

Flora_{et} Vegetatio Sudano-Sambesica



edited by
éditées par
herausgegeben von

Rüdiger Wittig¹
Sita Guinko²
Brice Sinsin³
Adjima Thiombiano²

¹Frankfurt

²Ouagadougou

³Cotonou

Volume 21 • 2018

Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica

Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica (former "Etudes sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants") is a refereed, international journal aimed at presenting high quality papers dealing with all fields of geobotany and ethnobotany of the Sudano-Sambesian zone and adjacent regions. The journal welcomes fundamental and applied research articles as well as review papers and short communications.

English is the preferred language but papers written in French will also be accepted. The papers should be written in a style that is understandable for specialists of other disciplines as well as interested politicians and higher level practitioners. Acceptance for publication is subjected to a referee-process.

In contrast to its predecessor (the "Etudes ...") that was a series occurring occasionally, Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica is a journal, being published regularly with one volume per year.

IMPRINT

Volume:	21 • 2018
Publisher:	Institute of Ecology, Evolution & Diversity Chair of Ecology and Geobotany Max-von-Laue-Str. 13 D - 60438 Frankfurt am Main
Copyright:	Institute of Ecology, Evolution & Diversity Chair of Ecology and Geobotany Max-von-Laue-Str. 13 D - 60438 Frankfurt am Main
Online-Version:	http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/48497 urn:nbn:de:hebis:30:3-484978
ISSN:	1868-3606

Editor-in-Chief:

Prof. Dr. Rüdiger Wittig
Institute of Ecology, Evolution & Diversity
Department of Ecology and Geobotany
Max-von-Laue-Str. 13
D - 60438 Frankfurt am Main
eMail:
r.wittig@bio.uni-frankfurt.de

Co-Editors:

Prof. Dr. Sita Guinko
Prof. Dr. Adjima Thiombiano
Sciences de la Vie et de la Terre
Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales
Université de Ouagadougou
03 BP 7021 Ouagadougou
Burkina Faso

eMail:
sguinko@univ-ouaga.bf
adjima_thiombiano@univ-ouaga.bf

Prof. Dr. Brice Sinsin
Faculté des sciences Agronomiques
Laboratoire d'Ecologie Appliquée
Université Nationale du Bénin
B.P. 526 Cotonou
Benin

eMail:
bsinsin@gmail.com

Editorial-Board

Prof. Dr. Reinhard Böcker
Institut 320, Universität Hohenheim
70593 Stuttgart / Germany

Prof. Dr. Ulrich Deil
Institut für Biologie II, Geobotanik,
79104 Freiburg / Germany

Dr. Anne Fournier
Laboratoire ERMES ORSTOM
45072 Orleans / France

Dr. Karen Hahn
Institut für Ökologie, Evolution und Diversität
J.W.-Goethe-Universität
Max-von-Laue-Str. 13
D - 60438 Frankfurt am Main / Germany

Dr. Anne Mette Lykke
Aarhus University
Department of Bioscience
Vejlsovej 25
8660 Silkeborg / Denmark

Prof. Dr. Stefan Porembski
Institut für Allgemeine und Spezielle Botanik
Universität Rostock
18057 Rostock / Germany

Dr. Marco Schmidt
Senckenberg Biodiversität und Klima For-
schungszentrum (SBiK-F)
Senckenberganlage 25
D - 60325 Frankfurt am Main / Germany

Flora^{et} Vegetatio Sudano-Sambesica

Volume 21 • 2018

Table of contents | Table des matières | Inhaltsverzeichnis

Table of contents Table des matières Inhaltsverzeichnis	2
---	---

New Species Records for the Flora of Burkina Faso	Marco Schmidt	3-6
Nouveaux enregistrements d'espèces pour la flore du Burkina Faso		
Neue Artnachweise für die Flora von Burkina Faso		

Caractérisation structurale de la végétation ligneuse du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun)	Rodrigue Constant, Sani Sandjong, Mama Ntoupka, Toua Vroumsia et Adamou Ibrahima	7-24
Structural Characterization of the Woody Vegetation of Mozogo-Gokoro National Park (Cameroon)		
Strukturelle Charakterisierung von Gehölzvegetation im Mozogo-Gokoro National-Park (Kamerun)		

The Use of Wild Plants for Food: a National Scale Analysis for Burkina Faso (West Africa)	Karen Hahn, Marco Schmidt, Adjima Thiombiano	25-33
L'utilisation des plantes sauvages pour l'alimentation : une analyse à l'échelle nationale pour le Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)		
Die Verwendung von Wildpflanzen als Nahrung: eine nationale Analyse für Burkina Faso (Westafrika)		

Instructions for Authors / Conseils aux auteurs		34-35
---	--	-------

New Species Records for the Flora of Burkina Faso

Received: 2018-11-13; accepted: 2018-11-20

Marco Schmidt^{1,2}

¹ Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (SBiK-F), Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt, Germany
mschmidt@senckenberg.de

² Palmengarten der Stadt Frankfurt, Siesmayerstraße 61, 60323 Frankfurt, Germany

Summary: Since the last comprehensive publication on Burkina Faso's flora, further species have been documented in publications and online resources. These thirteen species are listed here with notes on ecology, use and distribution. The number of vascular plants known for Burkina Faso has therefore reached 2080 species.

Key words: Burkina Faso, Flora, Vascular Plants

NOUVEAUX ENREGISTREMENTS D'ESPÈCES POUR LA FLORE DU BURKINA FASO

Résumé: Depuis la dernière publication complète de la flore du Burkina Faso, d'autres espèces ont été publiées dans des publications et des ressources en ligne. Ces treize espèces sont listées ici avec des notes sur l'écologie, l'utilisation et la répartition. Le nombre de plantes vasculaires connues pour le Burkina Faso a ainsi atteint 2080 espèces.

Mots clés: Burkina Faso, Flore, Plantes vasculaires

NEUE ARTNACHWEISE FÜR DIE FLORA VON BURKINA FASO

Zusammenfassung: Seit der letzten umfassenden Veröffentlichung zur Flora von Burkina Faso wurden weitere Arten in Publikationen und Online-Ressourcen veröffentlicht. Diese dreizehn Arten werden hier mit Anmerkungen zu Ökologie, Verwendung und Verbreitung aufgeführt. Die Anzahl der für Burkina Faso bekannten Gefäßpflanzen hat somit 2080 Arten erreicht.

Schlagworte: Burkina Faso, Flora, Gefäßpflanzen

1 INTRODUCTION

Burkina Faso's known flora has been comprehensively assessed by GUINKO (1984; 1054 species), followed by LEBRUN et al. (1991; 1203 species) and finally by THIOMBIANO et al. (2012; 2067 species). However, in the meantime a number of new plant species have been documented for Burkina Faso. Contemporaneously with the vascular plant catalogue, a field guide to Burkina Faso's trees has been published (SACANDÉ et al. 2012), with a few species hitherto undocumented. Other species have been found during fieldwork and documented by herbarium specimens or photo records, some have been previously overlooked in herbarium collections. These new records are presented here to update the knowledge of Burkina Faso's flora.

2 METHODS

Since the publication of the catalogue of vascular plants (THIOMBIANO et al. 2012), several species have been newly documented for Burkina Faso. Some of these have been listed in the tree guide by SACANDÉ et al. (2012), others found in photo records contributed to African Plants - a photo guide (DRESSLER et al. 2014) or in herbarium specimens contributed to JSTOR Global Plants (<https://plants.jstor.org>). For consistency with Burkina's vascular plant catalogue, we present these species in the same format. The synonymy and higher taxon affiliation follows the African Plants Database (KLOPPER et al. 2006).

3 RESULTS

APOCYNACEAE

Adenium obesum (Forssk.) Roem. & Schult.

- References: SACANDÉ et al. 2012: 71; FWTA 2: 76.
Vern. names: Rose du désert, Baobab chacal (French).
Life Form: Phanerophyte.
Habitat: Savanna, on stony or sandy soils.
Distribution: Tropical Africa, Arabian peninsula.

SACANDÉ et al. (2012) mention this species to occur in Burkina Faso. This species is documented by a photo record of a cultivated plant from Banfora by S. Porembski in DRESSLER et al. (2014), and a herbarium specimen (Chevalier 530) mentioned by HUBER (1963), who further expressed doubts about the species being native to West Africa.

Ceropegia meyeri-johannis Engl.

- References: LISOWSKI & MALAISSE 1974.
Life Form: Geophyte (climber).
Habitat: Woodlands.
Distribution: Subsaharan Africa.

This species has been documented by a photo record from the Falaise de Banfora by S. Porembski (in DRESSLER et al. 2014).

Ceropegia purpurascens K. Schum.

- Life Form: Geophyte (climber).
Distribution: Subsaharan Africa.

This species has been documented by a photo record from tiger bush vegetation in the Sahel Reserve by A. Erpenbach (in DRESSLER et al. 2014).

Tylophora sylvatica Decne.

- References: AKOËGNINOU et al. 2006: 374; FWTA 2: 96.
Life Form: Geophyte (climber).
Habitat: Thickets.
Distribution: Tropical Africa and Madagascar.

This species has been documented by a photo record from the Comoé-Léraba reserve by A. Thiombiano (in DRESSLER et al. 2014).

ASPARAGACEAE

Albuca abyssinica Jacq.

- References: FWTA 3: 103.
Life Form: Geophyte.
Habitat: Wet places in hilly savanna, rocks.
Distribution: Subsaharan Africa, Arabian peninsula.

This species has been documented by a photo record from the Cascades de Karfiguela by M. Schmidt (in DRESSLER et al. 2014) and a herbarium specimen from the same location (SCHMIDT et al. 6464, FR).

BEGONIACEAE

Begonia rostrata Welw. ex Hook. f.

- References: FWTA 1: 219.
Life Form: Therophyte (succulent).
Habitat: Moist rocks.
Distribution: Subsaharan Africa.

This species has been documented by a photo record from the Falaise de Banfora by S. Porembski (in DRESSLER et al. 2014). A *Begonia* specimen from Chaîne de Gobnangou (O. Bognounou 45, 9.1.1970, HNBU) is probably also *B. rostrata*.

CYPERACEAE

Kyllinga beninensis Samain, Reynders & Goetgh.

- References: AKOËGNINOU et al. 2006: 104; SAMAIN et al. 2006.
Synonyms: *Cyperus beninensis* (Samain, Reynders & Goetgh.) Huygh
Life Form: Geophyte
Distribution: Benin, Burkina Faso.

This species has been documented by a photo record from Pama by A. Lessmeister (in DRESSLER et al. 2014).

MYRTACEAE

Eucalyptus citriodora Hook. [cult.]

- References: Sacandé et al. 2012: 137.
Life Form: Phanerophyte.
Other Uses: Timber and firewood.

Distribution: Originally from Australia, widely cultivated.

ORCHIDACEAE

Eulophia cucullata (Afzel. ex Sw.) Steud.

References: AKOËGNINOU et al. 2006: 153; FWTA 3: 249.

Life Form: Geophyte.

Habitat: Savanna.

Distribution: Subsaharan Africa, Comores, Madagascar.

This species has been documented by a herbarium specimen from the Sourou valley (D.H. Winkoun 181, 10.7.1957, HNBU). Since it has also been found in Pendjari National Park in northern Benin, it is expected to occur also in neighbouring reserves in Burkina Faso's Southeast.

RUBIACEAE

Pentodon pentandrus (Schumach. & Thonn.) Vatke

References: AKOËGNINOU et al. 2006: 896.

Life Form: Therophyte.

Habitat: Wetlands.

Distribution: Subsaharan Africa, Madagascar, Arabian peninsula.

This species has been documented by a photo record from F.Cl. de Téré by M. Schmidt (in DRESSLER et al. 2014).

RUTACEAE

Citrus × aurantiifolia (Christm.) Swingle [cult.]

References: SACANDÉ et al. 2012: 46; AKOËGNINOU et al. 2006: 911.

Vern. names: lembur (Mooré); limettier (French).

Life Form: Phanerophyte.

Food use: Juice of fruits used for drinks and food.

Distribution: Cultivated in tropical countries worldwide.

Citrus maxima (Burm.) Merr. [cult.]

References: SACANDÉ et al. 2012: 46; AKOËGNINOU et al. 2006: 912.

Synonyms: *Citrus grandis* (L.) Osbeck

Vern. names: pamplemoussier (French).

Life Form: Phanerophyte.

Food use: Fruits used for drinks and food.

Distribution: Originally from SE Asia, widely cultivated in tropics and subtropics.

THELYPTERIDACEAE

Ampelopteris prolifera (Retz.) Copel.

Synonyms: *Dryopteris prolifera* (Retz.) C.Chr., *The-lypteris prolifera* (Retz.) P.J.Vorster

Life Form: Geophyte.

Habitat: Riverine forest.

Distribution: Subsaharan Africa, Madagascar, Tropical Asia and Australia.

This species has been documented by a herbarium specimen from Tonkoroni, Dpt. Nouna (O. Bognounou 54, 7.7.1968, HNBU).

Species records not included

A number of further species records appear to be not sufficiently documented or doubtful; therefore, we have not included them in the list above.

SACANDÉ et al. (2012) mention *Pandanus candelabrum* P. Beauv. to occur in Burkina Faso. Known *Pandanus* records from Burkina Faso however belong to *P. senegalensis*, previously known as *P. brevifrugalis* (THIOMBIANO et al. 2012; BEENTJE & CALLMANDER 2014).

OUÛBA et al. (2006) mention *Habenaria laurentii* De Wild. in their list of medicinal plants from Niangoloko forest. We could not find any photo or specimen from within Burkina Faso, but known occurrences are close to the southern border in Côte d'Ivoire and Benin. Therefore this species probably also occurs in Burkina Faso.

4 CONCLUSIONS

Despite focussed collecting activities on undersampled areas and habitats (SCHMIDT et al. 2010) in the context of the BI-OTA project, leading to an important increase of documented species, the flora of Burkina Faso remains incompletely known. We have found 13 species previously unknown from Burkina Faso and expect further additions to the flora to be discovered in the future. Especially the South Western part of Burkina Faso, bordering Mali and Ivory Coast is rich in habitats and species and may still be explored more thoroughly. Likewise, the vast reserves of the South-East offer

a range of close-to natural Sudanian savanna habitats serving as a refuge for species unable to cope with the dominating agricultural landscapes. But as our results show, even in the relatively species-poor Sahelian region, new discoveries are still possible.

In order to get a more complete coverage of Burkina Faso's flora, better access to digitized collection objects from herbaria in Burkina Faso would be desirable, as the records of HNBU used above demonstrate. Additional collection activities closing gaps in geographical, ecological and seasonal collection patterns are expected to improve the knowledge on Burkina's Flora. Citizen science projects, like the "BIOTA of the WAP complex" (SCHMIDT et al. 2016) may further contribute valuable records.

REFERENCES

- AKOËGNINOU A, VAN DER BURG WJ, VAN DER MAESEN LJG, ADJAKIDJÈ V, ESSOU JP, SINSIN B & YÉDOMONHAN H (ed.) (2006): Flore Analytique du Bénin. Cotonou & Wageningen: Backhuys.
- BEENTJE HJ & CALLMANDER MW (2014): Pandanaceae. In: LEBRUN JP & STORK AL (ed.): Tropical African Flowering Plants - Ecology and Distribution, pp. 316-323. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- DRESSLER S, SCHMIDT M & ZIZKA G. (2014): Introducing African Plants - a Photo Guide - an interactive identification tool for continental Africa. *Taxon* 63:1159–1161.
- GUINKO S (1984): Végétation de la Haute Volta. - Dissertation, Université de Bordeaux III.
- KLOPPER RR, SMITH GF, GAUTIER L, CHATELAIN C & SPICHTIGER R (2006): The African Plant Checklist and Database Project. *South African J Bot* 72: 342.
- LEBRUN J-P, TOUTAIN B, GASTON A & BOUDET G (1991): Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. Maisons-Alfort: Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.
- LISOWSKI S & MALAISSE F (1974): Le genre *Ceropegia* L. (Asclepiadaceae) au Shaba (Zaire). *Bull du Jard Bot Natl Belgique* 44: 401-418.
- OUBA P, LYKKE AM, BOUSSIM I & GUINKO S (2006): La flore médicinale de la Forêt Classée de Niangoloko, Burkina Faso. *Etudes flore vég Burkina Faso* 10: 5-16.
- SACANDÉ M, SANOU L & BEENTJE H (2012): Guide d'identification des arbres du Burkina Faso. – Kew: Royal Botanic Gardens.
- SAMAIN M-S, REYNDERS M & GOETGHEBEUR P (2009): *Kyllinga beninensis* (Cyperaceae), a new species from Bénin. *Novon* 16: 516-519.
- SCHMIDT M, ASSÉDÉ E, OEBEL H, FAHR J & SINSIN B (2016): Biota of the WAP complex – starting a citizen science project for West Africa's largest complex of protected areas. *Flora Veg Sudano-Sambesica* 19: 3–6.
- SCHMIDT M, THIOMBIANO A, OUÉDRAOGO A, HAHN-HADJALI K, DRESSLER S & ZIZKA G (2010): Assessment of the flora of Burkina Faso. In: Van der Burgt XM, van der Maesen LJG & Onana JM, editors. *Systematics and Conservation of African Plants*, pp. 571–576. Kew: Royal Botanic Gardens.
- THIOMBIANO A, SCHMIDT M, DRESSLER S, OUÉDRAOGO A, HAHN K & ZIZKA G (2012): Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. *Boissiera* 65. – Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève, 391 p.

Caractérisation structurale de la végétation ligneuse du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun)

Received: 2018-06-28; revised: 2018-12-05; accepted: 2018-12-15

Rodrigue Constant Sani Sandjong¹, Mama Ntoupka², Toua Vroumsia³ et Adamou Ibrahima³

¹* Faculté des Sciences, Université de Maroua, BP 814 Maroua, Cameroun, Auteur correspondant,
E-mail: sanirocos@yahoo.fr

² Institut de Recherche Agricole pour le Développement Section Forêt, BP 170 Foumban, Cameroun

³ Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département de Sciences Biologiques, B.P. 454 Ngaoundéré, Cameroun

Résumé: La gestion forestière durable est étroitement dépendante de la compréhension de la dynamique structurale. Cette étude vise la description de la structure de la végétation ligneuse du Parc National de Mozogo-Gokoro, situé en zone soudano-sahélienne au Cameroun. À l'issue d'un inventaire floristique, prenant en compte tous les individus ligneux, les analyses ont porté sur les paramètres suivants: la structure diamétrale, les types de tiges, la répartition en classes de hauteurs, les types biologiques et les types végétatifs. Ces différentes formes de caractérisation ont prouvé globalement le vieillissement du peuplement. Les pourcentages des types végétatifs montrent une végétation dominée par les arbustes (63,12 %), mais avec une présence non négligeable de lianes (26,34 %) et d'arbres (10,54 %). À partir des tests de corrélations diamètres-hauteurs, le paramètre types de tiges, avec une domination des hautes (1521 tiges/ha) et moyennes tiges (733 tiges/ha), est démontré plus crédible dans l'étude de la structure intégrale de la végétation ligneuse. L'analyse structurale des espèces présente quant à elle des tendances, montrant l'importance de l'ensemble des paramètres et une divergence dans les pressions subies. En somme, dans le processus de gestion durable du parc, la régénération et la croissance des ligneux se manifestent comme une préoccupation concernant l'ensemble du peuplement, mais de façon plus ciblée suivant les espèces.

Mots clés: Corrélations diamètres-hauteurs, flore, diversité structurale, ligneux, parc, soudano-sahélienne

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF THE WOODY VEGETATION OF MOZOGO-GOKORO NATIONAL PARK (CAMEROON)

Summary: *Sustainable forest management is closely dependent on the understanding of structural dynamics. The aim of this study is to describe the structure of the woody vegetation of the Mozogo-Gokoro National Park, located in the Sudano-Sahelian zone in Cameroon. At the end of a floristic inventory considering all the ligneous individuals, the analyses took into account the following parameters: the diametrical structure, the types of stems, the distribution in classes of heights, the biological types and the vegetative types. Globally, these different forms of characterization have proved the aging of the stand. The percentages of vegetative types show vegetation dominated by shrubs (63.12%), but with a significant presence of lianas (26.34%) and trees (10.54%). Based on the diameters-heights correlation tests, the type of stems parameter, with a dominance of high (1521 stems/ha) and medium-high stems (733 stems/ha), is shown to be more credible in the study of the integral structure of woody vegetation. However, the structural analysis of the species presents trends, showing the importance of all the parameters and a divergence in the pressures. Finally, in the process of sustainable management of the park, regeneration and growth of woody vegetation is a worry concerning the entire stand, but in a more targeted manner when depending on the species.

Key words: Diameter-height correlation, flora, structural diversity, park, woody species, Sudano-Sahelian

STRUKTURELLE CHARAKTERISIERUNG VON GEHÖLZVEGETATION IM MOZOGO-GOKORO NATIONAL-PARK (KAMERUN)*

Zusammenfassung: Nachhaltige Forstwirtschaft hängt stark vom Verständnis der Strukturpolitik ab. Diese Studie zielt darauf ab, die Struktur der Waldvegetation des Mozogo-Gokoro-Nationalparks zu beschreiben, der sich in der Sudano-Sahel-Zone in Kamerun befindet. Nach einer floristischen Bestandsaufnahme, die alle Gehölzindividuen berücksichtigte, bezogen die Analysen folgende Parameter ein: die diametrale Struktur, die Stammtypen, die Verteilung in den Höhenklassen, die biologischen Typen und die vegetativen Typen. Diese verschiedenen Charakterisierungsformen haben die Alterung des Standes allgemein bestätigt. Die Prozentsätze der vegetativen Arten zeigen eine Vegetation, die von Sträuchern dominiert wird (63,12%), aber eine signifikante Präsenz von Lianen (26,34%) und Bäumen (10,54%) aufweist. Mittels der Durchmesser-Höhen-Korrelationstests wird gezeigt, dass der Stammtyp-Parameter mit der Dominanz hoher (1521 Stämme/ha) und mittelgroßer Stämme (733 Stämme/ha) bei der Untersuchung der Gesamtstruktur von Gehölzvegetation der wichtigste ist. Die Strukturanalyse der Arten weist Trends auf, welche die Bedeutung aller Parameter und eine Stress-Divergenz zeigen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Regeneration und das Wachstum der Gehölzvegetation im Rahmen eines nachhaltigen Parkmanagements das Hauptproblem für den gesamten Bestand darstellt, je nach Art jedoch unterschiedlich stark ist.

Schlagworte: Durchmesser-Höhen-Korrelation, Flora, Strukturelle Vielfalt, Gehölze, Park, sudano-sahelisch

1 INTRODUCTION

La gestion durable des forêts et la conservation de la biodiversité, exigent un suivi de l'état des peuplements forestiers, par des méthodes efficaces d'analyses structurales de la végétation (GUINN & al. 2004, LEBLANC 2014). La structure végétale s'intéresse à la fois à la distribution et à la dynamique des espèces, aux caractéristiques dendrométriques (diamètres, hauteurs, volumes), à la stratification et au recouvrement (JIBRIN 2013). La description des caractéristiques individuelles des tiges et la mise en évidence des strates, constituent des paramètres d'évaluation de la stabilité, de la dégradation ou de la limitation de la résilience des peuplements (THOMPSON & al. 2013, RABHI & al. 2016).

Les végétations non perturbées présentent un équilibre dynamique entre mortalité et croissance, reflété par la structuration de la flore ligneuse (HARPER 1977, 1997). Une tendance modélisée en J inversé est généralement caractéristique des structures en équilibre dans les formations végétales tropicales (CLARK & CLARK 1992, FELFILI 1997). Par ailleurs, la dynamique des systèmes écologiques est fréquemment affectée par des pressions exceptionnelles et très intenses (perturbations), ou permanentes et modérées (stress) (ROSELT/OSS 2004, HIÉRNAUX & LE HOUÉROU 2006). En zone sèche, les structures végétales des écosystèmes sont marquées par le stress des sécheresses sévères, en conjonction avec la surexploitation des ressources ou les usages multiples. Les caractéristiques structurales sont également révélatrices des événements liés à la vie des peuplements (RONDEUX 1999, PASCAL 2003). Elles renseignent notamment sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvo-coles éventuelles et l'état de la ressource ligneuse (RUSSELL & al. 2010, AGARWALA & al. 2016). Ainsi, les dynamiques spécifiques déterminant les structures végétales, sont influencées par les conditions environnementales, lesquelles sont particulièrement contraignantes dans les zones sèches (CECCON & al. 2006, LEBRIJA-TREJOS & al. 2011, JIBRIN 2013, ALEMAN 2013).

La région septentrionale soudanienne et sahélienne de l'Extrême-Nord au Cameroun, fragile écologiquement, subit de façon régulière des périodes prolongées de sécheresse, une pression anthropique significative du fait d'un accroissement démographique exponentiel (DONFACK & al. 1996, M'BIANDOU & al. 2002, WAKPONOU & al. 2008). Avec de fortes contraintes environnementales dans cette région sèche du pays, la dynamique des écosystèmes peut ne pas toujours adhérer à la distribution décroissante de la flore ligneuse comme modèle structural. Des auteurs tels qu'ADJONOU & al. (2010) et RABIOU & al. (2015), démontrent dans les zones sèches soudanienne et sahélienne en Afrique de l'Ouest, cette configuration structurale sous pressions des peuplements forestiers ou des espèces ligneuses. Toutefois, la plupart des inventaires floristiques néglige les individus de tailles réduites, ou les considère comme faisant partie de la régénération, alors qu'ils sont souvent représentatifs de nombreuses espèces dans ces écosystèmes sensibles.

Il est donc important d'avoir une compréhension de la structuration de la flore ligneuse, tenant compte des réalités écologiques propres aux milieux soudano-sahéliens. Cette étude se focalise sur une telle démarche, indispensable pour

la gestion durable du Parc National de Mozogo-Gokoro (PNMG), situé dans cette zone géographique au Cameroun (BELLEFONTAINE & al. 1997, THOMAS & MIDDLETON 2011, UICN, 2012). Afin de vérifier l'hypothèse d'une stabilité de la végétation, l'objectif principal visé est de décrire la diversité structurale de la flore ligneuse de cette aire protégée. Les objectifs spécifiques ci-après ont été retenus : analyser la structure végétale ligneuse dans la globalité du peuplement, puis à l'échelle des espèces abondantes, procéder concomitamment, à une évaluation de la pertinence de certains paramètres pour une meilleure interprétation des résultats.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Site d'étude

Le PNMG est localisé dans la plaine de Koza (piémonts des monts Mandara), incluse dans une zone sèche à l'Extrême Nord du Cameroun (10° 56' à 10° 96' Nord et 13° 54' à 13° 58' Est). Sa superficie est estimée à 1400 ha (Fig. 1).

Le climat de type soudano-sahélien qui y règne est marqué par une variabilité pluviométrique intense, une pluviosité annuelle se situant autour de 800 mm, et des températures moyennes annuelles oscillant entre 26° C et 28° C (SANDJONG SANI & al. 2017). La végétation est qualifiée de soudano-sahélienne et constituée essentiellement de forêts galeries, de forêts denses sèches à claires, de savanes boisées et de fourrés (FOTIUS 2000, SANDJONG SANI et al. 2013a). Cette végétation fait face à une pression anthropique importante, avec une densité de la population supérieure à 300 habitants/km² (République du Cameroun 2005). La majorité de cette population est étroitement dépendante de l'agriculture, dont la qualité de la pratique est souvent décriée avec un défaut de modernisation (BOUTRAIS & al. 1984, SANDJONG SANI & al. 2013b). L'élevage est la deuxième activité majeure des paysans dans cette zone géographique (DONFACK & al. 1996, SANDJONG SANI & al. 2013b).

2.2 Méthodes

2.2.1 Dispositif de collecte des données

Les données ont été obtenues sur la base d'un inventaire floristique réalisé dans les trois zones végétales du parc (Unités de Collecte ou UC) distinguées par télédétection, non homogènes et dont les éléments constitutifs sont très dispersés sur le terrain (SANDJONG SANI & al. 2017). Il s'agit de l'UC1 (Mosaïque de forêts galeries, forêts denses sèches et fourrés arbustifs, 392,73 ha soit 29,64 % de la surface végétale), l'UC2 (Mosaïque de forêts denses sèches à claires et fourrés arbustifs, 836,33 ha soit 63,12 % de la surface végétale) et de l'UC3 (Mosaïque de forêts sèches claires à savanes boisées et de fourrés arbustifs, 95,91 ha soit 07,24 % de la surface végétale).

Le plan de collecte de données est semi-aléatoire et stratifié. En effet, à partir de cette localisation par télédétection des UC, les déplacements pour l'implantation des placettes d'inventaire se sont effectués au hasard sur le terrain, à travers les multiples pistes existantes dans la végétation (aménagées par l'administration forestière ou créées par

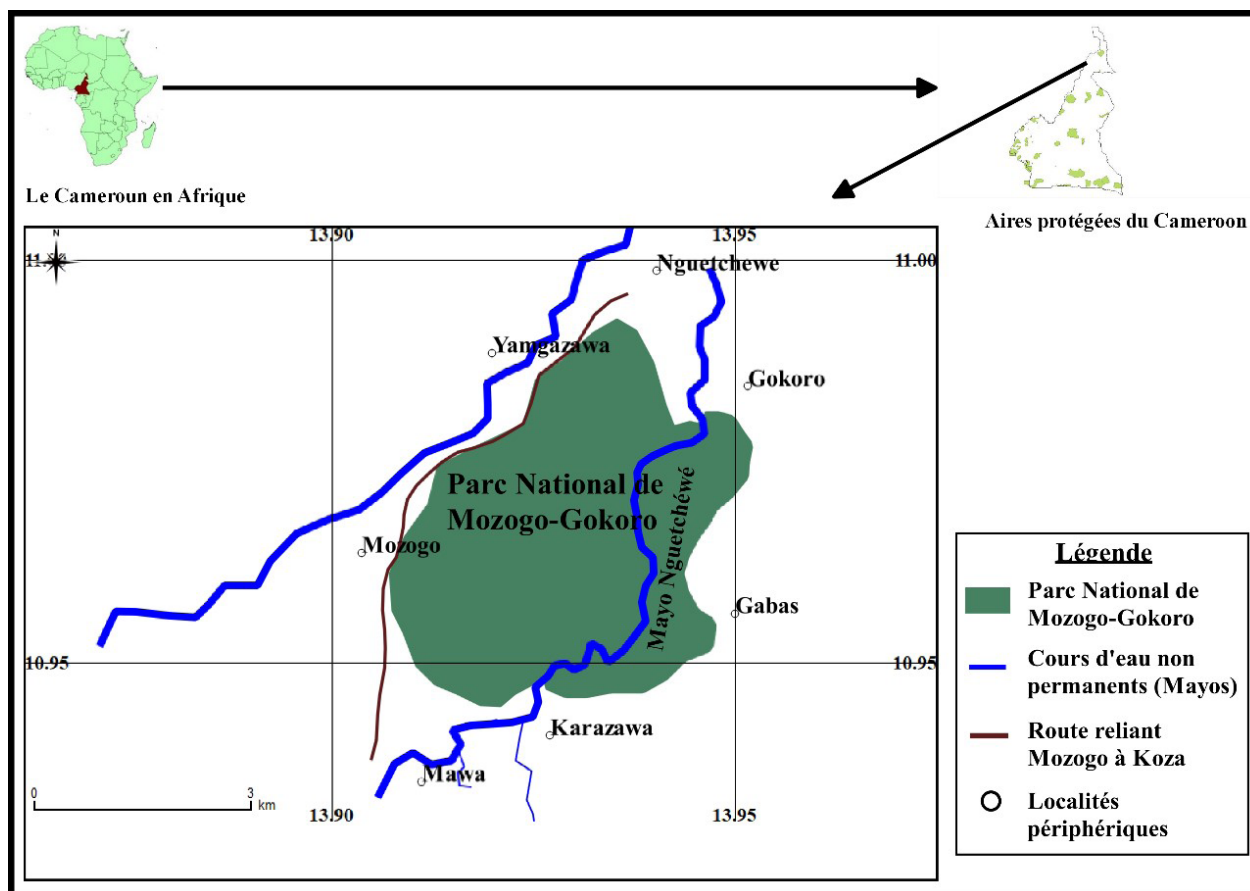


Fig. 1: Localisation du Parc National de Mozogo-Gokoro / Location of Mozogo-Gokoro National Park (SANDJONG SANI & al. 2017).

les braconniers). De plus, l'installation des placettes a tenu compte de la taille des UC, avec au total dans l'Inventaire Global (IG), 27 placettes d'échantillonnage circulaires de 30 m de rayon réparties ainsi qu'il suit dans la végétation: 8 placettes dans l'UC1, 14 placettes dans l'UC2 et 5 placettes dans l'UC3. Certains auteurs estiment que les placettes carrées et rectangulaires sont plus adaptées aux forêts claires et denses de la zone tropicale (VAN LAAR & AKÇA 2007, HOUÉTO & al. 2013, SALAKO & al. 2013, THIOMBIANO & al. 2016). Toutefois, il a fallu coller cette recherche aux travaux préliminaires sur le même site (Sandjong Sani & al. 2013), en gardant la même forme et dimension des placettes. De plus, la forme circulaire couramment utilisée dans les inventaires forestiers nationaux et internationaux (LECOMTE & RONDEUX, 2002), réduit le doute d'une appartenance ou non d'un arbre à la placette (RONDEUX 1999, KANGAS & MALTA-MO, 2007). Le taux d'échantillonnage n'est certes pas optimal, mais convenable dans le cadre d'un inventaire visant l'aménagement d'une forêt naturelle en zone sèche (BELLE-FONTAINE & al. 1997). Concernant les relevés floristiques, les circonférences ou les diamètres des individus ligneux ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse, d'un mètre ruban ou d'un dendromètre électronique, à hauteur de poitrine (à 1,30 m du sol) pour les grandes tiges, arbres et lianes, ou entre 30 et 60 cm au-dessus du sol, voire plus bas pour les petites tiges, généralement les arbustes, les arbrisseaux et les sous-arbrisseaux (NTOUPKA 1999, FAYE 2010, KAIRE & al. 2013). Une perche graduée et un dendromètre électronique associé au télémètre laser ont servi à l'estimation des

hauteurs. Au niveau des touffes, seuls deux tiges principales ont été mesurées et le reste comptabilisé.

2.2.2 Analyse structurale de la flore ligneuse

2.2.2.1 Indications de base

Des phyto-indicateurs de diversité structurale (NOSS 1990, ARONSON & al. 1995) ont été considérés dans l'analyse des données. Il s'agit des paramètres ci-après: les structures diamétrales, la distribution en classes de hauteurs, les types biologiques et les types de tiges, puis les types végétatifs, la représentativité en individus sarmenteux ou buissonnants et les corrélations diamètres-hauteurs. Certains de ces attributs peuvent être qualifiés de redondants, mais en réalité, il s'agit ici de les comparer ou de montrer les preuves d'un non hasard en cas de résultats concordants. À l'exception des types végétatifs et de la représentativité des individus en touffe, les classes des autres paramètres ont été numérotées dans la description structurale des espèces les plus abondantes (ayant des nombres d'individus les plus élevés dans l'IG), réalisée en spectres bruts des nombres d'individus. Les tests d'homogénéité (Khi-deux) et de Kruskal-Wallis ont été appliqués pour la comparaison des différentes classes des paramètres structuraux dans l'IG. Les logiciels XLSTAT 2018 et Minitab 18 ont été utilisés dans les analyses statistiques.

2.2.2.2 Détermination de la structure diamétrale

La distribution des classes de diamètres est un indicateur important intervenant dans l'étude structurale de la végétation, sa tendance évolutive et sa dynamique de régénéra-

tion. Les diamètres ont été estimés à partir des valeurs de circonférence pour les individus de très faibles tailles. Les classes définies (en m) sont d'inégales amplitudes:]0-0,1],]0,1-0,25],]0,25-0,5],]0,5-0,75],]0,75-1],]1-1,5] et]4-4,5]. Les étendues des classes]0-0,1] et]0,1-0,25] ont été réduites dans l'optique de mettre en exergue les individus généralement exclus de certains inventaires et considérés comme jeunes. Les trois premières classes inférieures précédentes ont été subdivisées en six sous-classes, concernant l'analyse des structures diamétrales des espèces arbustives et lianescentes:]0-0,05],]0,05-0,1],]0,1-0,2],]0,2-0,3]]0,3-0,4] et]0,4-0,5]. *A contrario*, les individus de plus grands diamètres étant réduits, voire inexistant, les classes correspondantes ont été délibérément omises ou étendues pour éviter de trop grandes dispersions.

2.2.2.3 Caractérisation de la diversité des types de tiges

Les types de tiges représentent une classification particulière des individus en fonction de la hauteur (SANDJONG SANI & al. 2013b). Il s'agit d'une caractérisation de la structure verticale de la végétation adaptée aux zones sahélienne et soudanienne, où la plupart des espèces ont une taille réduite (inférieure à 5 m). Elle est calquée sur le modèle des travaux préliminaires (SANDJONG SANI & al. 2013b) et vise principalement une confrontation méthodologique avec les classifications usuelles. Les critères sont définis dans le tableau 1.

Tableau 1: Critères de la classification des types de tiges / Criteria for the classification of stem types.

Classes de hauteurs en m	Types de tiges
] 0-1]	Tiges de régénération
] 1-1,5]	Tiges d'avenir
] 1,5-3]	Tiges moyennes
> 3	Hautes tiges

2.2.2.4 Caractérisation des types biologiques

Les types biologiques définis par l'écologue Danois RAUNKIAER (1934), donnent la répartition d'espèces en fonction de la position des bourgeons et des jeunes pousses pendant la mauvaise saison (ABERLIN & DAGET 2003). C'est un indicateur de la structure verticale de la végétation et des conditions écologiques au niveau de l'écosystème, du paysage et dans la zone phytogéographique, cadrant mieux avec une terminologie connue que celle des types de tiges. Cette caractérisation s'est faite précisément en se basant sur les individus. L'intérêt d'une telle démarche, c'est d'établir une structuration verticale de la végétation sur la base de classes de hauteurs vulgairement connues avec des appellations précises, afin de les comparer à d'autres classifications fondées également sur le nombre d'individus. Concernant les ligneux, les types biologiques du tableau 2 ci-après peuvent être identifiés dans la flore du parc.

2.2.2.5 Détermination de la distribution en classes de hauteurs

Les classes de hauteurs majoritairement de même amplitude ont été définies pour rétablir dans la méthodologie une certaine équité dans la stratification verticale des individus, pour une comparaison avec les types de tiges et types biologiques. Les classes de hauteurs (en m) retenues sont les

suivantes:]0-2],]2-4],]4-6],]6-8],]8-10],]10-12],]12-14] et]14-35].

Tableau 2: Critères de la classification des types biologiques / Criteria for the classification of biological types.

Classes de hauteurs en m	Types biologiques	Abréviations
] 0,25 à 2]	nanophanérophytes	np
] 2 à 8]	microphanérophytes	mp
] 8 à 30]	mésophanérophytes	MésP
> 30	mégaphanérophytes	MégP

2.2.2.6 Distinction des types végétatifs et calcul des taux d'individus en touffe

Les types végétatifs désignent dans cette étude, des structures botaniques décrivant entièrement le port adulte des espèces. Ils ont été regroupés dans les 3 grands groupes suivants: arbustes, lianes, en fonction de la classification d'ARBONNIER (2009). Par souci de simplification, les espèces correspondant aux arbrisseaux et sous-arbrisseaux (hauteurs < 2 m) ont été classées parmi les arbustes. Pour les espèces pouvant correspondre à plusieurs types végétatifs et non citées dans l'ouvrage d'ARBONNIER (2009), la taille d'observation sur le terrain a été privilégiée dans la classification (arbre: plus de 7 m, arbuste: < 7 m).

Le taux (T) d'individus en touffe d'une espèce ou d'une unité d'échantillonnage a été calculé par la Formule 1.

Formule 1:

$$T = \frac{\text{Nombre de tiges en touffe d'un taxon ou d'une unité d'échantillonnage}}{\text{Nombre total de tiges du taxon ou de l'unité d'échantillonnage}} \times 100$$

T est le taux (T) des individus en touffe en %.

2.2.2.7 Eléments de comparaison des paramètres structuraux

Dans une démarche d'analyse comparative de certains paramètres structuraux basés sur des classes de diamètres ou des classes hauteurs, il a fallu au préalable caractériser les distributions théoriques de Weibull correspondantes. Il est rappelé que la loi de Weibull à 3 paramètres (a, b et c) est donnée par la fonction de densité de probabilité f pour toute valeur d'une variable aléatoire x (RONDEUX, 1999) (Formule 2).

Formule 2:

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

x = diamètre ou hauteur d'une tige; f (x) = valeur de densité de probabilité au point x; a = paramètre de position; b = paramètre d'échelle ou de taille; et c = paramètre de forme lié à la structure des classes de diamètres ou des classes de hauteurs considérées. Dans notre cas, a = 0 car l'inventaire floristique prend en compte tous les individus. Les autres paramètres (b et c) ont été estimés par maximum de vraisemblance en utilisant le logiciel Minitab 18.

Les valeurs du paramètre de forme (c) sont généralement utilisées comme critères dans l'interprétation des structures végétales impliquant les classes de diamètres ou de

hauteurs. En s'inspirant des travaux de GLÈLÈ KAKAÏ & al. (2016) et de KERSHAW & al. (2017), ils peuvent être reformulés comme suit:

- pour $c < 1$, la distribution est en J-renversé ou en « L » caractéristique des peuplements multispécifiques à fort potentiel de régénération;
- lorsque $c = 1$, la distribution est dite exponentielle décroissante, caractéristique de populations à fort potentiel de régénération mais présentant un problème de survie lors de la transition entre stades de développement;
- $1 < c < 3,6$ correspond à une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite (structure en « i »), caractéristique des peuplements artificiels monospécifiques avec prédominance relative d'individus jeunes, mais peut aussi refléter des populations à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes, surtout dans les petites classes de diamètres ou de hauteurs;
- pour $c = 3,6$; la distribution est symétrique (structure normale), caractéristique également de populations à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes;
- et lorsque $c > 3,6$; la distribution est asymétrique négative ou asymétrique gauche (structure en « J »), caractéristique de peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés, et de populations dégradées (parfois en extinction) à très faible potentiel de régénération dû aux pressions anthropiques.

En analysant l'allure des courbes ou des histogrammes, on peut également distinguer des structures asymétriques zigzagées (positive et négative), des structures symétriques zigzagées, des structures en pointe et en cloche, des structures concaves et convexes, des structures erratiques.

Les distributions théoriques ont été déterminées à partir du nombre d'individus et des densités observées. Les densités (D_o) observées ont été calculées dans chaque classe par la Formule 3.

Formule 3:

$$D_o = \frac{\text{Nombre de tiges d'une classe } i}{\text{Nombre total de placettes considérées (UC ou IG)} \times \text{Surface en ha d'une placette}}$$

D_o = densité observée en tiges/ha de la classe i .

Les valeurs théoriques (densités et les nombres d'individus) relatives à la distribution de Weibull ont été calculées dans chaque classe par la formule 4.

Formule 4:

$$\text{Valeur théorique} = \frac{\text{Total des valeurs observées} \times \% \text{ densités de probabilités de la classe}}{\text{Total des valeurs observées}}$$

Les meilleures adéquations des structures observées aux distributions théoriques ont été interprétées par les valeurs de Khi-deux faibles et les seuils de probabilité (p-value) découlant des tests d'ajustement (hypothèse nulle: il y a absence d'ajustement à la loi de Weibull). Les distributions ne respectant pas les conditions d'application des tests de Khi-deux ont été transformées par la règle de proportionnalité, tout en excluant les classes nulles.

De plus, dans cette analyse de la pertinence des paramètres structuraux, des tests de corrélations de Pearson ont été appliqués entre diamètres et hauteurs dans les différentes classes. Afin d'interpréter les résultats de ces tests, le coefficient de détermination (R^2) et la p-value ont été les critères retenus. Pour justifier ce choix, il est connu que le coefficient de détermination représente la fraction de la variabilité expliquée par la corrélation sur la variabilité globale. HERVÉ (2016) le considère comme ayant une capacité explicative globale des corrélations.

Globalement, un paramètre est jugé meilleur lorsqu'il présente une bonne adéquation à la loi de Weibull et se caractérise dans ses différentes classes par des corrélations hautement significatives entre diamètres et hauteurs (p-values $< 0,05$; coefficients de détermination élevés). En outre, concernant les espèces, le nombre élevé de classes ayant un effectif ≥ 20 individus a été ajouté comme critère supplémentaire. À partir d'un codage en rang, la totalité de ces critères a été prise en compte pour cette comparaison des paramètres de structure.

3 RÉSULTATS

3.1 Distribution des classes de diamètres dans le massif

Dans l'IG, la distribution des classes de diamètres indique l'importance majeure d'individus de diamètres faibles, appartenant aux classes]0-0,1 m] et]0,1-0,25 m], avec une densité cumulée de 2546,35 tiges/ha (différence significative avec les autres classes dans la procédure de comparaisons multiples de Conover-Iman associée au test de Kruskal Wallis).

L'examen de ces distributions conformément à la loi de Weibull (Fig. 2) montre des structures diamétrales en forme de L ou de J inversé dans les UC ($0,62 \leq c \leq 0,97$) et l'IG ($c = 0,64$). Elles indiquent ainsi la forte présence de jeunes, mais également d'individus dont le développement pourrait être compromis par les strates arborescentes, souvent qualifiés de rabougris.

3.2 Types de tiges, types biologiques et distribution des classes de hauteurs

Les distributions en classes de hauteurs présentent des configurations assez irrégulières avec domination des individus de hauteurs inférieures à 10 m (absence d'homogénéité des classes dans les UC, $\chi^2 = 462,83$; $p < 0,0001$). Dans les UC et l'IG, les classes]0-2],]2-4] et]4-6] se distinguent comme étant les plus importantes, ce qui constitue une preuve d'une domination de la strate arbustive (Fig. 3).

Les micro-phanérophytes sont les plus nombreux dans les distributions des types biologiques dans les UC et l'IG. Il y a absence d'uniformité des types biologiques dans les UC ($\chi^2 = 237,78$; $p < 0,0001$). Toutes les structures présentent une forme en « i », marquant une importance relative d'individus jeunes (Fig. 4).

Concernant la répartition des types de tiges dans les UC et l'IG (Fig. 5), les tiges les mieux représentées sont les hautes et moyennes tiges, en rapprochement avec les struc-

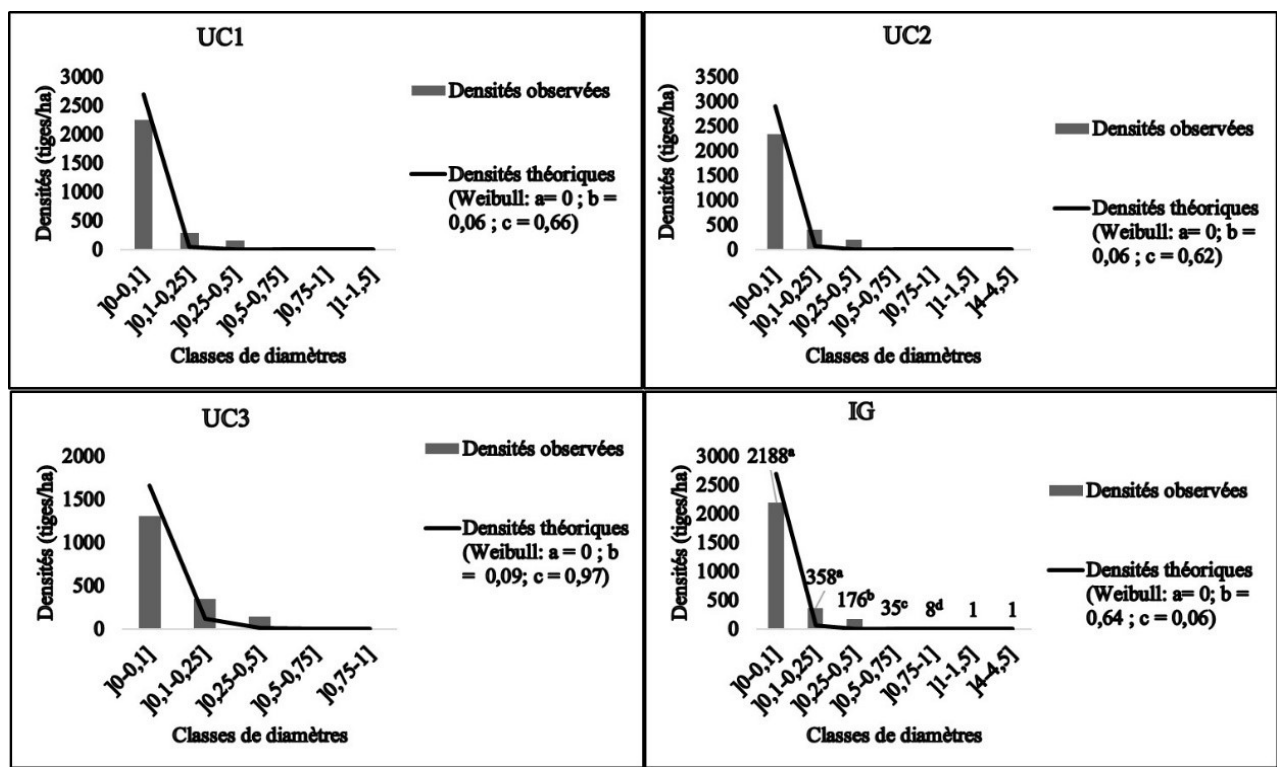


Fig. 2: Distributions des classes de diamètres dans l'IG et les UC / Diameter classes distributions in Global Inventory (IG) and Collection Units (UC)
 a, b, c, d: Dans l'IG, lorsque l'une de ces lettres est identique dans au moins deux classes de diamètres, cela indique une absence de différences significatives au de test de Kruskal-Wallis associé aux comparaisons de Conover-Iman (pour obtenir la même amplitude, les classes]0-0,1] et]0,1-0,25] sont regroupées dans ce test) / a, b, c, d: In the IG, identity of one of these letters in at least two diameter classes indicates an absence of significant differences using Kruskal-Wallis test associated with Conover-Iman comparisons (to obtain the same amplitude,]0-0.1] and]0.1-0.25] classes are grouped in this test).

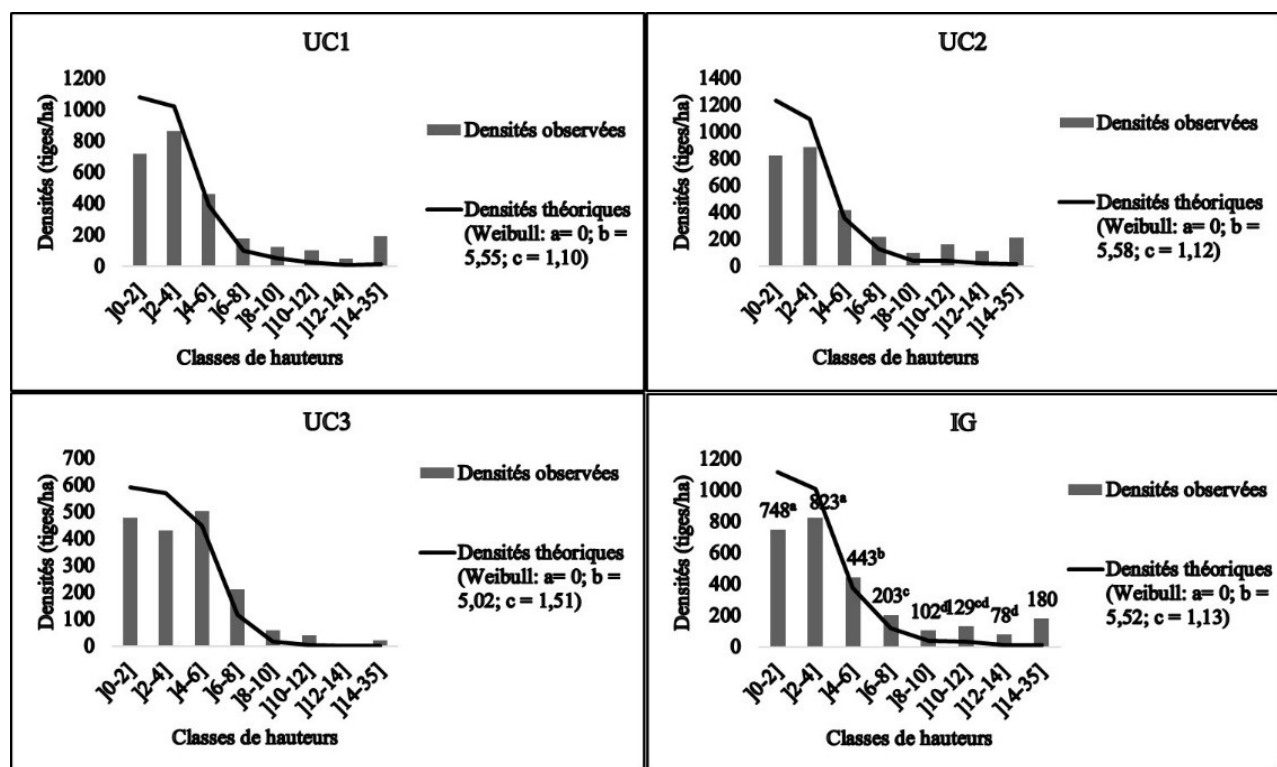


Fig. 3: Distributions des classes de hauteurs dans les UC et l'IG / distribution of height classes in UC and IG.
 a, b, c, d: voir Fig.2 / a, b, c, d: see Fig.2.

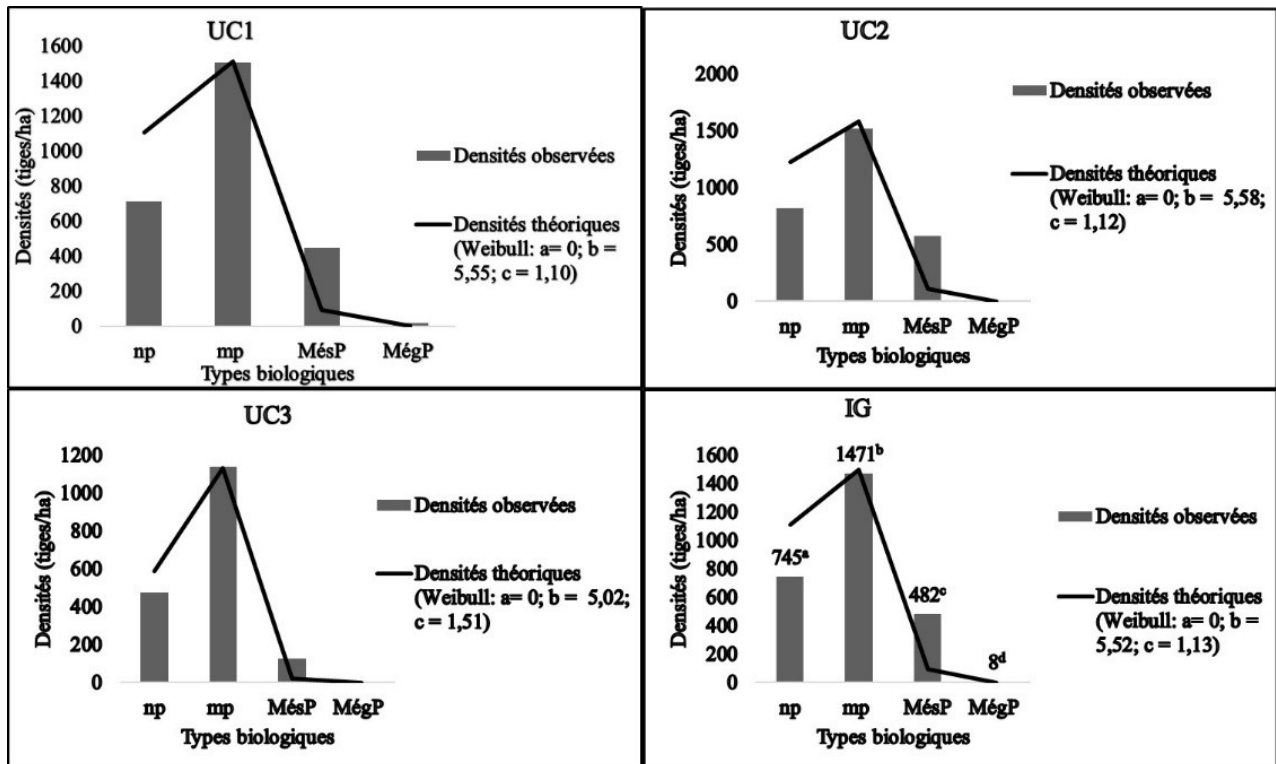


Fig. 4: Distributions des types biologiques dans les UC et l'IG / distribution of biological types in UC and IG. np = Nanophanérophytes, mp = microphanérophytes, MésP = mésophanérophytes, MégP = mégaphanérophytes, a, b, c, d: voir Fig.2 / a, b, c, d: see Fig.2.

tures asymétriques droites. Le test d'homogénéité montre une inégalité des types de tiges dans les UC ($\chi^2 = 120,98$; $p < 0,0001$). Toutefois, la différence de structure est remarquable dans la comparaison de cette classification des types

de tiges avec la distribution des classes de diamètres. Selon la loi de Weibull, ces distributions fondées sur les classes de hauteurs devraient décrire des structures asymétriques positives, avec $1,10 \leq c \leq 1,51$ dans les UC et $c = 1,13$ dans

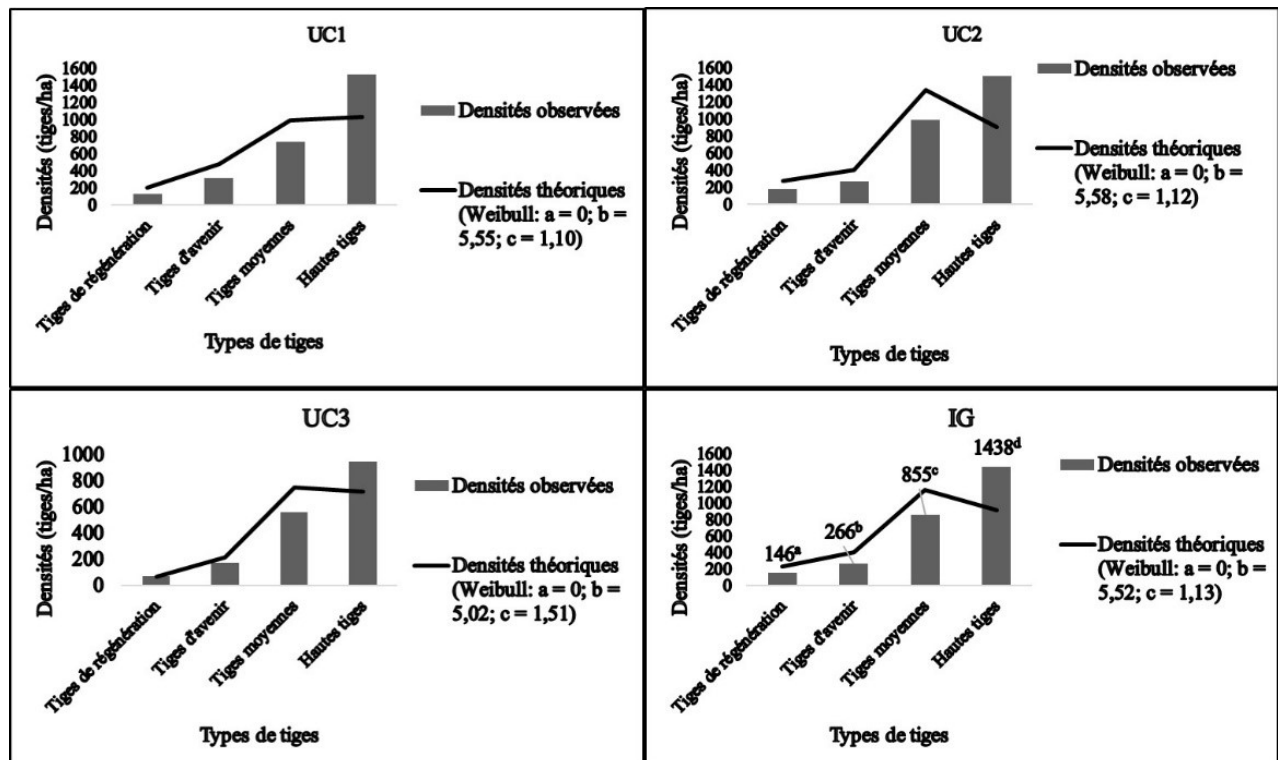


Fig. 5: Pourcentages d'individus par types de tiges dans les UC et l'IG / percentages of individuals by types of stems in UC and IG. a, b, c, d: voir Fig.2 / a, b, c, d: see Fig.2.

l'IG. Elles traduisent donc une faible régénération liée aux facteurs exogènes.

3.3 Types végétatifs

Les arbres, arbustes et lianes sont retrouvés en proportions considérables dans l'inventaire global, avec un risque d'uniformité presque nul de ces différents types végétatifs ($\chi^2 = 77,61$; $p < 0,0001$). Les arbustes sont les plus nombreux dans toutes les UC et l'IG (Fig. 6).

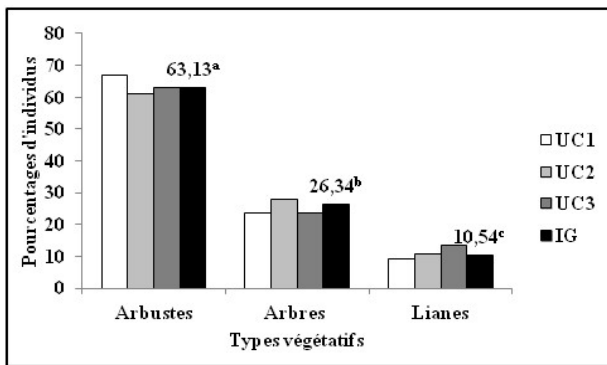


Fig. 6: Pourcentages d'individus par types végétatifs dans les UC et l'IG / percentages of individuals by vegetative types in UC and IG. a, b, c, d: voir Fig.2 / a, b, c, d: see Fig.2.

La présence de diverses formes de plantes est une caractéristique de la maturité de cet écosystème. En effet dans cette zone géographique, la trajectoire des peuplements végétaux aboutit généralement à la domination d'arbustes (steppes ou savanes arbustives). S'agissant particulièrement des lianes, elles constituent une preuve d'hygrométrie ou d'une bonne conservation de la flore. L'importance des lianes, avec parfois des diamètres et des hauteurs exceptionnels en zone sèche (Fig. 7), reflète une relative stabilité du parc et l'importante durée de la mise en défens. Pour croître et abonder, la synusie lianescente doit trouver un terrain propice d'espèces préexistantes de coopération.

Le taux d'individus en touffe correspondant généralement aux espèces sarmenteuses est évalué à 42,84 % du nombre total de tiges dans l'inventaire global. Il est très élevé et traduit la dynamique de fourrés d'arbustes, d'arbrisseaux et sous-arbrisseaux. Le sous-bois est donc extrêmement broussaillé, considérant que l'espèce la plus concernée est *Senegalia ataxacantha* (Fig. 8).



Fig. 7: Lianes de grandes dimensions dans le parc / big size woody lianas in the park: a) *Opilia amentacea*, b) *Ancylobotrys amoena*

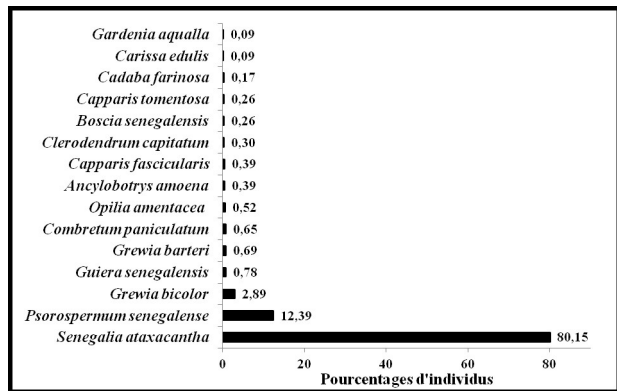


Fig. 8: Espèces les plus représentatives des touffes / the most representative clump species.

3.4 Corrélations diamètres-hauteurs dans le peuplement ligneux et implications

Les corrélations diamètres-hauteurs, réalisées dans l'UC1 (6213 individus), l'UC2 (11799 individus), l'UC3 (2545 individus) et dans l'IG (20557 individus) montrent un pourcentage de 31 à 45 % d'individus dont la variance des hauteurs est expliquée par les diamètres et vice versa. Ces liaisons sont donc illustrées avec une grande densité de résidus (Fig. 9).

Les pressions anthropiques, l'existence de compétitions pour la lumière ou l'interférence de variables bioclimatiques (variabilités thermique et pluviométrique, intensité de la sécheresse) peuvent expliquer ce type de corrélation. Ces facteurs sont susceptibles d'entraîner des croissances en hauteur en disproportion avec les diamètres, visibles surtout dans l'UC3. Ceci laisse un doute sur la véracité des paramètres de structures verticale et horizontale. Il faut donc s'interroger sur la pertinence des illustrations de ces structures, s'effectuant sur une base simplifiée (Classes de diamètres et de hauteurs de même étendue) dans la végétation du parc, sans autres considérations dans les analyses. Ainsi, pour accorder plus de crédit à l'un des paramètres d'analyses structurales dans l'ensemble du peuplement, des tests de corrélations entre diamètres et hauteurs dans chaque classe et la qualité de l'ajustement à la loi de Weibull justifient le plus grand intérêt à accorder à la représentation structurale qualifiée de répartition des types de tiges (Tableau 3).

Les distributions des types de tiges paraissent mieux refléter la structure végétale de l'ensemble du peuplement. Avec la domination des hautes et moyennes tiges, la structure en « J » de la végétation met donc en évidence la limitation de la régénération et la maturation de notre écosystème. La figure 10 illustre la physionomie de cette végétation dans les différentes UC.

3.5 Structure des espèces ligneuses les plus abondantes

Les courbes illustrant les structures des principales espèces abondantes montrent des divergences de forme en fonction des paramètres (Fig. 11). Dans la majorité des espèces (exception de *Cadaba farinosa* et de *Boscia senegalensis*), il est parfois distingué à fois des structures d'allure décroissante ou croissante, des structures convexes, concaves, en cloche, en pointe, des structures zigzagüées voire erratiques.

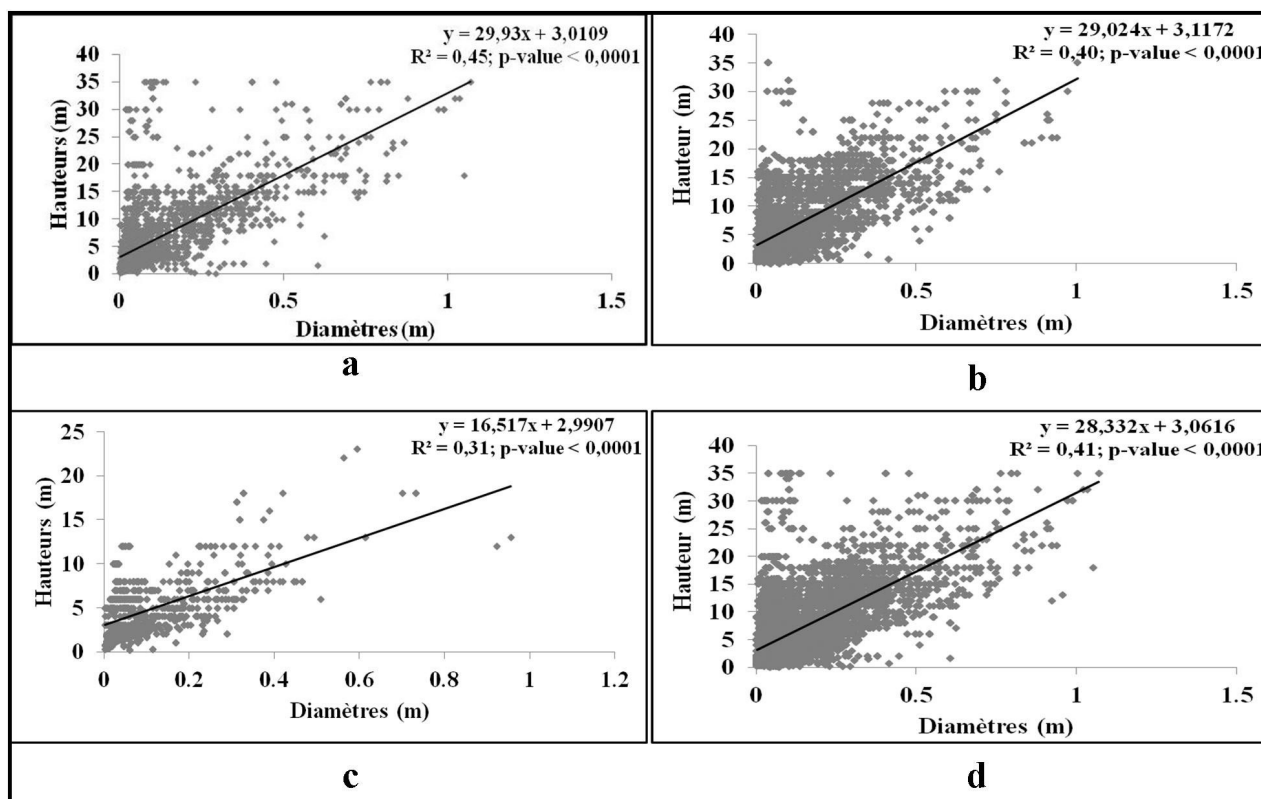


Fig. 9: Corrélations diamètres-hauteurs / diameter-height correlation: a) dans l'UC1/in UC1, b) dans l'UC2/in UC2, c) dans l'UC3/in UC3, d) dans l'IG/in IG.

L'interprétation de ces structures spécifiques paraît plus aisée et restreinte avec l'analyse des distributions en diamètres et en hauteurs suivant la loi de Weibull (Tableau 4). La plu-

structurale doit être relativisée, en raison de la limitation de la qualité de l'ajustement à la loi de Weibull, et des discordances constatées chez certaines espèces (*Bombax costatum*, *Boscia senegalensis*, *Combretum paniculatum*, *Dalbergia melanoxylon*).

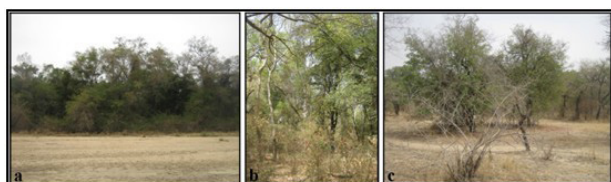


Fig. 10: Physiognomie de la végétation dans les différentes UC / Vegetation physiognomy in different UC: a) UC1, b) UC2, c) UC3

Il a été donc indispensable d'évaluer la pertinence des paramètres structuraux dans chacune des espèces (Tableau 5). Le paramètre type de tiges semble mieux correspondre aux arbustes et aux lianes. Les classifications usuelles (distribution en classes de diamètres et de hauteurs, répartitions des types biologiques) s'ajustent relativement à tous les types végétatifs. Pour la plupart des espèces, la régénération est analysée faible ou non garantie, traduisant une forte mortalité juvénile ou une exploitation supérieure au renouvellement.

part des espèces présente des caractéristiques de population quasi stable à régénération garantie, avec des structures en J renversé ou asymétriques positives. Toutefois, cette analyse

Tableau 3: Distinction des paramètres de diversité structurale de la végétation / Distinction of structural diversity parameters of the vegetation.

*: Moyennes des R² ou des coefficients de détermination dans les différents tests corrélations / *: Averages of R² or of the coefficients of determination in the different correlation tests

Paramètres	Pourcentages de P < 0,05 dans les tests	Moyennes des R ² *	Paramètres de Weibull et résultats des tests d'ajustement des diamètres (D) ou des hauteurs (H)	Degré de pertinence à l'aide d'une échelle croissante de 1 à 4
Classes de hauteurs	75	0,04	H: a = 0 ; b = 5,52 ; c = 1,13/ $\chi^2 = 1759,00$; P < 0,0001	2
Classes de diamètres	50	0,04	D: a = 0 ; b = 0,06 ; c = 0,64/ $\chi^2 = 2882,64$; P < 0,0001	1
Types de tiges	100	0,13	H: a = 0 ; b = 5,52 ; c = 1,13/ $\chi^2 = 1473,19$; P < 0,0001	4
Types biologiques	75	0,08	H: a = 0 ; b = 5,52 ; c = 1,13/ $\chi^2 = 2336,57$; P < 0,0001	3

Tableau 4: Interprétation des structures des espèces ligneuses les plus abondantes / Interpretation of the structure of the most abundant woody species.

Espèces	Paramètres des distributions théoriques de Weibull de diamètres (D) et hauteurs (H)	Interprétation
<i>Ancylbothrys amoena</i>	D : a = 0 ; b = 0,02 ; c = 0,53	1
	H: a = 0 ; b = 1,43 ; c = 0,17	1
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	D : a = 0 ; b = 0,20 ; c = 1,62	2
	H: a = 0 ; b = 13,18 ; c = 1,83	2
<i>Balanites aegyptiaca</i>	D : a = 0 ; b = 0,17 ; c = 1,31	2
	H: a = 0 ; b = 6,09 ; c = 1,91	2
<i>Bauhinia thonningii</i>	D : a = 0 ; b = 0,13 ; c = 1,46	2
	H: a = 0 ; b = 4,91 ; c = 2,05	2
<i>Bombax costatum</i>	D : a = 0 ; b = 0,66 ; c = 2,15	2
	H: a = 0 ; b = 34,64 ; c = 3,96	3
<i>Boscia senegalensis</i>	D : a = 0 ; b = 0,02 ; c = 0,97	1
	H: a = 0 ; b = 1,38 ; c = 1,87	2
<i>Cadaba farinosa</i>	D : a = 0 ; b = 0,01 ; c = 0,85	1
	H: a = 0 ; b = 0,54 ; c = 0,72	1
<i>Celtis toka</i>	D : a = 0 ; b = 0,14 ; c = 1,15	2
	H: a = 0 ; b = 6,76 ; c = 1,31	2
<i>Cissus quadrangularis</i>	D : a = 0 ; b = 0,02 ; c = 1,14	2
	H: a = 0 ; b = 9,35 ; c = 2,87	2
<i>Clerodendrum capitatum</i>	D : a = 0 ; b = 0,00007 ; c = 0,09	1
	H: a = 0 ; b = 0,77 ; c = 1,29	1
<i>Combretum collinum</i>	D : a = 0 ; b = 0,18 ; c = 1,61	2
	H: a = 0 ; b = 9,91 ; c = 1,85	2
<i>Combretum paniculatum</i>	D : a = 0 ; b = 0,03 ; c = 1,20	2
	H: a = 0 ; b = 3,09 ; c = 0,90	1
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	D : a = 0 ; b = 0,11 ; c = 1,05	2
	H: a = 0 ; b = 2,26 ; c = 0,60	1
<i>Diospyros mespiliformis</i>	D : a = 0 ; b = 0,09 ; c = 1,09	2
	H: a = 0 ; b = 5,36 ; c = 1,41	2
<i>Grewia bicolor</i>	D : a = 0 ; b = 0,03 ; c = 1,67	2
	H: a = 0 ; b = 2,44 ; c = 2,94	2
<i>Khaya senegalensis</i>	D : a = 0 ; b = 0,37 ; c = 1,22	2
	H: a = 0 ; b = 30,96 ; c = 3,36	2
<i>Opilia amentacea</i>	D : a = 0 ; b = 0,05 ; c = 1,32	2
	H: a = 0 ; b = 11,82 ; c = 1,74	2
<i>Psorospermum senegalense</i>	D : a = 0 ; b = 0,04 ; c = 2,02	2
	H: a = 0 ; b = 5,28 ; c = 11,17	3
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	D : a = 0 ; b = 0,83 ; c = 5,07	3
	H: a = 0 ; b = 26,23 ; c = 3,43	2
<i>Senegalia ataxacantha</i>	D : a = 0 ; b = 0,05 ; c = 2,44	2
	H: a = 0 ; b = 5,74 ; c = 2,06	2
<i>Stereospermum kunthianum</i>	D : a = 0 ; b = 0,20 ; c = 1,25	2
	H: a = 0 ; b = 8,93 ; c = 1,32	2
<i>Tamarindus indica</i>	D : a = 0 ; b = 0,20 ; c = 1,26	2
	H: a = 0 ; b = 10,60 ; c = 2,13	2
<i>Vachellia sieberiana</i>	D : a = 0 ; b = 0,37 ; c = 1,66	2
	H: a = 0 ; b = 19,24 ; c = 2,57	2
<i>Ziziphus mucronata</i>	D : a = 0 ; b = 0,04 ; c = 1,22	2
	H: a = 0 ; b = 7,18 ; c = 1,09	2

1: Structure en «L» ou «J» renversé, 2: Structure asymétrique positive, 3: Structure d'allure croissante en «J» / 1: "L" or reversed "J" structure 2: Positive asymmetric structure, 3: Negative asymmetric structure.

Tableau 5: Pertinence des paramètres d'analyse structurale / Relevance of the parameters used for the structural analysis.

Espèces (types végétatifs)	CE	Paramètres de structure				Paramètre pertinent (ES)
		Classes de diamètres (CD)	Classes de hauteurs (CH)	Types biologiques (TB)	Types de tiges (TT)	
<i>Ancylobothrys amoena</i> (Liane)	% (n)	100,00 (1)	100,00 (1)	50,00 (2)	100,00 (2)	CD (Rg)
	μR^2 /n/r	0,56/1/1	0,58/1/3	0,34/2/2	0,43/2/4	
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (Arbre)	% (n)	66,66 (3)	62,50 (8)	66,66 (3)	50,00 (2)	TB (Rp)
	μR^2 /n/r	0,06 /3/3	0,03 /8/4	0,14 /3/1	0,12 /2/3	
<i>Balanites aegyptiaca</i> (Arbre)	% (n)	100,00 (3)	60,00 (5)	66,66 (3)	100,00 (2)	TT (Rf)
	μR^2 /n/r	0,15 /3/2	0,07 /5/4	0,19 /3/3	0,22 /2/1	
<i>Bauhinia thonningii</i> (Arbuste)	% (n)	50,00 (4)	100,00 (2)	100,00 (1)	100,00 (2)	TT (Rf)
	μR^2 /n/r	0,10/4/4	0,10 /2/3	0,08 /1/1	0,19 /2/2	
<i>Bombax costatum</i> (Arbre)	% (n)	33,37 (3)	100,00 (1)	Nd (0)	Nd (0)	CH (Rp)
	μR^2 /n/r	0,09 /3/2	0,19 /1/3	Nd/0/1	Nd/0/4	
<i>Boscia senegalensis</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (2)	100,00 (2)	100,00 (2)	100,00 (3)	CH (Rg)
	μR^2 /n/r	0,39 /2/4	0,40 /2/1	0,40 /2/2	0,15 /3/3	
<i>Cadaba farinosa</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	100,00 (1)	CD (Rg)
	μR^2 /n/r	0,17 /1/2	0,08 /1/3	0,01 /1/3	0,04 /1/1	
<i>Celtis toka</i> (Arbre)	% (n)	66,66 (3)	75,00 (8)	100,00 (3)	66,66 (3)	CH (Rp)
	μR^2 /n/r	0,10 /3/4	0,21 /8/3	0,18 /3/2	0,17 /3/1	
<i>Cissus quadrangularis</i> (Liane)	% (n)	0,00 (1)	40,00 (5)	100,00 (2)	0,00 (1)	TB (Rf)
	μR^2 /n/r	0,004 /1/2	0,22 /5/3	0,02 /2/1	0,005 /1/4	
<i>Clerodendrum capitatum</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (1)	50,00 (1)	0,00 (2)	100,00 (3)	TT (Rg)
	μR^2 /n/r	0,02 /2/4	0,10 /1/1	0,10 /2/1	0,10 /3/3	
<i>Combretum collinum</i> (Arbre)	% (n)	100,00 (3)	50,00 (8)	100,00 (3)	50,00 (2)	TB (Rp)
	μR^2 /n/r	0,14 /3/3	0,07 /8/4	0,27 /3/2	0,03 /2/1	
<i>Combretum paniculatum</i> (Arbuste)	% (n)	0,00 (2)	100,00 (1)	50,00 (2)	100,00 (2)	TT (Rf)
	μR^2 /n/r	0,006 /2/1	0,08 /1/3	0,37 /2/4	0,12 /2/2	
<i>Dalbergia melanoxylon</i> (Arbuste)	% (n)	0,25 (4)	66,66 (3)	50,00 (2)	50,00 (2)	CH (Rp)
	μR^2 /n/r	0,02 /4/3	0,23 /3/1	0,27 /2/4	0,10 /2/2	
<i>Diospyros mespiliformis</i> (Arbre)	% (n)	66,66 (3)	60,00 (5)	66,66 (3)	50,00 (3)	CD (Rg)
	μR^2 /n/r	0,24 /3/3	0,03 /5/4	0,15 /3/2	0,09 /3/1	
<i>Grewia bicolor</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (2)	100,00 (2)	66,66 (2)	75,00 (4)	CD ou CH (Rg)
	μR^2 /n/r	0,27 /2/3	0,22 /2/2	0,19 /2/1	0,08 /4/4	
<i>Khaya senegalensis</i> (Arbre)	% (n)	100,00 (3)	100,00 (1)	100,00 (1)	100,00 (1)	CH (Rf)
	μR^2 /n/r	0,34 /3/2	0,70 /1/1	0,70 /1/3	0,79 /1/4	
<i>Opilia amentacea</i> (Liane)	% (n)	100,00 (3)	33,33 (6)	100,00 (2)	100,00 (2)	TT (Rf)
	μR^2 /n/r	0,23 /3/4	0,29 /6/3	0,07 /2/2	0,37 /2/1	
<i>Psorospermum senegalense</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (2)	100,00 (2)	100,00 (2)	100,00 (2)	TT ou CD (Rp)
	μR^2 /n/r	0,05 /2/1	0,01 /2/4	0,01 /2/3	0,19 /2/2	
<i>Pterocarpus erinaceus</i> (Arbre)	% (n)	Nd (0)	0,00 (1)	100,00 (1)	100,00 (1)	TB ou TT (Rp ou Rf)
	μR^2 /n/r	Nd/0/2	0,14 /1/1	0,23 /1/3	0,23 /1/3	
<i>Senegalia ataxacantha</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (3)	75,00 (8)	66,66 (3)	100,00 (2)	CD (Rg)
	μR^2 /n/r	0,09 /3/2	0,10 /8/3	0,09 /3/4	0,05 /2/1	
<i>Stereospermum kunthianum</i> (Arbre)	% (n)	100,00 (3)	60,00 (5)	50,00 (2)	50,00 (2)	CD (Rp)
	μR^2 /n/r	0,22 /3/3	0,03 /5/4	0,31 /2/2	0,19 /2/1	
<i>Tamarindus indica</i> (Arbre)	% (n)	75,00 (4)	87,50 (8)	100,00 (3)	100,00 (2)	TB (Rf)
	μR^2 /n/r	0,08 /4/4	0,10 /8/3	0,16 /3/1	0,26 /2/2	
<i>Vachellia sieberiana</i> (Arbre)	% (n)	100,00 (1)	0,00 (1)	100,00 (1)	100,00 (1)	TT (Rf)
	μR^2 /n/r	0,46 /1/4	0,07 /1/3	0,32 /1/2	0,45 /1/1	
<i>Ziziphus mucronata</i> (Arbuste)	% (n)	100,00 (2)	100,00 (3)	100,00 (3)	50,00 (2)	CH ou TB (Rp)
	μR^2 /n/r	0,31 /2/1	0,42 /3/4	0,38 /3/3	0,06 /2/2	

CE: Critères d'évaluation; n: Nombre de classes testées; %: Pourcentage des p-values < 0,05; μR^2 : Moyenne des coefficients de détermination des corrélations; r: Rang du paramètre en rapport aux tests d'ajustement à la loi de Weibull; Nd: Non déterminé; ES: Évaluation de la structure; Rf: régénération faible, Rp: régénération ralentie ou perturbée, Rg: régénération garantie / CE: Evaluation criteria; n: Number of classes tested; %: Percentage of p-values < 0.05; μR^2 : average of the correlation coefficients of the determination; r: Parameter rank related to Weibull law adjustment tests; Nd: Not determined; ES: Assessment of the structure; Rf: weak regeneration, Rp: slowed down or disturbed regeneration, Rg: guaranteed regeneration.

4 DISCUSSIONS

4.1 Diversité structurale d'un écosystème soudano-sahélien d'âge avancé

Les traits structuraux de la végétation du PNMG reflètent globalement une dynamique sous pressions, conforme aux conditions écologiques soudano-sahéliennes. Les facteurs de perturbations ont été mis en évidence par les structures en J de la végétation dans chaque UC et l'IG, traduites par la domination des hautes et moyennes tiges. À l'image de plusieurs formations végétales de la zone sèche soudano-sahélienne (LEBRUN 1966, ROLLET 1981, PASCAL 2003), les structures diamétrales dans les UC et l'ensemble du peuplement présentent à l'inverse une forme en J-renversé. PETERS (1997) a qualifié de telles structures de type I, caractéristiques des populations stables marquées par une réduction régulière du nombre d'individus des classes de petites dimensions aux plus grandes. D'après ROLLET (1981), les structures de type I caractérisent un état d'équilibre, avec des taux de mortalité et de recrutement constants pour chaque classe de diamètres. Mais en réalité, ces distributions de diamètres montrent la grande importance combinée des jeunes des strates arborées et arbustives, d'arbrisseaux et sous-arbrisseaux et d'individus rabougris. IDRISSE & al. (2017) pensent que dans de telles structures, les individus de grandes tailles sont souvent victimes d'une forte exploitation.

Par ailleurs, la représentativité des microphanérophytes est corroborée par l'importance des tiges moyennes et des arbustes. Ces résultats sont conformes à la stratification des forêts galeries, des forêts denses sèches et des savanes arborées telle que décrite par LETOUZEY (1968, 1985) dans le sillage de la conférence de Yangambi en 1956 (AUBREVILLE 1957). Ces types d'individus (microphanérophytes, tiges moyennes et arbustes) sont considérés comme étant plus aptes à surmonter les longues saisons sèches (GROUZIS 1988, COURTERON 1998). La relative sous-représentativité des tiges de régénération ou des nanophanérophytes prouve le vieillissement du peuplement. L'écosystème n'assure plus pleinement sans contraintes le renouvellement des individus. En considérant la régénération comme étant l'ensemble des individus juvéniles du sous-bois d'espèces arborescentes (ROLLET 1981), leur moindre importance serait le reflet d'un écosystème subissant des perturbations et la dynamique compétitive des espèces. Mais, cette interprétation peut être nuancée, s'il est pris en compte d'autres potentiels de régénération (TESFAYE et al. 2010, DOUH & al. 2014) tels que les repousses par souches, marcottes ou drageons, et les possibilités de propagations des jeunes issues des chutes intenses de graines de la canopée (séminale adventif) ou de la banque de graines du sol (séminale édaphique). Les espèces ayant de nombreux individus en touffe doivent certainement bénéficier de cette multiplicité de mécanismes de dispersion. DONFACK (1998) estime que la régénération des ligneux dans ce type de milieu n'est pas en réalité un prob-

lème, mais il faut indexer les fortes pressions humaines limitant leur développement.

Les corrélations entre diamètres et hauteurs sont non conformes au modèle en équilibre de CUSSET (1980), surtout dans l'UC3. L'importance des résidus, relatifs à un comportement divergent pour plusieurs valeurs de diamètres ou de hauteurs, réduit la significativité de la corrélation (FARR & al., 1989, DELEUZE & al. 1996). D'après CHAVE et al. (2014), cette caractéristique peut révéler l'influence du stress bioclimatique (variabilité thermique et pluviométrique, intensité de la sécheresse). Les vieux peuplements ont une complexité structurale pouvant expliquer une telle caractéristique (PAN & al. 2013).

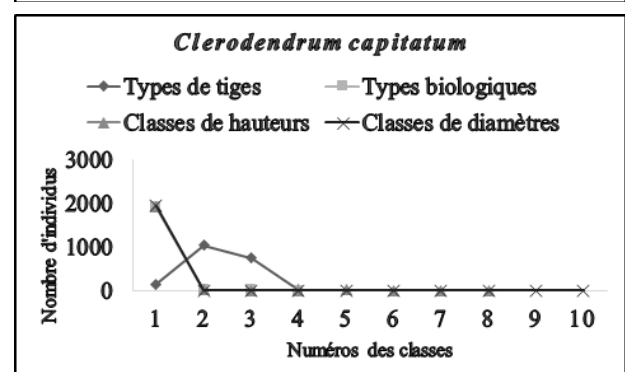
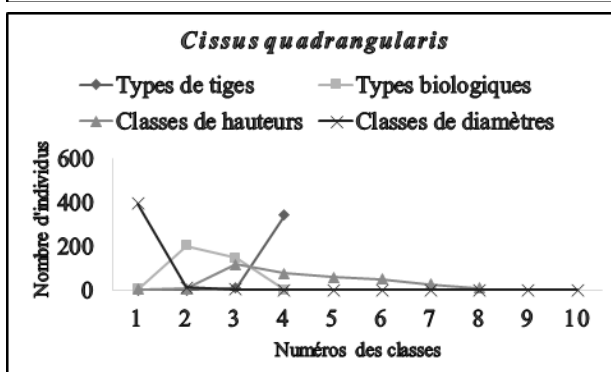
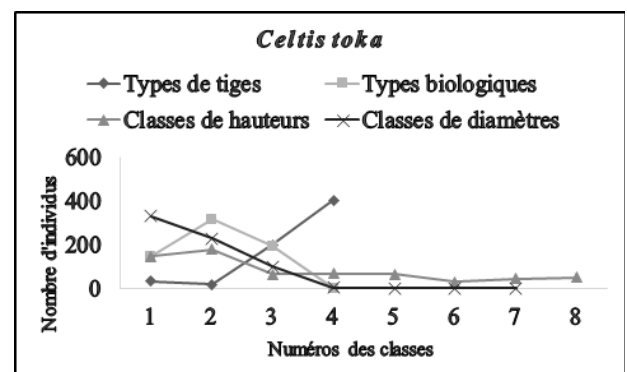
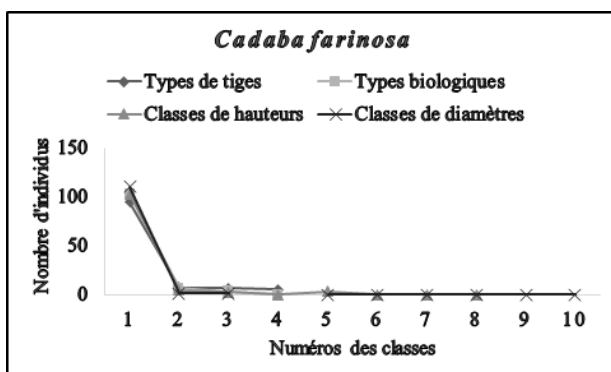
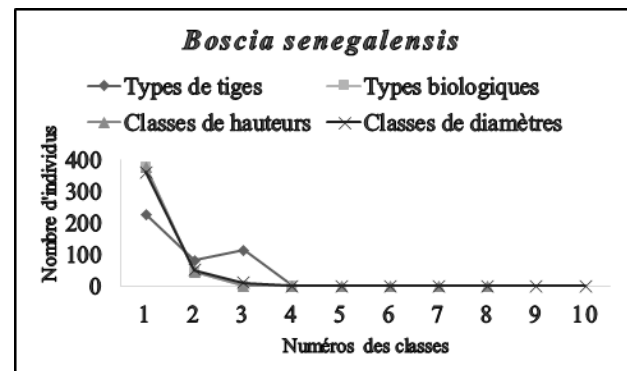
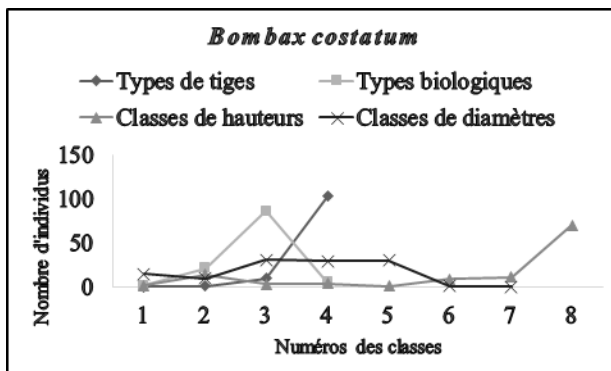
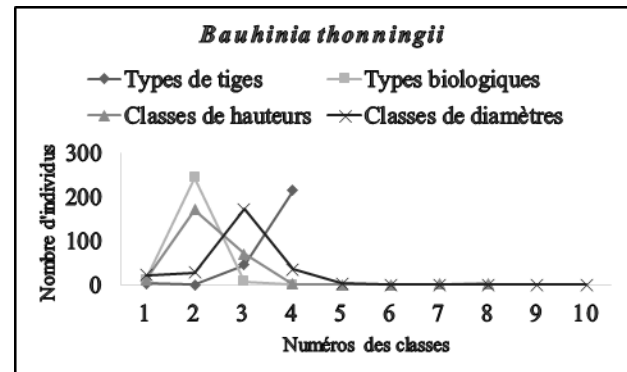
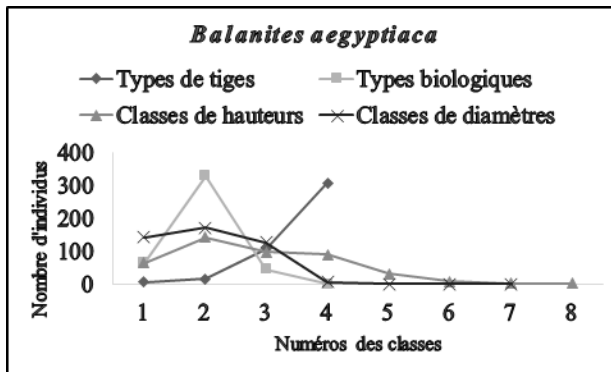
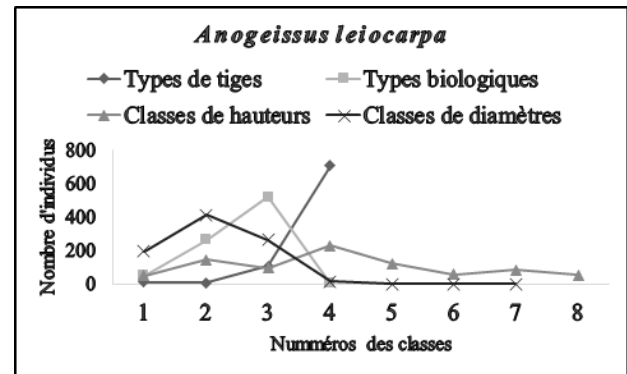
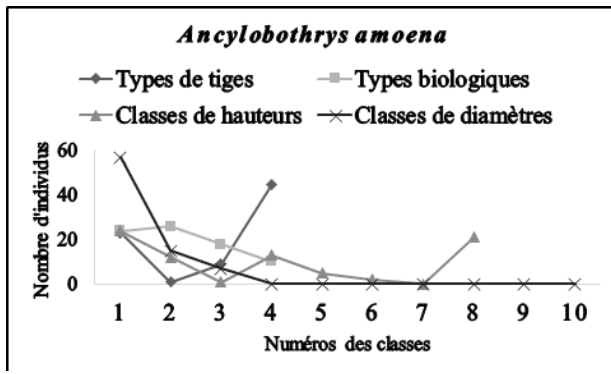
La forte présence d'individus lianescents, qualifiés de formes biologiques efficaces dans les fourrés soudano-sahéliens (COURTERON 1998), représente un autre trait distinctif de cette structure de la végétation. Les grandes lianes marquent la physionomie des végétations matures (GENTRY 1991, GILLESPIE & al. 2000). Certains auteurs (SCHNITZER & CARSON 2010, Vivek & PARTHASARATHY 2015) considèrent les lianes comme ayant un effet réducteur des recrutements, de la régénération, de la croissance et de la reproduction des arbres et arbustes.

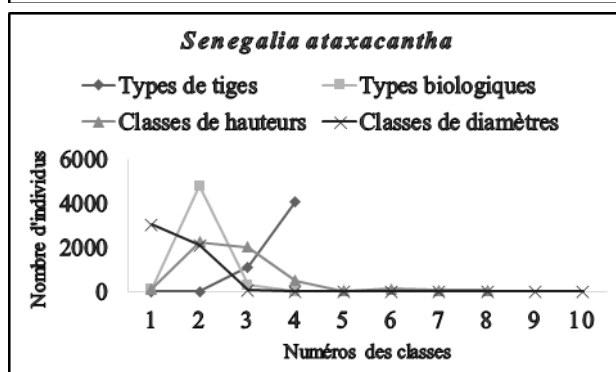
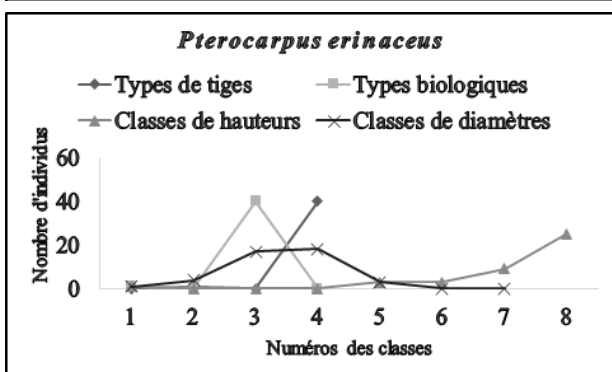
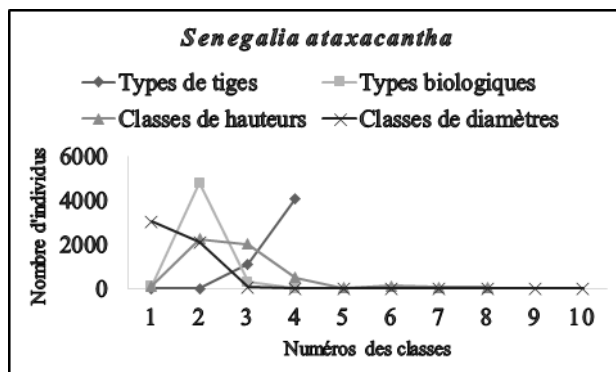
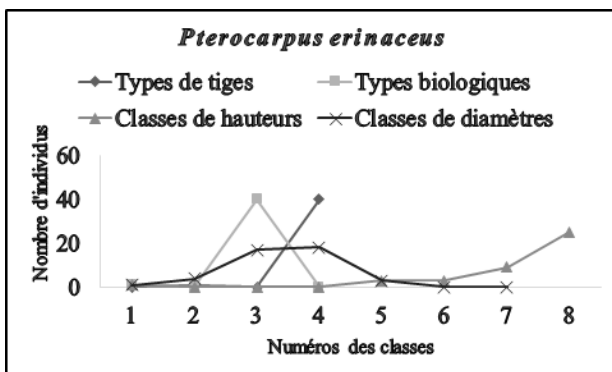
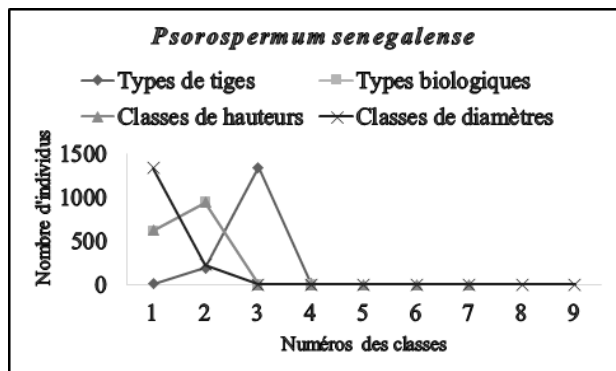
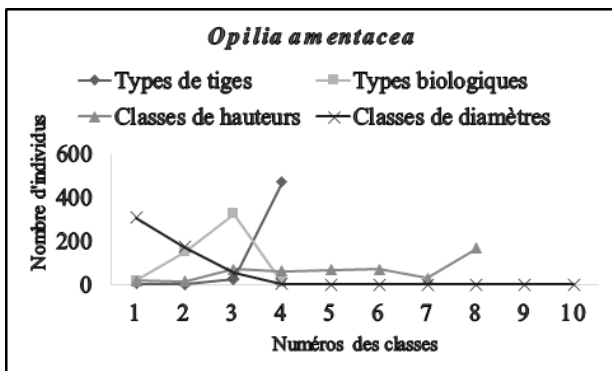
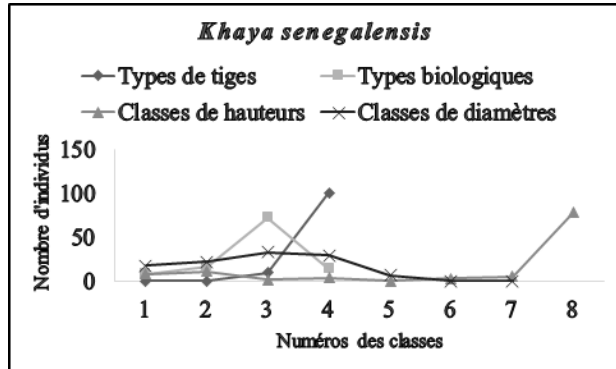
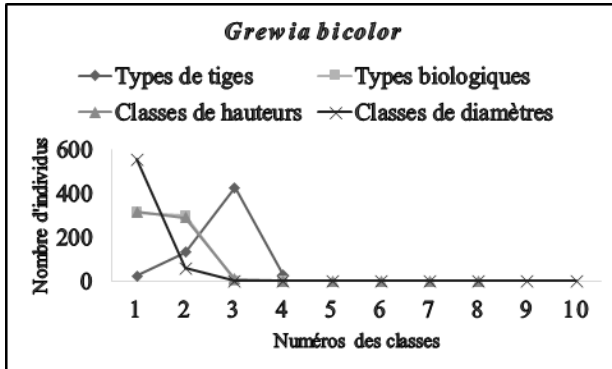
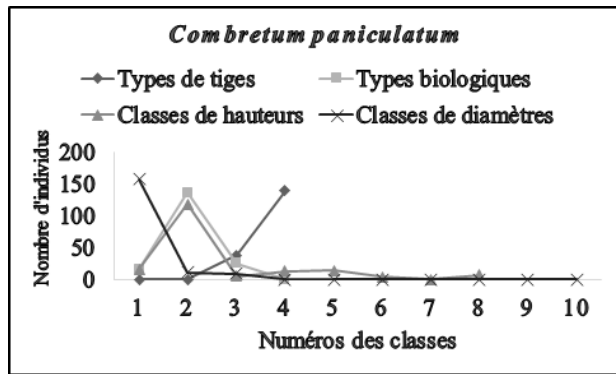
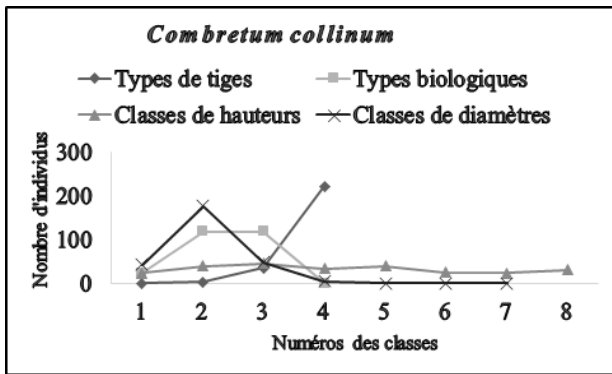
4.2 Variabilité structurale des espèces

Les espèces présentent une variabilité structurale, en conformité avec plusieurs travaux similaires (ADJONOU & al. 2010, HOUNKPÈVI & al. 2011, MUGASHA & al. 2013, RABIOU & al. 2015, IDRISSE & al. 2017) réalisés dans les zones soudaniennes et sahéennes. De nombreuses espèces présentent des structures avec dominations de gros diamètres ou des classes de grandes hauteurs, indiquant une régénération faible. Il s'agit là d'une confirmation au niveau spécifique du vieillissement du peuplement. Les structures d'allures symétriques, erratiques ou zigzagées sont indicatrices d'une régénération faible ou perturbée pour plusieurs espèces (SE-PULCHRE & al. 2008, RABIOU & al. 2015, et KONAN & al. 2015). Toutefois, il a été interprété pour plusieurs populations d'espèces, des structures en J-renversé indiquant une régénération garantie. Cette diversité structurale observée au niveau des espèces, dénote des adaptations liées aux conditions écologiques et à la maturation de l'écosystème. DICKO & al. (2016) ont fait un constat identique dans des zones géographiques similaires.

4.3 Pertinence des paramètres structuraux

Le choix de plusieurs paramètres d'analyses structurales a permis de noter des divergences ou des contradictions, révélant la complexité de leur appréhension. Certains auteurs pensent que les conditions édapho-climatiques et les pressions anthropiques peuvent induire de tels résultats (RABIOU & al. 2015). L'approche méthodologique peut également conduire à une mauvaise interprétation. Il est par exemple nécessaire de définir les classes en considérant





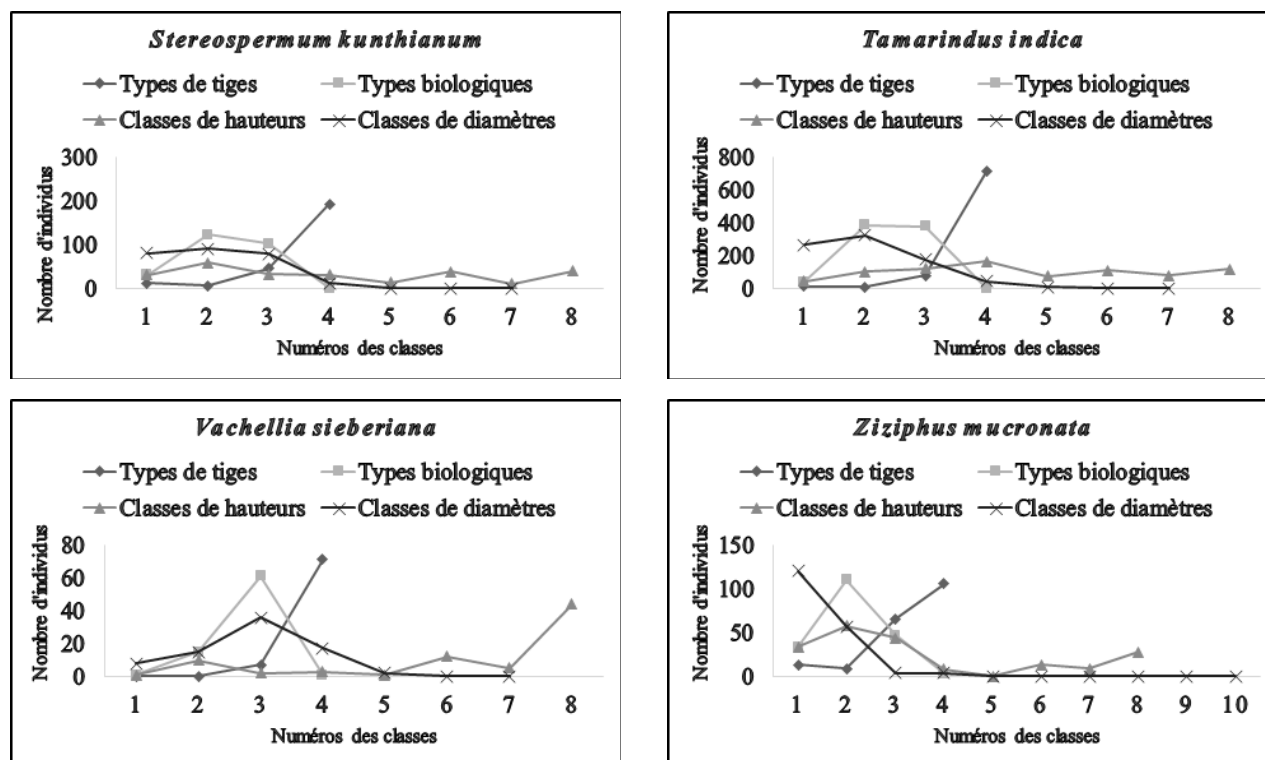


Fig. 11: Structures des principales espèces ligneuses abondantes / structure of the main abundant woody species.

la nature de chaque espèce. Il a donc été indispensable de définir des critères d'évaluation de la pertinence des paramètres structuraux. Fondés sur l'appréciation de la qualité de l'ajustement à la distribution de Weibull et sur des tests corrélations diamètres-hauteurs pour chaque classe des distributions, ils ont apporté plus de précisions sur les configurations structurales décrites dans le peuplement et à l'échelle des espèces. Cependant, les caractéristiques structurales évoluant avec le temps, un suivi dans le long terme s'avère nécessaire, dans la planification d'un aménagement durable (GLÈLÈ KAKAÏ & al. 2016).

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de décrire la structure du peuplement ligneux du PNMG, dans sa globalité et en considération des espèces les plus abondantes. En analysant la pertinence des paramètres descriptifs choisis, la distribution des types de tiges s'est illustrée comme une représentation structurale reflétant mieux l'agencement de la végétation ligneuse intégrale. Ainsi, avec des proportions élevées des moyennes et des hautes tiges, la végétation ligneuse du PNMG se caractérise par un déséquilibre écologique conforme aux écosystèmes d'âge avancé. De plus, l'importance d'arbustes et les proportions non négligeables de lianes et d'arbres, ont été jugées comme autres indicateurs de la maturité de cet écosystème, qui se rapproche d'une végétation modèle en zone soudano-sahélienne. Par ailleurs, l'analyse structurale de chacune des principales espèces ligneuses abondantes, a présenté une tendance pour certains paramètres à pouvoir mieux expliquer la répartition des individus, et même de certains types végétatifs (arbres, arbustes, ou lianes). Cette interprétation peut toutefois être nuancée, en raison de la complexité de la dynamique de ce type de milieu, appelant

à plus d'investigations pour une appréhension de son fonctionnement, et une confrontation avec d'autres végétations similaires.

Plusieurs mesures de gestion sont recommandables, à la suite de cette étude structurale de la flore ligneuse du PNMG. D'abord, le vieillissement du peuplement, assez singulier dans cette région soudano-sahélienne doit être considéré comme atout valorisant pour la conservation. Ensuite, le suivi écologique permanent des paramètres structuraux est une option majeure dans la planification d'une gestion durable, afin de faire face aux facteurs humains et bioclimatiques. Il faut également envisager des initiatives globales, favorables à la régénération naturelle assistée ou un enrichissement spécifique ciblé. Il faut pour cela, accorder une priorité aux espèces dont la régénération est faible, ralentie ou perturbée. De plus, la pratique d'éclaircies sélectives d'arbustes fortement représentatives des touffes pourrait éventuellement être réalisée dans cette démarche.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Fondation Internationale pour la Science (FIS), pour avoir financé les travaux de terrain. Ils témoignent également leur gratitude aux relecteurs qui ont contribué significativement à l'amélioration de la qualité de l'article.

REFERENCES

- ABERLIN J P & DAGET P (2003): Etablir et comparer les spectres biologiques de plusieurs groupements végétaux. *Revue d'élevage et médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 56: 57-61.
- ADJONOU K, ALI N, KOKUTSE A D, SEGLA K N & KOKOU K (2010): Étude de la dynamique des peuplements naturels de *P. erinaceus* Poir. (Fabaceae) surexploités au Togo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 306 (1): 33-43.

- AGARWALA M, DEFRIES R S, QURESHI Q & JHALA Y V (2016): Factors associated with long-term species composition in dry tropical forests of Central India. *Environmental Research Letters*, 11: 1-10.
- ALEMAN J (2013): Structure de la végétation en Afrique centrale : rôles des forçages anthropiques et naturels. Thèse de Doctorat, Université Montpellier 2, Sciences et Techniques du Languedoc, 219 p.
- ARBONNIER M (2009): Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest (4ème éd). CIRAD-MAR-GRAF- MNHN, Montpellier France, 576 p.
- ARONSON J, FLORET C, LE FLOC'H E, OVALLE C & PONTANIER R (1995): Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zone aride et semi-aride, Le vocabulaire et les concepts. In: L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait? PONTANIER, M'HIRI, ARONSON, AKRIMI, LE FLOC'H (éds.). John Libbey Eurotext, Montrouge, France, pp. 11-29.
- AUBREVILLE A (1957): Accord de Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation, Bois et Forêts des Tropiques, 51: 23-27.
- BELLEFONTAINE R, GASTON A & PETRUCCI Y (1997): Aménagement des forêts tropicales sèches. FAO, 315 p.
- BOUTRAIS J, BOULET J, BEAUVILAIN A, GUBRY P, BARRETEAU D, DIE'J M, BRETON R, SEIGNOBOS C, PONTIE G, MARGUERAT Y, HALLAIRE A & FRECHOU H (1984): Le Nord du Cameroun des Hommes, une région. Éditions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer, Collection Mémoires No 102, Paris, 551 p.
- CECCON E, HUANTE P & RINCÓN E (2006): Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49 (2): 305-312.
- CHAVE J, RÉJOU-MÉCHAIN M, BURQUEZ A, CHIDUMAYO E, COLGAN M S, DELITTI W B C, DUQUE A, EID T, FEARNSIDE P M, GOODMAN R C, HENRY M, MARTINEZ-YRIZAR A, MUGASHA W A, MULLER-LANDAU H C, MENCUCCINI M, NELSON B W, NGOMANDA A, NOGUEIRA E M, ORTIZ-MALAVASSI E, PELISSIER R, PLOTON P, RYAN C M, SALDARRIAGA J G & VIEILLEDENT G (2014): Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20: 3177-3190.
- CLARK D A & CLARK D B (1992): Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs*, 62: 315-344.
- COURTERON P (1998): Relations spatiales entre individus et structure d'ensemble dans les peuplements ligneux soudano-sahéliens au Nord-Ouest du Burkina-Faso. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier Toulouse III, 223 p.
- CUSSET G (1980): Sur les paramètres intervenant dans la croissance des arbres: la relation hauteur/diamètre de l'axe primaire aérien. *Candollea*, 35: 231-255.
- DELEUZE C, BLAUDEZ D & HERVÉ J (1996): Ajustement d'un modèle hauteur-circonférence pour l'épicéa commun, Effet de la densité. *Annales des sciences forestières*, 53 (1): 93-113.
- DICKO A, BIAOU S S H, NATTA K A, GADO C A S & KOUAGOU M (2016): Influence des pressions anthropiques sur la structure des populations de *Pentadesma butyracea* au Bénin, *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 16 (3): consulté en ligne le 04/11/2018.
- DONFACK P (1998): Végétation des jachères du Nord Cameroun, Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse de Doctorat en Biologie végétale de l'Université de Yaoundé 1, 225 p.
- DONFACK P, SEINY BOUKAR L & M'BIANDOU M (1996): Les caractéristiques du milieu physique. In: Actes de l'atelier d'échanges sur le thème: Agriculture des savanes du Nord Cameroun, CIRAD, pp. 29-42.
- DOUH C, DAÏNOU K, LOUMETO J J, FAYOLLE A & DOUCET J-L (2014): Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique), *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18 (4): 558-565.
- FARR W A, DEMARS D J & DEALY J E (1989): Height and crown width related to diameter for open-growth western hemlock and Sitka spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 19: 1203-1207.
- FAYE E (2010): Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal: application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université Libre de Bruxelles, Université d'Europe, 266 p.
- FELFILI E M (1997): Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991), *Revta brasil. Bot.*, 20 (2):155-162.
- FOTIUS G (2000): Phytogéographie, In: Atlas de la Province Extrême-Nord Cameroun, SEIGNOBOS C, IYÉBI MANDJEK O (Ed.), Paris, MINREST/IRD, pp. 30-37.
- GENTRY A H (1991): The distribution and evolution of climbing plants In: PUTZ F.E., & MOONEY H.A. (eds), *The biology of vines*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-42.
- GILLESPIE T W, GRIJALVA A & FARRIS C N (2000): Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America, *Plant Ecology*, 147: 37-47.
- GLÈLÈ KAKAÏ R, BONOU W, & LYKKE A M (2016): Approche méthodologique de construction et d'interprétation des structures en diamètre des arbres, *Annales des Sciences Agronomiques (spécial Projet Undesert-UE)*, 20: 99-112.
- GROUZIS M (1988): Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens. ORSTOM, Paris, 336 p.
- GUYNN D C, GUYNN S T, LAYTON P A & BENTLY W T (2004): Biodiversity metrics in Sustainable Certification Programs. *Journal of Forestry*, 102 (3): 46-52.
- HARPER J L (1977): *Population biology of plants*, Academic Press, London, 892 p.
- HERVÉ M, (2016) : AiAzde-mémoire de statistique appliquée à la biologie, en ligne (<http://cran.r-project.org/web/package/RVaideMemoire/index.html>), consulté le 22/10/2018, 203 p.
- HIERNAUX P, & LE HOUÉROU H N (2006): Les parcours du Sahel, *Sécheresse*, 17 (1-2): 51-71.
- HOUETO G, GLELE KAKAÏ R, SALAKO K V, ASSOGBADJO A, FANDOHAN B, SINSIN B & PALM R (2013): Effect of inventory plot patterns in the floristic analysis of tropical woodland and dense forest. *African Journal of Ecology* 52: 257-264.
- HOUNKPÈVI A, YÈVIDE I S, GANGLO C J A, DEVINEAU J-L, AZONTONDE H A, ADJAKIDJE V, AGBOSSOU K E, DE FOUCAULT B (2011): Structure et écologie de la forêt à *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A.C. D et à *Dialium guineense* Willd. de la réserve de Massi (La Lama) Bénin, *Bois et Forêt des Tropiques*, 308 (2): 33-46.

- KERSHAW JR J A, DUCEY M J, BEERS T, & HUSCH B (2017): Forest Mensuration, Fifth Edition, John Wiley, New York, 613 p.
- IDRISSA S, HABOU R, MACHI II, MAHAMANE A & MAHAMANE S (2017): Biodiversity and Structure of Woody Plants of Sahelian Rangelands of Baban Rafi, Niger, *International Journal of Biology*, 9 (4): 1-9.
- JIBRIN A (2013): A Study of Variation in Physiognomic Characteristics of Guinea Savanna Vegetation, Environment and Natural Resources Research, 3: 52-60.
- KAIRE M, OUEDRAOGO J S, SARR B & BELEM M (2013): Guide de mesure et de suivi du carbone dans le système sol-végétation des formations forestières et agroforestières en Afrique de l'Ouest, Alliance Mondiale contre le Changement Climatique (AMCC), 47 p.
- KANGAS A & MALTAMO M (2007): Forest inventory: methodology and applications. Springer, Dordrecht, 362 p.
- KONAN D, BAKAYOKO A, TRA BI FÉZAN H, BITIGNON BLEY G A & PIBA S C (2015): Dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 94: 8869-8879.
- LEBLANC S (2014): Étude de l'estimation de paramètres structuraux de la forêt à l'aide d'un cadre de modélisation, de la photographie hémisphérique et du LiDAR. Thèse de Philosophie Doctor (Ph.D) en Télédétection de l'Université de Sherbrooke, 226 p.
- LEBRIJA-TREJOS E, PEREZ-GARCIA E A, MEAVE J A, POORTER L & BONGERS F (2011): Environmental changes during secondary succession in a tropical dry forest in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 27: 477-489.
- LEBRUN J (1966): Les formes biologiques dans les végétations tropicales. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 113 (sup2): 164-175.
- LECOMTE H & RONDEUX J (2002): Les inventaires forestiers nationaux en Europe: tentative de synthèse. *Les Cahiers Forestiers de Gembloux*, 5: 3-24.
- LETOUZEY R (1968): Etude phytogéographique du Cameroun, Paul Lechevalier, Paris, 551 p.
- LETOUZEY R (1985): Domaine sahélien et domaine soudanien. In: Notice de la carte phytogéographique du Cameroun; IRA, Toulouse, pp. 1-26.
- M'BIANDOUM M, GUIBERT H. & OLINA J P (2002) - Caractérisation du climat dans quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture: Actes du colloque, Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Garoua, Cameroun, Jamin JY, Seiny Boukar L (Eds), Prasac, N'Djamena, Tchad. Cirad: Montpellier, France; 9 p.
- MUGASHA W A, BOLLANDSAS O M & EID T (2013): Relationships between diameter and height of trees in natural tropical forest in Tanzania, *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 75 (4): 221-237.
- Noss R (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- NTOUPKA M (1999): Impact des perturbations anthropiques (pâturage, feu, et coupe de bois) sur la dynamique de la savane arborée en zone soudano-sahélienne du Nord du Cameroun. Thèse de Doctorat de l'université, Paul Valéry-Montpellier III, 260 p.
- PAN Y, BIRDSEY R A, PHILLIPS O L & JACKSON R B (2013) - The Structure, Distribution, and Biomass of the World's Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44: 593-622.
- PASCAL J-P (2003): Description et dynamique des milieux forestiers, Notions sur les structure et dynamique des forêts tropicales humides. *Revue Forestière de France*, LV (numéro spécial): 118-130.
- PETERS C M (1997): Exploitation soutenue de produits forestiers autre que le bois en forêt tropicale humide: Manuel d'information d'écologie, programme d'appui à la biodiversité, N°2, corporate press, Landover M.D, 49 p.
- RABHI K, MESSAOUDENE M, FORTIN M & COLLET C (2016): Modélisation de la structure en diamètre des reboisements et des peuplements naturels de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) du Djurdjura (Algérie). *Revue Forestière de France*, LXVIII (1): 44-52.
- RABIOU H, DIOUF A, BATIONO B A, SEGLA K N, ADJONOU K, KOKUTSE A D, RADJI R, KOKOU K, MAHAMANE A & SAADOU M (2015): Structure des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, Vol. 325 (3): 71-83.
- RAUNKIAER C (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, London, 632 p.
- RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN (2005): Troisième Recensement Général de la Population du Cameroun (3e RGPC). Rapport de présentation des résultats définitifs, BUCREP, 67 p.
- ROLLET B (1981): La régénération naturelle dans les trouées, un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides: 1ère partie, *Bois et forêts des tropiques*, 201: 3-34.
- RONDEUX J (1999): La mesure des arbres et des peuplements forestiers, 2^e Édition. Presses Agronomiques Gembloux, 521 p.
- ROSELTO/OSS (2004): Indicateurs écologiques ROSELTO/OSS (Réseau d'Observatoires de Surveillance Écologique à Long Terme/ Observatoire du Sahara et du Sahel), une première approche méthodologique pour la surveillance de la biodiversité et des changements environnementaux. *Collection ROSELTO/OSS*, document scientifique N° 04, Montpellier, 50 p.
- RUSSELL A E, RAICH J W, BEDOYA ARRIETA R, VALARDE BARRANTES O & GONZÁLEZ E (2010): Impacts of individual tree species on carbon dynamics in a moist tropical forest environment. *Ecological Applications*, 20 (4): 1087-1100.
- SALAKO V K, GLÈLÈ KAKAÏ R, ASSOGBADJO A E, FANDOHAN B, HOUINATO M & PALM R (2013): Efficiency of inventory plots patterns in the quantitative analysis of vegetation: case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern forests*, 75 (3): 137-143.
- SANDJONG SANI R C, NTOUPKA M, IBRAHIMA A & VROUMSIA T (2013a): Etude écologique du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun): prospections préliminaires de la flore ligneuse et du sol pour sa conservation et son aménagement. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (6): 2434-2449.
- SANDJONG SANI R C, NTOUPKA M, IBRAHIMA A & VROUMSIA T (2013b): Essai d'analyses de la conception paysanne de l'évolution, de la gestion et de l'utilité du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (6): 2490-2503.

- SANDJONG SANI R C, NTOUPKA M, IBRAHIMA A, VROUMSIA T ET ETOUNA J (2017): Inducement of sustainable management planning of Mozogo-Gokoro National Park (Cameroon) by images processing. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 11 (5): 74-91.
- SCHNITZER S A & BONGERS F (2002): The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 17 (5): 223-230.
- SEPULCHRE F, DAINOU K & DOUCET J-L (2008): Étude de la vulnérabilité de 18 essences ligneuses commerciales d'Afrique centrale reprises sur la liste rouge IUCN. Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT), 51 p.
- TESFAYE G, TEKETAY D, ASSEFA Y, FETENE M & BECK E (2010): Regeneration of seven indigenous tree species in dry Afromontane forest, Southern Ethiopia. *Flora*, 205: 135-143.
- THOMAS L, & MIDDLETON J (2011): Lignes directrices pour la planification de la gestion des aires protégées. Gland, Suisse, UICN, 67 p.
- THIOMBIANO A, GLELE KAKAÏ R, P. BAYEN, BOUSSIM J I & MAHAMANE A (2016): Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques-spécial Projet Undesert-UE 20*: 15-31.
- THOMPSON I D, GUARIGUATA M R, OKABE K, BAHAMONDEZ C, NASI R, HEYMELL V & SABOGAL C (2013): An operational framework for defining and monitoring forest degradation. *Ecology and Society* 18 (2): 20-43.
- UICN (2012): Nouvelles des Aires Protégées en Afrique, n° 50, pp. 1-9.
- VAN LAAR A & AKÇA A (2007): Forest mensuration. Springer, Dordrecht, 383 p.
- VIVEK P & PARTHASARATHY N (2015): Liana community and functional trait analysis in tropical dry evergreen forest of India. *Journal of Plant Ecology*, Vol. 8, n° 5, p. 501-512.
- WAKPONOU A, NIZESETE B D & DUMAY F (2008): Holocene environmental change northern Cameroon. In RUNGE J (ed.): *Dynamics of Forest Ecosystems in Central Africa during the Holocene*, Chapter 9, pp. 139-144.

The Use of Wild Plants for Food: a National Scale Analysis for Burkina Faso (West Africa)

Received: 2018-12-08; accepted: 2018-12-14

Karen Hahn¹, Marco Schmidt^{2,3}, Adjima Thiombiano⁴

¹ Goethe University Frankfurt am Main, Institute of Ecology, Evolution and Diversity, Max-von-Laue Str. 13, 60438 Frankfurt am Main, Germany

² Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (SBiK-F), Daten- und Modellierzentrum, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt, Germany

³ Palmengarten der Stadt Frankfurt, Wissenschaftlicher Dienst, Siesmayerstraße 61, 60323 Frankfurt, Germany

⁴ University of Ouagadougou, UFR-SVT, Department of Plant Biology and Physiology, Laboratory of Plant Biology and Ecology, 09 BP 848, Ouagadougou 09, Burkina Faso

*corresponding author, e-mail address: karen.hahn@bio.uni-frankfurt.de

Summary: Edible wild plants are an important supplement to the diets and livelihoods of rural households in West Africa. Despite their role in improving diets, mitigating famine periods and generating income there is a lack of extensive information on their uses for broader areas. Based on ethnobotanical records, we investigated wild food plants on the national scale of Burkina Faso, to provide a comprehensive overview of all edible plants, their taxonomy, plant parts and preparations. Our study revealed a relatively high number of 354 edible wild species, representing 66 plant families, with Fabaceae and Poaceae being the most species rich. Almost one third of these species have two to four edible plant parts. The number of species with edible fruits ranked highest, followed by seeds, leaves, starchy underground storage organs and others. Overall, the results underline that wild plant species contribute considerably to nutrition and the database compiled in this study constitutes a good basis for further evaluations of the potential of edible plants in Burkina Faso.

Keywords: wild food plants, edible plant parts, rural livelihoods, Burkina Faso, West Africa

L'UTILISATION DES PLANTES SAUVAGES POUR L'ALIMENTATION : UNE ANALYSE À L'ÉCHELLE NATIONALE POUR LE BURKINA FASO (AFRIQUE DE L'OUEST)

Résumé: Les plantes sauvages comestibles constituent un complément important à l'alimentation et aux moyens de subsistance des ménages ruraux d'Afrique de l'Ouest. Malgré leur rôle d'amélioration des régimes alimentaires, d'atténuation des périodes de famine et de génération de revenus, il manque d'informations détaillées sur leurs utilisations pour des zones larges. Nous avons étudié les plantes alimentaires sauvages à l'échelle nationale du Burkina Faso, sur la base des informations ethnobotaniques, afin de fournir un aperçu complet de toutes les plantes comestibles, de leur taxonomie, de leurs parties comestibles et de leurs préparations. Notre étude a révélé un nombre relativement élevé de 354 espèces sauvages comestibles, représentant 66 familles, les Fabaceae et Poaceae étant les plus riches en espèces. Près d'un tiers de ces espèces ont de deux à quatre parties de plantes comestibles. Le nombre d'espèces à fruits comestibles est le plus élevé, suivi des graines, des feuilles, des organes de stockage souterrains féculents et autres. Dans l'ensemble, les résultats soulignent que les espèces comestibles de plantes sauvages contribuent considérablement à la nutrition et que la base de données compilée dans notre étude constitue une bonne base pour des évaluations ultérieures du potentiel des plantes comestibles au Burkina Faso.

Mots-clés: plantes alimentaires sauvages, parties de plantes comestibles, moyens de subsistance en milieu rural, Burkina Faso, Afrique de l'Ouest

DIE VERWENDUNG VON WILDPFLANZEN ALS NAHRUNG: EINE NATIONALE ANALYSE FÜR BURKINA FASO (WESTAFRIKA)

Zusammenfassung: Essbare Wildpflanzen sind eine wichtige Ergänzung der Ernährung und des Lebensunterhalts ländlicher Haushalte in Westafrika. Trotz ihrer Rolle, die Ernährung zu verbessern, Hungerperioden abzumildern und Einkommen zu generieren, fehlen für größere Gebiete umfangreiche Informationen über ihre Verwendung. In unserer Studie untersuchten wir die essbaren Wildpflanzen der Flora von Burkina Faso anhand ethnobotanischer Aufzeichnungen, um einen umfassenden Überblick über alle essbaren Pflanzen, ihre Taxonomie, Pflanzenteile und Zubereitungen auf nationaler Ebene zu geben. Unsere Studie zeigte eine relativ hohe Anzahl von 354 essbaren Wildpflanzen aus 66 Pflanzenfamilien auf, wobei Fabaceae und Poaceae die artenreichsten Familien sind. Fast ein Drittel dieser Arten besitzt zwei bis vier essbare Pflanzenteile. Die Anzahl der Arten mit essbaren Früchten ist am höchsten, gefolgt von Samen, Blättern, stärkehaltigen unterirdischen Speicherorganen und anderen Pflanzenteilen. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse, dass Wildpflanzenarten einen wesentlichen Beitrag zur Ernährung leisten und die im Rahmen dieser Studie erstellte Datenbank eine gute Grundlage für weitere Bewertungen des Potenzials essbarer Pflanzen in Burkina Faso darstellt.

Schlagworte: essbare Wildpflanzen, essbare Pflanzenteile, ländlicher Lebensunterhalt, Burkina Faso, Westafrika

1 INTRODUCTION

In many African countries harvesting of wild edible plants is still an essential component of livelihoods of rural communities. They serve to improve daily diets, help to overcome periods of food shortages and generate income (VINCETI et al. 2018, CHIVANDI & al. 2015). Wild food species are particularly important for poorest households (HEUBACH et al. 2011) and especially women and children, who are the main harvesters (BVENURA & AFOLAYAN 2015, TEKETAY & al. 2010). Despite this importance the knowledge about edible plant species is still inadequately documented. Information on the edibility of single species can be found in various online data bases (OYEN & LEMMENS 2002, Royal Botanic Gardens, Kew 1999) and literature sources (e.g. ARBONNIER 2000, BURKILL 1985-2000). Other studies address the use of wild food plants in locally restricted case studies (VINCETI & al. 2018, LESSMEISTER & al. 2015, 2018, HEUBACH & al. 2013, KÉRÉ 1998), focus on certain edible plant parts like fruits and vegetables (VINCETI & al. 2018, GAISBERGER & al. 2017, STADLMAYR & al. 2013), deal with woody species only (SIEGLSTETTER & al. 2011) or investigate single multipurpose tree species (SCHUMANN & al. 2010, HAARMEYER & al. 2013). However, extensive assessments of edible plant species covering larger areas are rare (TEKETAY & al. 2010). For Burkina Faso, a first more general quantification of plant use revealed that 21% of the known flora (2067 species, THIOMBIANO & al. 2012) is used for human nutrition (ZIZKA & al. 2015a). However, this analysis included also cultivated plants and no further information on e.g. the share of plant parts or preparations is given, which would enable more insights into the potentials of edible plant food resources.

The objective of this study is a comprehensive analysis of wild food plants of the entire flora of Burkina Faso. We analysed the diversity, taxonomy, life forms, used plant parts and preparations of edible species based on ethnobotanical records of the checklist of Burkina Faso (THIOMBIANO & al. 2012). This overview provides a first basis for the national scale to assess the full potential of edible wild plants and to serve for further studies in regard to sustainable use and conservation.

2 METHODS

All wild plant species for which human nutrition was recorded in the checklist of Burkina Faso (THIOMBIANO & al. 2012) were compiled. The information on human nutrition was categorized for the type of edible plant organs and their preparations. The type of edible organ contained the categories bark, branch, bud, bulb, bulbil, corm, flower, fruit, gum, leaf, rhizome, root, sap, seed, shoot, tuber, whole plant, and unknown. The category fruit was additionally subdivided into fruits with (partly) fleshy or dry pericarp to provide more indications on nutrition potentials. This information was available via the FLOPO knowledge base (HÖHNDORF & al. 2018), and is based on trait data of the identification keys of the African Plants photo guide (DRESSLER & al. 2014). The type of preparation was categorised into cereal, other mainly starchy side dishes, drink, fresh, oil, sauce/soup, spice, sweets, vegetable, other (not specified). Fur-

thermore, we categorised the 'edibility state', whether a plant part is eaten raw, cooked, roasted, burnt or processed (for detoxification). Plant family and lifeform information was taken from THIOMBIANO & al. (2012), distribution (vegetation zones Sahel and Sudan) is based on records from THIOMBIANO & al. (2012) using the province based schema from ZIZKA & al. (2015b; Fig.1). In case of lacking information on plant parts or preparations a Google search query was conducted (e.g. online databases FERN 2014, OYEN & LEMMENS 2002) to complete the records.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Out of the known 1972 wild plant species of Burkina Faso (ZIZKA & al. 2015b) 352 species (17.8%) had a documented use as food plant. This is compared to other savanna dominated countries a considerably high species number. For Kenya, for example, 175 species were recorded (MAUNDU & al. 1999), for Tanzania 326 species (RUFFO & al. 2002), and for the much more species rich Ethiopian flora, comprising a high variety of vegetation types, 378 edible wild species (TEKETAY & al. 2010).

For all food plant species details on the life form, edible plant parts, preparations, edibility states and distribution are given in the electronic supplement. In total 505 uses of edible plant parts (EPPs) are recorded for the species in Burkina Faso. Thus, many species provide more than one edible plant part (Fig.1). For 31 species three to four plant parts are edible (Table 1). Most of these multi-use species belong to phanerophytes, often having edible fruits, leaves and seeds; but surprisingly also some geophytes (e.g. *Dioscorea prae-hensilis*) and the grass species *Imperata cylindrica* and *Phragmites australis* belong to this group. They provide often edible leaves, shoots and roots, tubers or rhizomes.

For 77 species a use of two EPPs was recorded, most of them belong also to phanerophytes and geophytes. Thus, particularly woody species and geophytes play a prominent role for multi-use of edible plant parts. The large majority of species (246 species), however, has only one edible plant part and these species are represented in all life form categories (Fig.1).

The use for nutrition is highly related to plant taxonomy. Most edible plants in Burkina Faso are angiosperms, except for two species of ferns (*Marsilea minuta*, *Ophioglossum reticulatum*). The species with edible plant parts belong to a large number of 66 different plant families (Appendix Table 2). However, many of these families contribute only with very few species and/or EPPs. The 10 most important plant families containing more than 10 species respectively and at least 15 EPPs are shown in figure 2. They comprised together 210 species and 60.4% (total number of EPPs: 305) of all recorded edible plant parts. Families with the highest number of edible species/EPPs were the Fabaceae and Poaceae, containing together 27.5% of all recorded EPPs. They are the most species rich families of Burkina Faso (ZIZKA & al. 2015b) and – including some of the world food crops – are also of special importance for human nutrition on a global level.

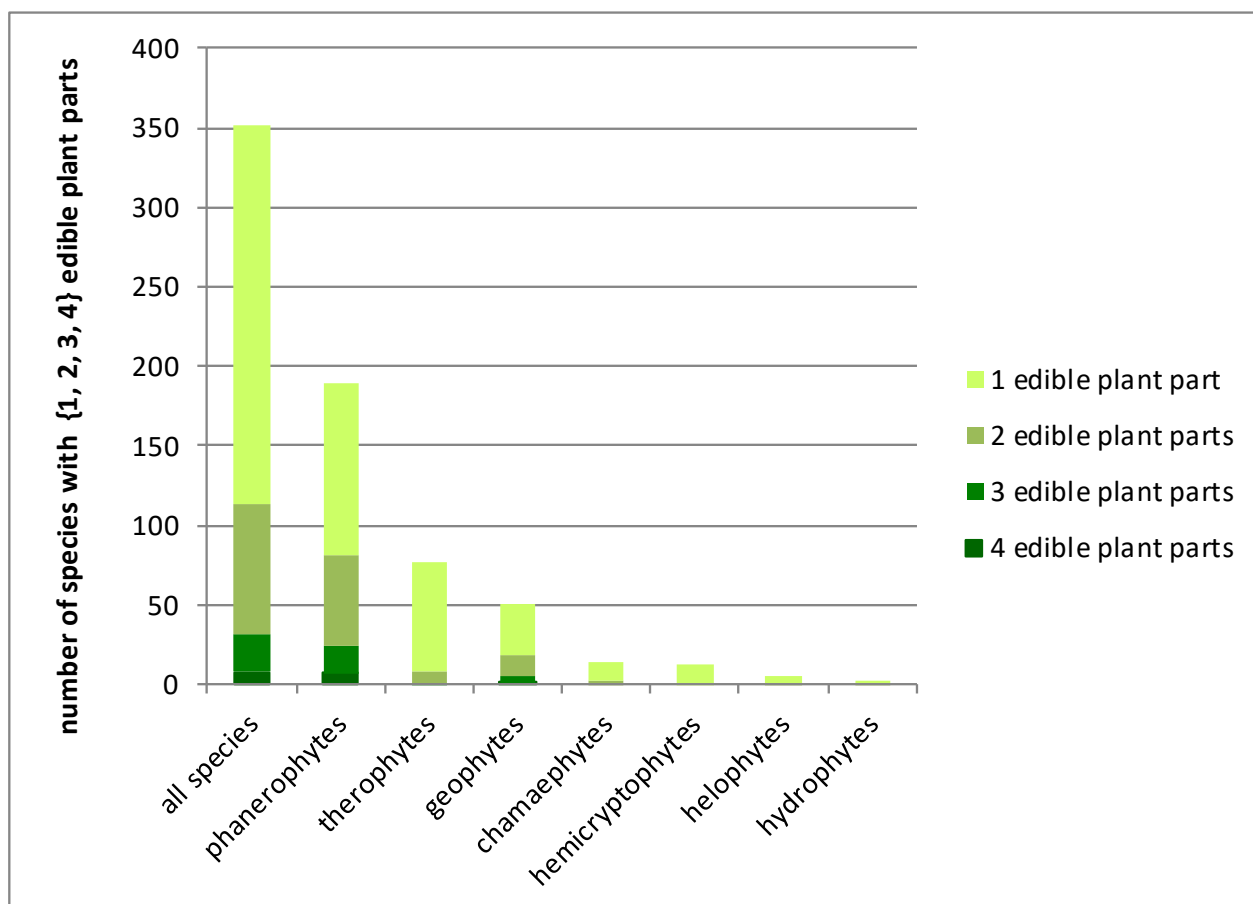


Fig. 1: Number of edible plant parts (EPPs) per species for all species and according to life forms / Nombre de parties de plantes comestibles (PPE) par espèce pour toutes les espèces et selon les types biologiques / Anzahl der essbaren Pflanzenteile (EPPs) pro Art für alle Arten und Lebensformen

Intriguingly, the plant families show a high variation with regard to the number of different EPPs (Fig.2). While Fabaceae species provide edible fruits, seeds and leaves in almost equally high numbers and contain also some species with edible underground storage organs (USOs: bulbs, corms, rhizomes, roots) and other plant parts, Poaceae species provide principally edible seeds besides some other plant organs. Malvaceae and Capparaceae have higher numbers of species with both edible fruits and leaves, whereas Moraceae and Anacardiaceae comprise mainly species with edible fruits in higher numbers. Edible USOs are found mostly in the families Dioscoreaceae, Cyperaceae and Apocynaceae. Besides the top 10 families, also some other families have higher numbers of species with certain edible plant parts: edible fruits occur more often in the families Rubiaceae (9), Phyllanthaceae (8) and Annonaceae (5), edible USOs more often in the Araceae (8) and Iridaceae (3) families.

The share of plant parts is shown in figure 3. Overall, fruits are the most important plant part in terms of species richness (148 fruit providing species). The majority are (partly) fleshy (112 species) and are often eaten raw. Highly estimated are for example the fruits of the shea butter tree (*Vitellaria paradoxa*) or the false grape tree (*Lannea microcarpa*), which are even spared from chopping in fields because of their food value (HAARMEYER & al. 2013, SCHUMANN & al. 2012). Also some species with dry fruits are highly valued and preserved in fields, such as the locust bean tree (*Parkia*

biglobosa), the baobab (*Adansonia digitata*) and *Tamarindus indica* (SCHUMANN & al. 2012, HEUBACH & al. 2016). All of them have a mealy and sweet fruit pulp, which is eaten raw or used for cooking, besides the seeds, which are either transformed into a mineral rich condiment (soumbala, KRONENBORG & al. 2014) or eaten raw (baobab seeds, LESSMEISTER & al. 2015).

Seeds are the second most important edible plant part (Fig.3). Many of them are harvested from woody species and some are particularly estimated for their fat content, such as the shea butter tree, providing the most preferred and widely used fat in daily nutrition (LESSMEISTER et al. 2015, MARANZ et al. 2004). Many other edible seeds are provided by grass species (e.g. *Brachiara lata*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Panicum laetum*). They are either cooked as cereals or prepared into drinks and serve also often to overcome times of food shortages. Edible leaves are also provided by a relatively high number of species. They are mostly cooked as vegetables like spinach in daily sauces. Most important are leaves of some woody species, such as the young leaves of the baobab (SCHUMANN et al 2012) or leaves and whole plants of several herbaceous species, e.g. *Amaranthus spinosus*, *Corchorus olitorius*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum* (LESSMEISTER et al. 2015). The latter are widely used as wild vegetable species throughout Sub-Saharan Africa (BVENURA & SIVAKUMAR 2017). Also underground storage organs of a considerable number of species

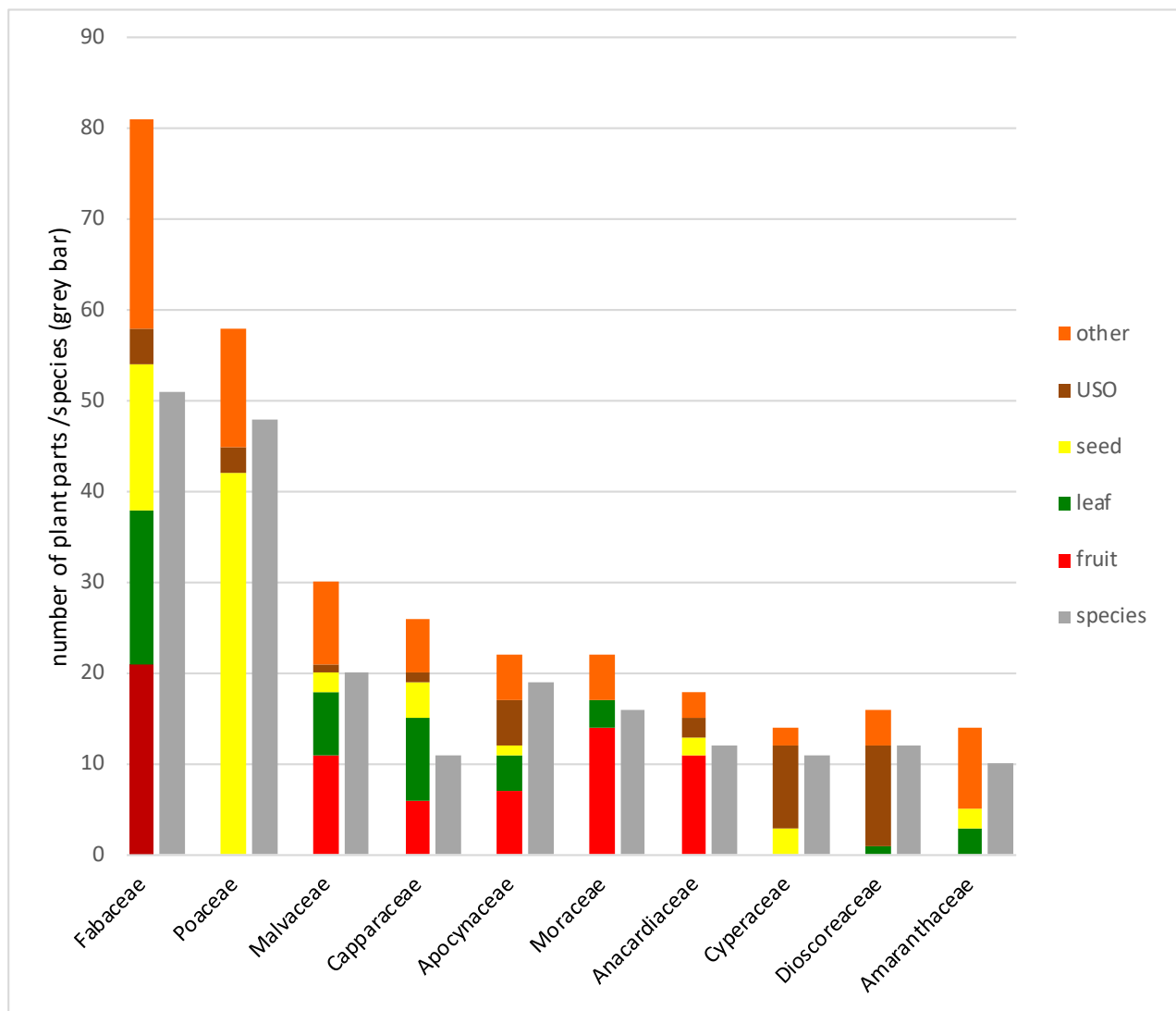


Fig. 2: The 10 most important plant families (more than 10 species respectively and at least 15 edible plant parts), and their share of plant parts. USO - Underground storage organs: tuber, root, rhizome and corm; other: bark, branch, bud, bulbil, flower, gum, sap, shoot, whole plant and unknown plant part / Les 10 familles de plantes les plus importantes (plus de 10 espèces respectivement et au moins 15 parties de plante comestibles), et leur part de parties de plante. USO - Organes de stockage souterrains: tubercule, racine, rhizome et corne; autre: écorce, branche, bourgeon, bulbille, fleur, gomme, sève, tige, plante entière et partie de plante inconnue / Die 10 wichtigste Pflanzenfamilien (jeweils mehr als 10 Arten und mindestens 15 essbare Pflanzenteile) und deren Anteil an Pflanzenteilen. USO - Unterirdische Speicherorgane: Knolle, Wurzel, Rhizom und Zwiebel; andere: Rinde, Zweig, Knospe, Bulbille, Blüte, Harz, Saft, Trieb, ganze Pflanze und unbekanntes Pflanzenteil.

are edible. They are mostly consumed as starchy side dishes (e.g. several wild yams species, *Dioscorea* spec.), but sometimes also eaten raw as snacks, such as some *Cyperus* species. However, some of the wild yam species and Araceae species need several day procedures (soaking in water, chopping, drying) for detoxification.

Other plant parts are only provided by a lower number of species. Edible flowers of phanerophytes are mainly eaten as sauce ingredients and some of them are frequently used, for example, the calyx of *Bombax costatum* (OUEDRAOGO et al. 2014). Gums of several species (mainly *Acacia* and *Combretum* species) are eaten raw as sweets and shoots; barks and branches are mostly consumed cooked as vegetables or spices in sauces and soups. Some branches and whole herbaceous plants are burnt to ash and added as salt or spice. Saps are only extracted out of very few species, such as the palms *Borassus aethiopum* and *Elaeis guineensis*, but are highly important for wine preparation (MOLLET & al. 2000).

5 CONCLUSION

This analysis provides a first comprehensive overview on all recorded edible plants of the Flora of Burkina Faso. We found a relatively high diversity of wild food species and for almost one third of these even two to four edible plant parts per species. Edible fruits, followed by seeds and leaves, have the highest species diversity and contribute considerably to nutrition. But also other plant parts, such as starchy USOs, are provided by a higher number of species. The results underline the role of wild plant species as important food supplements and constitute a good basis for further evaluations of the potential of edible plants in Burkina Faso. Future research is needed to further identify the most important edible species and plant parts for the livelihoods of rural dwellers in a qualitative and quantitative perspective. Also their distributions and availabilities should be thoroughly investigated to estimate sustainable harvesting quantities. Moreover, the complete list of plant food resources is provided

Table 1: List of species providing three to four edible plant parts / Liste des espèces fournissant trois à quatre parties de plantes comestibles / Liste der Arten mit drei bis vier essbaren Pflanzenteilen.

	fruit	leaf	seed	shoot	bark	flower	root	branch	sap	gum	bud	rhi- zome	tuber	whole plant	Sum
<i>Acacia nilotica</i>	1		1		1					1					4
<i>Acacia polyacantha</i>			1					1		1					3
<i>Adansonia digitata</i>	1	1	1												3
<i>Ampelocissus africana</i>	1	1					1								3
<i>Annona senegalensis</i>	1	1				1									3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	1		1	1											3
<i>Borassus aethiopum</i>	1			1					1						3
<i>Boscia angustifolia</i>	1		1		1			1							4
<i>Boscia salicifolia</i>		1			1		1								3
<i>Boscia senegalensis</i>	1	1	1					1							4
<i>Cadaba farinosa</i>		1			1	1									3
<i>Ceiba pentandra</i>	1	1				1									3
<i>Commiphora africana</i>	1						1			1					3
<i>Cordia myxa</i>	1		1			1									3
<i>Crateva adansonii</i>	1	1	1												3
<i>Detarium microcarpum</i>	1	1	1												3
<i>Dioscorea praehensilis</i>		1		1									1		3
<i>Echinochloa stagnina</i>			1	1					1						3
<i>Elaeis guineensis</i>	1		1						1						3
<i>Ficus sycomorus</i>	1	1			1										3
<i>Ficus umbellata</i>	1	1									1				3
<i>Grewia mollis</i>					1	1	1	1							4
<i>Imperata cylindrica</i>				1			1					1		1	4
<i>Ipomoea cairica</i>		1		1									1		3
<i>Lippia multiflora</i>	1	1				1									3
<i>Parkinsonia aculeata</i>	1	1				1									3
<i>Philenoptera laxiflora</i>	1	1			1	1									4
<i>Phoenix reclinata</i>	1			1					1		1				4
<i>Phragmites australis</i>			1	1			1								3
<i>Phyllanthus muellerianus</i>	1	1			1	1									4
<i>Smilax anceps</i>		1		1								1			3
<i>Xylopia aethiopica</i>	1			1	1										3
Sum	22	18	12	10	9	9	6	4	4	3	2	2	2	1	104

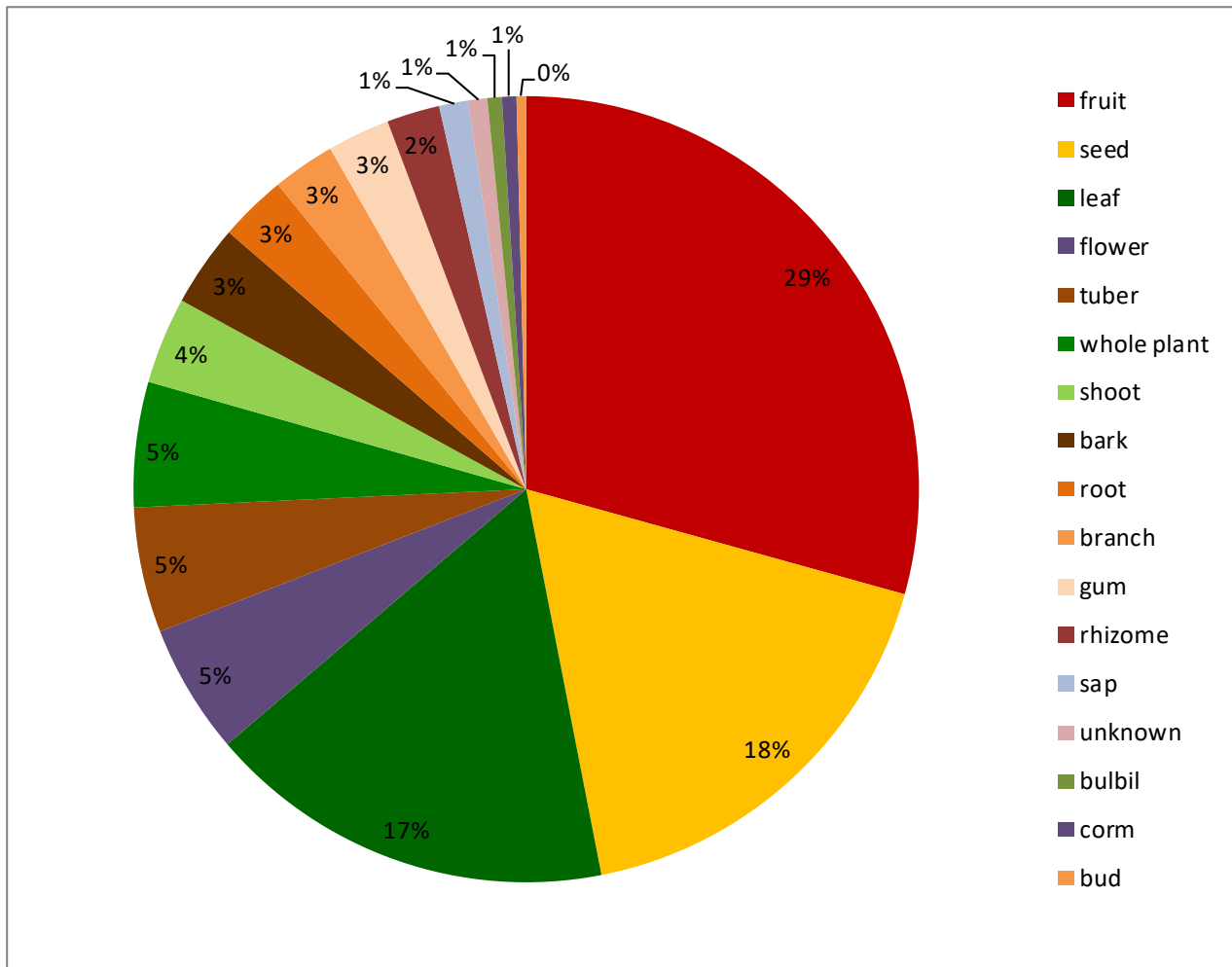


Fig. 3: Share of edible plant parts (EPP) in percent of the total edible plant parts (505 EPPs) / Part des parties de plantes comestibles (PPE) en pourcentage du total des parties de plantes comestibles (505 PPE) / Anteil essbarer Pflanzenteile (EPP) in Prozent der gesamten essbaren Pflanzenteile (505 EPPs).

as an electronic supplement to this article and constitutes a basis for further investigations, e.g. regarding Neglected and Underutilized Species (NUS).

REFERENCES

ARBONNIER M (2000): Arbre, arbustes et lianes des zones sèches d’Afrique de l’Ouest. CIRAD, MNHN, UICN.

BURKILL HM (1985-2000): The useful plants of West Tropical Africa. Vol 1-5. (Ed.2). Royal Botanic Gardens Kew.

BVENURA C & AFOLAYAN AJ (2015): The role of wild vegetables in household food security in South Africa: A review. *Food Res Int* 76: 1001–1011.

BVENURA C & SIVAKUMAR D (2017): The role of wild fruits and vegetables in delivering a balanced and healthy diet. *Food Res Int* 99: 15–30.

CHIVANDI E, MUKONOWENZOU N, NYAKUDYA T & ERLWANG KH (2015): Potential of indigenous fruit-bearing trees to curb malnutrition, improve household food security, income and community health in sub-Saharan Africa: A review. *Food Res Int* 76, 980–985.

DRESSLER, S, SCHMIDT M & ZIZKA G (2014): *Introducing African Plants - a Photo Guide - an interactive identification tool for continental Africa.* *Taxon.* 63: 1159–1161.

FERN K (2014): Useful Tropical Plants Database. <http://tropical.theferns.info/>. Accessed 15.08. – 30.8.2018.

GAISBERGER H, KINDT R, LOO J, SCHMIDT M, BOGNOUNOU F, DA SS, DIALLO OB, GANABA S, GNOUMOU A, LOMPO D ET AL. (2017): Spatially explicit multi-threat assessment of food tree species in Burkina Faso: A fine-scale approach. Bond-Lamberty B (ed.). *PLoS One* 12:e0184457.

HAARMEYER D, SCHUMANN K, BERNHARDT-RÖRMERMANN M, WITTIG R, THIOMBIANO A & HAHN K (2013): Human Impact on Population Structure and Fruit Production of the Socio-Economically Important Tree *Lannea microcarpa* in Burkina Faso. *Agroforest Syst* 87: 1363–1375.

HEUBACH A, SCHUMANN K & HAHN K (2016): Substitution patterns for seeds of *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa* and *Adansonia digitata* used for nutrition by five major ethnic groups in Benin, West Africa. *Flora Veg Sudano-Sambesica* 19: 7-17.

HEUBACH K, WITTIG R, NUPPENAU EA & HAHN K (2011): The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural West African communities: A case study from northern Benin. *Ecol Econ* 70: 1991-2001.

HEUBACH K, WITTIG R, NUPPENAU EA & HAHN K (2013): Local Values, Social Differentiation and Conservation Efforts: The Impact of Ethnic Affiliation on the Valuation of

- NTFP-Species in Northern Benin, West Africa. *Hum Ecol* 41: 513-533.
- HOEHNDORF R, WEILAND C, SCHMIDT M, GROOM Q, GOSLINE G, DRESSLER S & HAMANN T (2018): The Flora Phenotype Ontology (FLOPO) and the FLOPO Knowledgebase. In: Thessen, A.E. (ed.). *Appl Semant Technol Biodivers Sci*. IOS Press, 107-119.
- KÉRÉ U (1998): Vegetation und Wildpflanzenutzung in der Region Tenkodogo (Burkina Faso) / Végétation et utilisation des plantes sauvages de la région de Tenkodogo (Burkina Faso).- *Études flor vég Burkina Faso* 4: 3-55.
- KRONBORG M, ILBOUDO JB, BASSOLÉ IHN, BARFOD AS, RAVN HW & LYKKE AM (2014): Correlates of Product Quality of Soumbala, a West African Non-timber Forest Product. *Ethnobot Res Appl* 12: 25-37.
- LESSMEISTER A, HEUBACH K, LYKKE AM, THIOMBIANO A, WITTIG R & HAHN K (2018): The contribution of non-timber forest products (NTFPs) to rural household revenues in two villages in southeastern Burkina Faso. *Agroforest Syst* 92: 139-155.
- LESSMEISTER A, SCHUMANN K, LYKKE AM, HEUBACH K, THIOMBIANO A & HAHN K (2015): Substitution of the most important and declining wild food species in southeast Burkina Faso: *Flora Veg Sudano-Sambesica* 18: 11-20.
- MARANZ S, KPIKPI W, WIESMAN Z, DE SAINT SAUVEUR A & CHAPAGAIN B (2004): Nutritional values and indigenous preferences for shea fruits (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.F.) in African agroforestry parklands. *Econ Bot* 58: 588-600.
- MAUNDU PM, NGUGI GW, KABUYE CHS (1999): Traditional food plants of Kenya. National Museums of Kenya, Nairobi.
- MOLLET M, HERZOG F, BEHI YEN & FARAH Z (2000): Sustainable Exploitation of *Borassus aethiopum*, *Elaeis guineensis* and *Raphia hookeri* for the Extraction of Palm Wine in Côte d'Ivoire. *Environ Dev Sustain* 2: 45-59.
- OUÉDRAOGO I, NACOUлма BMI, OUÉDRAOGO O, HAHN K & THIOMBIANO A (2014): Productivité et valeur économique des calices de *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet en zone soudanienne du Burkina Faso. *Bois for trop* 319(19): 31-41.
- OYEN LPA & LEMMENS RHMJ (eds.) (2002): Plant Resources of Tropical Africa. Precursor. PROTA Programme, Wageningen, the Netherlands. <https://www.prota4u.org>. Accessed 15.08. – 30.8.2018.
- ROYAL BOTANIC GARDENS KEW (1999): Survey of Economic Plants for Arid and Semi-Arid Lands (SEPASAL) database. Published on the Internet; <http://apps.kew.org/sepasalweb/sepaweb>. Accessed 15.08. – 30.8.2018.
- RUFFO CK, BIRNIE A & TENGNÄS B (2002): Edible wild plants of Tanzania. RELMA, Nairobi.
- SCHUMANN K, WITTIG R, THIOMBIANO A, BECKER U & HAHN K (2010): Impact of land-use type and bark- and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. *For Ecol Manage* 260: 2035-2044.
- SCHUMANN K, WITTIG R, THIOMBIANO A, BECKER U & HAHN K (2012): Uses, management, and population status of the baobab in eastern Burkina Faso. *Agroforest Syst* 85: 263-278.
- SIEGLSTETTER S, HAHN K & WITTIG R (2011): The use of woody species in northern Benin.- *Flora Veg Sudano-Sambesica* 14: 19-23.
- STADLMAYR B, CHARRONDIÈRE UR, EISENWAGEN S, JAMNADASSB R & KEHLENBECK K (2013): Nutrient composition of selected indigenous fruits from sub-Saharan Africa. *J Sci Food Agric* 93: 2627-2636.
- TEKETAY D, SENBETA F, MACLACHLAN M, BEKELE M & BARKLUND P (2010): Edible wild plants in Ethiopia. Addis Ababa, Addis Ababa University Press.
- THIOMBIANO A, SCHMIDT M, DRESSLER S, OUÉDRAOGO A, HAHN K & ZIZKA G (2012): Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. *Boissiera* 65, Geneva, Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève.
- VINCETI B, TERMOTE C, THIOMBIANO N, AGÚNDEZ D & LAMIEN N (2018): Food tree species consumed during periods of food shortage in Burkina Faso and their threats. *Forest Syst* 27(2): e006. <https://doi.org/10.5424/fs/2018272-12157>.
- ZIZKA A, THIOMBIANO A, DRESSLER S, NACOUлма BMI, OUÉDRAOGO A, OUÉDRAOGO I, OUÉDRAOGO O, ZIZKA G, HAHN K & SCHMIDT M (2015a): Traditional plant use in Burkina Faso (West Africa): a national-scale analysis with focus on traditional medicine. *J Ethnobiol Ethnomed* 11: 9 doi:10.1186/1746-4269-11-9.
- ZIZKA A, THIOMBIANO A, DRESSLER S, NACOUлма BMI, OUÉDRAOGO A, OUÉDRAOGO I, OUÉDRAOGO O, ZIZKA G, HAHN K & SCHMIDT M (2015b): The vascular plant diversity of Burkina Faso (West Africa) – a quantitative analysis and implications for conservation. *Candollea* 70: 9-20.

APPENDIX

Table 2: List of plant families, their numbers of edible species and edible plant parts (EPPs) / Tableau 2: Liste des familles de plantes, leur nombre d'espèces comestibles et leurs parties végétales comestibles (EPP) / Tabelle 2: Liste der Pflanzenfamilien, Anzahl der essbaren Arten und essbaren Pflanzenteile (EPPs).

	total species	total EPP	fruit	seed	leaf	USO	flower	whole plant	shoot	bark	branch	gum	other
Sum	352	505	148	89	85	54	27	26	18	17	13	13	15
Fabaceae	51	81	21	16	17	4	6	2	1	3	4	6	1
Poaceae	48	58		42		3		4	7				2
Malvaceae	20	30	11	2	7	1	4	2		1	1	1	
Capparaceae	11	26	6	4	9	1	1			3	2		
Apocynaceae	19	22	7	1	4	5	3				1		1
Moraceae	16	22	14		3					4			1
Anacardiaceae	12	18	11	2		2				2		1	
Cyperaceae	11	14		3		9		2					
Dioscoreaceae	12	16			1	11			1				3
Amaranthaceae	10	14		2	3			7			2		
Asteraceae	10	11			6	1		3	1				
Rubiaceae	10	13	9	2	2								
Phyllanthaceae	9	16	8		3		1			3	1		
Araceae	8	11			1	8	2						
Combretaceae	7	10	1	1	2		1				1	4	
Acanthaceae	5	5		2	1			2					
Annonaceae	5	9	5		1		1		1	1			
Arecaceae	5	13	4	2					2				5
Cucurbitaceae	4	4	4										
Lamiaceae	4	5	3		1		1						
Rhamnaceae	4	5	4	1									
Sapotaceae	4	5	4	1									
Boraginaceae	3	5	2	1			1	1					
Convolvulaceae	3	6			3	1			2				
Iridaceae	3	4				3	1						
Nymphaeaceae	3	4	3			1							
Pedaliaceae	3	3		1	2								
Sapindaceae	3	3	3										
Verbenaceae	3	6	2		2		2						
Vitaceae	3	7	2		3	1							1
Burseraceae	2	4	2			1						1	
Chrysobalanaceae	2	3	2	1									
Euphorbiaceae	2	3	1		1						1		
Loganiaceae	2	3	1		1		1						
Meliaceae	2	2	1	1									
Salicaceae	2	2	2										
Zingiberaceae	2	4	2		2								
Bignoniaceae	1	1	1										
Bixaceae	1	1				1							
Caryophyllaceae	1	1						1					
Celastraceae	1	2	1		1								
Cleomaceae	1	1			1								
Clusiaceae	1	1		1									
Connaraceae	1	1	1										
Costaceae	1	1							1				
Ebenaceae	1	2	1		1								

	total species	total EPP	fruit	seed	leaf	USO	flower	whole plant	shoot	bark	branch	gum	other
Marantaceae	1	1	1										
Marsileaceae	1	1			1								
Menispermaceae	1	1	1										
Myrtaceae	1	1	1										
Ochnaceae	1	1	1										
Olacaceae	1	1	1										
Oleaceae	1	1	1										
Ophioglossaceae	1	1			1								
Piperaceae	1	1											1
Polygalaceae	1	1					1						
Polygonaceae	1	1						1					
Portulacaceae	1	1			1								
Rutaceae	1	2		1	1								
Smilacaceae	1	3			1	1			1				
Solanaceae	1	2	1		1								
Talinaceae	1	1						1					
Urticaceae	1	1			1								
Xanthorrhoeaceae	1	1					1						
Ximeniaceae	1	2	1	1									
Zygophyllaceae	1	3	1	1					1				

Instructions for Authors

Publication Series «Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica»

- ▶ The publication series «Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica» publishes primarily original scientific articles as well as summaries of larger research areas (if such summaries have been lacking to date). All articles are reviewed by two members of the Editorial Board; they are then returned to the authors with recommended changes or a rejection note.
- ▶ English is the preferred language for articles submitted to “Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica”. However, articles written in French are also accepted. Articles written in French must be accompanied by a detailed English summary, as well by English titles of figures and tables – and vice versa. A German version of the summary as well as of titles of figures and tables is desirable, but not imperative.
- ▶ The article must be written on a PC using the program Word for Windows. The type size must be 12 pt, linespacing 1 1/2, margins of 2,5 cm on each side; pages have to be numbered.
- ▶ Do **n o t** use any font formatting such as bold, italics, small capitals, etc.; this type of formatting is lost during text formatting. Please indicate any text to be set in italics (e.g. names of species) or small capitals (names of authors) (Cf. instruction below).
- ▶ We particularly ask you **n o t** to enter any names of authors in SMAL CAPITALS since we set authors’ names in SMALL CAPITALS. Any names typed in normal capitals have to be entered again manually.
- ▶ Do **n o t** hyphenate your text, unless the hyphen ist part of a word. Any hyphenation entered by authors is lost during reformatting.
- ▶ Use a **protected space** instead of a normal space to separate numbers, letters or symbols which belong together, e.g. § 1 ([Ctrl]+[Shift]+[spacebar]).
- ▶ Avoid footnotes!
- ▶ Figures and tables must be provided in an electronic version, with a format corresponding to the type area. Ideally, the format should match the type area (16.8 cm) or the column width (8.1 cm). (Figures with a width of 9.5 to 12 cm are also acceptable). Please do **n o t** insert figures or tables into the text, but deliver each of them in a separate document: Tables in Excel-format (*.xls), figures only made with graphic programs *.tif, *.pcx, *.eps or *.bmp. Provide us with an excellent printed version of each table and figure, containing its title.
- ▶ Submit all captions for figures, titles of tables, and information within figures and tables in French, English and (if possible) German.
- ▶ Use the last volume of the series as a model when preparing the Outline of your article!
- ▶ Also follow the last issue when preparing the **Bibliography** (Do **n o t** enter authors’ names in capitals; do **n o t** format text with small capitals)!
- ▶ Mail your article to :

Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica (Redaktion)

c/o Prof. Dr. R. Wittig
Institut für Ökologie, Evolution & Diversität
Ökologie und Geobotanik
Max-von-Laue-Str. 13 B
60438 Frankfurt am Main, Germany
eMail: r.wittig@bio.uni-frankfurt.de

Conseils aux auteurs

La collection « Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica »

La collection « Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica » publie en premier lieu des articles scientifiques originaux ainsi que des articles de synthèse d'un plus grand champ de recherche (à condition qu'une telle synthèse fait encore défaut).

- ▶ Tous les articles seront revus par deux membres du Comité de lecture qui se réservent le droit de solliciter des modifications jugées nécessaires, voire de refuser un article.
- ▶ Les textes sont à soumettre de préférence en anglais, des textes français pouvant toutefois être acceptés. Les textes français doivent être accompagnés d'un résumé détaillé en anglais, les textes français respectivement d'un résumé anglais. Il serait en plus souhaitable de joindre un résumé allemande.
- ▶ Veuillez saisir vos textes sur un PC, sous format Word for Windows. A titre de repère, une page imprimée (dans le logiciel InDesign) correspond à environ 4.500 signes, veuillez en tenir compte quand vous planifier la longueur de votre texte.
- ▶ Lors de la saisie, ne **jamais** utiliser les fonctions telles que caractères gras, italiques, PETITES CAPITALES, etc., car tout cela se perd dans le formatage. Veuillez marquer en vert tous les passages à mettre en italiques (noms d'espèces scientifiques) et en jaune ceux à mettre en PETITES CAPITALES (les noms d'auteurs)
- ▶ Ne **jamais** utiliser la **division automatique en syllabes**, car celles-ci ne peuvent pas être maintenues lors du re-formatage, et ne pas non plus utiliser des **traits d'union** pour marquer des divisions manuellement (si vous devez diviser, faites-le par un **trait d'union limité** [Strg]+[Shift]+[-]).
- ▶ Pour des signes, qui ne doivent pas être séparés, comme p.ex. § 1, utilisez l'**espace protégé** ([Strg]+[Shift]+[barre d'espace]).
- ▶ Evitez des notes de bas de page.
- ▶ Figures et tableaux seront conçus pour pouvoir être cliqués directement par l'imprimeur, respectant le format de « Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica », de préférence en largeur de la surface d'impression (16,8 cm) ou d'une colonne (8,1 cm). Toutefois, une largeur entre 9,5 et 12 est également possible. Veuillez les fournir sous forme d'un fichier numérique, de manière séparée du texte, c'est-à-dire les tableaux comme fichier excel (*.xls) et les illustrations dans un des formats suivants: *.tif, *.pcx, *.eps, *.bmp; de cette manière, ils pourront, si besoin est être ouverts et retravaillés par nous au niveau de la mise en forme. Veuillez accompagner le fichier numérique d'une copie papier de bonne qualité (où figure obligatoirement le nom de fichier).
- ▶ Rédigez les titres des figures et tableaux ainsi que toutes les inscriptions, annotations et légendes à l'intérieur des illustrations en français/anglais, et, si possible, aussi en allemand.
- ▶ En ce qui concerne l'organisation et les parties de votre article, veuillez vous respecter la dernière édition de la série.
- ▶ Les références bibliographiques seront présentées conformément à la dernière édition (ne pas utiliser des majuscules ni PETITES CAPITALES pour les noms d'auteur !).
- ▶ Envoyez votre texte par e-mail la rédaction:

Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica (Redaktion)

c/o Prof. Dr. R. Wittig
Institut für Ökologie, Evolution & Diversität
Ökologie und Geobotanik
Max-von-Laue-Str. 13 B
60438 Frankfurt am Main, Allemagne
eMail: r.wittig@bio.uni-frankfurt.de