 individus répartis en 30 espèce, 26 genres et 18 familles sur la colline de Lara, 1643 individus répartis en 24 espèces, 22 genres et 16 familles sur la colline de Boboyo et 1641 individus répartis en 22 espèces, 19 genres et 15 familles sur la colline de Midjivin (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition en espèces, genres, individus et familles dans chaque mont

Nombre	Lara	Boboyo	Midjivin
d'individus	2497	1643	1641
d'espèces	30	24	22
de genres	26	22	19
de familles	18	16	15

1) Caractéristiques écologiques des taxa

L'analyse de la richesse floristique a permis d'identifier 30 espèces dans l'ensemble des relevés des trois collines. Le nombre d'individus, leur densité relative, leur dominance et leur fréquence varient selon les collines (Tableau 3). Les espèces présentant le plus grand nombre d'individus sur les trois collines sont pratiquement les mêmes. Il s'agit de *Allophylus*

africana (54-115 individus), *Anogeissus leiocarpus* (115-135 individus), *Combretum collimun* (78-160 individus), *Combretum glutinosum* (61-107 individus), *Combretum molle* (56-71 individus), *Commiphora africana* (140-195 individus), *Croton pseudopulchellus* (66-133 individus), *Diospiros mespiliformis* (89-104 individus) et *Ficus abutilifolia* (162-202 individus).

Quant à la densité relative, elle varie selon les collines de 0,00 à 9,93% (Tableau3). Cependant ce sont pratiquement les mêmes espèces qui présentent la densité relative la plus élevée dans les trois collines. Ce sont *Anogeissus leiocarpus* (7,18-8,23%), *Combretum collimun* (6,41-9,81%), *Commiphora africana* (7,81-9,81%), *Diospiros mespiliformis* (4,16 – 6,03) et *Ficus abutilifolia* (8,09-9,93%).

La dominance relative des espèces varie selon les collines, de 0 à 16,91% (Tableau 3). Deux espèces dominent la végétation des trois

collines de Kaélé. Il s'agit de *Commiphora africana* (7,27 – 10,09) et *Diospiros mespiliformis* (12,62-16,91). Cependant *Entada Africana* a une valeur de dominance élevée sur la colline de Lara (5,18), alors que la colline de Boboyo, *Diospiros mespiliformis* (7,21) et *Combretum molle* (8,73.) sont parmi les espèces qui ont des valeurs de dominance élevées. *Anogeissus leiocarpus* se trouve parmi les espèces dominantes des collines de de Boboyo (5,18) et Midjivin (8,37).

La fréquence d'apparition des espèces varie aussi en fonction des collines, de 0 à 5,81% (Tableau 3). Sur les 3 collines, huit espèces présentent la fréquence la plus élevée (> 5,00%) parmi lesquelles, l'on note *Allophylus africana*, *Combretum collinum*, *Combretum glutinosum*, *Combretum molle*, *Commiphora africana*, *Croton pseudopulchellus*, *Diospiros mespiliformi* et *Ficus abutilifolia*.

Tableau 3: Nombre d'individus, densité relative, dominance, fréquence relative des taxa des différents monts

Espèces	Nombre d'individus			Densités relatives			Dominances			Fréquences		
	Lara	Boboyo	Midjivin	Lara	Boboyo	Midjivin	Lara	Boboyo	Midjivin	Lara	Boboyo	Midjivin
<i>Acacia ataxacantha</i>	25,00	14,00	0,00	1,00	0,85	0,00	0,90	0,85	0,00	3,53	3,95	0,00
<i>Acacia sieanena</i>	6,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00
<i>Allophylus africana</i>	115,00	48,00	54,00	4,61	2,92	3,29	1,47	0,51	1,31	5,10	4,52	5,16
<i>Annona senegalensis</i>	3,00	11,00	0,00	0,12	0,67	0,00	1,21	0,37	1,12	1,96	2,82	0,00
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	115,00	118,00	135,00	4,61	7,18	8,23	0,05	5,87	8,37	0,78	2,82	3,23
<i>Antada africana</i>	39,00	17,00	44,00	1,56	1,03	2,68	5,18	0,36	1,60	3,92	4,52	5,16
<i>Azadirachata indica</i>	26,00	15,00	4,00	1,04	0,91	0,24	0,60	0,33	0,06	3,14	3,39	3,23
<i>Bombax costatum</i>	43,00	8,00	21,00	1,72	0,49	1,28	3,17	0,78	1,23	3,53	2,26	5,81
<i>Combretum collimun</i>	160,00	78,00	145,00	6,41	4,75	8,84	1,77	5,25	4,45	5,10	5,08	5,81
<i>Combretum glutinosum</i>	107,00	61,00	95,00	4,29	3,71	5,79	1,23	0,83	2,14	5,10	5,08	5,81
<i>Combretum molle</i>	71,00	41,00	56,00	2,84	2,50	3,41	3,50	8,73	2,06	4,71	3,95	5,16
<i>Commiphora africana</i>	195,00	140,00	161,00	7,81	8,52	9,81	7,27	7,78	10,09	5,10	5,08	5,81
<i>Croton pseudopulchellus</i>	133,00	77,00	66,00	5,33	4,69	4,02	2,30	1,76	4,31	5,10	5,08	4,52
<i>Detarium microcarpum</i>	65,00	30,00	17,00	2,60	1,83	1,04	1,71	1,24	0,84	3,53	5,08	3,23
<i>Diospiros mespiliformis</i>	104,00	99,00	89,00	4,16	6,03	5,42	4,22	7,21	4,25	4,71	4,52	5,81
<i>Ficus abutilifolia</i>	202,00	162,00	163,00	8,09	9,86	9,93	14,74	12,62	16,91	5,10	5,08	5,81
<i>Ficus ingens</i>	139,00	100,00	73,00	5,57	6,09	4,45	17,47	14,81	12,91	5,10	5,08	5,81
<i>Grewia bicolor</i>	193,00	191,00	125,00	7,73	11,63	7,62	4,96	5,58	6,02	5,10	5,08	5,81
<i>Haemastostaphis barteri</i>	216,00	108,00	92,00	8,65	6,57	5,61	6,86	6,49	4,28	5,10	5,08	5,81
<i>Hexalobus monopetalus</i>	3,00	0,00	1,00	0,12	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00
<i>Hymenocardia acida</i>	23,00	0,00	4,00	0,92	0,00	0,24	0,46	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00
<i>Lannea chimperi</i>	160,00	98,00	86,00	6,41	5,96	5,24	8,49	6,39	7,26	5,10	5,08	5,81
<i>Oxytenanthera abyssinica</i>	5,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00
<i>Piliostigma reticulatum</i>	15,00	10,00	3,00	0,60	0,61	0,18	0,20	0,14	0,04	1,96	1,13	0,65
<i>Sclerocarya birrea</i>	1,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00
<i>Sterculia setigera</i>	8,00	9,00	5,00	0,32	0,55	0,30	0,06	0,18	0,11	1,57	2,82	0,65
<i>Strychnos innocua</i>	56,00	52,00	39,00	2,24	3,16	2,38	2,12	1,39	1,52	4,31	5,08	5,16
<i>Tamarindus indica</i>	1,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00
<i>Terminalia bronwnii</i>	247,00	144,00	163,00	9,89	8,76	9,93	8,99	10,36	9,10	5,10	5,08	5,81
<i>Ziziphus mauritiana</i>	21,00	12,00	0,00	0,84	0,73	0,00	0,26	0,19	0,00	1,96	2,26	0,00
Totaux	2497	1643	1641	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les Indices de Valeur d'Importance Ecologique des espèces

Les Indices de Valeur d'Importance Ecologique des espèces varient selon les collines, en moyenne de 0,12 à 29,38 sur les trois collines (Tableau 4). Dans l'ensemble des 3 collines, trois espèces présentent

des valeurs de l'IVIE les plus élevées, supérieure à 20. Il s'agit de *Commiphora africana* (22,42), *F. ingens* (25,76) et *Ficus abutilifolia* (29,38). Les espèces qui ont les plus faibles valeurs de l'IVIE, c'est-à-dire inférieure à 1, sont *Tamarindus indica* (0,15) *Sclerocarya birrea* (0,16), *Hexalobus monopetalus* (0,33), *Oxytenanthera abyssinica* (0,42) *Acacia sieanena* (0,49) et *Hymenocardia acida* (0,93). Les autres espèces ont de valeur intermédiaire de l'IVIE.

Tableau 4 : Indices de valeur d'importance écologique des espèces (IVIE) de trois collines de Kaélé, Extrême-Nord Cameroun

Espèces	Lara	Boboyo	Midjivin	Moyenne
<i>Acacia ataxacantha</i>	5,43	5,66	0,00	3,70
<i>Acacia sieanena</i>	1,47	0,00	0,00	0,49
<i>Allophylus africana</i>	11,18	7,96	9,76	9,63
<i>Annona senegalensis</i>	3,29	3,86	1,12	2,76
<i>Anogeissus leicarpus</i>	5,44	15,88	19,83	13,72
<i>Antada africana</i>	10,66	5,91	9,45	8,67
<i>Azadirachata indica</i>	4,78	4,63	3,53	4,31
<i>Bombax costatum</i>	8,42	3,52	8,32	6,75
<i>Combretum collimun</i>	13,27	15,08	19,09	15,81
<i>Combretum glutinosum</i>	10,61	9,63	13,74	11,33
<i>Combretum molle</i>	11,05	15,18	10,64	12,29
<i>Commiphora africana</i>	20,17	21,38	25,71	22,42
<i>Croton pseudopulchellus</i>	12,72	11,53	12,85	12,37
<i>Detarium microcarpum</i>	7,84	8,15	5,10	7,03
<i>Diospiros mespiliformis</i>	13,09	17,75	15,48	15,44
<i>Ficus abutilifolia</i>	27,92	27,56	32,65	29,38
<i>Ficus ingens</i>	28,13	25,98	23,16	25,76
<i>Grewia bicolor</i>	17,78	22,29	19,44	19,84
<i>Haemastostaphis barteri</i>	20,61	18,15	15,70	18,15
<i>Hexalobus monopetalus</i>	0,94	0,00	0,06	0,33
<i>Hymenocardia acida</i>	2,56	0,00	0,24	0,93
<i>Lannea chimperi</i>	20,00	17,44	18,31	18,58
<i>Oxytenanthera abyssinica</i>	1,27	0,00	0,00	0,42
<i>Piliostigma reticulatum</i>	2,76	1,88	0,86	1,83
<i>Sclerocarya birrea</i>	0,49	0,00	0,00	0,16
<i>Sterculia setigera</i>	1,95	3,55	1,06	2,19
<i>Strychnos innocua</i>	8,68	9,64	9,06	9,12
<i>Tamarindus indica</i>	0,45	0,00	0,00	0,15
<i>Terminalia bronwnii</i>	23,98	24,21	24,84	24,34
<i>Ziziphus mauritiana</i>	3,06	3,18	0,00	2,08
Totaux	300,00	300,00	300,00	300,00

Distributions de classes de diamètre et de hauteur de la végétation des collines de Kaélé

La structure diamétrale de la végétation des collines de Kaélé montre une distribution en forme L sur chacune des trois collines, c'est-à-dire, il y a dominance des individus jeunes ou de petit diamètre par rapport aux autres classes de diamètres (Figure 3). Sur toutes les collines étudiées, les individus appartenant à la classe de diamètre supérieur à 12 cm sont remarquablement faible

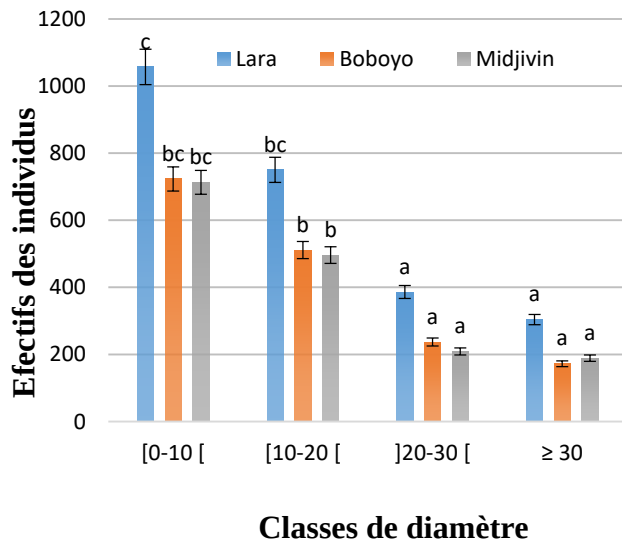


Figure 3 : Distribution de classes de diamètre de la végétation des 3 collines des montagnes de Kaélé, Extrême-Nord Cameroun

Dans l'ensemble des trois collines 76,72 % des individus répertoriés ont une hauteur inférieure à 8 m. L'analyse de la figure 3 montre que les classes de hauteurs les plus importantes des trois collines sont les classes [0-4[avec (40,66%) et la classe [4-8[avec (36,14%) des individus inventoriés sur les trois collines de Kaélé. Les classes les moins représentées sont les classes [8-10[avec (10,36%) et la classe ≥ 10 avec (12,84%) du fond floristique de la végétation des trois collines.

La structure verticale de la végétation des collines étudiées présente une figure qui a l'allure d'un « J renversé ». Cette structure traduit une bonne régénération des tiges. Cette forme indique que la population est capable de se régénérer.

Ce résultat serait dû à une surexploitation des individus âgés dans la zone. De plus ces indivis sont plus représentés dans les zone de basse altitudes et donc plus accessible par la population. La faible représentativité des individus de grande taille peut s'expliquer soit par

la pression exercée sur la ressource soit par la destruction de l'habitat. Les individus de grande tailles sont légèrement menacés en dépit de leur situation par rapport à l'altitude ils sont peu accessibles, l'activité des coupes de bois est faible.

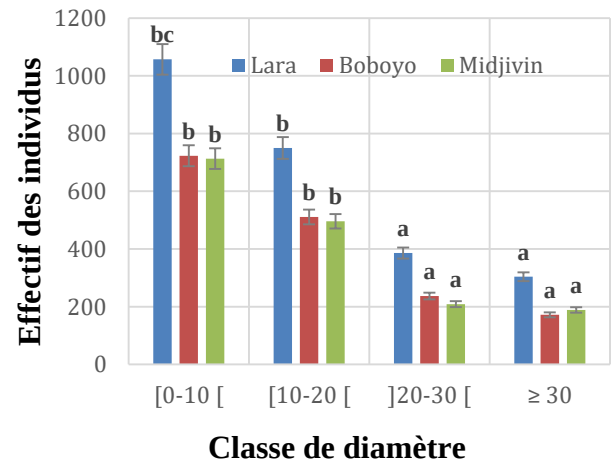


Figure 4 : Distribution en classe de hauteur des collines Diversité des ligneux des collines

L'indice de diversité de Shannon varie de 4,02 à 4,26, avec une moyenne de 4,13 bits, celui de Simpson de 0,28 à 0,43, avec une moyenne de 0,33, et enfin l'Équitabilité de Pielou de 0,38 à 0,39, avec une moyenne de 0,38 (Tableau 5). Les indices de diversité de Shannon et Simpson sont plus élevés sur la colline de Lara que sur les autres collines, alors que l'équitabilité de Pielou ne varie pratiquement pas entre les trois collines

Tableau 5 : Nombre d'individus (Ni), indices de diversité de Shannon (ISH) et de Simpson (D), et Équitabilité de Pielou (EQ) des trois collines des montagnes de Kaélé

	Lara	Boboyo	Midjivin	Moyenne $\pm$ écartype
Ni	2497	1643	1641	1927,00 $\pm$ 493,63
ISH	4,26	4,11	4,02	4,13 $\pm$ 0,11
EQ	0,38	0,39	0,38	0,38 $\pm$ 0,04
D	0,43	0,28	0,28	0,33 $\pm$ 0,08

Comparaison entre versants ou influence des versants

L'abondance moyenne des individus des collines varie de 1687 à 2057 individus. Le versant NORD est le plus abondant en individus (2057), Le versant EST est le moins abondant en individus (1687) et les autres versants présentent une abondance intermédiaire, avec 1867 individus à L'OUEST et 1946 individus au SUD.

Entre collines, la végétation de la colline de Lara est plus abondante en individus que les deux autres collines sur les quatre versants (Figure 4). Par contre les collines de Boboyo et Midjivin ne diffèrent pas entre elles par leur abondance en individus.

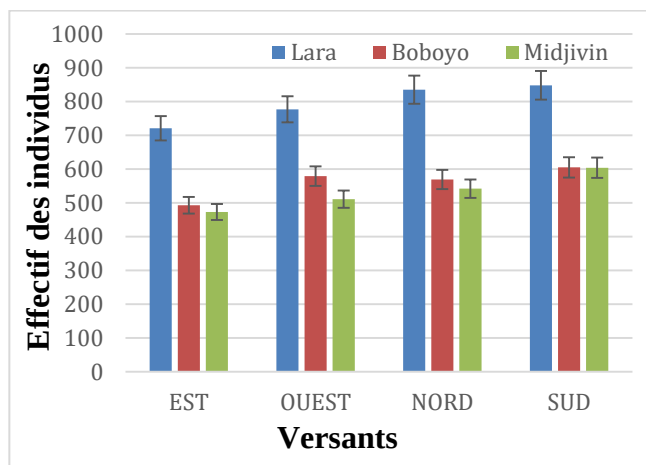


Figure 5 : Abondance en individus de la végétation des quatre versants des trois collines de Kaélé Extrême- Nord Cameroun

L'indice de jaccard varie, sur l'ensemble des quatre versants et 3 collines, de 66,67 à 90,00, et la distance de Hamming de 8,33 à 33,33 (Tableau 6).

Sur la colline de Lara, l'indice de similitude de Jaccard est élevé entre les versants SUD et NORD (84,62), mais faible entre les versants EST et SUD (68,97), et les distances de Hamming est faible pour le premier et élevée pour le second.

Sur le mont Boboyo, l'indice de similitude de Jaccard est élevé entre les versants NORD et EST (127,78), mais faible entre les versants SUD et OUEST (66,67). Quant à la différence floristique la plus importante est de 33,33 entre les versants OUEST et SUD, qui correspond au Seuil de comparaison faible.

Sur le mont Midjivin, l'indice de similitude de Jaccard est élevé entre les versants NORD et OUEST, et entre les versants NORD et SUD (127,78), et faible entre les versants OUEST et EST (80,95). La différence floristique la plus élevée et entre les versants OUEST et EST qui correspond au Seuil de comparaison très faible (19,05).

Tableau 6: Indices de Jaccard (PJ) et Distance de Hamming (H) des formations végétales des quatre versants des trois collines de Kaélé

Collines	Versants	Versants							
		EST		OUEST		NORD		SUD	
		PJ	H	PJ	H	PJ	H	PJ	H
Lara	EST	100	0						
	OUEST	78,57	21,43	100	0				
	NORD	72,41	27,59	81,48	18,52	100	0		
	SUD	68,97	31,03	81,48	18,52	84,62	15,38	100	0
Boboyo	EST	100	0						
	OUEST	70,83	29,17	100	0				
	NORD	127,78	-27,78	73,91	26,09	100	0		
	SUD	80,77	19,23	66,67	33,33	91,67	8,33	100	0
Midjivin	EST	100	0						
	OUEST	80,95	19,05	100	0				
	NORD	90,00	10,00	100,00	0,00	100	0		
	SUD	90,00	10,00	90,00	10,00	100,00	0,00	100	0

1) Analyse des variables en composante principale ACP (Affinités entre les monts)

L'affinité entre les collines et la dispersion des espèces sur les trois collines ont été réalisées par l'Analyse des variables en composante principale (ACP) dont les résultats ont été présentés sur la figure 5. Les collines de Lara et Boboyo sont corrélées positivement entre elles et corrélées négativement à la colline de Midjivin (Figure 5a). Les espèces dispersées telles *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum collimun*, *Ficus abutilifolia*, *F. ingens*, *C. glutinosum*, *Commiphora africana*, *Diospiros mespiliformis*, *Grewia bicolor*, *Croton pseupulcherus*, *Allophylus africana* et *Haematostaphis barteri*, sont les plus représentées. Elles sont très denses et se rencontrent sur toutes les collines Kaélé. Leur corrélation avec les espèces groupées sous forme de nuage est faible. Les espèces formant des nuages autour de ces deux axes (F1:% et F2: 2,61%) sont les moins représenté sur les collines, c'est le cas des espèces telles que: *Acacia sieanena*, *Annona senegalensis*, *Antada africana*, *Azadirachata indica*, *Bombax costatum*, *Combretum molle*, *Detarium microcarpum*, *Hexalobus monopetalus*, *Hyminocardia acida*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera*, *Strychnos innocua*, *Tamarindus indica* et *Ziziphus mauritiana*.

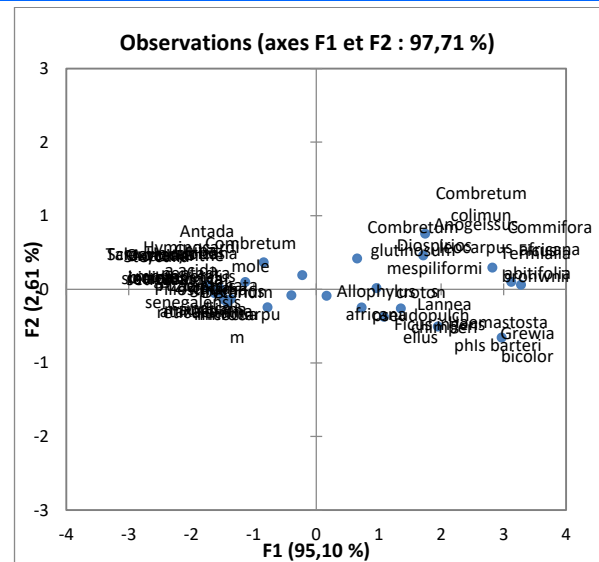
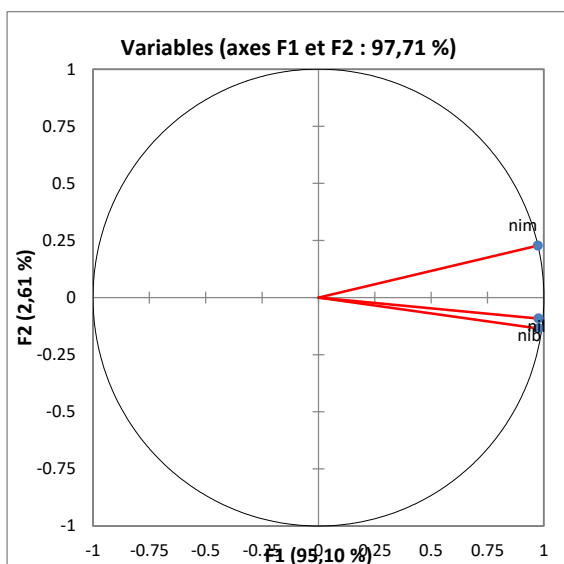


Figure 6 : Corrélation et dispersion des espèces

Discussion

Richesse floristique des monts

Les inventaires ont permis d'identifier 30 espèces et 16 familles sur l'ensemble des inventaires collines étudiées. La végétation des collines étudiées témoignant d'une faible richesse floristique à cause de l'influence des actions anthropiques. Ces résultats diffèrent de ceux de Nyasiri (2018) qui pour lui a identifié 87 espèces, 39 familles dans la forêt aménagée en parc de la falaise de Ngaoundéré (Adamaoua-Cameroun). Cette différence serait due au facteur climatique et édaphique étant donné que les paysages de forêt de la falaise appartiennent au climat de type soudano-Guinéen.

Les valeurs de l'IVIE varient en fonction des collines. L'indice de Valeur d'Importance Ecologique le plus élevé des relevés est celui de l'espèce *Commiphora africana* (22,42), *Ficus ingens* (25,76) et *Ficus abutilifolia* (29,38), ces trois espèces représentent les espèces les plus diversifiées sur les collines de Kaélé. Ce résultat se rapprocherait de celui obtenu sur le mont Manengouba par Noumi (2013) où l'espèce *Schefflera mannii* (37,35%). Ceci montre le rôle écologique que jouent ces essences dans le milieu puis qu'elles ont une plasticité écologique plus large.

2) Diversité des ligneux des collines

L'on note une importante diversité sur le mont Lara, cette diversité serait due à la hauteur de ce mont par rapport à celle de Boboyo et Midjivin. Dans l'ensemble des sites étudiés, l'indice de diversité est important. Cet indice de diversité

élevée montre qu'il existerait dans ces sites les actions de conservation paysanne, favorisent par le relief. Contrairement à ce qu'a observé Donfack (1998) dans la végétation des jachères du Nord Cameroun, les valeurs de la richesse du peuplement obtenues dans les monts de la zone soudano-sahélienne sont faibles. Ces différences s'expliquent par la nature de la végétation des collines qui est plus riche en espèces que les jachères. Cette dernière subit constamment les effets de l'anthropisation (Moundingo, 2008).

Distribution diamétrale de la végétation des collines

La structure de la population montre une allure en forme de "L". Cette structure est la résultante d'une forte pression de prélèvement de bois sur les monts et la perte des individus jeunes. Cette perte des individus jeunes réduit la population de formations végétales comme l'ont signalé Sinsin *et al.*, (2004) dans leurs travaux sur la population de *Azelia africana* au Bénin. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que la population locale coupe du bois sur les collines. Néanmoins, les coupes de bois répétées ne permettent pas à la végétation de se reconstituer rapidement. Cette structure de la végétation en "L" traduit généralement un bon potentiel de régénération de la végétation (Hall et Bawa, 1993). Malgré la forte représentativité des individus jeunes, ils n'arrivent pas très souvent à maturité à cause des pressions anthropiques. Ce résultat est en accord avec ceux Hamawa *et al.* ; 2014 sur la distribution altitudinale de *Vepris heterophylla* dans la zone Soudano-sahélienne du Cameroun et ceux de Tchobsala *et al.* (2010) dans la savane périurbaine de Ngaoundéré. L'analyse de variance décèle une différence très significative entre les classes P-value = 0,001, d'une part et il n'existe pas de différence significative entre les collines. Pour que la végétation se reconstitue, les ligneux ont besoin de nombreux jeunes individus lesquels pourraient remplacer les adultes (Lykke, 1998). De même, l'absence des individus adultes dans une population affecte la résilience et la restauration des populations à cause l'absence des graines pour assurer une bonne dissimilation (Hall et Bawa, 1993).

Distribution des hauteurs de la population

La végétation des monts étudiés est prédominée par les individus donc la taille inférieure à 8 m. Des observations similaires ont

été faites par Hamawa *et al.* ; en 2014 sur la distribution de *Vepris heterophylla* dans la zone Sudano-sahélienne du Cameroun

Ces résultats sont en désaccord à ceux de Tchoua et Noumi (2016) sur la structure de la végétation du Mount Kupe qui trouvaient que les individus de diamètre compris entre 10 et 20 m sont plus représentés. Par ailleurs, l'analyse de variance relève qu'il existe une différence significative entre les classes des hauteurs (P-value = 0,000), tandis qu'il n'existe pas de différence significative entre les collines (P>0,05). Le ramassage des pierres ou du gravier sur les fessades des collines associées à la recherche des terres de cultures au ras des collines conduit à une destruction massive de la nature dans la zone d'étude entraînant la fragmentation de l'habitat naturel de certaines espèces. C'est ce qui explique la faible proportion des individus de grande taille Keita et Ouattara (1995). (Ce n'est pas le lieu de discuter ici, il faudra aller à la partie discussion)

Distribution de la population de la végétation suivant les versants des collines

La distribution de la végétation suivant les versants montre que le versant SUD est plus dense que le versant NORD et le versant EST que le versant OUEST. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux d'Avohou et Sinsin (2009) qui ont rapporté dans le cadre de l'étude de la biomasse végétale sur la montagne Attacora (Bénin) que la végétation est plus importante sur le versant NORD que sur le versant SUD. Mais ces résultats ne sont pas aussi en accord avec ceux d'Achoundong (1996). En étudiant la végétation des collines de Yaoundé, cet auteur a noté la dominance de la végétation sur le versant NORD. Le versant SUD étant plus frais et plus sollicité par les habitants subit une forte pression anthropique. Cette situation aurait favorisé l'intensification de l'exploitation de la ressource. La forte densité de la végétation sur le versant SUD implique une faible pression anthropique et la difficulté d'y accéder. L'analyse de variance décèle une différence statistique significative entre les différentes collines P-value = 0,0001 au seuil de 5%, mais il n'existe pas une différence significative entre les versants.

Comparaison des différentes formations végétales

L'indice de jaccard varie, sur l'ensemble des quatre versants et 3 collines, de 66,67 à 90,00, et la distance de Hamming de 8,33 à 33,33. La différence floristique entre certains versants d'une part et la similitude entre certains versants des collines serait la conséquence surtout à la nature sol, l'épaisseur du sol, la topographie des sols des versants et de la pente de chaque versant. Ceci montre que les différences floristiques se posent entre les versants et en fonction des monts. Ces résultats sont similaires à celles de Ntoupka (1999) dans la zone soudano-sahélienne qui montrait que les distances de Hamming entre les différentes formations végétales sont inégalement variées.

Conclusion

La situation démographique au tour des collines étudiées impose une forte pression de prélèvement des ressources naturelles de montagnes entraînant ainsi la fragmentation de l'habitat de la biodiversité et la perte de certaines espèces fragiles. Cet étude nous a permis de faire connaître l'état actuel de la végétation des collines de Kaélé pour une action conservatoire de la biodiversité. Les inventaires ont permis d'identifier 30 espèces, 26 genres et 18 familles, dans l'ensemble des relevés, la colline de Lara est la plus riche avec 2497 individus suivi de celle de Boboyo avec 1643 individus puis celle de Midjivin avec 1641 individus. Les individus de taille inférieure à 8 m de hauteur sont les plus représentatifs. La structure diamétrale de la végétation des trois collines montre une prédominance des individus de diamètre de moins de 20 cm, l'allure de la structure de la végétation en "L" traduit la pression anthropique sur la végétation aussi bien une régénération de la végétation. Cependant, la prédominance des individus de petites tailles et de petit diamètre traduit une régénération continue de la végétation. Les cinq espèces les plus importantes en termes de densité, diversité et la dominance sur les trois collines sont : *Terminalia bronzani*, *Ficus abutilifolia*, *Grewia bicolor*, *Commiphora africana*, *Haemastostaphis barteri*. Les familles des Combrétacées, Césalpiniacées, Anacardiaceae, Moracées sont les plus représentées. La distribution de la végétation sur les trois collines montre en moyenne que le versant Nord est plus dense que le versant Sud et le versant Ouest est plus dense que le versant Est. Pour une approche de gestion durable des

ressources naturelles de ces monts, il serait judicieux former des volontaires dans chaque village concerné dans la gestion de ressources naturelles, favoriser la promotion des produits locaux afin de souligner le risque de rareté possible de ces produits et finalement conduire des programmes de domestication des espèces d'intérêt pour la communauté afin de favoriser une richesse culturelle digne de ce nom.

Remerciements

Nous voudrions remercier les Lamibé des cantons de Lara, Boboyo et Midjivin et leurs populations pour leur disponibilité tout au long de notre étude. Nous n'oublierons pas les délégués départementaux des forêts et celui de l'environnement de la protection de la nature et du développement durable de Kaélé pour avoir accompagné ce modeste travail.

Références Bibliographiques

- Achoundong G., 1996.** Les forêts sommitales du Cameroun : végétation et flore des collines de Yaoundé. Bois et Forêts des Tropiques 247 : 37-52.
- Adjakly, 1985.** Pratique de la tradition religieuse et reproduction sociale chez les Gue/Mina du sud-est du Togo. Itinéraires, étude du développement 1, Iued, Genève, Suisse. 154 p.
- Akoègninou, A., 2004.** Les forêts naturelles du Bénin. Thèse d'Etat Université d'Abidjan - Cocody. 350p.
- Beauvilain A., 1995.** Tableau de la pluviométrie dans les bassins du Tchad et de la Bénoué, de la création des stations à décembre 1994. N'Djamena, Tchad, CNAR, Travaux et Documents Scientifiques du Tchad. 103 p.
- Chimène Assi-Kaudjhis, 2012.** Dynamique des écosystèmes et biodiversité des montagnes du Cameroun au cours des derniers 20 000 ans : Analyse palynologique d'une série sédimentaire du lac Bambili
- COMIFAC., 2009.** Biodiversité et gestion forestière durable dans le bassin du Congo. Rapport. 34 p.
- China W., Kate D. et Phyllida C., 2003.** La CDB pour les botanistes : une introduction à la convention sur la Diversité Biologique (CDB) pour les personnes qui travaillent avec des collections botaniques. Royal botanic gardens, Kew, 94p.
- Daget P. et Poissonet J., 1971.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agron.* 22 (1) : 5-41.
- Donfack P., 1998.** Végétation des jachères du Nord-Cameroun : typologie, diversité, dynamique et production. Thèse d'Etat, Université de Yaoundé I, Cameroun, 270p.
- Haiwa Gilbert, Tchobsala, Ngakou Albert, 2016.** - Structure, Dynamic of Regeneration and Ecological Characterization of Vegetation of the Sudano-Sahelian Zone of Cameroon,

International journal of Current Research and Review, 4(9): 21-52.

- Hall P. & Bawa K., 1993.** Methods to assess the impact of extraction of Non-Timber Tropical Forest Products on plant populations. *Economic Botany* 47: 234-247.
- Hamawa Y. and Mapongmetsem P. M. 2014.** Diversity of *Vepris heterophylla* (Engl.) Letouzey morphotypes in the Sudano-sahelian zone of Cameroon. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, Vol 6 (5): 183-189.
- Houinato Marcel, 2001.** Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffé (Bénin), Thèse de Doctorat, université libre de Bruxelles, ULB, Belgique.
- Lanly J. P., 1982.** Les ressources forestières tropicales. FAO., Rome. 113 p.
- Le floch, Sophie et Marie-José Fortin, 2008.** "Paysage", "co-visibilité" et esthétique autour de l'implantation d'éoliennes, dans L'après développement durable. *Espaces, Nature, Culture et Qualité*, Paris : Ellipses. pp. 223-231.
- Lienou G., Delclaux F. et Noupa P., 2011.** La plaine du lac Tchad dans L'Extrême-Nord Cameroun : de la sécheresse et des processus d'adaptation des populations à la restauration des inondations, 3p.
- Lykke A. M., 1998.** Assessment of species composition change in savannah vegetation by means of woody plants size class distribution and local information. *Biodiversity and Conservation* 7: 1261 1275.
- Noumi, E., 2013.** Floristic inventory of woody species in the Manengouba mountain forest, Cameroon. *J. Biol. Life Sci.* 4, 282-309.
- Nyasiri Jonathan, 2018.** Anthropisation et dynamique spatio-temporelles des paysages forestiers de la falaise de Ngaoundéré (Adamaoua-Cameroun). Thèse doctorat Ph/D. Université de Ngaoundéré. 141 p.
- Moudingo E. J. H., 2008.** La situation des forêts au Cameroun. *Wildlife Conservation Society*. 24 p.
- Pielou, 1994.** Biodiversity versus old-style diversity: measuring biodiversity for conservation. In T. J. B. Boyle et Boontawee éd. *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forest*. CIFOR Bogor, Indonésie, 5-17.
- Raunkiaer, C. 1937.** *Plants life forms*, Calendon, Oxford. 104 p
- Shannon, C. & Weaver, W., 1949.** The mathematical theory of communication. *Urbana, IL: University of Illinois Press*, 63 p.
- Sinsin B., Eyog Matig O., Assogbadjo A.E., Gaoue O. G. & Sinadouwirou T., 2004.** Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azela africana* Sm. dynamic changes in trees found in different climate zones of Benin. *Biodiversity and Conservation* 13 (8) : 1555-1570.
- Talontsa T. O., 2010.** Structure et population de *Prunus africanus* (hook. f.) Kalkman (Rosaceae) dans le Mayo Banyo (Adamaoua, Cameroun). Mémoire de Master 2. Université de Ngaoundéré. 68 p.
- Tchobsala, 2011.** Impact des coupes de bois sur la végétation naturelle de la zone périurbaine de Ngaoundéré (Adamaoua). *Thèse de Doctorat ph.D, Université de Yaoundé I, Cameroun* 204 p.
- Toko Imorou Ismaïla, Arouna Ossen, Sinsin Brice, 2010.** « Cartographie des changements spatio-temporels de l'occupation du sol de la Forêt Classée de l'Alibori Supérieur au Nord-Bénin ». *Revue de Géographie du Bénin Université d'Abomey-Calavi (Bénin) N°7*, p. 22-39.
- Oumorou Madjidou, 2003.** Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des Inselbergs du Bénin, Thèse de Doctorat. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt.
- Wafo G., 2008.** Les aires protégées de l'Extrême-Nord Cameroun entre politique de conservation et pratiques locales, Theses de doctorat en géographie-Amenagement Environnement, Université d'Orléans, 325 p.
- Wilson E.O., 1988.** *Biodiversity*. Washington, D.C., USA: National Academy Press. <http://doi.org/10.17226/989>.