

Etude taxonomique et biogéographique des plantes endémiques d'Afrique centrale atlantique : le cas des Orchidaceae

Vincent DROISSART



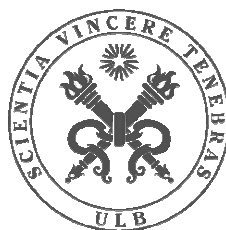
**Thèse présentée pour l'obtention
du grade de Docteur en Sciences**

Janvier 2009

Université Libre de Bruxelles - Faculté des Sciences
Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie &
Laboratoire de Complexité et Dynamique des Systèmes Tropicaux

Illustration de couverture: *Polystachya lejolyana* Stévant

Université Libre de Bruxelles



Faculté des Sciences

Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie

&

Laboratoire de Complexité et Dynamique des Systèmes Tropicaux

Etude taxonomique et biogéographique des plantes endémiques d'Afrique centrale atlantique: le cas des Orchidaceae

Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences par
Vincent DROISSART, Boursier AUF

Membres du jury:

Prof. Mondher El Jaziri, Université Libre de Bruxelles (Président)

Prof. Farid Dahdouh-Guebas, Université Libre de Bruxelles (Promoteur)

Prof. Jean Lejoly, Université Libre de Bruxelles (Co-promoteur)

Prof. Bonaventure Sonké, Université de Yaoundé I (Co-promoteur)

Dr Tariq Stévant, Missouri Botanical Garden (Co-promoteur)

Dr Olivier Hardy, Université Libre de Bruxelles (Secrétaire)

Dr Porter P. Lowry II, Missouri Botanical Garden

Janvier 2009

Remerciements

C'est un immense plaisir pour moi de commencer cette rédaction en remerciant toutes les personnes qui ont apporté leur contribution à ce travail. Une étude réalisée ainsi entre deux continents ne peut être l'œuvre d'un seul homme. Je garde un souvenir impérissable de ces 13 mois passés au Cameroun au cours desquels j'ai découvert des gens simples, souriants et toujours prêts à rendre service. J'essayerai de citer tout le monde mais ce ne sera pas une tâche facile tant les collaborations et soutiens ont été nombreux. A ceux-là, je demande dès à présent leur indulgence pour les faiblesses de ma mémoire.

Je me dois d'abord de remercier les principaux encadreurs de cette étude. J'adresse mes plus sincères remerciements au Professeur Jean Lejoly, mon co-promoteur belge, pour son accueil chaleureux dans son laboratoire. Il m'a fait partager son enthousiasme et sa bonne humeur omniprésente. Je suis infiniment reconnaissant envers le Professeur Bonaventure Sonké, mon co-promoteur camerounais pour son encadrement sans faille en dépit de la distance qui nous a souvent séparés ainsi que pour tous les moyens logistiques mis à ma disposition au Cameroun. Je lui dis également merci pour sa franche collaboration aux missions de terrain ainsi qu'à la préparation des articles produits durant ce travail. Je n'oublie pas le Professeur Farid Dahdouh-Guebas qui a également accepté dans l'urgence et s'est montré à la hauteur du rôle de promoteur de ce travail.

Je tiens ensuite à remercier tout particulièrement le Docteur Tariq Stévant qui a littéralement "porté" ce travail. Un tout grand merci pour sa patience, son sens pratique de l'organisation et l'encadrement qu'il m'a apporté au laboratoire. Il s'est beaucoup investi dans la préparation des nombreux articles que nous avons rédigés ensemble. Il a débuté l'encadrement de ce travail avant même son commencement.

Le Docteur Olivier Hardy a beaucoup contribué à ce travail, surtout au cours de la tâche ardue du traitement des données. Je le remercie pour son soutien et les nombreux conseils qu'il a apportés au cours de l'élaboration de cette thèse.

Mes remerciements vont également aux deux derniers membres de mon comité de lecture qui ont apporté des contributions très différentes et par la même, très enrichissantes. Le Professeur Monder El Jaziri, pour son soutien et les judicieuses remarques apportées dès les premiers jours de ce travail. Le Docteur Pete Lowry, pour sa rigueur, son sens du mot juste et les idées originales apportées à ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance envers:

- le Professeur Véronique Kamgang, Chef de Département des Sciences Biologiques, pour m'avoir chaleureusement accueilli à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé et pour avoir mis en œuvre tous les moyens nécessaires pour le bon déroulement de mes activités au Cameroun. Je remercie les autorités de l'Université de Yaoundé I et en particulier de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, qui ont mis à notre disposition un emplacement pour l'installation de l'ombrière. Cette dernière a permis la mise en culture des milliers d'Orchidaceae récoltées durant ce travail. J'ai également une pensée pieuse pour le feu Docteur Guillaume Dzikouk qui m'a hébergé et a mis des moyens logistiques à ma disposition lors des missions de terrain;

- Murielle Simo, mon homologue camerounaise, qui a énormément contribué à ce travail. Elle m'a accompagné à de nombreuses reprises sur le terrain et aidé à mettre les Orchidaceae en culture. C'est elle qui gère maintenant l'importante collection vivante au Cameroun. Nous avons également rédigé plusieurs articles du présent travail ensemble. Enfin, elle a accepté la très lourde tâche de relire plusieurs fois ce manuscrit malgré son emploi du temps très chargé;
- le Docteur Charlemagne Nguembou K., Marie-Noël Djuikouo K., Placède Simo, Christelle Gonmadje, Denis Beina, Olivier Séné et Hermann Taedoumg pour leur précieuse aide apportée lors des missions de terrain ainsi que pour la récolte et la mise en culture des Orchidaceae au Cameroun. Je les remercie également de m'avoir si naturellement intégré dans l'équipe et d'avoir ainsi fait du Cameroun mon deuxième "chez moi";
- les chefs et les guides des villages situés à proximité des sites forestiers prospectés au cours du travail. Je tiens à remercier en particulier: Jean-Pierre (Mbam Minkom), Félix (Nguti), Jean (Eboundja), Martin, Marcel, Ferdinand et Armand (Nkolembonda), Marcelin et Frédéric (Bifa), Paul et Philippe (Akoum II), Laurent, Jérémie, Chamberlain et Eric (Bindem);
- Daniel Geerinck pour avoir accepté de relire et corriger ce travail et pour sa collaboration étroite lors de la rédaction de la partie taxonomie. C'est lui qui m'a de nombreuses fois guidé au travers de la bibliothèque du Jardin Botanique de Belgique et qui, par son expérience, nous a permis de résoudre de nombreux casse-têtes nomenclaturaux. Il a également été mon principal dictionnaire français-latin;
- le Docteur Ingrid Parmentier, le Docteur Nicolas Barbier, le Docteur Bruno Senterre, Vincent Deblauwe et Gilles Dauby pour leurs relectures, leur collaboration active aux articles préparés durant cette thèse ainsi que toutes les réflexions et idées apportées à ce travail. Je les remercie pour l'esprit de franche camaraderie instauré au Laboratoire, notamment au cours des pauses café et déjeuner;
- le Docteur Valérie Cawoy qui a été mon "sésame" pour l'entrée au Laboratoire de Botanique de l'ULB. C'est aussi grâce à elle que plusieurs nouvelles espèces sont si joliment et fidèlement illustrées;
- le Docteur Neuba Danho Fursy pour mon initiation au logiciel Arcview et pour son savoir faire précieux dans l'écriture de scripts très personnalisés;
- Geoffrey Fadeur et Abdel Boumansour Abdelhafid pour leur disponibilité à régler les petits soucis logistiques quotidiens et pour avoir monté l'entièreté de mes herbiers;
- le Docteur Jeannette Sonké, pour ses précieux conseils et ses merveilleux repas. Elle a beaucoup œuvré à la réalisation de ce travail par son soutien omniprésent lors de mes séjours au Cameroun et particulièrement lors de la préparation des missions de terrain;
- feu Jacques Rosseel, ancien chef de composante ECOFAC. Il m'a hébergé durant une partie de mon premier séjour au Cameroun et a ainsi fait de cette prise de contact avec l'Afrique centrale une expérience inoubliable;

- les Professeurs Jean-Marie Kinet et Anne-Laure Jacquemart, les deux co-promoteurs de mon mémoire de licence, qui m'ont tous les deux encouragé et soutenu à 100 % au commencement de cette thèse;
- les directeurs, curateurs, employés, gestionnaires ou techniciens des différents herbaria visités. Je pense particulièrement au Professeur Elmar Robbrecht, à Paul Bamps, au Docteur Piet Stoffelen et au Docteur Steven Dessen de l'Herbarium du Jardin botanique national de Belgique (Meise), au Docteur Gaston Achoundong et au Docteur Jean-Michel Onana de l'Herbier National du Cameroun (Yaoundé), au Docteur Jeffrey Woods, au Docteur Phillip Cribb, au Docteur David Roberts et à Clare Drinkell de l'herbarium du Kew Botanical Garden (Londres), au Docteur Peter Phillipson et à Marc Pignal de l'Herbarium du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris), au Professeur Marc Sosef, au Docteur Jan Wieringa et à Theo Damen du Nationaal Herbarium Nederland (Wageningen);
- la famille Deblauwe et le Docteur Renaat Van Rompaey respectivement pour l'hébergement lors de mon séjour à l'Herbarium de Paris et à l'Herbarium de Wageningen;
- tout(e)s les étudiant(e)s, les doctorant(e)s, enseignant(e)s du Laboratoire de Botanique de l'ULB dont les noms ne sont pas mentionnés, pour leur savoir-faire et leur bonne humeur communicative lors de la réalisation de cette thèse;
- les nombreux soutiens financiers sans lesquels une telle étude aurait été impossible. Je tiens donc à remercier vivement l'Agence Universitaire de la Francophonie, les projets ECOFAC, DIVEAC et Sud Expert Plantes, le Fonds Cassel, le Fonds Léopold III, le Fonds David et Alice Van Buuren ainsi que la Communauté Française de Belgique qui ont financé les missions de terrain au Cameroun. Je suis également reconnaissant envers le Fonds National de la Recherche Scientifique et la Communauté Européenne via le programme d'échange SYNTHESIS qui ont financé mes séjours dans trois grands herbaria européens. Le Fonds David et Alice Van Buuren m'a également permis de terminer avec un peu de retard mais sans soucis financiers ce travail.

Enfin, j'adresse un remerciement tout particulier à mes parents qui m'ont toujours fait confiance. Ma mère m'a sans doute transmis et a laissé s'épanouir en moi cet amour pour les plantes notamment en me laissant transformer le salon en jungle. Mon père a corrigé de nombreux projets et articles ainsi que le présent travail. Je remercie mon frère, ma sœur et tous mes amis pour leur précieux soutien durant les moments difficiles et pour leur inestimable confiance.



Quelques photos représentant les nombreuses personnes impliquées dans les travaux d'inventaires floristiques réalisés au Cameroun.

Résumé

L'Afrique centrale atlantique (ACA) englobe l'ensemble du domaine bas-guinéen, les îles du Golfe de Guinée et une partie de l'archipel afromontagnard. Plusieurs centres d'endémisme ont été identifiés en son sein et sont généralement considérés comme liés à la présence de refuges forestiers durant les périodes glaciaires. Cependant, l'origine de cet endémisme, sa localisation et les méthodes permettant d'identifier ces centres restent controversées. La localisation de ces zones d'endémisme et des plantes rares qu'elles abritent, est pourtant un prérequis indispensable pour la mise en place de politiques cohérentes de conservation et demeure une priorité pour les organisations privées, institutionnelles ou gouvernementales actives dans la gestion et le maintien durable de la biodiversité.

Cette étude phytogéographique porte sur la famille des Orchidaceae et est basée sur l'analyse de la distribution des taxons endémiques de l'ACA. Elle s'appuie sur un jeu de données original résultant d'un effort d'échantillonnage important au Cameroun et d'un travail d'identification et de localisation de spécimens dans les principaux herbaria européens abritant des collections d'ACA. Durant cette étude, (i) nous avons tout d'abord identifié ces taxons endémiques et documenté leur distribution au travers de plusieurs contributions taxonomiques et floristiques, (ii) nous nous sommes ensuite intéressés aux nouvelles méthodes permettant d'analyser ces données d'herbier de plantes rares et donc pauvrement documentées, testant aussi l'intérêt des Orchidaceae comme marqueurs chorologiques, et finalement, appliquant ces méthodes à notre jeu de données, (iii) nous avons délimité des centres d'endémisme et identifié les territoires phytogéographiques des Orchidaceae en ACA.

(i) Une révision taxonomique des genres *Chamaeangis* Schltr. et *Stolzia* Schltr. a été réalisée respectivement. Sept nouveaux taxons ont été décrits: *Angraecum atlanticum* Stévant & Droissart, *Chamaeangis spiralis* Stévant & Droissart, *Chamaeangis lecomtei* (Finet) Schltr. var. *tenuicalcar* Stévant & Droissart, *Polystachya engogensis* Stévant & Droissart, *Polystachya reticulata* Stévant & Droissart, *Stolzia repens* (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévant, Droissart & Simo et *Stolzia grandiflora* P.J.Cribb subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo. Plusieurs notes taxonomiques, phytogéographiques et écologiques supplémentaires ont également été rédigées. Au total, nous avons identifié 203 taxons d'Orchidaceae endémiques d'ACA parmi lesquels 193 sont pris en compte pour l'étude des patrons d'endémisme.

(ii) Au Cameroun, les patrons de distribution des Orchidaceae et des Rubiaceae endémiques d'ACA ont été étudiés conjointement. Des méthodes de rééchantillonnage des données (raréfaction) ont été appliquées pour calculer des indices de diversité et de similarité. Elles ont permis de corriger les biais liés à la variation de l'effort d'échantillonnage. Un gradient de continentalité a été observé, les parties côtières étant les plus riches en taxons endémiques d'ACA. Contrairement à la région du Mont Cameroun et aux massifs de

Kupe/Bakossi qui ont connu une attention particulière des politiques et des scientifiques, la partie côtière du sud Cameroun, presque aussi riche, reste mal inventoriée pour plusieurs familles végétales.

Cette analyse à l'échelle du Cameroun a également permis de comparer les patrons d'endémisme des Orchidaceae et des Rubiaceae. Les différences observées seraient principalement dues à la présence d'Orchidaceae terrestres dans les végétations basses et les prairies montagnardes de la dorsale camerounaise alors que les Rubiaceae sont généralement peu représentées dans ces habitats. Au sein des habitats forestiers, la concordance entre les patrons d'endémisme des Orchidaceae et des Rubiaceae remet en question l'utilisation des capacités de dispersion des espèces comme critère pour choisir les familles permettant l'identification des refuges forestiers et semble ainsi confirmer la pertinence de l'utilisation des Orchidaceae comme marqueur chorologique.

La distribution potentielle a été utilisée pour étudier en détail l'écologie, la distribution et le statut de conservation de *Diceratostele gabonensis* Summerh., une Orchidaceae endémique de la région guinéo-congolaise uniquement connue d'un faible nombre d'échantillons. Cette méthodologie semble appropriée pour compléter nos connaissances sur la distribution des espèces rares et guider les futurs inventaires en Afrique tropicale.

(iii) En ACA, les Orchidaceae permettent d'identifier plusieurs centres d'endémisme qui coïncident généralement avec ceux identifiés précédemment pour d'autres familles végétales. Ces constats supportent aussi l'utilisation des Orchidaceae comme marqueur chorologique. La délimitation des aires d'endémisme des Orchidaceae a ainsi permis de proposer une nouvelle carte phytogéographique de l'ACA. Les éléments phytogéographiques propres à chacune des dix phytochories décrites ont été identifiés et leurs affinités floristiques discutées. Les résultats phytogéographiques obtenus (a) soutiennent l'existence d'une barrière phytogéographique matérialisée par la rivière Sanaga entre les deux principaux centres et aires d'endémisme de l'ACA, (b) étendent l'archipel afromontagnard situé principalement au Cameroun au plateau de Jos (Nigeria) et (c) montrent l'importance de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe pour la distribution de l'endémisme en ACA. Cette chaîne de montagne, qui s'étend le long des côtes de l'océan du sud Cameroun au Congo-Brazzaville et qui correspond à plusieurs refuges forestiers identifiés par de nombreux auteurs, est ici considérée comme une seule aire d'endémisme morcelée.

Mots-clés: Orchidaceae, Afrique centrale atlantique, Cameroun, taxonomie, phytogéographie, endémisme, biais d'échantillonnage, distribution potentielle.

Summary

Atlantic central Africa (ACA) covers the Lower Guinean Domain, the four islands of the Gulf of Guinea and a part of the afro-montane archipelago. Different centres of endemism have been identified into this area and are usually considered as related to glacial forest refuges. However, the origin of this endemism, the localization of the centres and the methods employed to identify these centres are subject to debate. Yet, the localization of these centres of endemism and the identification of the rare plants they harbor is an essential prerequisite to setting up rational conservation policies, and remains a priority for private, institutional and governmental organizations which are dealing with the sustainable management of biodiversity.

This phytogeographical study focuses on Orchidaceae and analyses the distribution of the taxa endemic to ACA. We use an original dataset resulting from an important sampling effort and the identification of specimens coming from all the principal herbaria where collections from ACA are housed. During this study, (i) we first identified the taxa endemic to ACA and documented their distribution through several taxonomic and floristic contributions, (ii) we used and developed new methods allowing to correct for sampling bias associated with the use of rare and poorly documented taxa, testing at the same time the use of Orchidaceae as chorological markers, and finally, applying these methods to our dataset, (iii) we delimited the centres of endemism and identified the phytogeographical territories of Orchidaceae in ACA.

(i) A taxonomic revision of *Chamaeangis* Schltr. and *Stolzia* Schltr. respectively was carried out. Seven new taxa were described: *Angraecum atlanticum* Stévant & Droissart, *Chamaeangis spiralis* Stévant & Droissart, *Chamaeangis lecomtei* (Finet) Schltr. var. *tenuicalcar* Stévant & Droissart, *Polystachya engogensis* Stévant & Droissart, *Polystachya reticulata* Stévant & Droissart, *Stolzia repens* (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévant, Droissart & Simo and *Stolzia grandiflora* P.J.Cribb subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo. Several additional taxonomic, phytogeographical and ecological notes were also published. We finally identified 203 Orchidaceae taxa endemic to ACA, among which 193 were used to study the patterns of endemism.

(ii) In Cameroon, the distribution patterns of both Orchidaceae and Rubiaceae endemic to ACA were studied. Subsampling methods (rarefaction) were applied to calculate diversity and similarity indices and to correct potential bias associated with heterogeneous sampling intensity. A gradient of continentality was confirmed in Cameroon, the coastal part being the richest in taxa endemic to ACA. The Cameroon Mountain and the Kupe/Bakossi mountain massifs have received a great consideration of politics and scientists. On the contrary, the Southern coastal part of Cameroon, though almost as rich as the Northern part, remains poorly known for several plant families.

This analysis also allowed us to compare patterns of endemism of Orchidaceae and Rubiaceae. The differences observed could be mainly due to the terrestrial habit of some Orchidaceae, which are only found in the grasslands of the highest part of the Cameroon volcanic line where endemic Rubiaceae are rare. Within forest habitats, the concordance between the patterns of endemism of Orchidaceae and Rubiaceae question the widespread use of dispersal ability as a selection criterion for the families used to identify forest refuges. This also confirms the relevance of Orchidaceae as chorological marker.

Species distribution modelling was used of an in depth study of the ecology, the distribution and the conservation status of *Diceratosteles gabonensis* Summerh., an Orchidaceae endemic to the Guineo-Congolian regional centre of endemism which is only known from very few collections. This method is proved to be appropriate to complete our knowledge on the distribution of rare plant species and to guide the future inventories in tropical Africa.

(iii) In ACA, an analysis of the distribution of endemic Orchidaceae confirmed the presence and location of several centres of endemism previously identified on the basis of other plant families. This result again supports the use of Orchidaceae as a chorological marker. The chorological study of the endemic Orchidaceae allowed us to propose a new phytogeographical map for ACA. Phytogeographical elements for each of the ten phytochoria described were identified and their floristic affinities were also discussed. Our results (a) support the existence of a phytogeographical barrier, materialized by the Sanaga River, between the two main centres and area of endemism of the ACA, (b) extend the limits of the afro-montane archipelago to the Jos Plateau in Nigeria and (c) show the importance of the Ngovayang-Mayombe line to explain the distribution of endemism in ACA. This mountainous line, stretching along the ocean coast from Southern Cameroon to Congo-Brazzaville, corresponds to several forest refuges identified by many authors, and is here considered as a unique but discontinuous area of endemism.

Key words: Orchidaceae, Atlantic Central Africa, Cameroon, taxonomy, phytogeography, endemism, sampling bias, Species distribution modelling.

Curriculum vitae

Vincent Droissart est né à Bruxelles le 14 janvier 1979. Son père, d'origine belge et sa mère, d'origine canadienne, se sont rencontrés dans un hôpital québécois. Il est l'aîné de trois enfants. Les nombreux voyages effectués en compagnie de ses parents l'ont certainement prédisposé au goût de la découverte. Les mouvements de jeunesse (louveteaux, scoutisme), auxquels il a participé pendant presque 10 ans, ont renforcé cette passion pour la nature et l'aventure.

Il s'inscrit pour des études de biologie à l'Université Catholique de Louvain où il achève sa Licence avec une grande distinction. Son mémoire porte sur une étude morpho-physiologique qui vise à analyser les effets d'un déficit hydrique sur la croissance végétative et le développement des organes reproducteurs du sarrasin (*Fagopyrum esculentum* Moench). C'est au cours de ces études universitaires que va naître sa passion pour la botanique et plus particulièrement pour les Orchidaceae. On lui parle alors d'un laboratoire de l'Université Libre de Bruxelles où des études sont menées sur cette famille en Afrique tropicale...

En septembre 2003, il s'inscrit en DEA/Doctorat dans le Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie de l'ULB sous la tutelle du Professeur Jean Lejoly. Au cours de cette première année cette vocation pour la botanique tropicale et la phytogéographie s'affirme, notamment lors de son premier contact avec la forêt dense et les Orchidaceae camerounaises en février 2004. Malgré des demandes de bourses de doctorat infructueuses, il réussit à avancer dans ses recherches et publie ses premiers résultats. Au cours de l'année académique 2005-2006, il obtient finalement une bourse de Doctorat auprès de l'Agence Universitaire de la Francophonie. Cela lui donne enfin l'opportunité de se consacrer pleinement à



son doctorat et de parfaire ses connaissances taxonomiques lors de la visite de grands herbaria européens (Paris, Londres et Wageningen). Il passe également beaucoup de temps à l'herbier national de Belgique à Meise. Plusieurs bourses de voyage lui permettront d'acquérir une solide expérience de terrain en Afrique; il passera ainsi 13 mois au Cameroun durant sa thèse. Ce travail de Doctorat, sur l'endémisme des Orchidaceae en Afrique centrale, lui a permis d'acquérir d'excellentes notions en rapport avec la taxonomie, la conservation et l'étude phytogéographique des plantes africaines.

Articles sous presse

- Droissart V.**, Sonké B., Djuikouo M.N., Nguembou C., Parmentier I. & Stévant T., sous presse. Synopsis of the genus *Chamaeangis* (Orchidaceae) with two new taxa. *Systematic Botany*.
- Droissart V.**, Simo M., Sonké B., Cawoy V., & Stévant T., sous presse. Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons. *Adansonia*.
- Droissart V.**, Sonké B., Simo M. & Stévant T., sous presse. New orchid records from Atlantic Central Africa. *Edinburgh Journal of Botany*.
- Stévant T., Cawoy V., Damen T. & **Droissart V.**, sous presse. Taxonomy of West Central African orchid (1): A new *Angraecum* sect. *Pectinaria* (Benth.) Schltr. (Orchidaceae) from Gabon and Equatorial Guinea. *Systematic Botany*.
- Simo M., **Droissart V.**, Sonké B. & Stévant T., sous presse. The orchid flora of the Mbam Minkom Hills (Yaoundé, Cameroon). *Belgian Journal of Botany*.
- Nguembou C. K., Ebenezer E., **Droissart V.**, Stévant T. & Sonké B., sous presse. Une espèce nouvelle de *Bertiera* (sous genre *Bertierella*, Rubiaceae) d'Afrique centrale atlantique. *Adansonia*.

Articles publiés

- Blackburn, D.C. & **Droissart V.**, 2008. *Nectophryne batesii*: juvenile coloration. *Herpetological Review* **39**: 208-209.
- Stévant T., Parmentier I. & **Droissart V.**, 2007. Deux espèces nouvelles de *Polystachya* (Orchidaceae) de Guinée Equatoriale. *Adansonia* **29** (1): 31-38.
- Droissart V.**, Sonké B. & Stévant T., 2006. Les Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique présentes au Cameroun. *Systematics and Geography of Plants* **76**: 3-84.
- Stévant T. & **Droissart V.**, 2006. Diversity of Orchids in the Gamba Complex, Gabon. In Alonso A., Lee M. E., Campbell P., Pauwels O. S. G. & Dallmeier F. (eds): Gamba, Gabon: Biodiversity of an equatorial African rainforest. *Bulletin of the Biological Society of Washington* **12**: 275-283.
- Droissart V.** & Stévant T., 2004. Note écologique sur le *Bulbophyllum teretifolium* Schltr. *Taxonomania* **13**: 2-4.

Articles en préparation

- Droissart V.**, Deblauwe V., Senterre B. & Stévant T., en prép. Enhancing the conservation assessments of poorly known species using species distribution modelling: a case study with *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae), a rare but widely distributed tropical African herb. *Biodiversity and Conservation*.
- Droissart V.**, Hardy O., Sonké B., Dahdouh-Guebas F. & Stévant T., en prép. Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon. *Diversity and Distribution*.
- Droissart V.**, Sonké B., Hardy O. J., Simo M., Taedoumg H., Nguembou K. C. & Stévant T., en prép. Do Orchidaceae and Rubiaceae show similar endemism patterns in Cameroon? *Journal of Biogeography*.
- Droissart V.**, Lowry II P. P., Bosser J., Roberts D. L. & Stévant T., en prép. Correcting confusion in *Angraecum gracile* Thouars (Orchidaceae). *Taxon*.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Contexte et problématique	1
1.2	Généralités et cadre de l'étude	3
1.2.1	Biodiversité, endémisme et "hotspots"	3
1.2.1.1	Définitions et généralités	3
1.2.1.2	Relation entre endémisme et biodiversité	4
1.2.1.3	Les centres d'endémisme et les refuges forestiers en Afrique centrale	5
1.2.2	Afrique centrale atlantique (ACA)	10
1.2.2.1	Définition	10
1.2.2.2	Les territoires politiques d'Afrique centrale atlantique	11
1.2.2.3	Phytogéographie et écorégions	17
1.2.2.4	Menaces et conservation de la biodiversité	19
1.2.3	Orchidaceae Juss.	20
1.2.3.1	Histoire et généralités	20
1.2.3.2	Origine et position systématique	23
1.2.3.3	Morphologie	24
1.2.3.4	Répartition géographique	26
2.	Objectifs du travail	31
3.	Matériel et méthodes	34
3.1	Acquisition et gestion des données	34
3.1.1	Littérature et herbaria	34
3.1.2	Sites inventoriés au Cameroun	34
3.1.3	L'ombrière à Orchidaceae de Yaoundé	39
3.1.4	La base de données relationnelle	41
3.2	Système d'Information Géographique (SIG)	41
3.2.1	Cartographie	41
3.2.2	Géoréférencement	42
3.3	Correction et réduction des biais liés à l'échantillonnage	42
3.3.1	Le rééchantillonnage des données (raréfaction) – <i>BiodivR</i>	42
3.3.2	La distribution potentielle des espèces – <i>Maxent</i>	43
3.4	"Parsimony analysis of endemism" (PAE)	43
3.5	Analyses statistiques	44
3.5.1	Corrélation entre variables	44
3.5.2	Indice de similarité et "clustering" (groupement)	45
3.5.3	"Multi-Dimensional Scaling" (MDS)	45
4.	Résultats	47
4.1	Contribution à la connaissance taxonomique et floristique des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique	47
4.1.1	Contribution à la connaissance taxonomique des Orchidaceae d'ACA	48
4.1.1.1	Révisions taxonomiques	48
4.1.1.1.1	Synopsis of the genus <i>Chamaeangis</i> (Orchidaceae) with two new taxa	49
4.1.1.1.2	Correcting confusion in <i>Angraecum gracile</i> Thouars (Orchidaceae)	73
4.1.1.1.3	Le genre <i>Stolzia</i> (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons	77
4.1.1.2	Nouveautés taxonomiques	95
4.1.1.3	Notes taxonomiques	96
4.1.2	Contribution à la connaissance de la distribution des Orchidaceae en ACA	99
4.1.2.1	Inventaires et synthèses floristiques	99
4.1.2.2	Nouvelles signalisations pour les pays d'Afrique centrale atlantique	101
4.1.2.2.1	Checklist des Orchidaceae endémiques d'ACA présentes au Cameroun et leurs statuts conservatoires	102
4.1.2.2.2	New orchid records from Atlantic Central Africa	104
4.1.3	Liste des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique	120

4.2	Contribution méthodologique pour l'étude des patrons de distribution des Orchidaceae	122
4.2.1	Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon	124
4.2.2	Do Orchidaceae and Rubiaceae show similar endemism patterns in Cameroon?	139
4.2.3	Distribution, ecology and conservation of a rare but widely distributed tropical African Orchidaceae, <i>Diceratostele gabonensis</i> Summerh.	156
4.3	Les patrons d'endémisme des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique	173
4.3.1	Les centres d'endémisme des Orchidaceae en ACA	174
4.3.1.1	Echantillonnage et richesse en taxons endémiques calculés à partir des données brutes	174
4.3.1.2	Rééchantillonnage des données et diversité standardisée	175
4.3.2	Les aires d'endémisme des Orchidaceae en ACA	176
4.3.2.1	Similarité entre les mailles	176
4.3.2.2	Délimitation des aires d'endémisme et carte phytogéographique	176
4.3.2.3	Description des dix territoires phytogéographiques reconnus dans cette étude en ACA	180
4.3.3	Parsimony analysis of endemism (PAE)	189
4.3.4	Utilisation de la distribution potentielle pour la délimitation des centres et des aires d'endémisme des Orchidaceae en ACA	192
4.3.4.1	Les centres d'endémisme basés sur des données de distribution potentielle des Orchidaceae en ACA	192
4.3.4.2	Les territoires phytogéographiques basés sur des données de distribution potentielle des Orchidaceae en ACA	193
5.	Discussion	197
5.1	La disparité du taux d'endémisme au sein des pays d'ACA	197
5.2	L'étude des plantes rares et l'importance de l'échantillonnage sur la perception des gradients de diversité	200
5.2.1	Les Orchidaceae, des plantes rares?	200
5.2.2	L'influence des biais d'échantillonnage sur la perception de la diversité en ACA	202
5.2.3	Peut-on utiliser la distribution potentielle pour améliorer nos connaissances de la distribution des plantes rares?	205
5.3	Phytogéographie des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique	207
5.3.1	Les Orchidaceae pour identifier les territoires phytogéographiques d'ACA	207
5.3.2	Similitude et apport par rapport aux travaux préexistants	208
5.3.2.1	La chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe	210
5.3.2.2	La limite entre les étages submontagnards/montagnards de la dorsale camerounaise et la région altimontagnarde	212
5.3.3	Peut-on prédire la distribution des refuges du passé sur base des conditions climatiques actuelles?	213
5.3.4	La 'Parsimony Analysis of Endemism' (PAE): un outil pour la représentation des données de biogéographie	217
6.	Conclusions et perspectives	219
6.1	Conclusions	219
6.1.1	Etat des connaissances taxonomiques et floristiques	219
6.1.2	Avancées méthodologiques	219
6.1.3	Etat des connaissances chorologiques	220
6.2	Perspectives	222
6.2.1	Utilisation des données et résultats obtenus pour la conservation de la flore et des écosystèmes d'Afrique centrale	222
6.2.2	Travaux taxonomiques complémentaires	222
6.2.3	Nouvelles prospections: les questions en suspens	223
6.2.4	La distribution des Orchidaceae à l'échelle d'un refuge forestier côtier	225
6.2.5	Comparaison des patrons d'endémisme observés pour les Rubiaceae et les Orchidaceae à l'échelle de la région guinéo-congolaise	226
7.	Bibliographie	228

Abréviations et remarques générales

Abréviations:

ACA: Afrique centrale atlantique

AUF: Agence Universitaire de la Francophonie

CIA: Central Intelligence Agency

CITES: Convention on International Trade in Endangered Species

DIVEAC: Etude et utilisation de la diversité végétale pour promouvoir sa gestion durable en Afrique centrale

ECOFAC: Conservation et utilisation rationnelle des écosystèmes forestiers en Afrique centrale

EUROSTAT: European Statistics

GPS: Global Positioning System

GSPC: Global Strategy of Plant Conservation

IUCN: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources

LPT: Lowest Presence Threshold

MA: Million d'années

MDS: Multi-Dimensional Scaling

NNESS: New Normalized Expected Species Shared Measure of Similarity

PAE: Parsimony Analysis of Endemicity

PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony

PHYLIP: Phylogeny Inference Package

SEP: Sud Expert Plantes

UE: Union Européenne

UICN: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ULB: Université Libre de Bruelles

UNEP: United Nations Environment Programme

WDPA: World Database on Protected Areas

WE: Weighted Endemism

WRI: World Ressources Institute

WWF: World Wide Fund for Nature

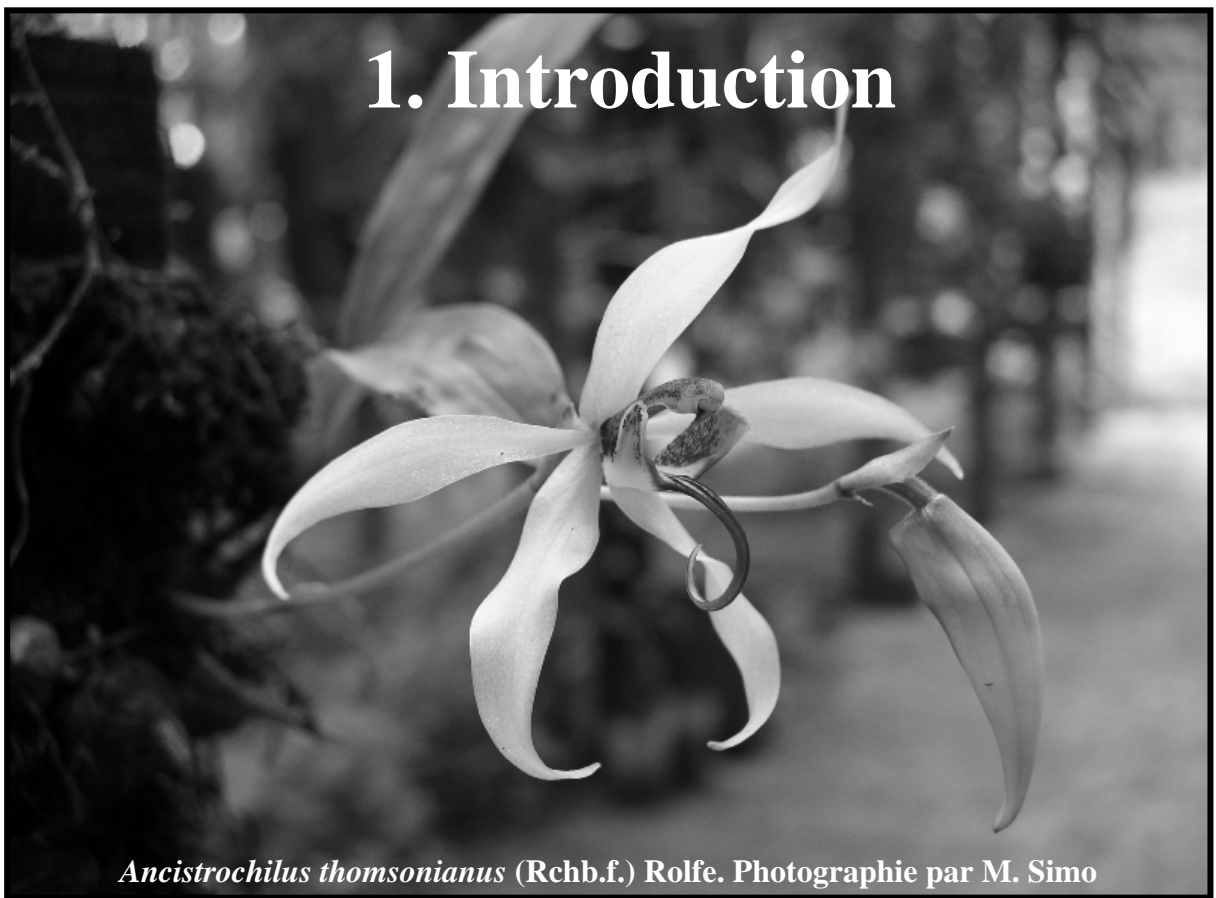
Remarques:

1) Pour les acronymes des herbaria cités dans ce travail, on renvoie le lecteur à l'"Index Herbariorum" (Holmgren & Holmgren, 1998).

2) Le mot 'taxon' est utilisé dans ce travail pour désigner sous un même terme les entités taxonomiques de rang spécifique et infraspecific (sous-espèce et variété).

3) Sauf indication contraire, toutes les photos utilisées pour illustrer le travail ont été faites par V. Droissart.

1. Introduction



Ancistrochilus thomsonianus (Rchb.f.) Rolfe. Photographie par M. Simo

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte et problématique

Les forêts d'Afrique centrale constituent, après l'Amazonie, le deuxième plus grand massif forestier de notre planète et abritent l'un des "hotspots" mondiaux en terme de biodiversité (Figure 1). La région concernée par la présente étude est couverte de forêts qui s'étendent sur une bande côtière allant du sud du Nigeria jusqu'au Congo (Brazzaville), forêts qui restent assez bien préservées en comparaison avec les autres forêts d'Afrique tropicale. En effet, les forêts d'Afrique de l'ouest ont déjà perdu 90 % de leur végétation primaire (Myers *et al.*, 2000) et c'est maintenant celles d'Afrique centrale qui sont sous la menace d'une pression anthropique en constante évolution.

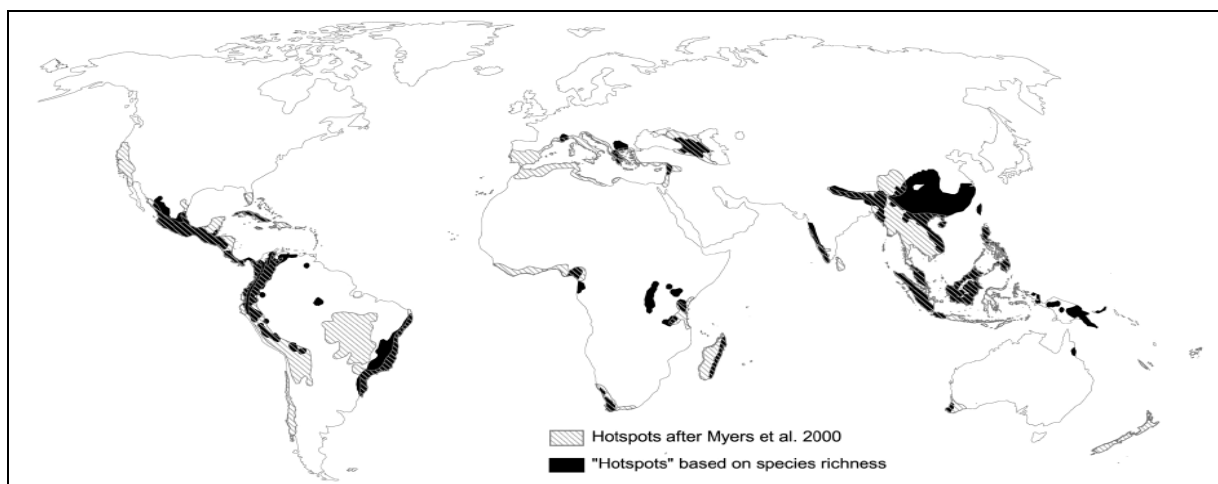


Figure 1. Deux interprétations des "hotspots" de biodiversité. En hachuré, d'après Myers *et al.* (2000) basés sur les aires où 5 % de toutes les espèces végétales connues sont endémiques et qui ont perdu plus de 70 % de leur végétation primaire. En noir, d'après Mutke & Barthlott (2005) basés sur les aires avec plus de 3000 espèces/10,000 km² et où l'impact humain est supérieur à la moyenne mondiale. Figure reprise de Mutke & Barthlott (*op. cit.*).

Plusieurs zones à forte concentration en espèces endémiques ont été identifiées en Afrique centrale. Toutefois, l'origine de cet endémisme, sa localisation et les méthodes permettant d'identifier ces centres restent controversées. La localisation de ces zones d'endémisme, et des plantes rares qu'elles abritent, est pourtant un prérequis indispensable pour la mise en place de politiques cohérentes de conservation et demeure une priorité pour les organisations privées, institutionnelles ou gouvernementales actives dans la gestion et le maintien durable de la biodiversité.

Avec environ 25 000 taxons infraspécifiques et près de 800 genres, les Orchidaceae constituent de loin la plus grande famille en nombre d'espèces des Monocotylédones et probablement du règne végétal (Chase, 2005). Cette richesse taxonomique, leur omniprésence dans les forêts denses humides et leur mode de vie majoritairement épiphyte en font une famille particulièrement intéressante pour l'étude de la végétation en Afrique tropicale. En effet, cette flore particulière de la canopée représenterait jusqu'à 10 % des plantes vasculaires connues à ce jour (Gentry & Dodson, 1987). Dans certains pays tropicaux comme l'Equateur, les épiphytes contribuent même jusqu'à 27 % de la flore totale (Kreft *et al.*, 2004). En Afrique tropicale, les Orchidaceae comptent pour 50 à 70 % des épiphytes (Johansson, 1974; Zapfack *et al.*, 1996; Zapfack & Engwald, 2007). Cette part importante de la diversité a été jusqu'à

présent négligée, aussi bien dans la plupart des études de diversité et des études phytogéographiques, que lors de l'évaluation des zones d'importance pour la conservation.

Ce travail constitue la continuation d'une thématique de recherche sur les Orchidaceae initiée par le Dr Tariq Stévant depuis 1997. Il s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat réalisée en co-direction entre le Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie de l'Université Libre de Bruxelles et le Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I. Depuis plusieurs années, les équipes de ces deux laboratoires se sont focalisées sur l'étude taxonomique, phytogéographique et écologique des Orchidaceae et des Rubiaceae en Afrique centrale. Ces deux familles végétales comptent parmi les plus importantes, tant sur le plan scientifique qu'économique. Le présent travail s'intègre donc dans un projet plus vaste qui vise à étudier la distribution des Orchidaceae et des Rubiaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique afin de contribuer à mieux cibler les zones d'importance pour la conservation de la biodiversité. Le protocole de recherche envisagé ici (mise en culture en ombrière et création d'une banque de graines), devrait également contribuer de manière significative à la sauvegarde et la conservation des Orchidaceae rares ou menacées d'extinction en Afrique centrale. Les données recueillies durant nos missions de terrains (photos, observations *in situ*, récolte d'herbiers, ...) visent également à la conservation des Orchidaceae et des milieux fragiles dont elles dépendent (Figure 2).



Figure 2. Quelques habitats où les Orchidaceae peuvent être fréquemment observées (haut) ainsi que les menaces pesant sur ces plantes, principalement liées aux actions anthropiques (bas). Ces photos ont été prises à 20 km au NW de la capitale du Cameroun, Yaoundé.

1.2 Généralités et cadre de l'étude

1.2.1 Biodiversité, endémisme et "hotspots"

1.2.1.1 *Définitions et généralités*

Le terme **biodiversité** provient de la contraction des mots "*diversité biologique*". C'est une expression désignant la variété et la diversité du monde vivant. On la subdivise habituellement en trois niveaux (Harper & Hawksworth, 1995):

(1) La diversité génétique qui se définit par la variabilité des gènes au sein d'une même espèce ou d'une population. Elle est donc caractérisée par la différence de deux individus d'une même espèce ou sous-espèce (diversité intraspécifique).

(2) La diversité spécifique qui correspond à la diversité des espèces (diversité interspécifique).

(3) La diversité écosystémique qui correspond à la diversité des écosystèmes présents sur la Terre, des interactions des populations naturelles et de leur environnement physique.

Suivant l'échelle spatiale à laquelle l'observateur se place, une distinction est généralement faite entre les diversités alpha, bêta et gamma (Whittaker, 1960, 1972). La diversité alpha représente la diversité mesurée à l'échelle d'un habitat, d'un biotope ou d'une communauté naturelle homogène. La diversité bêta reflète les changements de composition en espèce lorsque l'on passe d'un des ces ensembles homogènes à un autre. Enfin, la diversité gamma correspond à une mesure de la diversité observée au niveau régional ou du paysage. La diversité alpha et la diversité bêta contribuent toutes les deux à la diversité gamma.

L'**endémisme** sera défini ici comme la restriction de l'aire d'occurrence naturelle d'un taxon à une localité ou une région donnée (Gaston, 1994; Laffan & Crisp, 2003).

Les biogéographes s'accordent à dire que l'endémisme est une des données les plus significatives de la répartition géographique des espèces (Rosen, 1988). En effet, l'endémisme permet d'obtenir des informations sur l'évolution des espèces, sur l'histoire biogéographique des aires qu'elles occupent, ainsi que sur des espèces rares susceptibles de disparaître (Manrique *et al.*, 1993). L'étude de l'endémisme permet ainsi de comprendre l'origine et l'âge de la flore ou de la faune d'une région ainsi que la chronologie des événements de spéciation et d'extinction (Myers & Gillers, 1988).

Les définitions appliquées variant d'un auteur à l'autre, nous utiliserons ici les termes:

- "Taxon endémique" comme étant un taxon restreint à une aire particulière (Crisp *et al.*, 2001).
- "Aire d'endémisme" comme étant une aire à laquelle au moins 2 taxons à répartition géographique similaire sont restreints (Crisp *et al.*, 2001; Linder, 2001b; Laffan & Crisp, 2003).
- "Territoire phytogéographique" comme étant un territoire géographique qui s'individualise par les taxons botaniques qui lui sont propres (Stévant 2003, citant Tanghe 1975 et Martin Tanghe, com. pers). "Territoire phytogéographique" et "aire d'endémisme" ont donc des définitions similaires. Cependant, dans le cas des territoires phytogéographiques, on distingue généralement des niveaux hiérarchiques (empires,

régions, domaines, ...) en fonction du degré d'endémisme (endémisme des familles, des genres, des espèces, ...).

- "Élément phytogéographique" comme l'ensemble des taxons dont les aires relativement restreintes et de forme plus ou moins similaires, s'inscrivent dans le même territoire phytogéographique.
- "Centre d'endémisme" comme étant une aire incluant plus de taxons endémiques que ce que l'on pourrait attendre par comparaison avec les zones adjacentes (Laffan & Crisp, 2003).

Selon Linder (2001b), quatre critères sont primordiaux lors de la délimitation des aires d'endémisme:

- chaque aire doit posséder au moins deux espèces endémiques;
- les répartitions des espèces endémiques de l'aire considérée doivent être autant que possible similaires;
- les aires d'endémisme doivent être plus petites que la totalité de l'aire étudiée, afin que plusieurs aires puissent être déterminées;
- les aires d'endémisme doivent être mutuellement exclusives.

Les termes "aires" et "centres" d'endémisme désignent donc tous les deux des zones riches en taxons à distribution restreinte. Cependant, dans le cas des centres d'endémisme aucun test ne détermine si d'une part, les espèces sont restreintes à ces zones et si d'autre part, leurs distributions sont identiques. Les centres d'endémisme ne contiennent donc pas nécessairement des êtres vivants partageant une même histoire biogéographique.

L'endémisme est également une notion importante dans le domaine de la conservation. De part leur définition, les espèces endémiques d'une aire donnée y seront souvent les plus menacées. Pour cela, le taux d'endémisme, avec la richesse spécifique et le degré de menace pesant sur les habitats ou les espèces, est un des trois critères principaux utilisés dans la délimitation des "hotspots" mondiaux de biodiversité (Myers *et al.*, 2000; Mutke & Barthlott, 2005). Un "**hotspots**" est donc défini comme une zone géographique qui présente une richesse en espèces faunistiques et floristiques élevées, encourageant des risques d'extinction importants à court terme.

1.2.1.2 Relation entre endémisme et biodiversité

En forêt tropicale humide, richesse et endémisme spécifiques sont presque toujours très élevés. Il n'en demeure pas moins que ces descripteurs prennent des valeurs très variables dans l'espace et dans le temps. Ces fluctuations ont été mises en relation soit avec la genèse des peuplements et donc la proximité des centres de dispersion (refuges, centres de spéciation) soit avec les facteurs écologiques, tels que: gradients climatiques, géographiques ou altitudinaux, successions secondaires, fertilité chimique ou physique des sols. Les écosystèmes sont généralement distribués selon des gradients latitudinaux avec une augmentation de la richesse spécifique vers l'équateur, avec certaines exceptions par exemple pour les régions à climat méditerranéen (Mutke & Barthlott, 2005; Scholes *et al.*, 2006). Cette augmentation de la diversité des plantes et des vertébrés lorsque l'on se rapproche de l'équateur est principalement corrélée à des facteurs climatiques, comme la disponibilité en eau (Mutke *et al.*, 2001). Les variations topographiques qui influencent les précipitations ou la température, sont également des paramètres importants. Si l'on tient compte de ces effets de l'environnement, les différences résiduelles entre les principaux domaines floristiques sont

faibles. Toutefois, la Région du Cap est une exception qui contient beaucoup plus d'espèces que prévu par un modèle environnemental global (Kreft & Jetz, 2007), illustrant ainsi l'importance des contingents historiques.

L'existence de zones géographiques où la richesse floristique est très élevée, associée ou non à un taux d'endémisme important, est pour certains une des conséquences des bouleversements climatiques du passé et leur écho dans la végétation actuelle sous forme d'anciens refuges. Ces variations de richesse et de diversité en forêt tropicale ont tardé à être mesurées de manière intensive et homogène, cela en raison des difficultés matérielles et financières que cela représente. Les collections d'herbiers récoltées en Afrique sont relativement faibles, et ce malgré la récente augmentation des missions de prospection. Plus important encore, ces collections sont très inégalement réparties (Burgess *et al.*, 2005; Küper *et al.*, 2006) de telle manière qu'il est parfois difficile d'être convaincant en utilisant les notions de centres ou d'aires d'endémisme.

D'après Linder (2001), la variation de la richesse spécifique en Afrique tropicale est largement influencée par les précipitations actuelles, alors que l'endémisme serait plutôt relié à des fluctuations climatiques anciennes et que les centres d'endémisme observés seraient le reflet d'anciens refuges. Etant donné la présence parfois surimposée de ces deux phénomènes, il est donc difficile de cerner l'importance relative des différents facteurs responsables. Ormes *et al.* (2005) ont également démontré un manque de congruence entre les différents types de "hotspots", ainsi qu'une faible corrélation entre différents aspects de la diversité globale. Il en ressort que, même au sein d'un unique groupe taxonomique, différents mécanismes sont responsables des patrons géographiques distingués en fonction de différents aspects de la biodiversité. Ceci est particulièrement frappant dans le cas de la richesse spécifique et de l'endémisme que l'on a souvent suggérés comme étroitement liés. Ces auteurs expliquent le manque de concordance spatiale entre ces deux indices par des facteurs déterminants différents. Les patrons de richesse spécifique seraient majoritairement influencés par la distribution d'espèces à large répartition tandis que les patterns d'endémisme seraient le reflet d'anciens refuges forestiers ou de zones présentant un taux élevé de spéciation écologique et allopatrique.

Les différents types de "hotspots" identifiés jusqu'à présent ont des aptitudes très variables quant à leur utilisation comme substitut pour d'autres aspects de la diversité (Ormes *et al.*, *op. cit.*). Les "hotspots" basés sur la richesse spécifique comprennent relativement peu d'espèces endémiques ou menacées. Les "hotspots" basés sur les espèces menacées présentent la plupart du temps une richesse spécifique relativement élevée mais peu d'espèces endémiques (Madagascar en est une exception). Enfin, les "hotspots" basés sur l'endémisme semblent être de bons substituts à la fois pour les centres de diversité spécifique et pour les zones à forte concentration en espèces menacées. Ces résultats obtenus sur la distribution des oiseaux supportent donc l'utilisation de l'endémisme comme critère majeur pour l'identification des "hotspots" mais demandent une vérification pour d'autres groupes d'êtres vivants.

1.2.1.3 *Les centres d'endémisme et les refuges forestiers en Afrique centrale*

Il est maintenant admis que les limites des forêts tropicales ont fortement varié en réponse aux changements climatiques passés. Sous les tropiques, la distribution des espèces suggère que la plupart des forêts denses humides que nous connaissons actuellement, ont récemment émergé

à partir des refuges forestiers du Pléistocène¹. C'est Haffer (1969) qui fut l'un des premiers à émettre l'hypothèse selon laquelle, durant cette période, la forêt tropicale du bassin amazonien a subi une alternance de périodes humides et de périodes sèches. Durant les périodes plus sèches, la forêt s'est fragmentée en îlots séparés par de vastes étendues de savane. Au cours des périodes humides, ces blocs forestiers se sont étendus et ont fusionné pour reformer l'ensemble amazonien que nous connaissons actuellement. En raison des périodes d'isolation assez longues des refuges (50 000 à 100 000 ans), de nouvelles espèces y sont apparues contribuant à la formation de centres d'endémisme, également caractérisés par une richesse spécifique élevée (Hill & Hill, 2001).

En comparaison avec les nombreuses études focalisées sur les refuges forestiers néotropicaux, relativement peu de considération a été portée à cette hypothèse en Afrique tropicale (Plana 2004; Anthony *et al.*, 2007). Plusieurs travaux ont toutefois révélé la présence de centres d'endémisme en Afrique centrale et notamment, sur sa façade atlantique (Figure 3). Cette richesse en endémiques pourrait être mise en relation avec la présence de refuges forestiers qui se seraient formés au cours des dernières glaciations du Quaternaire. Maley (1989) suggère qu'en Afrique centrale et particulièrement dans les régions côtières, en raison de l'influence d'"upwelling" marin d'eau froide, la formation de nuages stratiformes a été importante, entraînant une réduction de la température et des précipitations. Depuis 2,5 MA il y a eu 21 cycles de glaciation, 9 majeurs et 12 mineurs (Sosef, 1994; Plana, 2004). La dernière période de réchauffement global s'est déroulée durant l'Holocène, tandis que le dernier maximum glaciaire entraînant la fragmentation de la forêt a eu lieu durant le Pléistocène (Maley, 1996). Ces phénomènes de régression et de transgression des forêts denses ont principalement pu être mis en évidence et datés grâce à des recherches géologique et palynologiques effectués sur des sédiments lacustres prélevés dans différents sites d'Afrique centrale (Maley, 1987; Maley & Brenac, 1987; Reynaud-Farrera *et al.*, 1996; Maley, 2001). Une synthèse des travaux traitant de l'histoire de la végétation en Afrique a été faite par Plana (2004) et est schématisée dans le Tableau 1. Les refuges constituent ainsi des aires à partir desquelles les espèces restreintes aux forêts tropicales humides ont pu recoloniser la savane formée durant des périodes plus froides et plus sèches. Ils ont déjà été mis en évidence à plusieurs reprises notamment, grâce à la palynologie (Maley, 1987), la géomorphologie (Nichol, 1999) ainsi qu'avec différentes études biogéographiques (Mayr & O'Hara, 1986; Colyn, 1991; Rietkerk *et al.*, 1996; Robbrecht, 1996; Sosef, 1996; Leal, 2004). Plusieurs études phylogénétiques suggèrent également que en Afrique tropicale les refuges pourraient avoir joué un rôle important sur la répartition actuelle de certains oiseaux (Bowie *et al.*, 2006), mammifères (Quérouil *et al.*, 2003; Anthony *et al.*, 2007) ou plantes vasculaires (Harris *et al.*, 2000; Plana *et al.*, 2004). Ces derniers travaux ont essayé de dater les grandes phases de spéciation avant le Pléistocène, bien qu'une diversification récente semble être observée pour les genres *Aframomum* K. Schum. (Harris *et al.*, 2000) et certains *Begonia* L. (Plana *et al.*, 2004).

¹Le **Pléistocène** est la première des deux époques du Quaternaire sur l'échelle des temps géologiques, comprise entre le Pliocène (dernière époque du tertiaire) et l'Holocène, couvrant l'intervalle de temps allant de - 1,8 million d'années (Ma) à - 10 000 ans environ. Le Pléistocène (du grec pleistos, "beaucoup" et kainos, "récent") est marqué par la dernière glaciation (Encyclopédie Microsoft Encarta, 2007).

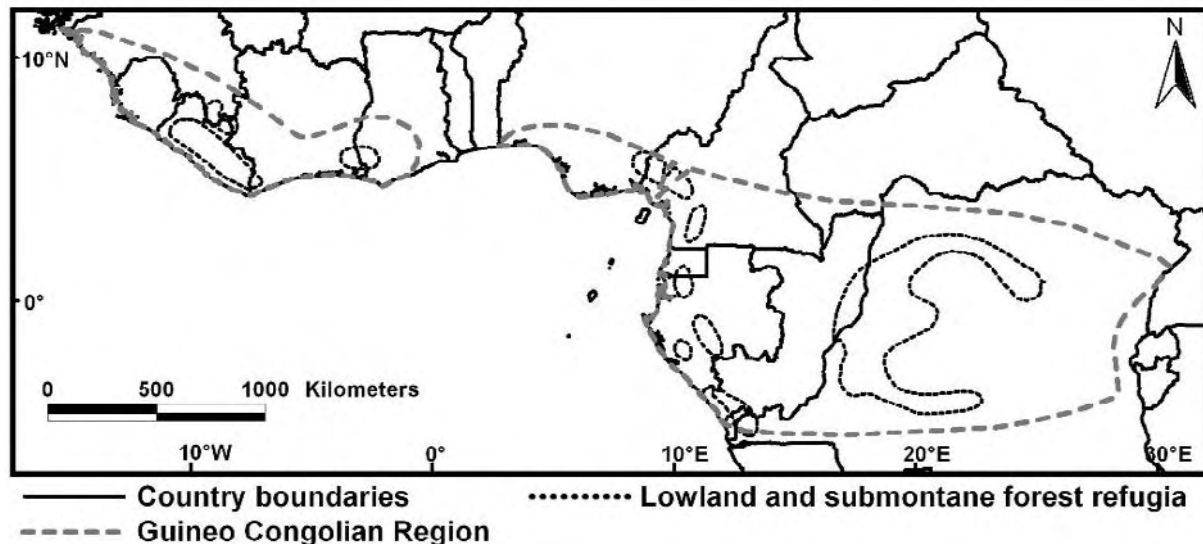


Figure 3. Localisation des zones de refuges forestiers de plaine au sein de la région guinéo-congolaise d'après les indicateurs paléoclimatiques et phytogéographiques synthétisés par Maley (1996).

L'origine du maintien de zones forestières durant les fluctuations climatiques passées permet de distinguer quatre grands types de refuges (Senterre, 2004):

- les refuges forestiers montagneux, pour les espèces montagnardes et submontagnardes; ceux-ci se sont formés durant les périodes plus chaudes et humides correspondant aux phases de recolonisation ou de transgression forestière. C'est la situation que l'on observe actuellement sur la plupart des reliefs dépassant 1000 m en milieu tropical;
- les refuges fluviaux, pour les espèces des forêts hydromorphes, montagnardes et submontagnardes. Ceux-ci se sont formés durant les périodes plus froides et sèches correspondant aux phases de régression forestière;
- les refuges littoraux, probablement pour des espèces submontagnardes et peut-être en partie pour des espèces de forêts de terre ferme. Ceux-ci se seraient également formés durant les périodes plus froides et sèches correspondant aux phases de régression forestière;
- les refuges de pied de massifs montagneux, pour des espèces d'anciens types forestiers zonaux comme les forêts denses humides de terre ferme. La particularité de ce dernier type de refuge est de ne pas être à caractère typiquement azonale, contrairement aux trois premiers types de refuge.

La théorie des refuges a donc été largement acceptée dans le contexte africain mais, comme pour l'Amérique du sud, reste sujet à controverse. Plusieurs hypothèses alternatives ou complémentaires ont été proposées pour expliquer les processus qui ont généré la forte diversité actuelle des forêts tropicales (Haffer, 1997; Moritz *et al.*, 2000; Hill & Hill, 2001). Parmi celles-ci, celle des gradients écologiques est l'une des plus appuyées et des plus probables pour l'Afrique (Endler, 1982; Schneider *et al.*, 1999; Plana, 2004a). Les partisans de cette hypothèse alternative pensent que ces zones de diversification biologique pourraient coïncider avec des zones de transition écologique comme l'écotone savane-forêt (Smith *et al.*, 1996) ou les régions à topographie complexe. En Afrique centrale, la plupart de ces centres sont situés dans des régions montagneuses (Sosef, 1994; Leal, 2004) et favoriseraient ainsi une spéciation sympatrique par différenciation d'habitat.

En raison de l'existence et sans doute de l'occurrence simultanée ou surimposée de différents facteurs, la position exacte ainsi que les facteurs responsables de la formation de

ces centres d'endémisme en Afrique centrale restent donc encore discutés au sein de la communauté scientifique. On cerne également assez mal le rôle que les refuges auraient pu jouer dans la différenciation des espèces. Une autre question importante qui reste donc encore à résoudre, est de savoir si les refuges ont joué le rôle de 'moteur' pour la spéciation (Sosef 1994; 1996) ou de 'musée', où se sont accumulées des espèces ayant potentiellement des origines multiples (Fjeldså & Lovett, 1997). D'après les premiers résultats d'études phylogénétiques, ces deux hypothèses ne sont pas mutuellement exclusives (Plana, 2004). La forêt dense humide africaine apparaît comme un assemblage d'espèces relictuelles à large distribution au milieu du Tertiaire (fin Oligocène-début Miocène) et d'espèces d'origine beaucoup plus récente (Plio-Pléistocène).

Tableau 1. Climat et histoire de la végétation en Afrique. Synthèse d'après Maley (2001) et Plana (2004).

Période	Epoque	Début (MA)	Evénements	
Quaternaire	Holocène	0.01	<ul style="list-style-type: none"> • Période marquée par plusieurs phases de glaciation qui se succèdent avec une périodicité d'environ 100000 ans. • Les périodes les plus arides coïncident avec les glaciations, provoquant la fragmentation de la forêt et la formation de refuges forestiers. Les températures plus basses font s'étendre la flore submontagnarde et montagnarde à des altitudes plus basses, remplaçant la forêt de plaine et permettant ainsi la migration d'espèces typiquement montagnardes entre différents reliefs. • Dernier maximum glaciaire il y a environ 18000 ans et phase d'extension débutée il y a 10000 ans. La dernière perturbation en ACA datant d'il y a 2500 ans. • Climat plus sec, cycles marqués de sécheresse et de refroidissement successifs. • A 2.7 MA, première apparition depuis le Crétacé de pollen de Gymnospermes en Afrique de l'ouest. • Les phases les plus arides ont lieu à 3.2 et 3 MA, provoquant une diminution de l'expansion des graminées et de nombreuses extinctions régionales. • Climat humide, expansion et diversification de la forêt dense humide et rétraction des savanes. • Augmentation de la diversité spécifique pour atteindre un pic vers 3.5 MA. La forêt dense humide s'étend alors jusqu'à 20° de latitude nord. 	
		0.8		
	Pléistocène	Début		1.8
		Fin		3.6
Tertiaire	Pliocène	Début	<ul style="list-style-type: none"> • La plupart des formations géologiques (montagnes d'Afrique de l'est, hauts plateaux d'Afrique centrale et les îles du Golfe de Guinée) que nous connaissons actuellement sont déjà présentes. • Climat plus sec, la forêt dense humide est limitée à de petites zones d'altitude et peut-être également le long des cours d'eau. Malgré l'appauvrissement de la flore, la plupart des lignées de plantes typiques des forêts humides sont présentes à la fin du Miocène, suggérant que la plupart des lignées africaines actuelles datent de cette période. • Refroidissement global marqué, la plus grande phase d'aridification de toute cette période. • La forêt humide de plaine qui couvre le centre et le nord du Sahara ainsi qu'une partie de l'Afrique du Sud est graduellement remplacée par des savanes boisées. Simultanément, cette forêt humide de plaine se déplace vers le sud presque jusqu'à la latitude où nous l'observons actuellement. • Climat chaud et humide. 	
		Fin		11.2
	Miocène	Milieu	16.4	
		Début	23	
		Fin	28.5	
		Début	33.7	
Oligocène	Fin	41.3		
	Milieu	49		
Eocène	Début	54.8		
	Fin	61		
Paléocène	Début	65		
	Fin	99		
Crétacé	Fin		<ul style="list-style-type: none"> • Début de l'isolement de l'Afrique par rapport aux autres continents. • Afrique situé à 15° au sud de sa position actuelle, une partie importante de l'Afrique du Nord est recouverte par la forêt dense humide. 	

1.2.2 Afrique centrale atlantique (ACA)

1.2.2.1 Définition

L'Afrique centrale atlantique (Figure 4) est la dénomination utilisée dans ce travail pour désigner la région d'Afrique centrale qui couvre à la fois le sous-centre d'endémisme bas-guinéen (White, 1979), l'archipel afromontagnard (White, 1981, 1983) et les îles du Golfe de Guinée. Ces dernières, considérées comme des îles océaniques par White (1983) appartiennent selon Stévant (1998, 2003) aux centres d'endémisme guinéo-congolais et afromontagnard. Telle que définie pour ce travail, l'Afrique centrale atlantique s'étend entre les sixièmes parallèles nord et sud et entre 5° et 18° de longitude est, sur une superficie de près de 2 000 000 km². Ce vaste territoire, majoritairement recouvert par la forêt dense humide de basse et moyenne altitude, s'étend sur sept entités politiques: le Nigeria, le Cameroun, la République Centrafricaine, l'archipel de São Tomé & Príncipe, la Guinée Equatoriale composée d'une partie continentale (Rio Muni) et de deux îles (Bioko et Annobón), le Gabon et la République du Congo.

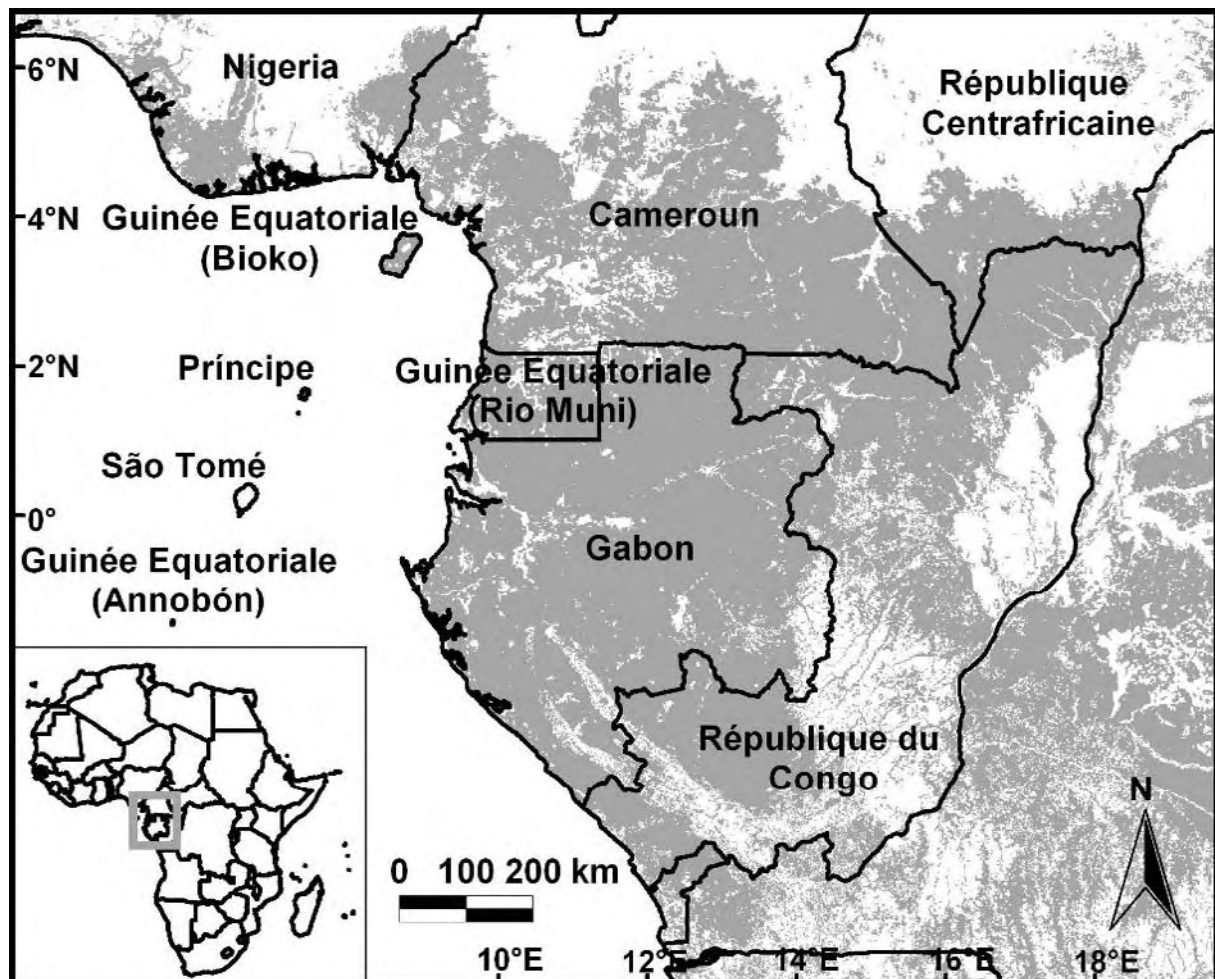


Figure 4. Carte présentant les différents pays d'Afrique centrale atlantique. Les parties grisées représentent les zones couvertes par la forêt dense humide (Mayaux, 2004).

1.2.2.2 *Les territoires politiques d'Afrique centrale atlantique*

Nigeria

Le Nigeria s'étend sur une superficie de 910 768 km². C'est le pays le plus peuplé d'Afrique avec plus de 135 millions d'habitants (Tableau 2). Le taux de croissance de sa population est estimé à 2,4 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 135 170 km² de forêt mais celle-ci a vu sa superficie diminuer de 23 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Le climat varie selon un gradient latitudinal, de tropical humide avec des précipitations allant jusqu'à 2497 mm/an dans le delta du Niger à semi-désertique avec des précipitations diminuant jusqu'à 869 mm/an dans l'extrême nord (Encyclopédie Microsoft Encarta, 2007). Le Mont Chappal Waddi, son point culminant, s'élève à 2419 m dans le centre-est du pays près de la frontière avec le Cameroun.

L'UNEP et l'UICN (WDPA Consortium 2007) y reconnaissent 18 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) et 942 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (Tableau 3). Les 18 sites protégés officiellement reconnus par l'UICN couvrent une superficie de 35 383 km², soit 3,9 % de la superficie totale du territoire.

Cameroun

D'une superficie totale de 475 440 km², le Cameroun est peuplé par 18 millions d'habitants. La croissance de sa population était de 2,2 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 238 580 km² de forêt mais celle-ci a vu sa superficie diminuer de 9 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Les précipitations vont décroissant de la côte vers l'intérieur, de 10 000 mm/an au pied du Mont Cameroun à 1 600 mm/an à Sangmélima et du sud vers le nord. L'humidité relative suit en général ces variations. Les températures varient peu au cours de l'année. Augmentant généralement du sud vers le nord, elles s'atténuent sur les hauts plateaux de l'ouest et sur l'Adamaoua. Les amplitudes thermiques annuelles sont plus marquées au nord (6 à 9 °C) qu'au sud (2 à 3 °C). Le Mont Cameroun culmine à 4095 mètres d'altitude au bord du Golfe de Guinée, ensuite s'alignent des sommets volcaniques sur plus de 1 000 km. Cette chaîne montagneuse, aussi appelée dorsale camerounaise, s'achève avec le plateau de l'Adamaoua. La combinaison de ces facteurs permet de reconnaître 3 grands types de climat au Cameroun. Au sud, un climat équatorial humide et chaud s'étend jusqu'à 6° de latitude nord. Au nord, un climat tropical humide s'étend de 7° à un peu plus de 10° de latitude nord. Enfin, au-delà de 11° de latitude nord, le climat est de type soudano-sahélien avec une saison sèche très marquée qui dure au moins 7 mois.

Au Cameroun, la végétation représente un condensé des différents types rencontrés dans toute l'Afrique intertropicale. En effet, ce pays constitue un carrefour biogéographique entre les Régions soudanienne, guinéo-congolaise et afromontagnarde (White, 1983). Cette position rend ainsi l'étude de sa phytogéographie particulièrement complexe. D'après les cartes de végétation produites par Letouzey (1968, 1985), on peut distinguer grossièrement:

- dans le sud jusqu'à 6° de latitude nord: les forêts littorales, denses humides sempervirentes et denses humides semi-décidues;

- au centre entre 6° et 10° de latitude nord: les savanes herbeuses et arbustives;
- au nord au delà de 10° de latitude nord: les steppes sahéliennes et les prairies périodiquement inondées.

L'UNEP et l'UICN (WDP Consortium 2007) y reconnaissent 19 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) et 17 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (WDP Consortium 2007). Les 19 sites protégés officiellement reconnus par l'UICN couvrent une superficie de 38 519 km², soit 8,2 % de la superficie totale du territoire.

Au sein des entités politiques couvertes par notre zone d'étude, le Cameroun a fait l'objet d'une attention particulière. En effet, le Cameroun a été utilisé comme modèle pour plusieurs analyses et toutes les missions de terrain relatives à ce travail y ont été effectuées. De nombreux résultats taxonomiques ou phytogéographiques y ont été obtenus et sont présentés.

République Centrafricaine

La République Centrafricaine occupe une superficie de 622 984 km². C'est l'un des pays les moins peuplés d'Afrique centrale atlantique avec une moyenne de 7 habitants par km². Le taux de croissance de sa population est estimé à 1,5 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 229 070 km² de forêt (Tableau 2) dont la superficie aurait diminué de 1 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Le climat est de type équatorial humide à semi-aride, avec des précipitations variant de 1780 mm dans le sud à 760 mm dans le nord (Encyclopédie Microsoft Encarta, 2007). Le pays est formé d'un vaste plateau d'altitude moyenne (600 à 900 m) avec un point culminant situé dans le nord ouest à 1420 m d'altitude (Mont Ngaoui).

L'UNEP et l'UICN (WDP Consortium 2007) y reconnaissent 18 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) et 8 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (WDP Consortium 2007). Les 18 sites protégés officiellement reconnus par l'UICN couvrent une superficie de 119 032 km², soit 19,1 % de la superficie totale du territoire (Tableau 3).

São Tomé & Príncipe

Les îles de São Tomé et Príncipe s'étendent sur une superficie totale de 1001 km². Elles présentent la plus forte densité de population d'ACA avec près de 200 habitants par km². Le taux de croissance de leur population est estimé à 3,1 % en 2007 (CIA, 2008). Les deux îles seraient couvertes par 270 km² de forêt (Tableau 2).

L'équateur passe juste au sud de São Tomé qui bénéficie ainsi d'un climat équatorial typique. A basse altitude, les précipitations moyennes annuelles passent de 1000 mm dans le nord-est à plus de 7000 mm dans le sud-ouest (Stévert 2003). La forêt primaire qui couvrait autrefois presque toute l'île, est maintenant majoritairement remplacée par des plantations à basse altitude ou des forêts secondaires. Exell (1944) y reconnaît quatre zones principales: (1) la zone littorale, représentée par une végétation dunaire et de petits îlots de mangrove; (2) la forêt ombrophile de basse altitude, qui s'étend de 0 à 800 m et qui est presque entièrement cultivée; (3) la forêt de montagne où les Euphorbiaceae et les Rubiaceae y sont abondantes,

formant une canopée dense où les troncs sont souvent masqués par un couvert dense de bryophytes, de fougères et divers angiospermes épiphytes; (4) la forêt de brouillard, qui s'élève de 1400 m jusqu'au sommet. L'altitude varie de 0 à 2024 m (Pico de São Tomé).

Le climat de Príncipe est proche de celui de São Tomé. Son relief y est simplement moins accentué, diminuant ainsi le maximum de précipitations. La végétation de Príncipe est également fortement secondarisée dans les zones les plus accessibles, souvent remplacée par des plantations de cacao et de café. Dans ce qu'il reste comme forêt primaire, les familles les mieux représentées sont les Rubiaceae, les Euphorbiaceae, les Connaraceae et les Orchidaceae. Le sommet de l'île atteint 948 m.

Les îles de São Tomé et Príncipe présentent une richesse spécifique relativement pauvre indiquant qu'elles n'ont jamais été reliées entre-elles ou avec le continent africain. Mais cet isolement a pour conséquence un taux d'endémisme élevé tant au niveau générique qu'au niveau spécifique (Jones, 1994). Figueiredo (2005) indique que les Orchidaceae (129 taxons) et les Rubiaceae (68 taxons) sont parmi les familles les plus riches à São Tomé & Príncipe. Les genres *Polystachya* Hook. f. (Orchidaceae) et *Psychotria* L. (Rubiaceae) présentent les plus grands nombres d'endémiques avec respectivement 10 et 7 taxons.

L'UNEP et l'UICN (WDPA Consortium 2007) ne reconnaissent actuellement aucun site protégé à São Tomé et Príncipe. Le Parc National Obo, couvrant les deux îles, est en cours de création et sera notamment mis en place dans le cadre du programme européen ECOFAC IV.

Guinée Equatoriale (Rio Muni et les îles de Bioko et Annobón)

La Guinée Equatoriale s'étend sur une superficie totale de 28 051 km². Elle présente une densité de population relativement faible (19 habitants par km²). Son taux d'accroissement était de 2 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 17 520 km² de forêt; celle-ci aurait diminué de 6 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Trois subdivisions majeures peuvent être reconnues pour le pays:

- la partie continentale aussi appelée Rio Muni (26 071 km²). Le climat y est chaud et humide, de type équatorial. Les précipitations varient de 1500 mm à 3800 mm/an. L'altitude maximale est atteinte à Monte Alèn, à un peu plus de 1200 m;
- l'île de Bioko présente une richesse spécifique relativement élevée reflétant son origine continentale mais un niveau d'endémisme faible, reflétant son faible et court isolement du continent (Jones, 1994). Son point culminant, le Pico Basile, s'élève à 3008 m;
- l'île d'Annobón, en raison de son isolement plus important, présente comme São Tomé et Príncipe, une richesse spécifique relativement faible et un taux d'endémisme élevé.

On peut également noter que trois autres îles (Elobey Chico, Elobey Grande et Corisco) sont rattachées à la Guinée Equatoriale. Nous ne les considérerons pas ici en raison de leur très faible superficie.

L'UNEP et l'UICN (WDPA Consortium 2007) y reconnaissent 13 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) (Tableau 3). Ces réserves de faune et de flore officiellement reconnues par l'UICN couvrent une superficie de 5 860 km², soit 20,9 % de la superficie totale du territoire.

Gabon

D'une superficie totale de 257 670 km², le Gabon serait le pays le moins densément peuplé d'Afrique avec une moyenne de 6 habitants par km². Le taux d'accroissement de la population était de 2 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 218 260 km² de forêt (Tableau 2) et celle-ci aurait diminué de 1 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Recouvert à près de 85 % par la forêt dense humide, le Gabon est soumis à un climat équatorial. Deux saisons sèches, de mai à septembre puis de décembre à janvier alternent avec des saisons humides. À Libreville, la capitale, les précipitations moyennes annuelles sont de 2515 mm (Encyclopédie Microsoft Encarta, 2007). Seuls quelques sites dépassent 1000 m d'altitude, dans les environs de Makokou au nord-est et dans le massif du Chaillu au sud du pays.

L'UNEP et l'UICN (WDPA Consortium 2007) y reconnaissent 19 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) et 3 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (Tableau 3). Les 19 sites protégés officiellement reconnus par l'UICN couvrent une superficie de 41 679 km², soit 16,2 % de la superficie totale du territoire.

République du Congo (Congo Brazzaville)

La République du Congo s'étend sur une superficie totale de 341 500 km². Elle présente une population de 3 800 000 habitants dont le taux d'accroissement était de 2,6 % en 2007 (CIA, 2008). Le pays est couvert par 220 600 km² de forêt (Tableau 2). Celle-ci aurait diminué de 1 % entre 1990 et 2000 (WRI, 2008).

Le climat équatorial sur la majeure partie du pays devient tropical dans l'extrême sud. Les précipitations sont abondantes dans la partie septentrionale, avec plus de 2000 mm d'eau par an et sur les plateaux Batéké. La vallée du Niari, au sud-ouest, ne reçoit que 1200 mm de précipitation par an. La forêt dense recouvre le nord-ouest et le sud-ouest du pays alors que la savane arborée et les forêts-galeries s'étendent au nord et au nord-est. Le point culminant, le Mont Berongou, s'élève à 903 m d'altitude (Encyclopédie Microsoft Encarta, 2007).

L'UNEP et l'UICN (WDPA Consortium 2007) y reconnaissent 12 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) et 7 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (Tableau 3). Les 12 sites protégés officiellement reconnus par l'UICN couvrent une superficie de 36 236 km², soit 10,6 % de la superficie totale du territoire.

Tableau 2. Superficie totale, densité de population et superficie occupée par la forêt des pays d'Afrique centrale atlantique. Source: superficie et population (CIA, 2008); forêt (WRI, 2008), celle-ci étant définie comme une surface de plus de 0,5 ha dont la couronne des arbres recouvre plus de 10 %.

Pays	Superficie des terres immergées (km ²)	Population (estimation 2007)		Surface occupée par la forêt (estimation 2000)	
		Nombre d'habitants	Densité (hab./km ²)	km ²	Pourcentage de la superficie immergée
Nigeria	910 768	135 031 164	148	135 170	14.8 %
Cameroun	469 440	18 060 382	38	238 580	50.8 %
République Centrafricaine	622 984	4 369 038	7	229 070	36.8 %
São Tomé & Príncipe	1 001	199 579	199	270	27.0 %
Guinée Equatoriale (Rio Muni, Bioko & Annobón)	28 051	551 201	19	17 520	62.5 %
Gabon	257 670	1 454 867	6	218 260	84.7 %
République du Congo	341 500	3 800 610	11	220 600	64.6 %
Afrique centrale atlantique	2 650 914	163 466 441	62	1 059 470	40.0 %

Tableau 3. Les sites protégés des pays d’Afrique centrale atlantique et leur superficie. Les données proviennent du WDPa Consortium (2007). Le signe ‘>’ est indiqué lorsque la superficie n’est pas mentionnée pour un ou plusieurs sites protégés. Nbr.= Nombre; Sup.= Superficie.

Catégories	Nigeria		Cameroun		République Centrafricaine		Guinée Equatoriale		São Tomé & Príncipe		Gabon		République du Congo		Afrique centrale atlantique	
	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)	Nbr.	Sup. (km ²)
I – Réserves intégrales	1	1	0		1	843	2	515	0	0	0	0	0	0	4	1359
II – Parcs nationaux	8	26286	12	27632	7	71156	3	3030	0	0	13	30116	3	22781	47	182201
III – Monuments naturels	0	0	0	0	0	0	2	390	0	0	0	0			2	390
IV – Réserves gérées activement	9	9096	6	10196	8	40167	6	1925	0	0	6	11563	6	11905	41	84852
V – Paysages protégés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI – Aires d’utilisation durable	0	0	1	691	2	6866	0	0	0	0	0	0	3	1550	6	9107
Réserves forestières	932	>10565	13	>2937	1	12002	0	0	0	0	0	0	0	0	946	>25504
Aires protégées	10	>10316	4	>1560	7	>847	0	0	0	0	3	3646	7	7144	31	>23513
UICN I-VI (% de la superficie totale)	18	35 383 (3,9 %)	19	38 519 (8,2 %)	18	119 032 (19,1 %)	13	5 860 (20,9 %)	0	0	19	41679 (16,2 %)	12	36 236 (10,6 %)	99	277 909 (10,5 %)
Total + NonUICN (% de la superficie totale)	960	>56264 (6,2 %)	36	>4 3016 (9,2 %)	26	>131 881 (21,2 %)	13	5 860 (20,9 %)	0	0	22	45325 (17,6%)	19	43 380 (12,7 %)	1076	>326 926 (12,3 %)

1.2.2.3 *Phytogéographie et écorégions*

La personne qui a le plus marqué les connaissances phytogéographiques actuelles de l'Afrique est sans aucun doute Frank White (1927-1994). Il fut désigné en 1963 par l'AETFAT (Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique Tropicale) comme secrétaire du comité chargé de l'exécution d'une nouvelle carte de la végétation de l'Afrique (Léonard & Bamps, 1995). Vingt ans plus tard et après plusieurs publications préliminaires (e.g., White 1978, 1979), il publia la carte de la végétation de l'Afrique (Figure 5) accompagnée d'un mémoire explicatif (White, 1983). En raison de son succès, ce dernier sera également traduit en français trois ans plus tard par P. Bamps (White, 1986). Ce travail fut confirmé par différentes études. Récemment, une délimitation des phytochories de la partie subsaharienne du continent africain basée sur une analyse de la distribution de 5438 espèces (Linder *et al.*, 2005) a identifié dans les grandes lignes les mêmes divisions chorologiques proposées par White vingt ans plus tôt.

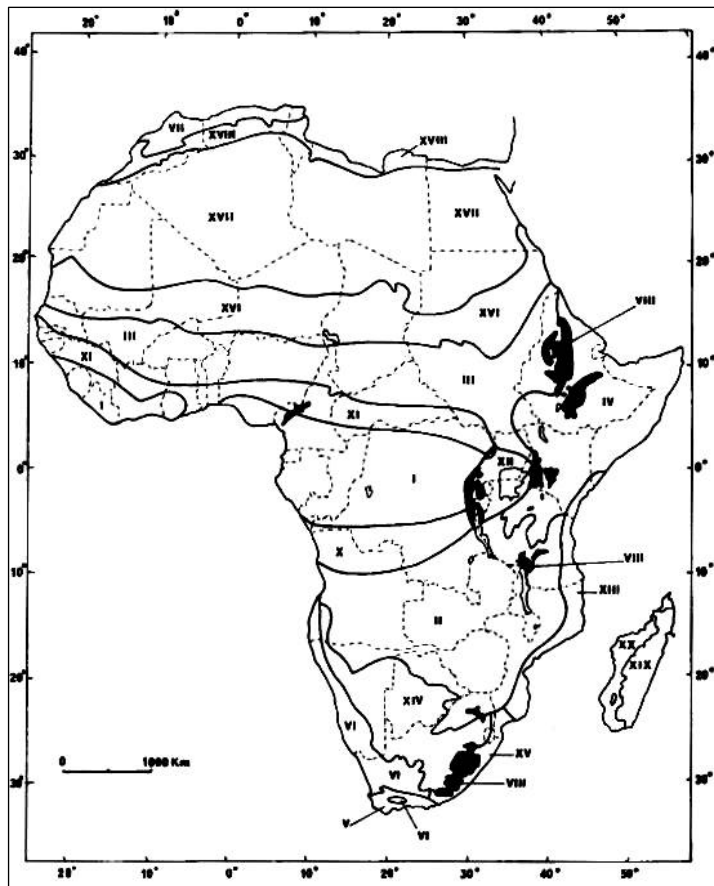


Figure 5. Les centres d'endémisme régionaux d'Afrique (White, 1983). I. Centre régional d'endémisme guinéo-congolais. II. Centre régional d'endémisme zambézien. III. Centre régional d'endémisme soudanien. IV. Centre régional d'endémisme de la Somalie et du pays Masai. V. Centre régional du Cap. VI. Centre régional d'endémisme du Karoo-Namib. VII. Centre régional d'endémisme méditerranéen. VIII. Centre régional d'endémisme morcelé afromontagnard, incluant IX, la région morcelée afroalpine d'appauvrissement floristique extrême (non figurée séparément). X. Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne. XI. Zone de transition régionale guinéo-congolaise/soudanienne. XII. Mosaïque régionale du lac Victoria. XIII. Mosaïque régionale de Zanzibar-Inhambane. XIV. Zone de transition régionale Kalahari-Highveld. XV. Mosaïque régionale du Tongaland-Pondoland. XVI. Zone de transition régionale du Sahel. XVII. Zone de transition régionale du Sahara. XVIII. Zone de transition régionale méditerranéo-saharienne. XIX. Centre régional d'endémisme malgache oriental. XX. Centre régional d'endémisme malgache occidental.

C'est également White qui a introduit le concept de centre régional d'endémisme spécifique. Il définit ce dernier comme se rapportant à une phytochorie qui possède à la fois plus de la moitié de ses espèces confinées à son territoire et un total de plus de 1000 espèces endémiques (White 1979, 1993). Dans une analyse de 288 espèces endémiques de la région guinéo-congolaise, White (1979) y délimite 3 sous-centres d'endémisme: le haut-guinéen, le bas-guinéen et le congolais (Figure 6). Le bas-guinéen, qui couvre notre zone d'étude, est caractérisé par la présence exclusive de 71 espèces sur les 288 étudiées.

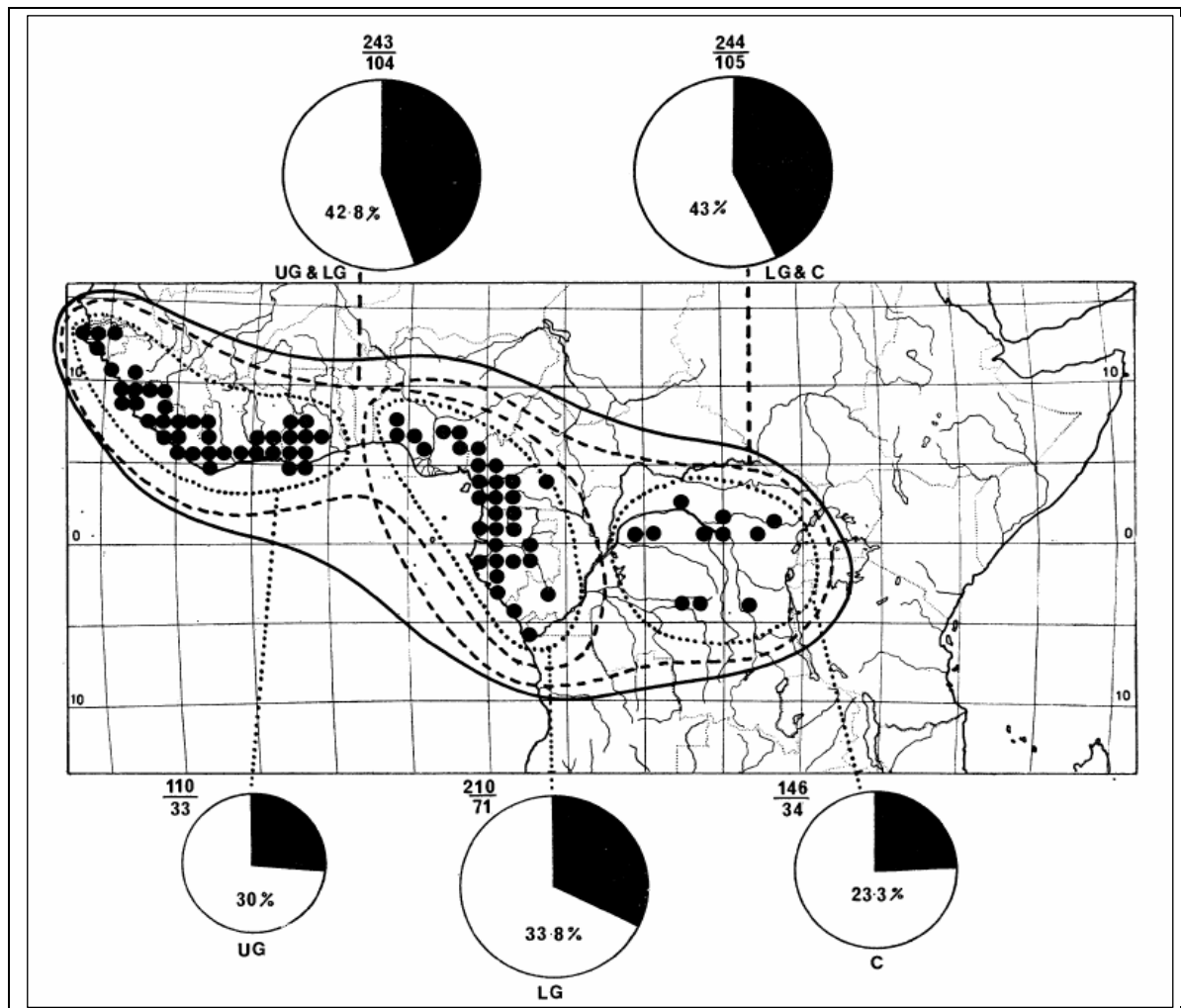


Figure 6. Les sous-centres d'endémisme de la région guinéo-congolaise (White, 1979). UG= Upper Guinea (haut-guinéen), LG= Lower Guinea (bas-guinéen) & C= Congolian (congolais). Les pourcentages indiquent les taux d'endémismes respectifs des 3 sous-centres ou de 2 sous-centres considérés comme un ensemble. Le numérateur représente le nombre total d'espèces présentes dans l'ensemble considéré et le dénominateur le nombre d'espèces endémiques de l'ensemble considéré. Un total de 288 espèces est considéré dans cette étude.

La carte phytogéographique produite par White (1983) a récemment servi de base au WWF pour délimiter les écorégions d'Afrique dans une étude faite à l'échelle mondiale (Olson *et al.*, 2001). Les écorégions sont de aires relativement vastes, délimitées pour refléter les limites des communautés animales et végétales dans leur habitat naturel (Kier *et al.*, 2005). En ACA (Figure 7), on peut distinguer la présence de 14 écorégions, sur les 867 identifiées dans le monde.

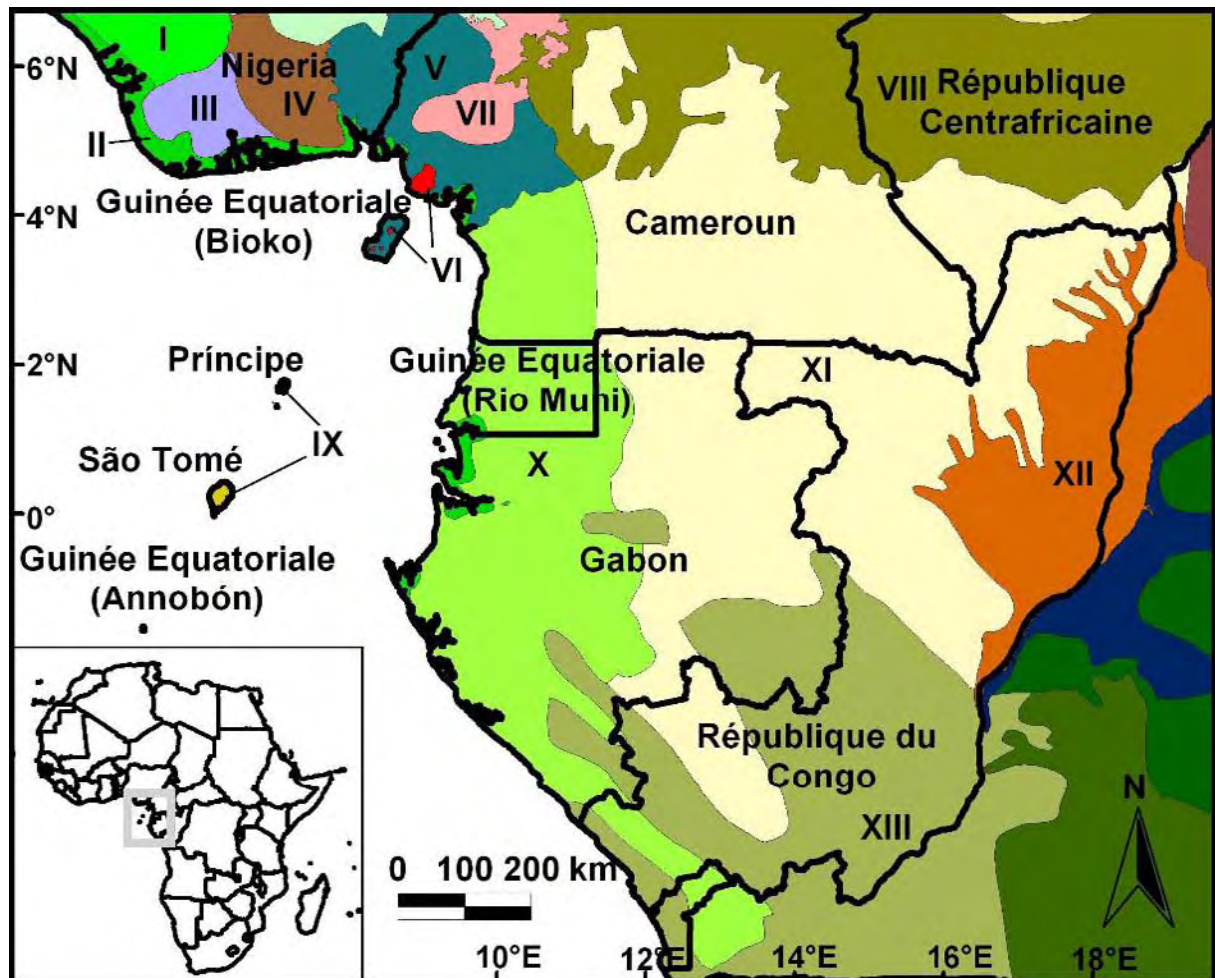


Figure 7. Les écorégions d'Afrique centrale atlantique (d'après Olson *et al.*, 2001). I. Forêts de plaine du Nigeria. II. Mangroves d'Afrique centrale. III. Forêts marécageuses du delta du Niger. IV. Forêts de transition Cross-Niger. V. Forêts côtières Cross-Sanaga-Bioko. VI. Forêts montagnardes de Bioko et du Mont Cameroun. VII. Forêts des hauts plateaux camerounais. VIII. Mosaïques forêts-savanes du nord congolais. IX. Forêts humides de plaine de São Tomé, Príncipe et Annobón. X. Forêt côtières atlantiques équatoriales. XI. Forêts de plaine du nord-ouest Congolais. XII. Forêts marécageuses de l'ouest congolais. XIII. Mosaïque forêts-savanes de l'ouest congolais.

1.2.2.4 Menaces et conservation de la biodiversité

Comme dans beaucoup d'autres régions du globe, l'anthropisation constitue le principal facteur récent de dégradation de la végétation et de la faune en Afrique. Les principales causes de la déforestation sont liées aux activités agricoles ou à l'exploitation forestière. Ces activités s'accompagnent également du développement du réseau routier et des implantations humaines. Le déboisement d'une aire forestière en région tropicale à pluviosité élevée conduit généralement à une érosion des sols, à une perte de sa fertilité (Maass *et al.*, 1988) et même à sa pollution (Veiga *et al.*, 1994). En cas d'abandon, ces derniers seront colonisés par des espèces pionnières adaptées aux nouvelles conditions édaphiques. Les espèces appartenant aux climax climatiques ne pourront s'installer normalement qu'une fois que les conditions microclimatiques et édaphiques minimales pour leur développement seront rétablies. Ce processus très long est souvent empêché par les feux de brousse.

En Afrique subsaharienne, environ 62 % des espèces de plantes et de vertébrés peuvent être présentes sur seulement 1 % de la superficie totale (Scholes *et al.*, 2006). Pour protéger la totalité des vertébrés et des plantes présentes en Afrique subsaharienne, environ un tiers de sa

superficie devrait être élevé au rang d'aires protégées. Les moyens logistiques et financiers étant limités, l'identification des sites à forte biodiversité pour les principaux groupes d'êtres vivants est d'une grande importance, afin de préserver un maximum de diversité tout en concentrant les efforts de conservation sur une superficie minimale.

En Afrique, les écorégions qui tendent à être le mieux préservées sont les savanes et particulièrement celles des pays d'Afrique de l'est et d'Afrique du Sud (Burgess *et al.*, 2005), probablement en raison des fortes concentrations en mammifères charismatiques, comme les éléphants qui par leur activité maintiennent ces types de végétation. Pourtant la composante majoritaire et la mieux connue de la biodiversité des écorégions sont les plantes. Plus de 5000 espèces végétales sont recensées dans les forêts côtières d'Afrique centrale atlantique (Kier *et al.*, 2005). Ainsi, on peut distinguer un manque significatif d'aires protégées et reconnues par l'UICN dans les parties côtières allant du Cameroun au Gabon, dans plusieurs zones abritant des forêts tropicales d'altitude, dans les forêts côtières d'Afrique de l'est et dans la Province du Cap en Afrique du Sud (Burgess *et al.*, 2005). Actuellement, sur les territoires géopolitiques couverts par notre zone d'étude, l'UNEP et l'UICN (WDP Consortium 2007) reconnaissent 99 sites nationaux protégés et officiellement délimités (catégories I à VI) ainsi que 1076 sites protégés dont les limites ou le statut ne sont pas encore clairement définis (Tableau 3). Ces sites protégés, entièrement reconnus ou non par l'UICN, n'occupent vraisemblablement pas plus de 15 % de la zone concernée.

1.2.3 Orchidaceae Juss.

1.2.3.1 *Histoire et généralités*

Etymologiquement, le nom Orchidaceae vient du grec "orkhis" qui signifie "petit testicule". Ceci fait référence à la forme des tubercules souterrains de certaines espèces essentiellement distribuées dans le bassin méditerranéen. Cette famille est connue depuis longtemps. En effet, on en trouve déjà des traces dans les légendes et dans l'art chinois ancien (600-1000 Av. J.C.). En l'an 40, la première allusion écrite hors d'Orient est faite par le physicien Grec Dioscoride qui nomma *serapias* une orchidée, probablement réputée aphrodisiaque par analogie au dieu égyptien maître de la fertilité Serapis, à qui un culte orgiaque était rendu. Malgré cette connaissance très ancienne, ces plantes n'eurent pendant des siècles que peu d'importance commerciale ou autre, à l'exception de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews qui fournissait et fournit toujours la vanille.

C'est au 19^e siècle que des orchidées arrivent par hasard en Angleterre, dans un envoi de plantes en provenance du Brésil. William Cattley, horticulteur et importateur, était tombé sur d'étranges feuilles que l'on avait utilisées comme emballage et qui portaient de curieuses tiges bulbeuses qu'il met en culture. En novembre 1818, il fut largement récompensé de ses peines par l'épanouissement d'une fleur somptueuse, couleur lavande tachetée de pourpre et qui sentait divinement bon. L'évènement fit sensation et le taxonomiste Lindley lui dédia le genre *Cattleya* Lindl. quelques années plus tard.

Après la découverte de Cattley, les horticulteurs et les amateurs fortunés se lancèrent à la recherche d'autres plants si bien qu'on écuma l'Amérique du Sud, l'Extrême Orient et d'autres régions du globe. Les plantes, transportées par bateaux entiers, mouraient généralement durant le transport, et une fois arrivées, les survivantes avaient peu de chance de s'acclimater, tant l'ignorance des procédés de culture était grande.

Dès les premières importations d'orchidées, les horticulteurs qui les cultivaient cherchèrent à les multiplier par semis mais les graines, malgré tous les soins apportés, ne germaient pas. Un jardinier français, Neumann, réussit, en 1844, cette germination en jetant les graines sur les mottes de terre dont les orchidées sont entourées. Ce fut un succès et le procédé se répandit de plus en plus. Cependant on ne connaissait toujours pas la raison pour laquelle des graines semées ailleurs que sur les pots contenant ces plantes ne germaient pas (Lecoufle & Rose, 1964).

En 1899, le botaniste français Noël Bernard trouvait des graines germées de *Neottia nidus-avis*. (L.) Rich. Il les examina et découvrit ainsi le mystère de cette germination. Les jeunes plantules étaient envahies par un champignon. Si, à cette époque on savait déjà que les racines des plantes adultes renfermaient un champignon endophyte, jusque là personne n'avait pensé que la présence de ce champignon était nécessaire pour la germination, ce qui explique le procédé empirique découvert par Neumann. La graine, semée sur le compost de culture de la plante, se trouvait ainsi en présence du champignon qui était indispensable. Noël Bernard isola ce champignon, en fit des cultures et les graines, en sa présence, germèrent. Il découvrit ensuite que ce champignon n'était pas le même pour tous les genres d'Orchidaceae. A la suite de cette découverte, les horticulteurs essayèrent d'introduire dans la couche de semis des champignons vivants. C'était une entreprise hasardeuse car souvent les champignons croissaient trop vite et étouffaient les graines.

Enfin en 1917, le Dr Lewis Knudsen eut l'intuition que le rôle du champignon consistait à produire des sucres utilisables par la graine au cours de la germination. Après de multiples expériences, il parvint à remplacer les champignons par un milieu nutritif constitué d'une substance mucilagineuse extraite d'algues marines, la gélose ou agar-agar. La proportion des graines capables de germer s'en trouva considérablement accrue. Il fallut attendre 1960, et une nouvelle découverte, pour que les Orchidaceae soient accessibles au grand public. On la doit au français Georges Morel qui s'aperçut que les cultures de tissus pratiquées en laboratoire, pouvaient être utilisées pour produire des milliers de plantes à partir d'un seul méristème. Les résultats en furent spectaculaires. Aux Etats-Unis le premier mériclone fleurit en 1966. C'était un double parfait de la plante mère. Aujourd'hui, grâce à cette méthode de reproduction, de nombreuses orchidées dites botaniques ainsi que des millions de nouveaux hybrides ont été reproduits artificiellement.

La famille des Orchidaceae a maintenant acquis une importance économique considérable, notamment en horticulture mais aussi, de plus en plus en pharmacie, en cosmétique, dans l'industrie alimentaire et celle des parfums. En effet, compte tenu de la diversité des Orchidaceae, celles-ci constituent un réservoir gigantesque pour la découverte de nouvelles molécules. De plus, les orchidées sont une source majeure de revenus dans de nombreux pays en voie de développement, notamment grâce à l'écotourisme et à la multiplication pour l'exportation d'espèces vendues en Europe, en Amérique du Nord ou en Asie. Le commerce mondial des Orchidaceae se chiffre sans doute en milliard d'euro, le genre *Phalaenopsis* ayant à lui seul brassé un chiffre d'affaires d'approximativement 100 millions de dollars rien qu'aux Etats-Unis (Griesbach, 2002). D'après les chiffres donnés par EUROSTAT² pour l'année 2000 les importations extra-UE d'orchidées s'élèvent à 21 millions d'euro, représentant 3 % des importations extra-UE de fleurs coupées fraîches. L'Europe importe principalement des orchidées du genre *Dendrobium* d'Asie du sud-est. La

²<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

principale destination est l'Italie (67 % des importations extra-UE) et le principal fournisseur est la Thaïlande (87 % des apports extra-UE). Ce dernier pays est le premier producteur mondial d'orchidées tropicales. Il exporte environ 2/3 de sa production majoritairement vers l'Asie ainsi que vers l'Europe (environ 25 %).

Les Orchidaceae peuvent être considérées comme une des familles clef en matière de conservation de la flore. Toutes les espèces sont inscrites dans les annexes I et II de la CITES³. Mieux encore, des réserves ont été créées aux fins de protéger certaines Orchidaceae signalées dans ces sites. C'est le cas par exemple de la "El Pahuma Orchid Reserve" en Equateur (Meisel & Woodward, 2005) ou la "Iwitahi Native Orchid Reserve" en Nouvelle-Zélande (Gibbs, 1988). La destruction, la modification et la fragmentation des forêts primaires, ainsi que la collecte illégale d'Orchidaceae à des fins commerciales peuvent avoir une forte influence sur leur extinction locale (Turner *et al.*, 1994; Flores-Palacios & Valencia-Díaz, 2007). Cette famille est ainsi un des meilleurs exemples où des espèces ont été menacées d'extinction en raison de pressions exercées par l'homme (Ávila-Díaz & Oyama, 2007). En dépit de ces menaces importantes pesant sur les Orchidaceae, en Afrique subsaharienne seules 43 espèces d'Orchidaceae sont répertoriées dans la Liste rouge⁴ de l'Union mondiale pour la Nature (IUCN, 2007). Ce nombre ne représente que 2,5 % des 1727 espèces d'Orchidaceae recensées par Govaerts *et al.* (2008) en Afrique continentale. Bien qu'un des objectifs principaux de la "Global Strategy of Plant Conservation" (GSPC) voté en 2002 par les différents partis de la Convention pour la Biodiversité soit d'achever l'évaluation du statut de conservation de toutes les espèces végétales en 2010, le statut de la quasi-totalité des espèces d'Orchidaceae reste donc encore à évaluer.

Pour ce qui est des connaissances taxonomiques actuelles, la "World Checklist of Orchidaceae" (Govaerts *et al.*, 2008) recense 25 370 espèces validement publiées. On découvre encore de nouvelles Orchidaceae au rythme de 200 à 300 espèces par an dans le monde (16 nouvelles espèces décrites en moyenne par an pour l'Afrique entre 1978 et 2002) et il ne semble exister aucun signe de déclin dans ces découvertes. Toutefois, ces additions seront très vraisemblablement tempérées lorsque la variabilité des espèces sera mieux connue au travers de révisions de genre et lorsque certains noms seront réduits en synonymie (Cribb & Govaerts, 2005).

³ <http://www.cites.org/fra/disc/species.shtml>

⁴ La **Liste rouge de l'IUCN** constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales. Elle s'appuie sur une série de critères précis pour évaluer le risque d'extinction de milliers d'espèces et de sous-espèces. Ces critères s'appliquent à toutes les espèces et à toutes les parties du monde (IUCN, 2007).

1.2.3.2 Origine et position systématique

En raison de l'absence presque totale de traces fossiles, on a cru jusqu'à très récemment qu'il s'agissait d'une famille encore très jeune (Chase, 2005). Toutefois, cette rareté des fossiles d'Orchidaceae s'expliquerait de par leur mode de vie et leur habitat: les plantes tropicales pourrissent rapidement et n'ont qu'une infime chance d'être fossilisées de même que celles qui croissent sur des pentes ou des terrains secs (Arditti, 1992). De plus, les graines minuscules se décomposent vite et le pollen, aggloméré en pollinies et transporté par les insectes, ne se retrouve pas aussi disséminé dans les couches géologiques que celui de la majorité des autres plantes (Delforge, 1994).

Bien que les mécanismes de pollinisation hautement spécialisés, l'épiphytisme et l'absence de fossiles indiquent une origine récente, leur distribution sur presque toute la surface du globe et leur placement basal dans l'ordre des Asparagales suggèrent un âge plus ancien (Ramirez *et al.*, 2007). Avec la découverte de pollen d'Orchidaceae transporté sur une abeille conservée dans de l'ambre datant du Myocène (15-20 MA), ce sont ces derniers auteurs qui, ont non seulement repoussé l'origine des Orchidaceae de plusieurs dizaines de millions d'années mais également donné la plus ancienne preuve de l'étroite interaction existant entre les insectes et cette famille. En utilisant l'âge et la position phylogénétique de ce fossile et celui d'autres Monocotylédones, ils ont estimé l'apparition du plus récent ancêtre commun aux Orchidaceae existantes actuellement à la fin du Crétacé (76–84 MA) (Figure 8a).

Les récentes classifications des Orchidaceae tenant compte des analyses de phylogénie moléculaire (Chase *et al.*, 1994; Cameron *et al.*, 1999; Chase *et al.*, 2003; Cameron, 2004; Freudenstein *et al.*, 2004) ont largement confirmé la classification établie par Dressler (1993), essentiellement basée sur la morphologie florale mais ont également produit certains changements importants dans la classification au sein de la famille. Ces résultats ont d'abord confirmé la monophylie de la famille des Orchidaceae. Ceci inclut les genres *Apostasia* Blume et *Neuwiedia* Blume déjà considérés par Dressler (1993) comme 2 sous-familles. Leurs membres présentent respectivement 2 et 3 étamines fertiles, partiellement fusionnées à la colonne. Ces groupes ont été plusieurs fois considérés comme des familles à part entière (Chase *et al.*, 2005). La sous-famille des Vanilloideae est ajoutée depuis, considérée comme un groupe difficile à classer par Dressler tandis que celle des Spiranthoideae considérée au départ comme sous-famille est incluse dans celle des Orchidoideae. Cinq sous-familles sont donc actuellement reconnues: Apostasioideae, Cypripedioideae, Vanilloideae, Orchidoideae et Epidendroideae (Figure 8b). La série *Genera Orchidacearum* (Pridgeon *et al.*, 1999, 2001, 2003, 2005) synthétise ces découvertes liées aux études de phylogénie moléculaire et présente un traitement générique complet au regard de ces nouvelles données. Deux ouvrages de cette série, traitant les Epidendroideae, ne sont pas encore publiés. Ces nouvelles méthodologies ont également permis de clarifier les limites entre les tribus et sous-tribus. Cependant, il reste encore beaucoup à faire pour ce qui est de la délimitation au sein des genres.

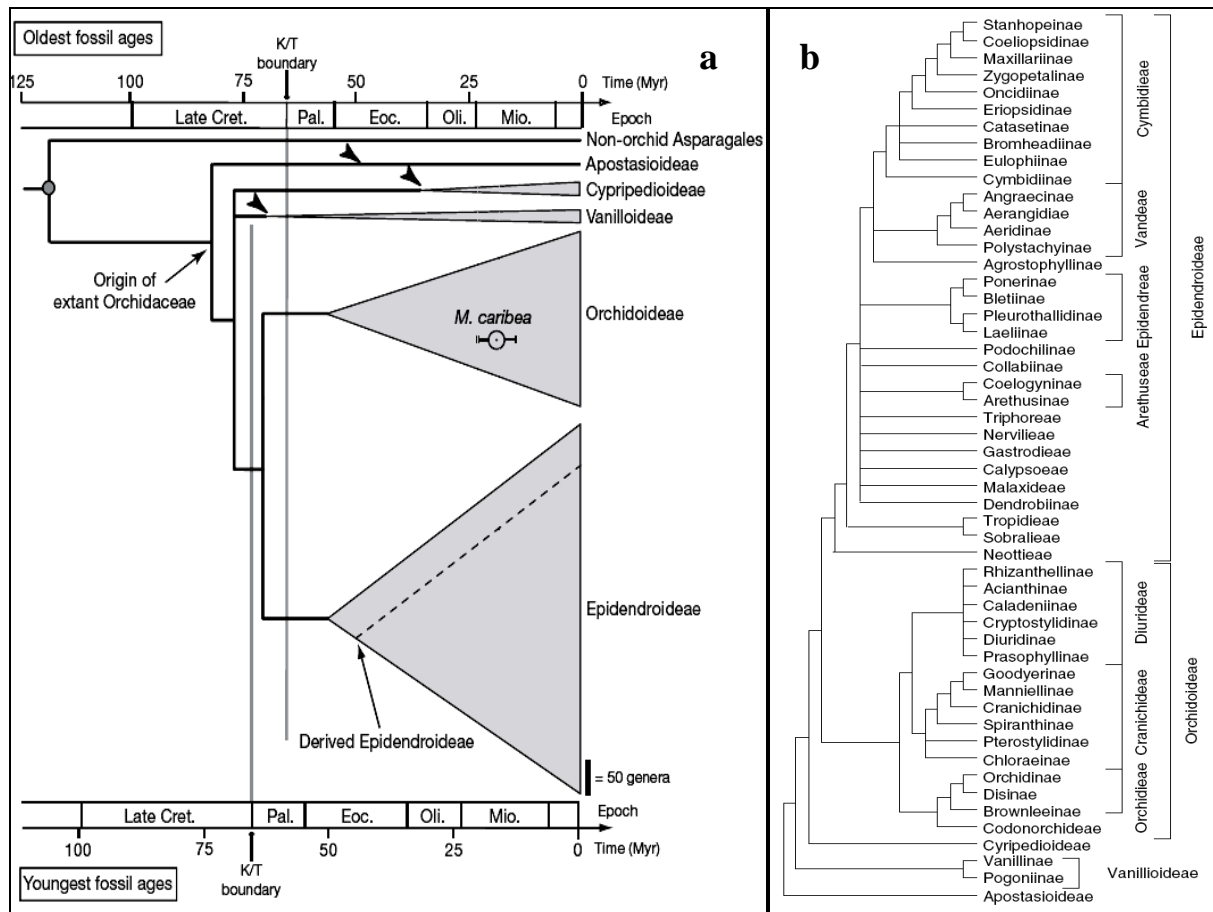


Figure 8. Origine des Orchidaceae et relations entre les sous-familles (-ideae), tribu (-eae) et sous-tribus (-ineae). A gauche, chronogramme de l'apparition des Orchidaceae au sein de l'ordre des Asparagales calibré en utilisant l'âge et la position phylogénétique de plusieurs fossiles (Ramirez *et al.*, 2007). La taille relative de chacun des clades est proportionnelle au nombre de genres décrits pour chaque sous-famille. La plus vieille et la plus jeune estimation de l'âge des fossiles ont été utilisées pour calculer les temps de divergence des Orchidaceae. Des fossiles n'appartenant pas aux Orchidaceae, ont été utilisés pour calibrer l'enracinement de l'arbre (nœud indiqué par un cercle plein). A droite, cladogramme résumant les relations au sein de la famille des Orchidaceae basé sur les différentes études de phylogénie moléculaire récemment publiées (Chase, 2005 d'après Chase *et al.*, 2003).

1.2.3.3 Morphologie

Le seul caractère partagé par toutes les Orchidaceae est leur premier stade de développement postgerminatoire (Figure 9), le protocorme, au cours duquel la plante établit le lien avec le champignon symbiotique qui apportera les métabolites nécessaires à son développement ultérieur (Chase, 2005).

Les Orchidaceae présentent des fleurs de type trimère. Par ailleurs, l'adaptation de la fleur aux insectes pollinisateurs a entraîné la différenciation (et parfois la réduction) de 2 pétales par rapport aux sépales. Le troisième pétale, encore appelé labelle, s'est fortement spécialisé et se distingue des 2 autres (Figure 10). On distingue classiquement deux parties, l'épichile qui est souvent utilisé comme surface d'atterrissage par les insectes et l'hypochile souvent en forme d'éperon. Le labelle est un des points clé de la relation de spécificité et de l'étroite co-évolution entre les Orchidaceae et leurs insectes pollinisateurs. Sa taille, sa forme et sa couleur variant ainsi beaucoup suivant le genre considéré et, dans une moindre mesure, suivant l'espèce. De nombreux moyens sont mis en œuvre pour attirer ou récompenser

l'insecte pollinisateur. Parmi les exemples les plus frappants on peut citer la pseudo-copulation, la présence d'un éperon nectarifère ou encore la production de pseudo-pollen.

Les parties sexuées, à l'exception de l'ovaire, sont partiellement (genre *Apostasia* et *Neuwiedia*) ou entièrement soudées en une colonne ou gynostème qui fait généralement face au labelle. La fleur des Orchidaceae présente une symétrie bilatérale dite zygomorphe. L'ovaire est infère. Une seule, 2 ou 3 étamines sont restées fertiles. Lors de l'ouverture de l'anthère, le pollen est le plus souvent réuni en 2 masses plus ou moins compactes et souvent arrondies, appelées pollinies. Pour la majorité des espèces, les pollinies sont reliées à une petite masse visqueuse du gynostème, le rétinacle ou viscidie, par un pied dénommé caudicule ou stipe. La consistance visqueuse du rétinacle lui permet de se coller au corps d'un insecte. Le pollen, qui lui est solidaire, peut être ainsi transporté d'une fleur à une autre. Le fruit est une capsule qui s'ouvre par 6 fentes (2 par carpelle). Il peut contenir jusqu'à plusieurs millions de graines, très petites et rudimentaires, dépourvues d'embryon proprement dit et de cotylédon (Dressler, 1993).

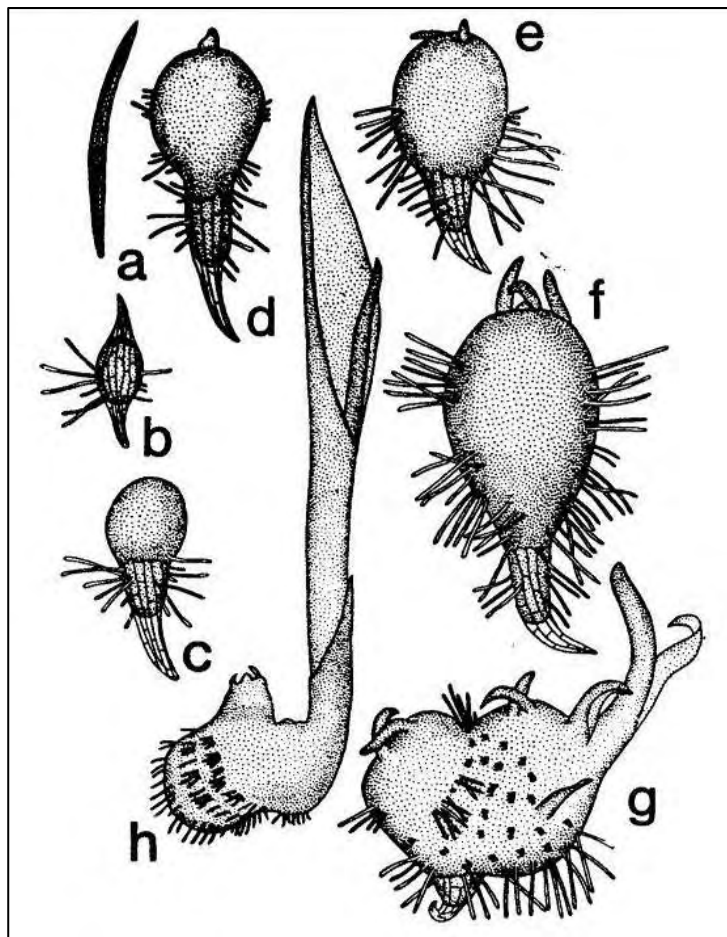


Figure 9. Différents stades de la germination d'une graine d'Orchidaceae (Wodrich, 1997). (a) Graine sèche; (b) embryon gonflé, portant quelques rhizoïdes; (c) jeune protocorme; (d) protocorme avec pousse à l'extrémité et rhizoïdes; (e) protocorme âgé de 6 mois; (f-h) différents stades de développement du protocorme et formation de pousses.

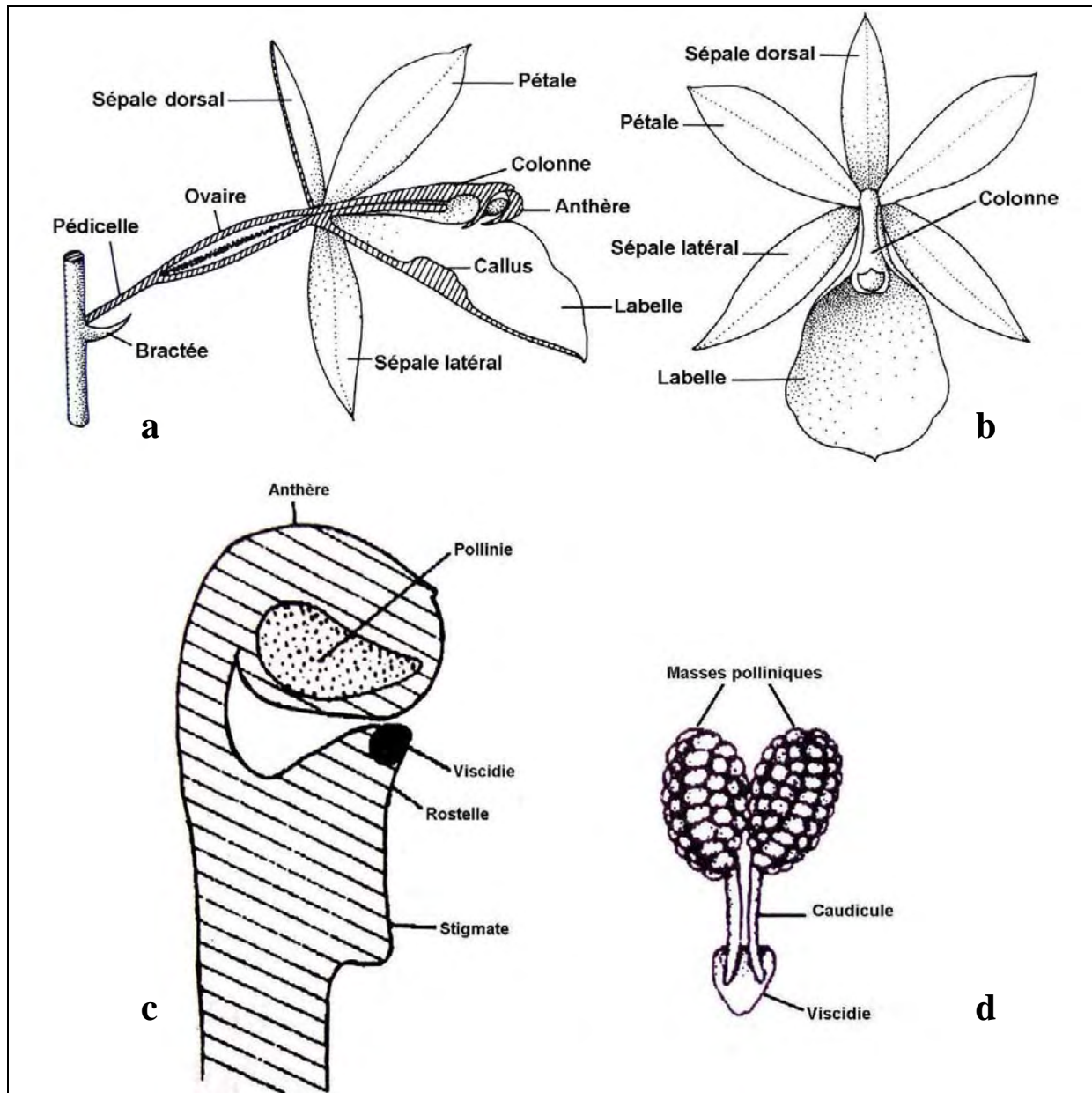


Figure 10. Structure de la fleur des Orchidaceae. (a) Vue latérale; (b) vue frontale; (c) détails du gynostème; (d) détails des pollinies. 'a' et 'b' modifiés d'après Dressler (1993), 'c' et 'd' d'après (Szlachetko & Olszewski, 1998b).

1.2.3.4 Répartition géographique

La famille des Orchidaceae est cosmopolite mais non ubiquiste. Certaines espèces dépassent 70° de latitude nord, atteignant le Cap Nord en Europe et le nord de l'Alaska en Amérique. Quelques grands genres, tel *Bulbophyllum* Thouars, peuvent être considérés comme circumterrestres et tropicaux. Il n'existe pas d'orchidée circumpolaire antarctique ni d'orchidée bipolaire. On relève la présence d'Orchidaceae dans presque tous les types de milieux, des rivages maritimes jusqu'aux très hautes altitudes. Enfin, les zones désertiques sont généralement très défavorables et il n'y a actuellement aucune Orchidaceae connue au Sahara (Bournérias, 1998).

La "World Checklist of Orchidaceae" (Govaerts *et al.*, 2008) recense pour l'Afrique continentale 1890 taxons répartis en 112 genres. Ceci ne représente que 7,3 % des 25 370 taxons décrits jusqu'à présent. Il n'existe pas encore d'atlas couvrant l'entièreté du continent mais le maximum de diversité pour les Orchidaceae se situe très vraisemblablement sous les tropiques. Par contre, le taux d'endémisme le plus élevé serait observé en Afrique du Sud (Cribb & Govaerts, 2005), comme c'est le cas pour de nombreuses autres familles.

Une grande partie des Orchidaceae connues du continent sont présentes en Afrique centrale atlantique. En effet, 602 taxons (31,8 %) et 66 genres (58,9 %) y sont représentés (Tableau 4). La proportion d'Orchidaceae par rapport à la flore totale des pays d'Afrique centrale atlantique varie de 1,9 à 15,4 %. Bien qu'on découvre encore de nouveaux taxons, les Orchidaceae d'Afrique centrale sont relativement bien connues et il existe maintenant de nombreuses flores ou publications qui recensent et permettent d'identifier la grande majorité des Orchidaceae de chaque pays.

Tableau 4. Flore totale et nombre de genres, d'espèces et de taxons d'Orchidaceae recensés en Afrique centrale atlantique. Les chiffres et statistiques pour les Orchidaceae proviennent de Govaerts *et al.* (2008), excepté (*) pour São Tomé & Príncipe et la Guinée Equatoriale qui sont renseignés par Stévant (2003).

	Flore totale ⁵	Orchidaceae			Pourcentage d'espèce par rapport à la Flore
		Genre	Espèce	Taxon	
Nigeria	4715	51	284	293	6 %
Cameroun	8260	58	389	412	4.7 %
République Centrafricaine	3602	41	167	169	4.6 %
São Tomé & Príncipe	895	/	138*	/	*15.4 %
Guinée Equatoriale	3250	33	258*	80	*7.9 %
Gabon	6651	55	269	283	4.0 %
Congo	6000	36	112	114	1.9 %
Afrique centrale atlantique	/	66	569	602	/

Lindley, dans son article 'West African Tropical Orchids' (1862), fut sans doute l'un des premiers botanistes à s'intéresser aux Orchidaceae d'Afrique centrale atlantique. Il y décrit 48 nouvelles espèces sur les 67 examinées. La première Flore d'Afrique tropicale traitant cette famille fut compilée par un autre botaniste anglais à la fin du 19^{ème} siècle (Rolfe, 1898). Deux botanistes allemands, Kraenzlin et Schlechter, ont également rédigé de nombreux articles sur les Orchidaceae d'Afrique, notamment sous l'intitulé 'Orchidaceae africanae'. En 1918, Schlechter propose une première classification des Orchidaceae angraecoïdes⁶ africaines, traduite en anglais (Katz & Simmons, 1986) et encore utile de nos jours. Summerhayes, qui succéda à Rolfe à Kew, a énormément fait progresser nos connaissances sur les Orchidaceae africaines. Entre 1927 et 1966, Il publie une série de 30 articles intitulée 'African orchids' (Redpath & Hunt, 1972) où il révisé et publie la majorité des espèces que nous connaissons actuellement. Il synthétisera par la suite une partie de son travail dans la partie de la 'Flora of West tropical Africa' consacrée au Orchidaceae (Summerhayes, 1968b).

⁵Groombridge & Jenkins (2002) in Scholes *et al.* (2006)

⁶ Les Orchidaceae angraecoïdes correspondent au sous-tribu Angraecinae *sensu lato* et font partis du tribu Vandaeae avec les Aeridinae et les Polystachyinae. Historiquement, les Orchidaceae monopodiales angraecoïdes faisaient référence à deux sous-tribus, les Angraecinae et les Aerangidinae, mais les données phylogénétiques récentes obtenues pour les Vandaeae ont amené à les considérer comme un seul sous-tribu (les Angraecinae *sensu lato*) (Carlsward *et al.*, 2006).

Enfin, dans les ouvrages qui ne traitent pas directement de notre zone d'étude mais qui peuvent être utiles pour l'identification des échantillons, on peut citer: la 'Flora of East Tropical Africa (Summerhayes, 1968a; Cribb, 1984, 1989), les deux tomes dédiés au Orchidaceae de la Flore d'Afrique centrale (Geerinck, 1984, 1992) et la Flore des Orchidaceae de la Côte d'Ivoire (Perez-Vera, 2003).

De nombreuses publications concernent directement chacun des pays de notre zone d'étude. Elles sont ci-dessous brièvement détaillées:

Nigeria

L'ouvrage le plus complet qui traite de la flore des Orchidaceae du Nigeria a été réalisé par Segerbäck (1983). L'auteur y décrit 104 espèces. Il indique que la Flore doit comprendre en réalité plus de 250 espèces terrestres et environ 200 espèces épiphytes. Le livre comporte également une checklist recensant 280 espèces avec leur distribution, partie nord ou partie sud, au Nigeria. Sanford qui a travaillé de nombreuses années sur les Orchidaceae d'Afrique centrale à l'Université d'Ibadan (Nigeria), a également publié plusieurs articles traitant des Orchidaceae de ce pays (Sanford 1968, 1969a, 1969b, 1970a & 1974).

Cameroun

De nombreux documents récents concernent la flore en Orchidaceae du Cameroun (Cribb, 1998; Cribb *et al.*, 2000; Bellone, 2001a, 2001b; Chiron & Guiard, 2001; Cribb & Pollard, 2004a; Pollard *et al.*, 2004; Simo, 2003; Droissart & Stévar, 2004; Droissart *et al.*, 2006; Simo, 2008) mais le principal ouvrage traitant cette famille a été publié sous forme de 3 volumes de la 'Flore du Cameroun' (Szlachetko & Olszewski 1998b, 2001a & 2001b). Les auteurs y recensent 360 espèces réparties en 62 genres. Ils citent également 153 espèces "à rechercher au Cameroun", preuve que le travail d'inventaire des Orchidaceae n'y est pas encore achevé. Un article sur la conservation de ses Orchidaceae a été publié par Sanford (1970b). En plus des 65 taxons nouveaux décrits dans la Flore du Cameroun, plusieurs espèces nouvelles et un genre y ont été décrits au cours des 30 dernières années (Van der Laan & Cribb, 1986; Cribb, 1996; Bellone, 2001c; Chiron, 2001; Bellone & Chiron, 2002; Cribb & Pollard, 2002, 2004b; Salazar *et al.*, 2002).

République Centrafricaine

Très peu de publications concernent les Orchidaceae de ce pays. Cribb & Fay (1987) ont publié une checklist provisoire signalant la présence de 130 espèces appartenant à 39 genres. Une nouvelle espèce du genre *Aerangis* y a été récemment décrite (Chiron *et al.*, 1998).

São Tomé & Príncipe

La flore de l'archipel a été longuement étudiée par Exell (1944, 1973) mais les travaux traitant spécifiquement de la flore des Orchidaceae des deux îles sont récents (la Croix & Brune, 1996; Stévar, 1998; Stévar *et al.*, 2000; Stévar & Geerinck, 2001). Ils ont notamment abouti à la publication d'un guide des Orchidaceae (Stévar & de Oliveira, 2001). La description de plusieurs nouvelles espèces découle également des inventaires récemment menés sur les deux îles (Cribb *et al.*, 1999; Stévar & Geerinck, 2000; Stévar & Cribb, 2004a et b).

Guinée Equatoriale (Rio Muni, Bioko & Annobón)

Peu de travaux ont été publiés sur les Orchidaceae de Guinée Equatoriale et l'on ne dispose actuellement que de checklists provisoires (Sanford, 1971; Olszewski & Szlachetko, 1997; Aedo *et al.*, 1999). Stévert (2003) recense 258 espèces pour le Rio Muni, Bioko et Annobón alors que la checklist on-line de Govaerts *et al.* (2008) ne signale que 77 espèces pour le Rio Muni. Les Orchidaceae du Rio Muni ont également été brièvement décrites par Stévert & Lejoly (2001) et Stévert *et al.* (2001). Deux nouvelles espèces ont été récemment décrites par Stévert *et al.* (2007).

Gabon

Les Orchidaceae du Gabon ont été traitées dans 2 volumes de la 'Flore du Gabon' (Szlachetko *et al.*, 2004a, 2004b). Cette famille a également été revue dans la récente checklist des plantes vasculaires du Gabon (Sosef *et al.*, 2006). Stévert & Droissart (2006) ont analysé et signalé la présence de 73 espèces d'Orchidaceae dans le complexe de Gamba. Quelques espèces nouvelles et un nouveau genre ont été décrits récemment (Cribb *et al.*, 1989; Szlachetko & Olszewski, 1998a; Szlachetko *et al.*, 2005). Quelques espèces remarquables ont été étudiées et illustrées par Biteau *et al.* (2001).

République du Congo

Il n'existe actuellement aucune flore traitant exclusivement des Orchidaceae de la République de Congo et seules quelques études y sont consacrées. Sita & Moutsambote (1988) recensent 104 espèces et 33 genres dans le catalogue des plantes vasculaires de ce pays. Lejoly & Lisowski (non publié) signalent la présence de 25 espèces et 14 genres dans le Parc National d'Odzala. La Croix (1996) recense 40 taxons différents récoltés au Col de Bamba, à Fougouti et à Dimonika mais indique que de nombreuses plantes stériles n'ont pu être identifiées. Récemment, deux espèces des genres *Zeuxine* et *Habenaria* ont été décrites respectivement par Geerinck & Lejoly (1997) et la Croix (1993).

2. Objectifs du travail



Bulbophyllum alinae Szlach.

2. OBJECTIFS DU TRAVAIL

L'objectif général du présent travail est l'étude phytogéographique de la famille des Orchidaceae à l'échelle de l'Afrique centrale atlantique (ACA). L'étude se fixe pour objectifs spécifiques: (i) identifier les Orchidaceae endémiques d'ACA et documenter leur distribution (point 4.1), (ii) tester des méthodes d'analyse récemment mises en place pour résoudre les problèmes d'échantillonnage fréquemment rencontrés lors de l'étude portant sur des plantes rares et utilisant des données d'herbiers (point 4.2) et (iii) effectuer la première étude biogéographique basée sur des taxons endémiques à l'échelle de l'ACA en utilisant les données et les méthodes des points 4.1 et 4.2 (point 4.3).

L'originalité de la présente étude tient également au fait que, pour analyser les patrons d'endémisme en Afrique centrale, elle utilise la famille des Orchidaceae dont le principal mode de vie est l'épiphytisme (60-80 % des Orchidaceae en Afrique centrale) et le type de dissémination l'anémochorie.

Concrètement, ce travail a été divisé en trois phases disposant chacune de leurs objectifs spécifiques:

1° Contribution à la connaissance taxonomique et floristique des Orchidaceae d'Afrique centrale atlantique: quels sont les taxons endémiques de l'ACA ?

La famille des Orchidaceae est l'une des plus diversifiées du règne végétal. En ACA, elle compte 602 taxons répartis en 66 genres (Govaerts *et al.*, 2008). La plupart des Flores des pays concernés par notre étude ayant été publiées, la connaissance des taxons présents en ACA est déjà bien avancée. Cependant, pour répondre à la question abordée dans ce premier point, de nombreuses lacunes taxonomiques méritaient d'être élucidées.

Dans un premier temps, nous avons élaboré une liste préliminaire des taxons endémiques d'ACA. Pour vérifier le statut taxonomique et la distribution de chacun des taxons identifiés comme endémiques de notre zone d'étude, nous avons regroupé la bibliographie existante et examiné tous les spécimens présents dans les principaux herbaria européens (BM, BR, BRLU, K, P et WAG). Ce jeu de données a également été complété par des inventaires effectués au Cameroun et un examen des spécimens de l'Herbier National du Cameroun (YA). Les données ainsi récoltées ont été synthétisées au travers de cinq articles et trois autres contributions. Ceux-ci concernent essentiellement les révisions taxonomiques de deux genres, la description de sept nouveaux taxons, deux synthèses floristiques et plusieurs nouvelles signalisations pour l'ACA.

Ce n'est qu'après la synthèse des données provenant de la littérature, des herbaria et du terrain que nous avons pu établir la liste des taxons endémiques d'ACA qui a servi à la suite de notre étude biogéographique.

2° Contribution méthodologique pour l'étude de la distribution des plantes rares: comment diminuer les biais d'échantillonnage liés à l'utilisation d'herbiers et peut-on combler le manque de données dans certaines régions ?

La plupart des taxons endémiques étudiés dans ce travail peuvent être considérés comme rares (Gaston, 1994) car ils présentent une distribution restreinte et/ou sont connus

de peu d'échantillons. De plus, l'hétérogénéité de l'échantillonnage rend l'étude de leur distribution difficile. Cette partie méthodologique de notre travail est présentée sous forme de trois articles qui visent à corriger ces biais et à combler ces lacunes d'échantillonnage:

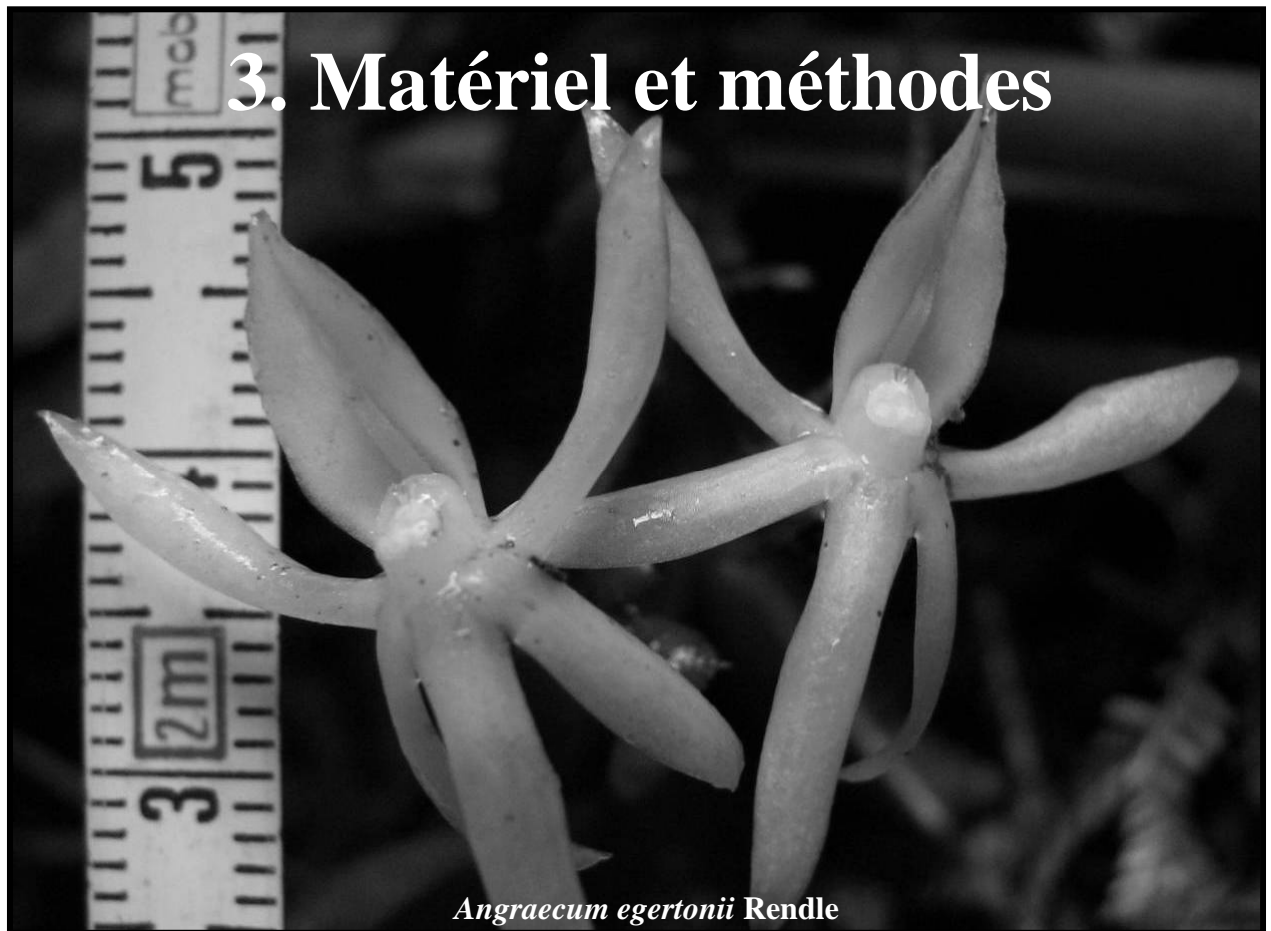
- (1) Utilisation d'une méthode de raréfaction des données pour standardiser l'échantillonnage. Elle nous a permis d'étudier les patrons de diversité des Orchidaceae et des Rubiaceae à l'échelle du Cameroun et d'examiner comment l'échantillonnage influence notre perception des patrons de diversité.
- (2) Analyse de la pertinence de l'utilisation des Orchidaceae pour l'étude des patrons d'endémisme en ACA. Cette analyse qui utilise également les méthodes de raréfaction des données, a été initiée pour comparer les patrons d'endémisme des Orchidaceae et des Rubiaceae à l'échelle du Cameroun. Elle nous a permis d'analyser dans quelle mesure les modes de vie et de dissémination très différents observés entre ces deux familles influencent leur distribution.
- (3) Application des méthodes de distribution potentielle des espèces à une Orchidaceae largement distribuée mais connue de très peu d'échantillons. Cette première application sur une Orchidaceae africaine nous a permis d'évaluer l'apport et la fiabilité de ces méthodes pour combler le manque de données liées aux zones sous inventoriées.

3° Etude phytogéographique de la famille des Orchidaceae à l'échelle de l'Afrique centrale atlantique (ACA): quels sont les patrons d'endémisme des Orchidaceae en ACA ?

Dans ce dernier point, nous présentons une analyse biogéographique des Orchidaceae d'ACA. Stévant (2003) a émis l'hypothèse que les Orchidaceae épiphytes étaient de bons marqueurs chorologiques et que leur distribution était liée aux conditions climatiques actuelles. A la suite de Stévant (*op. cit.*), notre étude veut identifier les patrons d'endémisme de cette famille sur l'ensemble de l'ACA et comparer ces résultats avec ceux d'autres familles. Ce troisième point a été divisé en quatre étapes:

- (1) Délimitation des centres d'endémisme à partir des données brutes et rééchantillonnées.
- (2) Délimitation des aires d'endémisme à partir d'une analyse de similarité et d'une analyse visuelle des données de distribution qui a abouti à une carte des territoires phytogéographiques d'ACA sur base des Orchidaceae endémiques de cette région.
- (3) Etude des relations entre les territoires phytogéographiques identifiés en utilisant une méthode cladistique qui groupe les territoires en fonction des taxons qu'ils partagent. Cette méthodologie a également été appliquée en utilisant nos données de distribution et les territoires phytogéographiques identifiés avec d'autres indicateurs biogéographiques.
- (4) Utilisation de la distribution potentielle pour délimiter les centres et les aires d'endémisme. L'utilisation de cette méthodologie s'appuie sur l'hypothèse des îlots écologiques climatiquement stables pour expliquer la répartition actuelle de l'endémisme en Afrique tropicale. Si les aires de distribution des taxons étudiés peuvent s'expliquer par des facteurs environnementaux mesurables, les aires d'occurrence potentielles peuvent permettre de pallier au manque d'inventaires observé pour certaines zones.

3. Matériel et méthodes



Angraecum egertonii Rendle

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Acquisition et gestion des données

3.1.1 Littérature et herbaria

Les données floristiques utilisées pour l'élaboration de la liste préliminaire des espèces endémiques d'Afrique centrale atlantique proviennent de la "World Checklist of Orchidaceae" (Govaerts *et al.*, 2008). Afin de vérifier le statut taxonomique de chacun des taxons provenant de cette liste, nous avons regroupé dans un classeur la bibliographie existante se rapportant à ces taxons, constituée au minimum du protologue de ces taxons. Nous avons ensuite examiné tous les spécimens de ces espèces présents dans les principaux herbaria européens (acronymes des herbaria cités d'après Holmgren & Holmgren, 1998): Bruxelles (BR & BRLU), Londres (K & BM), Paris (P), Wageningen (WAG). Enfin, nous avons aussi consulté la collection de l'Herbier National du Cameroun (YA). Des photos de détails ont été faites sur les types observés ainsi que sur plusieurs échantillons. Certains types non présents dans les herbaria mentionnés ont été visionnés grâce à la bibliothèque numérique de ressources scientifiques Aluka (<http://www.aluka.org/>). La comparaison des spécimens avec ces types nomenclaturaux nous a permis de les identifier dans la plupart des cas, et basé sur ces échantillons et nos nouvelles récoltes, nous avons pu définir ceux qui sont réellement endémiques de l'ACA (point 4.1.3).

3.1.2 Sites inventoriés au Cameroun

Entre février 2004 et janvier 2008, quatre séjours représentant un total de 13 mois ont été réalisés au Cameroun. Au cours de ces séjours 25 missions, 184 relevés de taille variable (méthodologie selon Stévant 2003) et 12 relevés permanents d'un hectare chacun ont été réalisés sur un total de 138 jours de terrain (Tableau 5). De nombreux scientifiques belges et camerounais ainsi qu'une trentaine de personnes habitant les localités prospectées au Cameroun ont été impliqués dans les travaux d'inventaires floristiques. Les personnes qui nous ont assisté lors de ces travaux d'inventaires floristiques et lors des récoltes dans l'ombrière (point 3.1.3) sont: le Dr. Tariq Stévant, le Prof. Bonaventure Sonké, le Dr Charlemagne Nguembou K., Murielle Simo, Denis Beina, Christelle Gonmadje, Marie-Noël Djuikouo K., Olivier Séné, Placède Simo et Hermann Taedoung. Les herbiers récoltés dans le cadre de ces inventaires au Cameroun ont principalement été déposés à BRLU et YA.

Tableau 5. Détails et dates des missions de terrains effectués au Cameroun dans le cadre de ce travail.

Provinces	Localités	Nbre de jour (Nbre de mission)	Périodes
Centre	Nkolakié	4 (1)	03/2004
	Nyemeyong	17 (3)	05 & 07/2006; 03/2007
Sud	Akom II	26 (5)	03/2004; 05 & 06/2006; 04 & 06/2007
	Bidjouka	8 (1)	06/2006
	Bifa	18 (3)	08/2006; 04 & 06/2007
	Bindem	18 (3)	08/2006; 05 & 07/2007
	Eboundja	7 (2)	07/2006; 08/2007
	Memel II	5 (1)	02-03/2004
	Nkolembonda	19 (3)	07/2006; 05 & 07/2007
	Nkoltsia	4 (1)	03/2007
Sud-ouest	Babubok	5 (1)	01-02/2008
	Buea	2 (1)	12/2007
	Nguti	5 (1)	03/2004

Les inventaires réalisés au Cameroun ont principalement été concentrés dans trois zones principales (Figure 11):

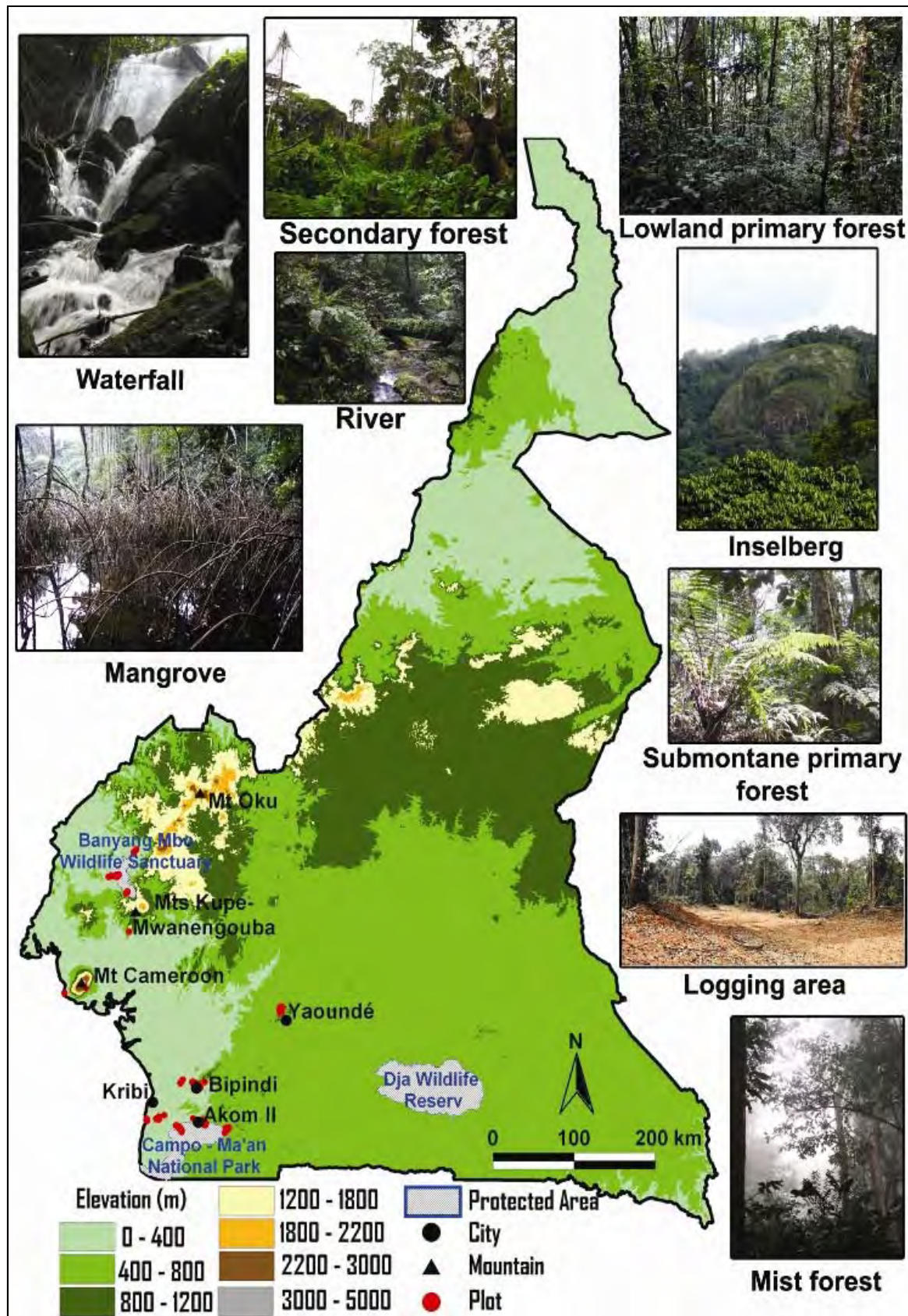


Figure 11. Carte topographique du Cameroun avec la localisation de l'ensemble des relevés effectués dans le cadre de cette thèse. Les photos donnent un aperçu de la diversité des sites et types de végétation inventoriés.

Le Sanctuaire de faune de Banyang Mbo (Province du Sud-ouest)

Les inventaires réalisés dans cette réserve reconnue par l'UICN (catégorie VI) et gérée par la Wildlife Conservation Society⁷ (WCS) jusqu'en 2006 ont été effectués au cours de deux missions de cinq jours chacune (Figure 12). Ils font suite à un travail préliminaire qui a permis l'identification de 93 taxons d'Orchidaceae dans la réserve (Simo, 2003). Cette dernière couvre une superficie de 691 km² (WDPA Consortium, 2007).

Le climat du Sanctuaire de faune de Banyang Mbo est de type tropical humide et subit un régime pluviométrique unimodal, caractérisé par une courte saison sèche (novembre à février) et une longue saison des pluies (mars à octobre). Les précipitations moyennes annuelles atteignent par endroit 3500 mm d'eau et la température moyenne annuelle varie de 24 °C à 200 m d'altitude à 16 °C au sommet des reliefs situés dans le sud du Sanctuaire (Tchanou, 1998). Le point culminant de la réserve s'élève à un peu plus de 1800 m.

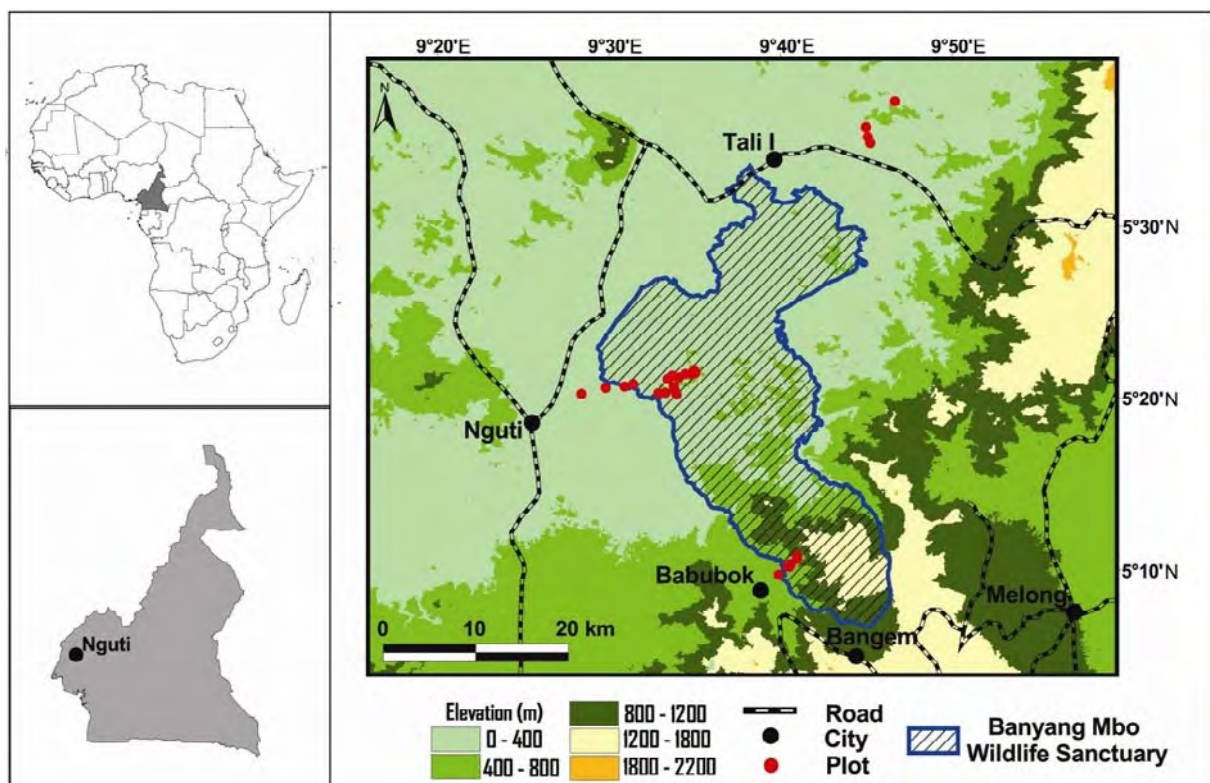


Figure 12. Carte situant 17 relevés effectués aux abords ou dans le Sanctuaire de faune de Banyang Mbo (Province du Sud-ouest, Cameroun).

Le Sanctuaire de faune de Banyang Mbo est recouvert d'une mosaïque de différents types de végétation (Letouzey, 1985). La majeure partie au centre et au nord est occupée par la forêt atlantique à *Caesalpinioideae*. Au sud, on rencontre la forêt atlantique à *Caesalpinioideae* rares avec des éléments de forêt semi-caducifoliée entre 500 et 800 m. Sur les reliefs situés au dessus de 1000 m, on rencontre une forêt avec des éléments typiquement submontagnards. Enfin, autour des points d'occupation humaine on retrouve le faciès de dégradation prononcée des forêts sempervirentes.

7

<http://wcs.org/>

Le massif de Mbam Minkom (Province du Centre)

Quatre missions d'une durée de 21 jours ont été réalisées dans le massif de Mbam Minkom (Figure 13). Il s'agit d'un ensemble de plusieurs collines situées à environ 20 km au nord ouest de Yaoundé. Le massif de Mbam Minkom couvre une superficie d'environ 100 km² et est le point culminant de la Province du Centre. Il constitue très vraisemblablement un des derniers endroits de cette Province où l'on peut observer des poches de forêt primaire à affinité submontagnarde. Le site ne jouit néanmoins d'aucun statut de conservation et ce malgré une pression anthropique croissante. La Flore des Orchidaceae du Cameroun (Szlachetko & Olszewski 1998b, 2001a & 2001b) y recensait seulement 8 taxons d'Orchidaceae.

Le climat des environs de Yaoundé est de type subéquatorial et subit un régime pluviométrique bimodal, caractérisé par quatre saisons. Une grande saison sèche s'étend de novembre à mars et une petite saison sèche se produit entre juillet et août. Le reste de l'année est occupé par deux saisons des pluies. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1500 mm d'eau et la température moyenne annuelle est de 22 °C (Achoundong & Tchanou, 1998). L'altitude varie de 600 à 1295 m.

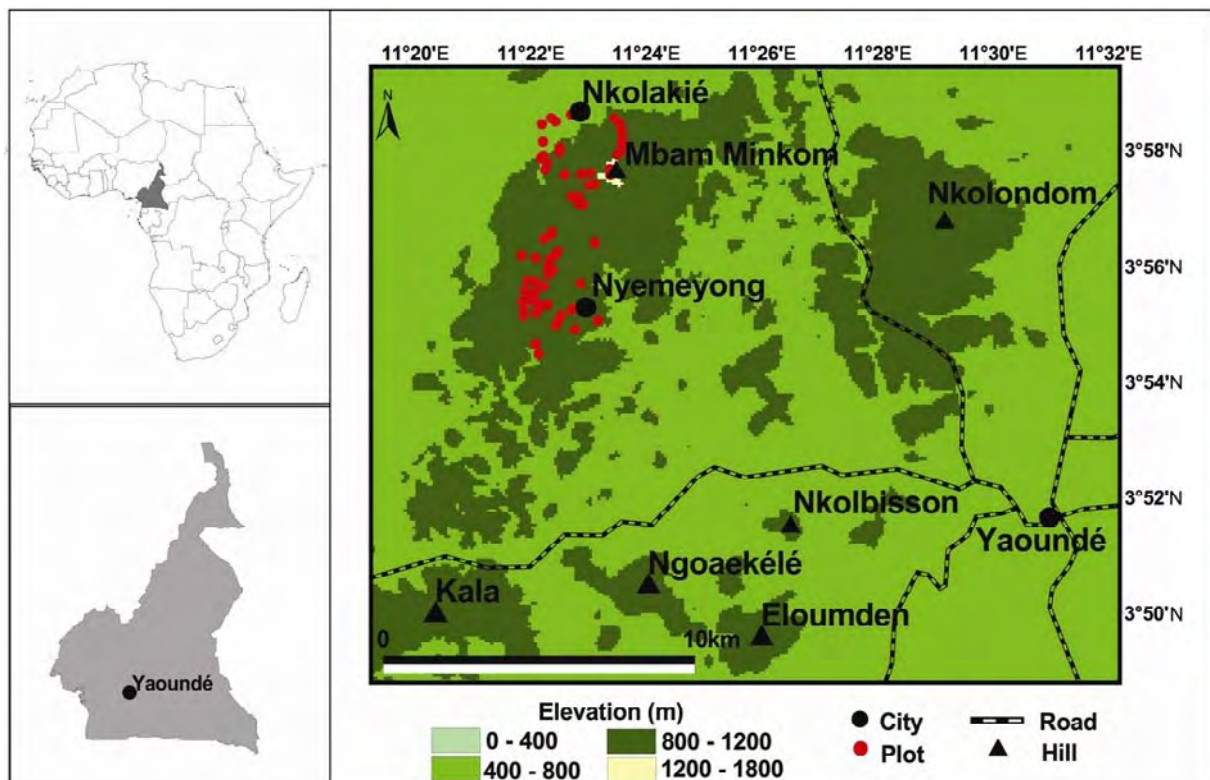


Figure 13. Carte situant les 51 relevés effectués dans le massif de Mbam Minkom (Province du Centre, Cameroun).

La végétation est caractérisée par la forêt dense humide semi-caducifoliée (Letouzey, 1968). Plus récemment, Achoundong (1996) et Noumi (1998) ont montré qu'à partir de 800 à 1000 m d'altitude, le passage aux forêts sommitales est marqué au Mbam-Minkom par la présence d'espèces de transition. La plus représentative à cet égard est *Garcinia lucida* Vesque qui caractérise la végétation de cette localité aux environs de 1000 m. On note également la présence de plusieurs affleurements rocheux (inselbergs) présentant une végétation typique et particulière, souvent très riche en Orchidaceae.

La région de Campo-Ma'an: les forêts littorales, le massif de Ngovayang et les collines d'Akom II (Province du Sud)

Dans le cadre de ce travail, la majeure partie des inventaires ont été réalisés dans la zone qui borde le Parc National de Campo-Ma'an (catégorie II, UICN) et qui couvre une superficie d'environ 5000 km². Nous y avons effectué 19 missions dans huit localités différentes sur un total de 105 jours (Figure 14). Douze relevés permanents d'un hectare chacun ont été délimités le long d'un transect d'approximativement 100 km de longueur et suivant une direction perpendiculaire à la côte. L'orientation et la position du transect ont été choisies afin d'étudier la variation de la richesse spécifique et l'endémisme le long d'un gradient d'altitude et de continentalité. Les relevés permanents sont autant que possible restreints à des zones de végétation homogène.

Le climat de la région du massif de Ngovayang et des collines d'Akom II est de type équatorial humide et subit un régime pluviométrique bimodal, caractérisé par quatre saisons. Une grande saison sèche s'étend de décembre à mars et une petite saison sèche se produit entre juin et août. Le reste de l'année est occupé par deux saisons des pluies. Les précipitations moyennes annuelles sont de 2000 mm d'eau et la température moyenne annuelle est de 25 °C (Ibrahima *et al.*, 2002).

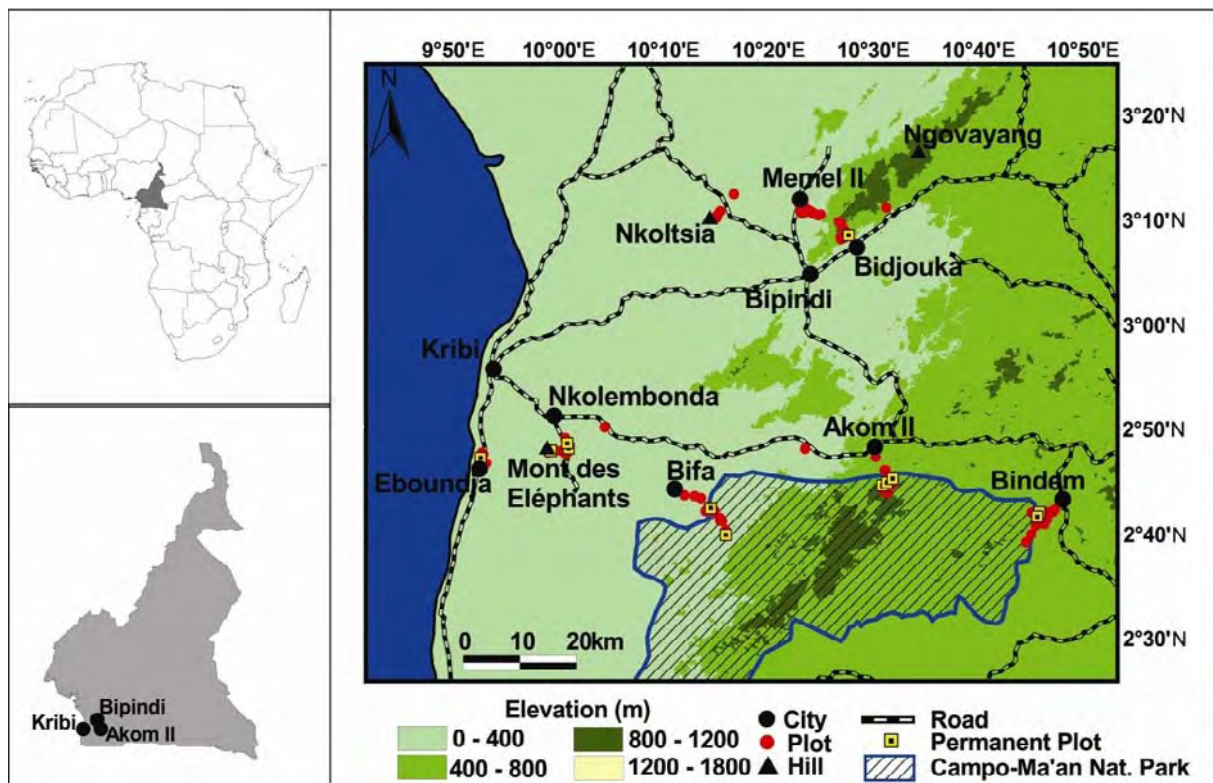


Figure 14. Carte situant les 116 relevés réalisés dans la Province du Sud au Cameroun. Les 12 relevés permanents d'un hectare ainsi que les limites du Parc National de Campo-Ma'an sont également indiqués.

La végétation est caractéristique de la forêt humide tropicale dense riche en Caesalpinioideae. Plusieurs poches de végétation submontagnarde sont également observées au sommet du Mont des Eléphants (20 km de l'océan et 450 m d'altitude), entre 800 et 1200 m dans le massif de Ngovayang et sur les reliefs près d'Akom II. L'étude de Tchouto (2004) a permis de mettre en évidence la présence de plus d'une dizaine de types de végétation distincts et d'une flore riche de 155 familles, 851 genres et 2297 espèces. Parmi ceux-ci, 540 et 1123 sont respectivement endémiques du domaine bas-guinéen et de la région guinéo-congolaise. Cinquante-quatre espèces d'Orchidaceae y sont identifiées.

3.1.3 L'ombrière à Orchidaceae de Yaoundé

Une grande partie des données utilisées dans ce travail a été récoltée via un réseau de 8 ombrières dont cinq sont encore en activité actuellement (Figure 15). En effet, la diversité importante des Orchidaceae rend généralement impossible l'identification des échantillons sans l'observation des fleurs. Afin de résoudre ce problème, nous avons utilisé la méthodologie de mise en culture des Orchidaceae sous ombrière développée en Afrique centrale par Stévar (2003). Celle-ci permet l'identification des plantes rencontrées stériles sur le terrain. Cette méthodologie est de toute évidence plus longue et fastidieuse que la simple récolte d'échantillons sur le terrain. Toutefois, elle présente l'avantage qu'au bout du compte la liste des espèces inventoriées est plus complète que celle obtenue à partir des récoltes classiques où les espèces stériles et donc indéterminées sont nombreuses. Afin d'être suspendues dans l'ombrière, les orchidées sont "fixées" au moyen d'un caillou sur des planches en bois carrées et numérotées individuellement (Figure 15). Cet identifiant unique permet de relier chaque échantillon à une localité de récolte précise ainsi qu'à toutes les informations collectées lors des missions de terrain et encodées dans la base de données. La construction d'une ombrière à orchidées ainsi que la méthodologie de récolte, de mise en culture et l'entretien des orchidées en Afrique centrale ont été détaillés par Stévar (2003) et un manuel est disponible sur internet (<http://www.geocities.com/tstevart/Methodologie.pdf>).

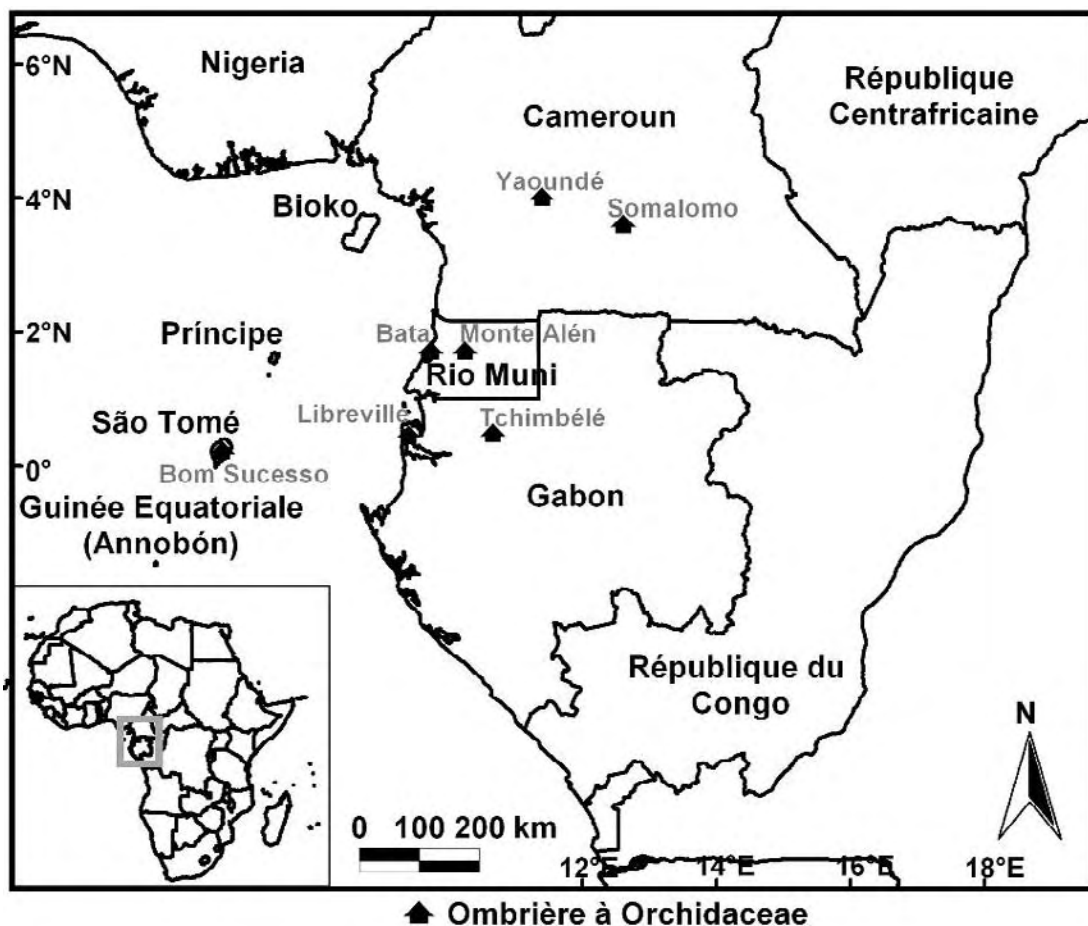


Figure 15. Réseau d'ombrières construites en ACA et dans lesquelles a été récoltée une grande partie des échantillons d'herbier utilisés pour ce travail. Plus de 11 000 échantillons vivants d'Orchidaceae ont été mis en culture dans ces ombrières. Deux ombrières sont présentes à Libreville.

Dans le cadre de ce travail, une ombrière de 100 m² a été construite à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé en 2004 (Figure 16). Cette ombrière compte à ce jour environ 2500 échantillons provenant du sud (massif de Ngovayang et d'Akom II), du sud-ouest (sanctuaire de Banyang Mbo), du centre (massif de Mbam-Minkom) et de l'est (réserve du Dja) du Cameroun. Les échantillons du Dja ont été transférés d'une ombrière construite en bordure de la réserve. Ils ont été récoltés par Stévant (2003) et nous les avons ramené à Yaoundé pour centraliser la collection d'Orchidaceae du Cameroun.



Figure 16. Ombrière à Orchidaceae construite à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé au Cameroun. Près de 2500 échantillons vivants y sont cultivés sur une surface d'environ 100 m². Les photos du bas montrent comment les plantes y sont numérotées et mises en culture.

3.1.4 La base de données relationnelle

Les données obtenues sur le terrain, dans la littérature ou grâce aux herbiers, sont encodées dans une base de données relationnelle élaborée dans Microsoft Access par Stévant (2003). Cette base de données fait le lien entre les relevés, les plantes cultivées et les herbiers. Une des tables de la base de données contient le listing des taxons endémiques d'Afrique centrale atlantique et pour chacun de ceux-ci, des données concernant leur distribution (géographique et altitudinale), leur écologie (habitat et période de floraison) ainsi que les herbiers s'y rapportant. Cette base de données permet par la suite d'obtenir des checklists, des tables ou des matrices qui servent à l'analyse des résultats.

3.2 Système d'Information Géographique (SIG)

3.2.1 Cartographie

Les cartes produites pour ce travail sont réalisées avec le programme Arcview 3.3 ®. Les cartes de distribution potentielle produites avec Maxent (point 3.3.2.) sont importées dans Arcview 3.3 ® au format ASCII pour être mises en forme et légendées dans un "layout". Les extensions suivantes ont également été utilisées pour l'analyse des résultats et lors de l'élaboration des cartes:

"ET vectorGrid 2.0."

Cette extension permet de créer des "shapefiles" qui sont des grilles dont on peut choisir la taille des mailles. On choisit également la position et la surface totale du maillage. Un code est attribué à chacune des mailles pour permettre de connaître leur position en abscisses et en ordonnées.

"Mila Utilities 3.2."

Cette extension a été utilisée pour les calculs de richesse spécifique lorsqu'un maillage est appliqué sur une carte de distribution des espèces.

"Graticules and Measured Grids"

Cette extension permet de géoréférencer une vue dans un layout en ajoutant en abscisses et en ordonnées les valeurs de longitude et latitude.

"Geoprocessing, Grid PIG tools et Xtools"

Ces extensions possèdent différentes fonctions qui permettent de créer, d'éditer, de recadrer, ou d'extraire certaines valeurs des "shapefiles" et des "grids".

"Endemicity tools"

Cette extension permet de calculer 3 indices d'endémisme souvent appliqués dans la littérature: "Weighted Endemism index", "Corrected Weighted Endemism index" et "Threshold Endemism index". Le "Weighted Endemism index" (point 5.2.2) (Williams, 1996; Linder, 2001) est calculé en sommant, pour chaque maille, l'inverse du nombre de mailles dans lesquelles est distribuée chacune des espèces présentes dans la maille considérée. Les taxons à distribution restreinte contribuent donc plus à la valeur de l'indice calculé que les taxons à large distribution.

3.2.2 Géoréférencement

Les échantillons d'herbier encodés dans la base de données ont été géoréférencés dans un SIG pour les analyses ou la production de cartes. Plusieurs échantillons possédaient déjà des coordonnées géographiques alors que d'autres ne présentaient qu'une localité de récolte. Ces derniers ont été géoréférencés au moyen de gazetteer⁸ ou de carte numérisées. Enfin, un indice de précision a été attribué à chacun des échantillons aux fins de sélectionner uniquement ceux dont la résolution était suffisante pour l'analyse ou la carte à réaliser. Les herbiers sans localisation fixe dans le pays de récolte n'ont pas été utilisés pour les cartes de distribution.

En vue des différentes analyses, chacun de ces échantillons a été catégorisés parmi quatre niveaux de précision:

- 1 = Précision inférieure à 100 m, représente généralement des herbiers récemment récoltés et dont la position a été mesurée au moyen d'un GPS.
- 2 = Précision inférieure à 1 km, représente généralement des herbiers dont la référence indiquait une localité précise, très souvent avec une altitude.
- 3 = Précision inférieure à 10 km, représente généralement des points avec une localité sans altitude retrouvée dans un gazetteer.
- 4 = Précision supérieure à 10 km, représente des points avec une localité peu précise. Ces points n'ont été utilisés que pour mesurer la diversité et l'échantillonnage à large échelle (maille de 1 degré).

Suivant cette catégorisation, 454 herbiers ont été géoréférencés avec une précision inférieure à 100 m, 511 avec une précision inférieure à 1 km, 521 avec une précision inférieure à 10 km et 145 avec une précision supérieure à 10 km. Seul les échantillons géoréférencés avec une précision inférieure à 10 km (catégories 1 à 3, 1486 herbiers) ont été utilisés pour l'analyse de distribution potentielle (point 3.3.2).

3.3 Correction et réduction des biais liés à l'échantillonnage

3.3.1 Le rééchantillonnage des données (raréfaction) – BiodivR

Plusieurs analyses des résultats de la présente étude ont été réalisées au moyen du logiciel *BiodivR* (Hardy, 2007). Ce programme est destiné à caractériser la diversité spécifique d'une unité d'échantillonnage définie (par exemple les mailles d'un "grid") ou à calculer la similarité floristique entre ces unités d'échantillonnage en utilisant une procédure de rééchantillonnage (raréfaction) des données. Les indices calculés par ce programme sont plus amplement détaillés dans la méthodologie de l'article au point 4.2.1.

⁸ <http://earth-info.nga.mil/gns/html/>
<http://www.world-gazetteer.com/>
<http://www.geonames.org/>
<http://www.earthsearch.net/>

3.3.2 La distribution potentielle des espèces – Maxent

La modélisation de la distribution potentielle d'une espèce est devenue possible grâce à la numérisation et la mise à disposition de cartes mesurant différents paramètres de l'environnement (pluviosité, température, altitude, ...). De nombreuses méthodes ont été proposées dans la littérature pour modéliser la distribution des espèces. Plusieurs études comparant l'efficacité de ces méthodes sont disponibles dans la littérature (Elith *et al.*, 2006; Hernandez *et al.*, 2006, 2008; Wisz *et al.*, 2008). Il ressort de ces articles comparatifs que dans le cas de jeux de données faibles et utilisant uniquement des données de présence, Maxent est un outil récent qui donne de meilleurs résultats que les autres méthodes alternatives.

Maxent est un logiciel rapide et d'utilisation simple qui, contrairement à d'autres méthodes, utilise une approche mathématique concise et clairement définie (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudík, 2008). Il utilise une approche statistique appelée entropie maximum pour faire des prévisions à partir des données incomplètes. L'algorithme de Maxent estime la distribution la plus uniforme/étendue (entropie maximum) des points d'occurrence au sein de la zone d'étude en tenant compte de la contrainte que la valeur prévue de chaque variable environnementale sous cette distribution estimée apparie sa moyenne empirique générée à partir des valeurs environnementales associées aux observations réelles de l'espèce.

Maxent pèse chaque variable environnementale par une constante. La distribution de probabilité est la somme de chaque variable mesurée divisée par une graduation constante afin de s'assurer que les valeurs de probabilité soient entre 0-1. Le programme commence par une distribution de probabilité uniforme et modifie itérativement un poids à la fois pour maximiser la vraisemblance (likelihood) afin d'atteindre la distribution optimale de probabilité. L'algorithme est garanti pour converger et pour cette raison les sorties sont déterministes. Les prévisions de Maxent pour chaque cellule d'analyse sont logistiques. Les valeurs sont des probabilités de présence, comprises entre 0 et 1.

Pour la modélisation avec Maxent, nous avons employé les 19 couches bioclimatiques (Annexe 3) fournies par Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005) et gratuitement disponible sur internet (<http://www.worldclim.org/>). Ces couches ont une couverture mondiale et sont disponibles à différentes résolutions. Pour correspondre à la précision des jeux de données de distribution, les couches ont été utilisées à deux résolutions différentes, 0,1 degré (environ 10 km à l'équateur) et 0,01 degré (environ 1 km à l'équateur). Pour produire les cartes à maillage présentées au point 4.3.4, les cartes de distribution potentielle obtenues avec Maxent ont été transformées en cartes de présence-absence en utilisant la plus petite valeur prédictive obtenue pour les points d'occurrences connus (en anglais Lowest Presence Threshold=LPT). Le LPT permet d'identifier les sites qui sont au moins aussi adéquats que ceux où l'on a effectivement observé l'espèce modélisée (Pearson *et al.*, 2007).

3.4 "Parsimony analysis of endemism" (PAE)

La "Parsimony analysis of endemism" (PAE) est une méthode cladistique qui utilise des localités, des quadrats ou des aires -analogues aux taxons- et les classe selon les taxons qu'ils partagent -analogues aux caractères- (Manrique *et al.*, 2003; Katinas *et al.*, 2004). Elle permet de générer des cladogrammes directement à partir de données de distribution des espèces. Globalement, la PAE peut-être utilisée à deux fins différentes:

- si l'on ne possède aucune information sur la localisation des aires d'endémisme, celle-ci peut être utilisée sur les espèces endémiques d'une zone délimitée afin d'identifier les aires d'endémisme de cette zone (Morrone & Crisci, 1995; Morrone & Escalante, 2002; Garcia-Barros *et al.*, 2002; Manrique *et al.*, 2003). Nous n'utiliserons pas cette approche ici;
- si les aires d'endémisme sont déjà délimitées, cette méthode peut être utilisée sur les espèces endémiques communes à toutes ces aires afin d'essayer de voir quelles pourraient être les explications historiques aux schémas de distribution qui s'observent actuellement (Rosen, 1988; Myers, 1991; Luna-Vega *et al.*, 1999). C'est l'approche que nous utiliserons ici.

Les données utilisées pour la PAE sont des matrices aires × espèces où la présence d'un taxon pour une aire donnée est notée 1 et son absence 0. La présence d'un taxon est regardée comme un caractère dérivé ou 'évolué' et l'absence comme un caractère 'primitif'. On rajoute un groupe (= aire) hypothétique dans lequel tous les taxons sont notés comme absents pour enraciner l'arbre (= enracinement de Lundberg). Cette méthode d'enracinement permet d'exclure *a priori* un modèle basé sur un phénomène de dispersion. Alternativement, l'introduction d'une ou plusieurs des aires étudiées dans l'extra-groupe favorise un modèle de dispersion aux dépens de la vicariance (Bisconti *et al.*, 2001). On peut encore noter que les espèces que l'on ne retrouve que dans une seule aire, n'apportent aucune information sur les relations qui peuvent exister entre les aires et sont donc exclues de l'analyse.

Différents programmes ainsi que différents algorithmes ont été utilisés par les scientifiques pour réaliser la PAE. Une liste de près de 100 références bibliographiques ayant utilisé la PAE entre 1988 et 2005 est donnée par Niehi (2006). Après avoir essayé les programmes PAUP v.4.0, PHYLIP v.3.6 et Winclada v.1.00.08., nous avons décidé d'utiliser ce dernier pour nos analyses étant donné la simplicité de son interface et la rapidité de son algorithme. Les cladogrammes présentés ont été obtenus en utilisant les options par défaut; seuls les paramètres suivants ont été modifiés: "Maximum trees to keep (hold)"=10000, "Number of replication (mutl*N)"=1000, "Starting trees per rep (hold/)"=200. Les matrices utilisées pour ces analyses sont reprises aux Annexes 5 et 6.

3.5 Analyses statistiques

3.5.1 Corrélation entre variables

Le coefficient de corrélation r de Pearson a été utilisé pour étudier l'existence de corrélation entre deux variables. Pour deux variables x et y , on applique la formule:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

où le numérateur correspond au coefficient de covariance (σ_{xy}) et le dénominateur l'écart-type de chacune des variables (σ_x et σ_y).

La corrélation de Pearson reflète le degré de relation linéaire entre deux variables. Il varie entre +1 et -1. Une corrélation de +1 signifie une relation positive linéaire parfaite entre deux variables. Attention, un coefficient de corrélation élevé n'induit pas une relation de causalité entre les deux variables mesurés. En réalité, les deux variables peuvent être corrélées à une troisième variable non mesurée dont elles dépendent toutes les deux. Le logiciel

XLSTAT2007© (Addinsoft SARL, Paris, France) a été utilisé pour calculer ce coefficient de corrélation.

3.5.2 Indice de similarité et "clustering" (groupement)

En plus de l'indice de similarité NNESS basé sur des données d'abondance et décrit aux points 3.3.1 et 4.2.1, nous avons calculé deux autres indices couramment utilisés en biologie et qui eux sont basés sur des données binaires de présence-absence (1-0): l'indice de Jaccard et l'indice de Sørensen (Sørensen, 1948).

Indice de Jaccard = $a/(a+b+c)$

Indice de Sørensen = $2a/(2a+b+c)$

où a, représente le nombre d'espèces présentes dans les deux relevés, tandis que b et c, les nombres d'espèces uniquement présentes dans le premier relevé ou le deuxième relevé, respectivement. L'indice de Sørensen donne un poids plus important à la présence qu'à l'absence. Le logiciel *XLSTAT2007*© (Addinsoft SARL, Paris, France) a été utilisé pour calculer ces deux indices de similarité.

Les deux indices calculés ont donc permis d'obtenir des matrices de similarité. La méthode de clustering consiste ensuite à rassembler les objets ayant un degré de similarité suffisant pour être réunis dans un même ensemble (pour plus de détail voir Legendre & Legendre, 1998). Le résultat obtenu est un dendrogramme qui permet d'interpréter graphiquement la similarité entre les groupes. Le logiciel *Primer6*© (PRIMER-E Ltd, Plymouth, Royaume-Uni) a été utilisé pour les analyses en cluster et produire les dendrogrammes présentés. Le clustering a été réalisé par la méthode des liens moyens (Clarke, 1993).

3.5.3 "Multi-Dimensional Scaling" (MDS)

Pour explorer de manière visuelle la similarité ou la dissimilarité au sein d'un jeu de données nous avons également utilisé le positionnement multidimensionnel (ou MDS – "Multi-Dimensional Scaling"). De manière très simplifiée, le MDS est un cas spécial d'ordination qui a pour but de représenter des échantillons (dans notre cas les cellules d'un "grid") par des points dans un espace avec peu de dimension (généralement deux ou trois), et donc représentable graphiquement. La distance relative entre chaque point est d'un même ordre de rang que la dissimilarité relative entre les échantillons étudiés. Dans notre cas, les points qui sont proches l'un de l'autre représentent des échantillons très semblables dans leur composition floristique. Le logiciel *Primer6*© (PRIMER-E Ltd, Plymouth, Royaume-Uni) a été utilisé pour réaliser une "non-metric" MDS. L'algorithme utilisé par ce logiciel est détaillé par Clarke (1993) et Clarke & Warwick (2001).

4. Résultats

Aerangis gracillima (Kraenzl.) J.C.Arends & J.Stewart. Photographie par M. Simo

4. RÉSULTATS

4.1 Contribution à la connaissance taxonomique et floristique des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique

Cette étude biogéographique des Orchidaceae d'Afrique centrale atlantique (ACA) porte sur l'analyse de la distribution des taxons endémiques à cette région. La première étape de notre travail a donc été d'élaborer, grâce à la littérature, une liste préliminaire des Orchidaceae supposées endémiques d'ACA et de vérifier la validité taxonomique et le statut d'endémique de ces taxons. Pour ce faire, tous les échantillons appartenant à ces taxons ont été revus et les spécimens ont été géoréférencés.

Ce travail d'identification a mis en évidence de nombreux problèmes taxonomiques que nous avons résolus au travers de diverses contributions présentées au point 4.1.1. Plus précisément, nous avons entrepris la révision taxonomique de deux genres, *Chamaeangis* Schltr. et *Stolzia* Schltr. pour lesquels les connaissances taxonomiques existantes étaient devenues obsolètes. L'examen de tous les spécimens d'herbier de ces taxons, la revue de la littérature qui leur est associée et les nombreuses récoltes effectuées sur le terrain (Figure 17), ont également permis de mettre en évidence des nouveautés taxonomiques. Nous avons ainsi contribué à la description de certaines d'entre elles. Enfin, avec ces mêmes données, plusieurs notes taxonomiques additionnelles ont été produites afin d'exclure, revoir la distribution géographique ou mettre en synonymie des taxons jusqu'ici considérés comme endémique d'ACA.

Par ailleurs, la synthèse des données floristiques existantes mais surtout les données originales récoltées durant nos inventaires a permis d'approfondir la connaissance de la distribution de cette famille en ACA. Nous avons entre autre découvert de nouvelles signalisations et réalisé des inventaires ainsi qu'une synthèse floristique des Orchidaceae des zones géographiques peu étudiées jusqu'à présent (point 4.1.2).

Sur la base de ces recherches taxonomiques et sur une analyse de la distribution de ces taxons, nous avons établi la liste des 203 taxons endémiques d'ACA (point 4.1.3). Ces taxons ont été utilisés pour la suite de notre étude biogéographique.

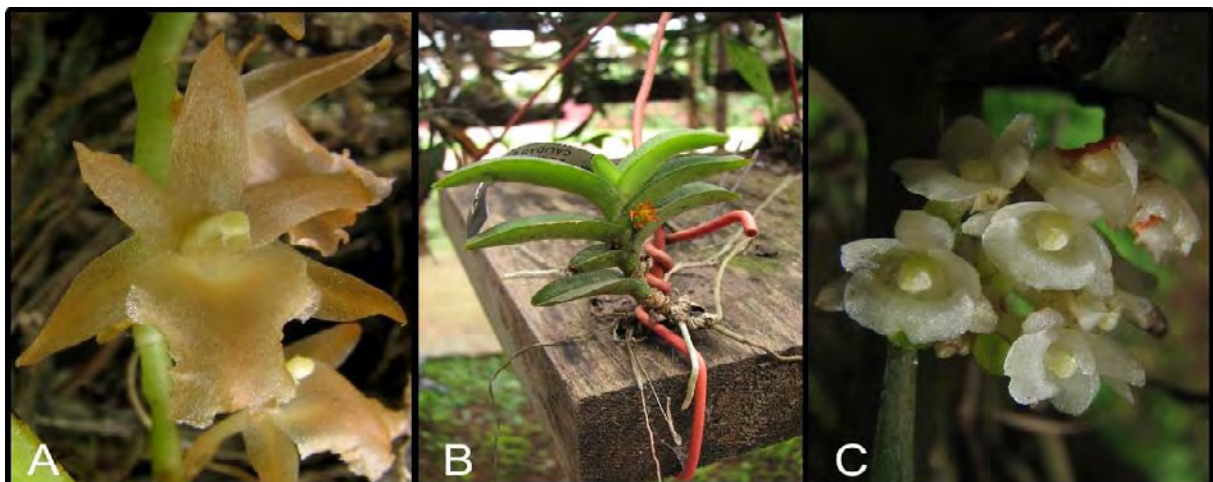


Figure 17. Quelques Orchidaceae endémiques d'ACA récoltées pendant nos inventaires au Cameroun. (A) *Diaphananthe garayana* Szlach. & Olszewski (B) *Ossidulum aurantiacum* P.J Cribb & Laan (C). *Rhipidoglossum obanense* (Rendle) Summerh.

4.1.1 Contribution à la connaissance taxonomique des Orchidaceae d'ACA

4.1.1.1 Révisions taxonomiques

Lors des inventaires réalisés au Cameroun, nous avons récolté plusieurs spécimens appartenant aux genres *Chamaeangis* et *Stolzia* qui n'avaient pas encore été décrits (Figure 18). Durant les visites dans les herbaria, la révision du matériel disponible nous a permis d'effectuer un certain nombre d'observations originales sur ces deux genres. Il nous a donc paru opportun de rédiger un synopsis du genre *Chamaeangis* et de faire la révision des *Stolzia* pour l'Afrique centrale. Un des taxons du genre *Chamaeangis* s'est avéré être un *Angraecum* et nous avons rédigé une note séparée du synopsis à ce sujet.

Nous présentons donc dans ce chapitre la description de quatre nouveaux taxons, des clefs d'identification pour les genres *Chamaeangis* et *Stolzia*, de nouvelles combinaisons, des mises en synonymie, des néotypifications ou des lectotypifications et des nouvelles signalisations.

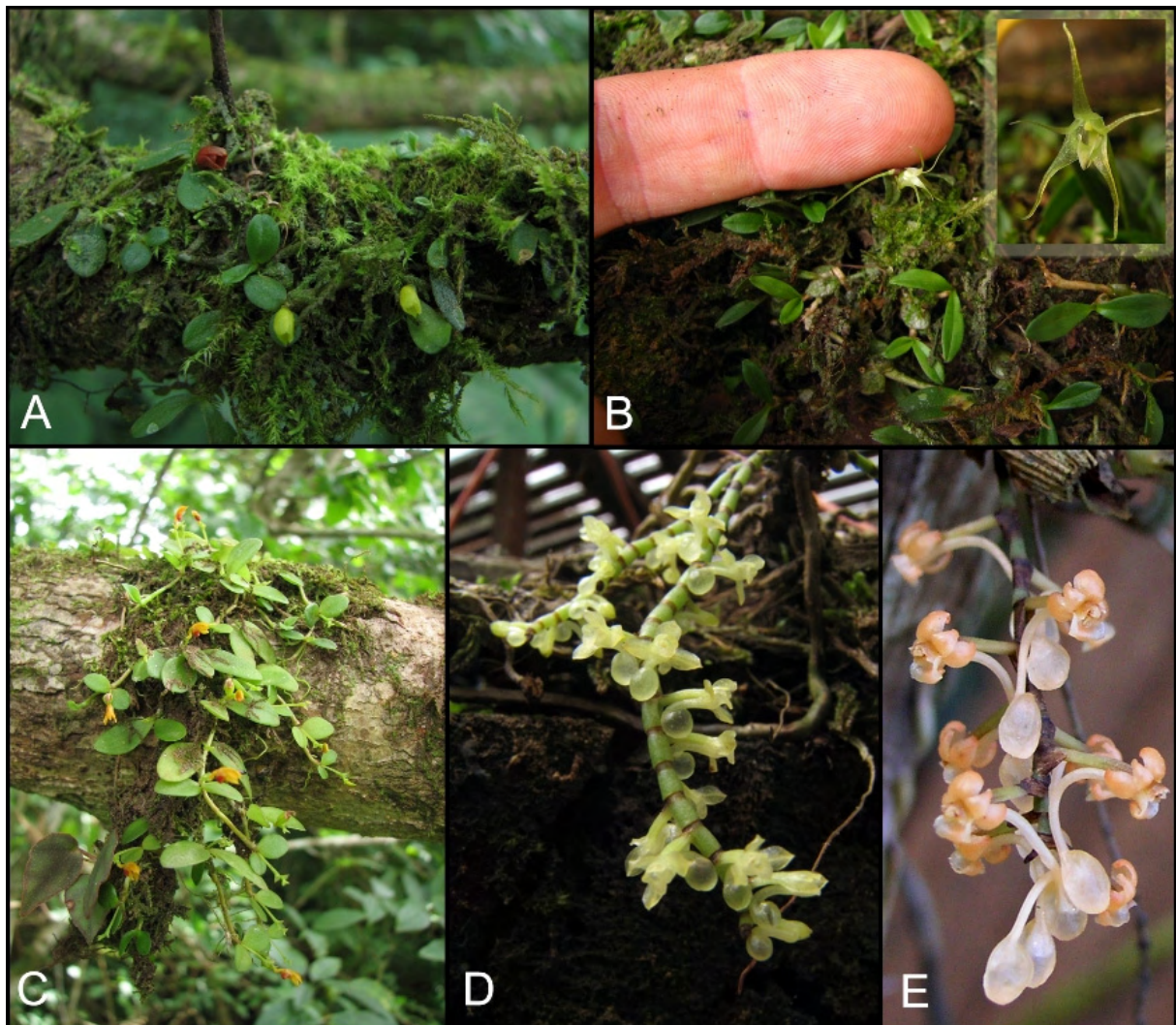


Figure 18. Illustration de quelques nouveaux taxons (A, C & D) ou nouvelles signalisations (B et E) découvertes au cours de l'étude des genres *Chamaeangis* et *Stolzia*. (A) *Stolzia repens* var. *cleistogama* (*in situ*, Mbam Minkom). (B) *Stolzia elaidum* (ombrière Yaoundé). (C) *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* (*in situ*, Mbam Minkom). (D) *Chamaeangis spiralis* (ombrière Yaoundé). (E) *Chamaeangis lecomtei* var. *lecomtei* (ombrière Yaoundé). Photographie E par Murielle Simo.

4.1.1.1.1 Synopsis of the genus *Chamaeangis* (Orchidaceae) with two new taxa

**Synopsis of the genus *Chamaeangis* (Orchidaceae) with
two new taxa**

Droissart V., Sonké B., Nguembou K. C., Djuikouo K. M.-N., Parmentier I. & Stévant T.
Manuscript sous presse, *Systematic Botany*

Synopsis of the genus *Chamaeangis* (Orchidaceae) with two new taxa

Vincent Droissart^{1,5}, Bonaventure Sonké^{1, 2}, Charlemagne Nguembou K.^{1, 2}, Marie-Noël Djuikouo K.², Ingrid Parmentier¹ and Tariq Stévant^{1,3,4}

¹ Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique.

² Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun.

³ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166-0299, St Louis, Missouri, USA.

⁴ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

⁵ Author for correspondence (vincent.droissart@ulb.ac.be)

Abstract. A synopsis of the genus *Chamaeangis* (Orchidaceae) with a taxonomic key is provided. Twelve taxa are recognized. Detailed examination of the specimens revealed two novelties: *Chamaeangis spiralis* from Nigeria and Cameroon, and *Chamaeangis lecomtei* var. *tenuicalcar*, a new variety from Ivory Coast, Ghana and Gabon. *Chamaeangis pauciflora* is shown to be synonymous with *Chamaeangis letouzeyi*, which is here redescribed in detail. *Chamaeangis thomensis* is neotypified, and *Chamaeangis lecomtei* var. *lecomtei* is lectotypified. *Chamaeangis gracilis* is treated as an excluded species. Several new country records of *Chamaeangis* are provided.

Keywords. Orchidaceae, Tropical Africa, *Chamaeangis*, new taxa, lectotypification, neotypification.

Introduction

The genus *Chamaeangis* Schltr. was validly described in October 1915 (Schlechter 1915b). Three years later (Schlechter 1918), it was divided in two sections, “*Eu-Chamaeangis*”, a superfluous name, and *Microterangis*. Members of the typical section were characterized by two stipites and occur mainly in tropical Africa, whereas section *Microterangis* comprised species characterized by only one stipe and occur only in Madagascar and in the Comoro Islands. More recently, the two sections were elevated to generic rank by Senghas (1985).

According to the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts et al. 2007), *Chamaeangis* includes 11 taxa known from continental tropical Africa and one species from Mauritius, although the latter, *Chamaeangis gracilis* (Thouars) Schltr., is probably best placed in *Angraecum* Bory. Species of *Chamaeangis* are generally characterized by coriaceous or thickened leaves, small yellow, green or orange flowers that are sometimes geminated or whorled, a spurred lip that is usually lengthened and often inflated at the apex, a very short massive column, with a reasonably distinct rostellum, and the presence of two stipites. Member of the genus are usually epiphytic, occasionally epilithic.

The present paper is part of a larger research project on the taxonomy and biogeography of the orchid flora of West Central Africa (Stévant 2003). Since 1997, fieldwork has been carried out in São Tomé and Príncipe, Cameroon, Gabon and Equatorial Guinea. Nine shadehouses constructed in these countries have been used to cultivate more than 8000 orchid specimens, many of which were collected sterile in the field and then grown until flowers were produced. Important collection effort has increased the number of orchid species known from these countries and has led to a better understanding of the biogeography of orchids in the study area (Parmentier et al. 2005; Droissart et al. 2006; Stévant and Droissart 2006). Examination of this material has also led to the publication of several taxonomical novelties (Stévant and Geerinck 2000; Stévant et al. 2003; Stévant and Cribb 2004a; Stévant and Cribb 2004b; Stévant and Nguema 2004; Stévant et al. 2006; Stévant et al. 2007), among which two interesting *Chamaeangis* taxa.

Before our work, five species of *Chamaeangis* were known from Cameroon (Govaerts et al. 2007), and an unnamed sixth species was partially described in the Flora of Cameroon (Szlachetko and Olszewski 2001), and had previously been incompletely described in Segerbäck (1983) based on material from Nigeria. In 2004, during a survey of Orchidaceae in Banyang Mbo Wildlife Sanctuary near Nguti in W Cameroon, a specimen was collected that clearly matched this sixth species, and another specimen was found in 2007 near Bifa in S Cameroon. These specimens possess a unique combination of characters found in no other members of *Chamaeangis*. We therefore describe it as a new species: *Chamaeangis spiralis*.

In 2002, a taxon closely allied to *Chamaeangis lecomtei* (Finet) Schltr was collected in J.P. Biteau’s garden in Libreville. Further examination of specimens from K, LBV and P allow us to confirm this novelty and extend his distribution range to Ivory Coast and Ghana. A new variety of *Chamaeangis lecomtei* (Finet) Schltr is thus described and included in this revision.

Exclusion of the species from Mauritius make that the genus *Chamaeangis* is now restricted to continental Africa. Revision of the whole material preserved in main herbaria and the new one from recent fieldwork allow us to solve several taxonomic problems within the genus and found new country records. We thus present here a Synopsis of the entire genus *Chamaeangis*.

Materials and Methods

This study is mainly based on the examination of specimens recently collected by the last author and deposited at the BRLU herbarium (herbarium acronyms according to Holmgren

and Holmgren 1998), most of which specimens were preserved in spirit. Additional specimens from BM, BR, BRLU, K, LBV, WAG and YA were examined. Dried material was boiled in water to facilitate stereomicroscopic observation. Pictures of *Chamaeangis* flowers (Fig. 3) were taken with a Canon EOS 300D camera mounted on a Zeiss stereomicroscope Stemi SV11. Pictures of the same flower taken at different focal lengths were assembled with CombineZ 5.3 (Program by Alan Hadley, <http://www.hadleyweb.pwp.blueyonder.co.uk>).

Maps of species distributions and richness (Fig. 1) were prepared with Arcview 3.3 ® using the extensions “Mila Utilities 3.2” and “Count Points in Polygon” to calculate species richness per quadrat. Distribution was based on specimens examined and on the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts et al. 2007).

Taxonomic treatment

Chamaeangis Schltr., Bot. Jahrb. Syst. 53: 597 (1915). — TYPE: *Chamaeangis sarcophylla* Schltr.

The first mention of *Chamaeangis* was made in August 1915 by Schlechter (1915a), who listed five new combinations for this genus that were, however, illegitimate because the generic name was not validly published. Two months later, in October 1915, Schlechter (1915b) validly described *Chamaeangis sarcophylla* and made two new combinations. According to article 42.1 of the International Code of Botanical Nomenclature (McNeill et al. 2006), both the generic name and the species name were simultaneously validated by the single description and diagnosis of *C. sarcophylla*. A more thorough description of the genus was published three years later (Schlechter 1918) and two sections were recognized, the typical section and *Microterangis*, which are now recognized as distinct genera, *Chamaeangis* and *Microterangis* (Senghas 1985).

The genus *Chamaeangis* is mainly distributed in the rain forests of the Guineo-Congolian Region (phytochoria according to White 1976, 1979; Werger 1976). However, *C. odoratissima*, *C. vesicata* and *C. sarcophylla* occur also in the Congolia/Zambezia Transition Zone, the Lake Victoria Regional Mosaic and in the Somalia-Masai Region. With 6 species, of which three are endemic, the Lower Guinea Domain is probably the centre of diversity of the genus (Fig. 1). The Upper Guinea Domain of the Guineo-Congolian Region account for six species, but none of these species is endemic to the Domain.

Key to the species of *Chamaeangis*

- | | |
|--|-----------------------|
| 1 Flowers solitary at each node of the inflorescence | 2 |
| 1 Flowers geminate or in whorls of 3–8 at each node of the inflorescence | 9 |
| 2 Lip entire, 3-toothed at the apex | 3 |
| 2 Lip entire or slightly 3-lobed in the middle, never 3-toothed at the apex | 4 |
| 3 Lip 2.2 x 1.8 mm; swollen part of the spur ellipsoid, 1 mm wide | <i>C. vagans</i> |
| 3 Lip 3.5 x 2.2 mm; swollen part of the spur globular, 2.5 mm wide | <i>C. ichneumonea</i> |
| 4 Spur up to 7 mm long | 5 |
| 4 Spur more than 9 mm | 7 |
| 5 Lip slightly 3-lobed in the middle, 1.9–2.2 mm long; spur 3.7–4.2 mm long, swollen part of the spur globular | <i>C. spiralis</i> |
| 5 Lip entire, more than 2.5 mm long; spur 4.5–7 mm long, swollen part of the spur ellipsoidal | 6 |
| 6 Lateral sepals crenate, 3 x 1.2 mm, apex acute; lip 2.5 x 2 mm, apex acute | <i>C. thomensis</i> |

- 6 Lateral sepals not crenate, 4.5 x 2 mm, apex acuminate; lip 3.5 x 2 mm, apex acuminate *C. letouzeyi*
- 7 Lip more than 2.2 mm long; lateral sepals more than 3 mm long *C. lanceolata*
- 7 Lip up to 1.2 mm long; lateral sepals 2 mm long 8
- 8 Swollen part of the spur globular, 2.1 mm wide *C. lecomtei* var. *lecomtei*
- 8 Swollen part of the spur ovoid, 1.2 mm wide *C. lecomtei* var. *tenuicalcar*
- 9 Swollen part of the spur globular; flowers geminate, sometimes in whorls of 3 at each node of the inflorescence *C. vesicata*
- 9 Spur not swollen, sometimes slightly fusiform; flowers in whorls of 3–8 at each node of the inflorescence 10
- 10 Lip trilobed at the apex; leaves linear, margins revolute *C. gabonensis*
- 10 Lip entire; leaves oblong to elliptic, margins not revolute 11
- 11 Inflorescence fasciculate, flowers usually in whorls of 4–8 at each node of the inflorescence; lip 2 mm long *C. odoratissima*
- 11 Inflorescence not fasciculate, flowers usually in whorls of 3 at each node of the inflorescence; lip 2.5–3.5 mm long *C. sarcophylla*

CHAMAEANGIS VAGANS (Lindl.) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 109 (1918). *Angraecum vagans* Lindl., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 6: 135 (1862). *Epidorchis vagans* (Lindl.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 2: 660 (1891). *Listrostachys vagans* (Lindl.) Rolfe, Fl. Trop. Afr. 7: 162 (1897). — TYPE: SÃO TOMÉ & PRÍNCIPE, PRÍNCIPE ISLAND. sine loc., *C. Barter* 1988 (holotype: K!). Fig. 3G.

Distribution. Endemic to Príncipe Island.

Observations. Closely related to *Chamaeangis ichneumonea*, a species distributed on Africa mainland (Upper and Lower Guinea Domains).

Additional Specimens Examined. SÃO TOMÉ & PRÍNCIPE, PRÍNCIPE ISLAND: Morro Fundao, 8 Oct 1997, *T. Stévant* 233 (BRLU, K); *ibid.*, 22 Mar 1998, *T. Stévant* 327 (BRLU); *ibid.*, 1 Nov 1998, *T. Stévant* 450 (BRLU, K); Way to Pico do Príncipe (first ridge), 1 Nov 1998, *T. Stévant* 431 (BRLU).

CHAMAEANGIS ICHNEUMONEA (Lindl.) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 108 (1918). *Angraecum ichneumoneum* Lindl., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 6: 136 (1862). *Listrostachys ichneumonea* (Lindl.) Rchb.f., Gard. Chron. 1887(2): 681 (1887). *Epidorchis ichneumonea* (Lindl.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 2: 660 (1891). — TYPE: NIGERIA. Niger delta, bank of the Num River, Sep [year unknown], *G. Mann* 520 (holotype K!; isotype W). Fig. 3E.

Distribution. Upper and Lower Guinea Domains [Sierra Leone, Liberia, Ghana, Ivory Coast, Nigeria, Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni), Gabon and Republic of Congo].

Observations. This species has not previously been reported from Ivory Coast or Equatorial Guinea (Rio Muni).

Additional Specimens Examined. SIERRA LEONE. sine loc., 1927, *F. C. Deighton* 318 (K); Massa (Peri), Cultivated at Njala, 19 Nov 1948, *F. C. Deighton* 4959 (K).

LIBERIA. New university farm, 30 km from Morovia, 27 Sep 1963, *A. M. van Harten* 117 (K, WAG); Western Province, Kolahun District, Karmadhun, 6 Nov 1947, *J. T. Baldwin Jr.* 10201 (K); near Mt. Barclay, 29 Jun 1912, *R. H. Bunting* 15 (BM); sine loc., 2 Jul 1911, *R. H. Bunting* 157 (BM).

GHANA. Ashanti, Kumasi, Aug 1945, *J. K. Cox* 122 (K).

IVORY COAST. Cavally Basin, Mt. Niévokié, 20 km NE from Fort Binger, 500 m, 17 Jul 1907, *A. J. B. Chevalier* 19663 (P); Bassin du Cavally, Pays de Cépo: village de Grabo, 4 Aug 1907, *A. J. B. Chevalier* 19735 (P).

NIGERIA. sine loc., leg. *H. Gregory* (K); Eket District, *P. A. Talbot 3259* (BM); Degema District, *P. A. Talbot s.n.* (BM); Benin Province, Sapoba Forest Reserve, Banks of Jamisson River, 3 Nov 1948, *R. W. J. Keay FHI 22704* (K).

CAMEROON. Alèn, 15 miles from month of River Benits, 22 Sep 1847, *G. L. Bates 581* (P); Zingui (21 km WSW Ebolowa), big hill outstanding the village, NW face, 14 Mar 1963, *J. & A. Raynal 10489* (P); *ibid.*, 1000 m, 14 Mar 1963, *J. & A. Raynal 10499* (P); Nkoltsia hill, 23 km NW of Bipindi, 24 Nov 1974, *J.-F. Villiers 981* (YA); South West Province, Kupe-Manengouba Division, locality of Muambong, forest beside River Chide towards Muambong Road, 5 Feb 1998, *M. Etuge 4137* (YA); South Province, Ocean Division, Mvie, about 8 km (along a straight line) ENE of village Mvie (Mvie is 12 km N of Akom II by road), along road to plot of logging study, 02°33'N, 10°22.2'E, 400 m, 26 Sep 1997, *X. M. van der Burgt & Van der Laan 183* (WAG).

EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Mirador, rock outcrop, 3 km W of Ecofac Station, 01°40'N, 010°17'E, 10 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 63* (BRLU); *ibid.*, 6 Oct 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 91* (BRLU); Cataratas, intersection between path and Rio Uele, 01°38'N, 010°04'E, 6 Oct 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 89* (BRLU); Monte Mitra, way to Monte Mitra, between camp near Monte Mitra and Churu village, 1 Feb 2001, *T. Stévant 792* (BRLU).

GABON. Canda-Wano, 01°54'S, 011°45'E, *G. M. P. C. Le Testu 5528* (BM, K, P); Mwachho-Wano, 01°52'S, 011°45'E, *G. M. P. C. Le Testu 5530* (BM, P); Mbigou, 01°55'S, 011°55'E, *G. M. P. C. Le Testu 5765* (BM, K, P); Oyem Region, Mbolenzorc, 01°28'N, 011°27'E, 16 May 1933, *G. M. P. C. Le Testu 9145* (BM); Ogooué-Maritime, Doudou Mountains, eastern foothills of the Doudou Mountains, *J. C. Arends 813* (WAG); Ogooué-Maritime, eastern foothills of the Doudou Mountains, 02°09'S, 010°20'E, 530 m, 7 Dec 1984, *J. C. Arends, J. J. F. E. de Wilde & A. M. Louis 682* (K, LBV, WAG); Ogooué-Maritime between Rabi 49 and 51, 01°52'S, 09°50'E, 10 m, 28 Nov 1989, *J. J. F. E. de Wilde, J. C. Arends, A. M. Louis & J. J. Wieringa 9859* (WAG); Cristal Mountains, 9 km NE of Tchimbélé, 00°40'N, 010°28'E, 535 m, *J. J. Wieringa 277* (WAG); Nyanga. Chantier CEB, ca 45 km SW of Doussala, 02°35'S, 010°34'E, 22 Oct 1985, *J. M. Reitsma & B. Reitsma 1716* (LBV, WAG); between Kinguele and Tchimbélé., 1 Dec 1997, *J. P. Biteau & T. Stévant 19* (BRLU); Mbé Akélayong, 26 Nov 2001, *L. Ngok Banak 292* (BRLU); *ibid.*, *L. Ngok Banak 293* (BRLU); *ibid.*, *L. Ngok Banak 294* (BRLU); *ibid.*, *L. Ngok Banak 295* (BRLU); *ibid.*, 4 Dec 2001, *L. Ngok Banak 330* (BRLU); Mt. Mbilan (river), 00°28.726'N, 010°16.627'E, 1 Dec 2002, *T. Stévant 1736* (BRLU); *ibid.*, 15 Nov 2002, *T. Stévant 1756* (BRLU); Tchimbélé (open quarry of), near the backwater, 00°37.893'N, 010°24.421'E, 1 Dec 2002, *T. Stévant 1740* (BRLU); between Ntum and Andok Foula (km 25 on the road SEEG to Kinguélé), 00°20.181'N, 09°12.000'E, 1 Dec 2002, *T. Stévant 1741* (BRLU); Rabi (Ogooué-Maritime), 01°56.18'N, 09°52.85'E, 9 Oct 2002, *T. Stévant & O. Pauwels 1866* (BRLU).

CONGO, REPUBLIC OF. Niasi Region, Col de Bamba, 600 m, 9 May 1992, *I. & E. la Croix 1101* (K); Ouest de Mossendjo, 28 Oct 1975, *P. Sita 3964* (P).

Chamaeangis spiralis Stévant & Droissart, sp. nov. — TYPE: CAMEROON. Nguti, Banyang Mbo Wildlife Sanctuary, S of 552 camp, 220 m, 05°21.109'N, 09°33.427'E, 30 Jun 2007, *V. Droissart, T. Stévant & M. Simo 573* (holotype: BRLU!; isotypes: MO!, YA!). Figs. 2I–M, 3L.

Chamaeangis sp. nov. Segerbäck in *Orchids of Nigeria*: 82–83 (1983).

Chamaeangis sp. 1 Szlach. & Olszewski in *Fl. Cameroun* 36: 752 (2001).

A *C. letouzeyi* Szlach. & Olszewski foliis 9.5–11 cm longis cum lobis rotundatis, inflorescentia compactiori, floribus dispositione spirali minoribusque cum labello trilobato et calcari apice valde rotundato-inflato praecipue differt.

A short stemmed, 1–2 cm, epiphytic herb, glabrous. **Leaves** fleshy, falcate, oblong-elliptic to narrowly obovate, apex bilobed, unequal and subacute to rounded, 9.5–11 x 1.7–1.9 cm, twisted at the base. **Inflorescences** axillary, up to 25-flowered, racemose, 7.5–9 cm long, with flowers arranged in a spiral, sometimes fasciculate; one flower per node; peduncle fleshy, cylindrical, 1.3–1.4 mm in diameter; bracts acute, amplexicaul, glabrous, 0.5–1.2 mm long, 1–2 mm apart; pedicel and ovary cylindrical, straight, 2.4–2.9 mm long. **Flowers** glabrous, greenish and yellowish; dorsal sepal ovate, apiculate, 2.1–2.8 x 1.1–1.4 mm; lateral sepals oblong-elliptic, carinate on the abaxial side, 2.1–3 x 1.2–1.6 mm; petals obovate, 1.6–2 x 0.8–1.1 mm; lip 3-lobed in the centre, without callus, 1.9–2.2 x 1.5–2 mm (when spread out), side lobes obtuse, bent towards the interior; median lobe deflexed, subobtuse; spur cylindrical, curved, abruptly inflated-rounded in the apical half, forming a globular sac 2 mm wide, 3.5–4.2 mm long; column approximately 0.8 mm long; 2 pollinia, approximately 0.2 mm in diameter; 2 stipites.

Ecology. Epiphyte collected on fallen trees in Caesalpinaceae forest. This species has also been found in secondary forest in the third part of the canopy of a tree of about 20 m high. Alt. 100–220 m.

Distribution. Lower Guinea Domain (Cameroon and Nigeria). This species was recently collected near Nguti village in the Banyang-Mbo Wildlife Sanctuary (West Cameroon). The other specimen from South West Cameroon was also collected just near the border of another protected area, the Campo Maan National Park. Given the status of these protected areas, it seems likely that *C. spiralis* is not endangered but additional informations are needed to clarify its conservation status and distribution.

Etymology. The specific epithet was chosen to indicate the flower disposition, which differentiates this species from other members of the genus. Sanford also made this observation on the specimen he collected in Nigeria.

Paratype. CAMEROON. sine loc., cult. Hort. Bot. Paris, *Rose 46* (P); Nguti, Banyang Mbo Wildlife Sanctuary, S of 552 camp, 220 m, 05°21.109'N, 09°33.427'E, 02 Aug 2004, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 63 (BRLU!), *ibid.*, 27 Oct 2005, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 270 (BRLU!), *ibid.*, 11 Jun 2006, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 271 (BRLU!), *ibid.*, 24 Jun 2006, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 379 (BRLU!); SE of Bifa (village between Kribi and Ebolowa), path between Niète River and Nyamefoo River, 100 m, 02°41.308'N, 010°16.406'E, 13 Apr 2007, V. Droissart 384 (BRLU!).

NIGERIA. Ikom, Cross River State, *B. Segerbäck 1169* (K!); Benin Province, Supaba, Dec 1965, *W.W. Sanford 369/66* (K!).

Discussion. Species of *Chamaeangis* are usually separated into two groups: those with one flower at each node of the inflorescence (e.g., *C. spiralis*) and those with two or more flowers per node. The genus can also be divided according to habit: some species are characterized by linear and fleshy leaves with incurved edges producing a concave upper surface (i.e., *C. vesicata*, *C. lanceolata*, *C. gabonensis* and *C. letouzeyi*); others form large plant with a long stem and rather large leaves (i.e., *C. vagans*, *C. thomensis*, *C. sarcophylla*, *C. ichneumonea* and *C. odoratissima*); and still others, including the new species described here, are small plants, with more imbricate, non fleshy leaves (i.e., *C. lecomtei* and *C. spiralis*). *Chamaeangis spiralis* appears to be related to *C. letouzeyi* because they share a small spur, a unique character within the genus. However, the leaves of *C. letouzeyi* are linear and are not flattened like those of *C. spiralis*. Another interesting feature of *C. spiralis* is that it posses a fasciculate inflorescence; i.e branched below the first node. An examination of *Chamaeangis* specimens

has showed that seven species have this feature: *C. lanceolata*, *C. vesicata*, *C. thomensis*, *C. odoratissima*, *C. ichneumonea* and *C. spiralis*. Fasciculate inflorescences are generally the result of the development of new inflorescences each year at the same place on the stem. Less frequently, two inflorescences may appear at the same time from the same place (e.g., *V. Droissart*, *T. Stévant* & *M. Simo* 573). *Chamaeangis letouzeyi* (*Perez-Vera* 275) and *C. lanceolata* (*Kennedy* 2731) are the only species observed with inflorescences branched both from and above the first inflorescencial node.

According to Senghas (1985), *Chamaeangis* differs from *Microterangis* by its two distinct stipites. However, Summerhayes (1952), in the protologue of *C. orientalis* (a synonym of *C. sarcophylla*), observed that the stipites adhere one to another throughout their length, but the limit between the two structures could be seen in spirit material. We observed joined stipites in most *Chamaeangis* species, except in *C. spiralis*.

CHAMAEANGIS THOMENSIS (Rolfe) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 109 (1918). *Angraecum thomense* Rolfe, Bol. Soc. Brot. 9: 141 (1891). *Listrostachys thomensis* (Rolfe) Rolfe, Fl. Trop. Afr. 7: 163 (1897). — TYPE: SÃO TOMÉ & PRÍNCIPE, SÃO TOMÉ ISLAND. Morro Provaz, 1400 m, 00°17.75'N, 6°34.75'E, 28 Nov 2007, *T. Stévant*, *M. Leal* & *F. de Oliveira* 99 (Neotype: BRLU!, MO!, STP!, here designated). Fig. 3H.

Distribution. Endemic to São Tomé Island.

Observations. *Chamaeangis thomensis* was described by Rolfe (1892) based on a collection made by *Quintas* from São Tomé (*F. Quintas s.n.*). Dandy (in Exell 1944) and Summerhayes (1958) were not able to find any specimens of this species. An intensive investigation for original material from Quintas was made throughout several herbaria, e.g. BM, K and COI, where Quintas' collections were at one time deposited. Since we were unsuccessful, we concluded that the specimen has either been lost or destroyed. We therefore designated a neotype from our recent collections from São Tomé, all four of which are a good match for the original description of *C. thomensis*. *T. Stévant*, *M. Leal* & *F. de Oliveira* 99 was chosen as neotype because it is the only specimen with both well preserved flowers conserved in alcohol and dried herbarium specimens.

Chamaeangis thomensis is a typical species of the São Tomé cloud forest and all our specimens were collected between 900 and 1600 m of altitude. The neotype was collected on *Podocarpus mannii* Hook. f. *C. thomensis* is endemic to São Tomé and is clearly related to *C. lanceolata*, a species distributed in the Lower Guinea area. However, these two taxa can easily be separated by the size and shape of their sepals and petals (Fig. 3A&H): those of *C. lanceolata* are broad and have acuminate apex while those of *C. thomensis* are thinner and have an acute apex. *C. thomensis* occurs in the submontane to montane vegetation, while *C. lanceolata* was always recorded in lowland forest.

Additional Specimens Examined. SÃO TOMÉ & PRÍNCIPE, SÃO TOMÉ ISLAND. Morro Provaz, 00°17.75'N, 06°34.75'E, *L. Primo* & *T. Stévant* 137 (BRLU); Estacao Souza 00°15.5'N, 06°33.5'E, 19 Oct 2002, *L. Primo* & *T. Stévant* 91 (BRLU); *ibid.*, 1 Sep 1999, *T. Stévant* 659 (BRLU); Calvário, 900–1050 m, 00°16'N, 06°34'E, 1 Oct 1997, *T. Stévant* 194 (BRLU, MO).

CHAMAEANGIS LETOUZEYI Szlach. & Olszewski, Fl. Cameroun 36: 754 (2001). **Emend.** *Stévant* & *Droissart*. — TYPE: CAMEROON. Tinachong, 30 km WNW of Bamenda and 20 km NNE of Batibo, 10 Aug 1975, *R. Letouzey* 14218 (holotype: P!; isotypes: K!, YA!). Fig. 3K.

Chamaeangis pauciflora Perez-Vera, Orchidées Côte d'Ivoire: 234 (2003). — TYPE: IVORY COAST. Zagné forest, May 1972, *F. Perez-Vera* 275 (holotype: UCJ; isotypes: ABI, K!, P!), **syn. nov.**

Epiphytic herb with a short pendulous stem, up to 7 cm long, 5–8 mm diameter. **Leaves** up to 8, distichous, coriaceous, linear-lanceolate to linear-ovate, unequally bilobed, up to 19.5 x 1.8 cm, lobes distant up to 9 mm, upper lobe rounded to acute, lower lobe very short or lacking. **Inflorescences** pendulous, up to 6 per plant, fasciculate or ramified at the base, racemose, up to 60-flowered, up to 21 cm long, peduncle thin, cylindrical, 0.8–0.9 mm in diameter; bracts amplexicaul, triangular, acute, glabrous, 2 x 2 mm; pedicel and ovary cylindrical, straight, 2.5–3.5 mm long. **Flowers** glabrous, yellow–orange; dorsal sepal ovate, convex, obtuse, apex slightly apiculate, 3–3.3 x 2 mm; lateral sepals obliquely ovate, convex, apex slightly apiculate 3.3–3.5 x 2 mm; petals lanceolate, convex, 2.5 x 1 mm; lip ovate-oblong, entire, 2.5–3 x 1.8 mm (when spread out); spur cylindrical, slightly curved, 4–6 mm long, inflated-rounded in the apical fourth forming a globular sac, 1.5 mm; column approximately 0.8 mm long; pollinia not seen.

Distribution. — Upper and Lower Guinea Domains [Guinea, Sierra Leone, Liberia, Ivory Coast, Equatorial Guinea (Bioko) and Cameroon].

Observations. — This species was recently described from Cameroon (Szlachetko and Olszewski 2001), and shortly thereafter Perez-Vera (2003) described *Chamaeangis pauciflora* from Ivory Coast. Descriptions and illustrations for these two taxa are similar and there is no doubt that they belong to the same species. This was confirmed by examination of the two type's specimens. The holotype at P, *Letouzey 14218*, is composed by two sheets, one with a young plant and the other is an older individual. There is no doubt that Szlachetko and Olszewski (2001) have only seen one of the two sheets. They therefore described the species only based on the young plant. Moreover, an isotype of *C. letouzeyi* not cited by Szlachetko and Olszewski (2001) was found in YA. This specimen is rather different from the specimen used by Szlachetko and Olszewski (2001) for the description; and match the second sheet of the holotype deposited at P. The description of Szlachetko and Olszewski (2001) is not consistent with the whole type material and we therefore decided to make a new description. Finally, additional specimens of this species were found from Guinea, Sierra Leone, Liberia and Equatorial Guinea (Bioko).

Additional Specimens Examined. GUINEA. Surroundings of Mzérékoré, "pays de Mamous", 1 Jun 1936, *H. Jacques-Félix 956* (K, P).

SIERRA LEONE. Bonabu, Aug 1933, *M. T. Daroe 560* (K).

LIBERIA. Mts. Nimba, 500 m, 22 Jun 1969, *D. Johansson 530* (K); Ganta, 17 Jun 1950, *W. J. Harley 1643* (K); *ibid.*, 26 May 1957, *W. J. Harley 1813* (K).

IVORY COAST. Road from Douane to Mau, Jul 1973, *F. Perez-Vera 275/B* (K).

EQUATORIAL GUINEA (BIOKO). Along road from Parador to Malsa, about km 14, 800–900 m, 5 Jan 1967, *W. W. Sanford 4314* (K).

CHAMAEANGIS LANCEOLATA Summerh., Kew Bull. 13: 279 (1958). — TYPE: NIGERIA. Benin Province, Sapota, Jamieson River, Nov 1949, *R. D. Meikle 607* (holotype: K!). Fig. 3A.

Distribution. Lower Guinea Domain (Nigeria and Cameroon).

Observations. In the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts et al., 2007), this species is incorrectly reported from both the Upper and Lower Guinea Domains (Sierra Leone, Liberia, Ivory Coast, Nigeria, Cameroon, Gabon and Republic of Congo). Due to confusion with *C. lecomtei*. We have never observed *C. lanceolata* in Gabon and in East Cameroon during our intensive fieldwork, whereas *C. lecomtei* is quite common. This suggests that *C. lanceolata* is

restricted to the southern part of Nigeria and the western part of Cameroon. We studied three specimens of *C. lanceolata*, Kennedy 2731, 2732 (BM) and Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo 213 (BRLU), the last of which was recently collected from West Cameroon, providing the first record from that country. The flowers and the spur of the collection from Cameroon are much bigger than those of the type specimen.

Additional Specimens Examined. NIGERIA. Jamieson River, Sapoba, 1935, J. D. Kennedy 2731 (BM, K); *ibid.*, J. D. Kennedy 2732 (BM, K); sine loc., 15 Nov 1933, A. F. Ross 186 (K).

CAMEROON. Nguti. Banyang-Mbo Wildlife Sanctuary, way to camp 552, 05°20.234'N, 09°28.411'E, 6 Dec 2004, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 213 (BRLU); *ibid.*, 28 Nov 2005, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou, M. N. Djuikouo 347 (BRLU).

CHAMAEANGIS LECOMTEI (Finet) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 108 (1918). — TYPE: GABON. M'Bary River, Fernand Vaz, April 1894, H. Lecomte *s.n.* (lectotype: P!, here designated).

CHAMAEANGIS LECOMTEI var. LECOMTEI. *Listrostachys lecomtei* Finet, Bull. Soc. Bot. France 54(9): 54 (1907). Figs. 2A–C, 3C.

Chamaeangis lanceolata auct. non Summerh.: Szlach. and Olszewski, Fl. Cameroun 36: 760 (2001); Szlach. et al., Fl. Gabon 37: 426–427 (2004).

Distribution. Lower Guinea Domain [Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon].

Observations. Szlachetko and Olszewski (2001) and Szlachetko et al. (2004) incorrectly applied the name *Chamaeangis lanceolata* to this species. The drawing and the description in the “Flore du Cameroun” and in the “Flore du Gabon” based on *Letouzey* 9159 correspond therefore to *C. lecomtei* var. *lecomtei*.

When Finet (1907) described the type variety, he did not cite a type nor did he indicate distribution of this taxon, but he provided an illustration. According to article 44.1 of the International Code of Botanical Nomenclature (McNeill et al. 2006), an illustration accompanied by analysis is sufficient for this taxon to have been published validly because it preceded the cutoff date required in this case. However, we have found two specimens of this taxon at P (*Lecomte s.n. Leroy 145*) collected at the end of the 19th century, and it is quite obvious that Finet based his description on these specimens because he was working at P and that he chose his epithet to honour the collector of the first of these specimens. Both of these specimens are well preserved and it is impossible to know which was used for the drawing. It is more than likely that Finet's description was based on both specimens. Since the species was dedicated to H. Lecomte, we have chosen his specimen as the lectotype.

The type variety was first reported in Gabon by Schlechter (1918), and then from Cameroon by Szlachetko and Olszewski (2001) (as *C. lanceolata*). We presently recorded it for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Additional Specimens Examined. CAMEROON. Lobé River, 25 km ENE of Campo, 24 Mar 1968, R. Letouzey 9159 (P); Mbassakok outcrop near Mama village, 22 Aug 2001, T. Stévant & D. Pial 192 (BRLU, K); *ibid.*, T. Stévant & D. Pial 200 (BRLU); *ibid.*, 1 Aug 2002, T. Stévant & D. Pial 561 (BRLU); *ibid.*, 7 Aug 2002, T. Stévant & D. Pial 573 (BRLU); *ibid.*, 03°18.946'N, 012°42.615'E, 30 Jul 2003, T. Stévant & D. Pial 839 (BRLU); *ibid.*, 7 Aug 2001, T. Stévant, C. Chamba & D. Pial 170 (BRLU); *ibid.*, 30 Aug 2004, V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 87 (BRLU); Mbolo falls, S of Dja Reserve (N of Djoum), beach near falls on way to fisherman camp, 02°52.047'N, 012°56.961'E, 19 Aug 2002, T. Stévant & D. Pial 595 (BRLU); *ibid.*, 11 Aug 2003, T. Stévant & D. Pial 845

(BRLU); *ibid.*, 18 Aug 2003, *T. Stévant & D. Pial* 862 (BRLU); *ibid.*, 30 Aug 2004, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo* 85 (BRLU).

EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Bicurga, dalle rocheuse, 01°35'N, 010°28'E, 22 Oct 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant* 102 (BRLU, K); Misergue, 23 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant* 79 (BRLU); Cataratas, path between hut and transect, 01°36'N, 010°03'E, 1 Oct 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant* 84 (BRLU).

GABON. sine loc., *A. Leroy* 145 (P); Ogooué-Ivindo, West bank Ovindo River across c. 4 km, opposite Mayibout I, 12 km from Bélinga, 01°07.90'N, 013°06.20'E, Oct 1987, *A. M. Louis, F. J. Sterck & A. A. Elias* 2435 (LBV, WAG); Estuaire, Moka creek, E of Mondah River, *J. C. Arends* 94 (WAG); *ibid.*, *J. C. Arends* 942 (WAG); Estuaire, Ovang, E of Libreville, 00°29'N, 09°31'E, *J. J. Bos & F. M. van der Laan & T. Nzabi* 10771 (WAG); E Libreville, Kongo, *J. P. Biteau & T. Stévant* 13 (BRLU); Site C.E.F.A.-Ayem, 10 km SW from Ndjolé, 16 Apr 1963, *N. Hallé* 1668 (P); Ntoun (road Libreville-Kango), 00°23.669'N, 09°46.238'E, 3 May 2002, *T. Stévant* 1381 (BRLU); Mt. Mbilan (river), 00°28.726'N, 010°16.627'E, 15 Nov 2002, *T. Stévant* 1755 (BRLU); Njolé, 27 Mar 2002, *T. Stévant & J. P. Biteau* 1301 (BRLU).

Chamaeangis lecomtei var. **tenuicalcar** Stévant & Droissart, var. nov. *Chamaeangis lanceolata* auct. non Summerh.: Perez-Vera, Orchidées Côte d'Ivoire: 232 (2003). — TYPE: GABON. sine loc., plant collected in J.P. Biteau's orchid garden in Libreville, 27 Mar 2002, *T. Stévant & J. P. Biteau* 1290 (holotype: BRLU!). Figs. 2D–H, 3D.

A Chamaeangis lecomtei var. *lecomtei labelli calcari apice ovato et 1–2 mm lato differt.*

Epiphytic herb with a short pendulous stem, up to 6 cm long, 3–10 mm diameter. **Leaves** up to 11, distichous, coriaceous, elliptic to linear, unequally bilobed, up to 18 x 1.5 cm, lobes distant up to 15 mm, upper lobe rounded, curved inwards, lower lobe very short or lacking. **Inflorescences** pendulous, 1–5 per plant, racemose, up to 13–51-flowered, up to 24 cm long, peduncle thin, cylindrical, 0.8–0.9 mm in diameter; bracts amplexicaul, conical, glabrous, 2 x 2 mm; pedicel and ovary cylindrical, straight, 3 mm long. **Flowers** glabrous, sepals, petal, lip and pedicel beige–orange, spur white translucent; dorsal sepal ovate, apex slightly apiculate, 1.7–1.8 X 1.4–1.6 mm; lateral sepals ovate, carinate on the abaxiale side, apex slightly apiculate 1.6–2 X 1.1–1.3 mm; petals ovate to oblong-elliptic, 1.4–1.5 X 0.6–0.8 mm; lip triangular 1.5–1.8 X 1.3–1.6 mm (when spread out); spur cylindrical, slightly curved at the base, 9–12 mm long, inflated-rounded in the apical fifth forming an ovoid sac, 2–2.5 x 1.2 mm; column approximately 2 mm long; 2 pollinia, approximately 0.2 mm in diameter.

Ecology. Epiphyte collected on fallen branch in *Hevea* plantation and in old secondary forest. Alt. 100–200 m.

Distribution. Upper and Lower Guinea Domains (Ivory Coast, Ghana and Gabon). This new variety was firstly identified from a Gabonese specimen collected from a cultivated specimen in J.P. Biteau's garden in Libreville. Two additional collections were then found at the National Herbarium of Gabon, both from Estuaire Province (North coastal part of the country). This part of Gabon is the most populated and this variety could be thus subjected to high human pressure in the country.

A specimen (*Perez-Vera* 725) which corresponds to this taxon was identified as *Chamaeangis lanceolata* by Perez-Vera (2003). The description, drawing and pictures in Perez-Vera (2003) clearly correspond to *C. lecomtei* var. *tenuicalcar*. Moreover, recent examination of herbarium material from K and P revealed three other specimens of this taxon from coastal Ivory Coast and Ghana.

The distribution of this new variety does not appear to overlap that of the type variety except in coastal Gabon, where their co-occurrences explains why we have chosen to distinguish them at the rank of variety.

Etymology. The specific epithet was chosen to indicate the shape of the spur.

Paratype. GHANA. Ndumfri Forest Reserve, 1 Apr 1968, *J. B. Hall & A. A. Enti 38132* (K!).

IVORY COAST. km 9 of Yakassé Mé-Kodiousou road, 05°49'N, 03°54'W, 100–200 m, 31 Jul 1970, *A. M. J. Leeuwenberg 8056* (K!, P!, WAG!); Mt Mafa, cultivated in Daloa, 25 Jul 1975, *F. Perez-Vera 725* (K!, P!); Y.A.P.O. forest, ca. 8 km S of Bécédi-Bugnn, ca. 4 km N of Mafou River, 6 Aug 1963, *W. J. J. O. de Wilde 640* (K!).

GABON. Plant cultivated in Libreville, origin: Estuaire, Ekouk, 00°05'S, 010°20'E, 8 Apr 1993, *A. M. Louis 3361* (LBV!); Estuaire, 2 km N of Andem approximately 10 km Kougouleu to Kan, 00°22'N, 09°57'E, 9 Oct 1985, *A. M. Louis & J. M. Reitsma & T. Nzabi 1865* (LBV!, WAG!).

Discussion. The spur shape is the main characteristic distinguishing these two varieties. The type variety possesses a spur abruptly inflated in a globose sac (3 x 2.1–2.2 mm), while var. *tenuicalcar* displays an ovoid apex (2–2.5 x 1.2 mm). Furthermore, the spur of the type variety is usually curved in the middle while that of the new variety is curved at the base.

CHAMAEANGIS VESICATA (Lindl.) Schltr., *Beih. Bot. Centralbl.* 36(2): 109 (1918). *Angraecum vesicatum* Lindl., *Edw. Bot. Reg.* 29 (Misc.): 6 (1843). *Listrostachys vesicata* (Lindl.) Rchb.f., *Flora* 48: 190 (1865). *Angorchis vesicata* (Lindl.) Kuntze, *Revis. Gen. Pl.* 2: 652 (1891). — TYPE: GHANA. Ashanti, *G. Loddiges s.n.* (holotype: K; isotype: W). Fig. 3B.

Chamaeangis kloetzlianum Szlach. & Olszewski, in *Fl. Cameroun* 36: 764 (2001). — TYPE: KENYA. Karen (East), "forêt du poisson des flèches", *Babault s.n.* (holotype: P!).

Distribution. Widespread in tropical Africa [Guinea, Sierra Leone, Liberia, Ivory Coast, Ghana, Togo, Nigeria, Cameroon, Central African Republic, Equatorial Guinea (Bioko, Rio Muni), Gabon, Republic of Congo, Democratic Republic of Congo, Rwanda, Burundi, Uganda, Kenya and Tanzania].

Observations. This species is firstly recorded from Equatorial Guinea (Rio Muni). *Chamaeangis kloetzlianum* Szlach. & Olszewski was described as an endemic species from Kenya in the "Flore du Cameroun" (Szlachetko and Olszewski 2001) but it is considered as a synonymous of *C. vesicata* in the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts et al. 2007).

Additional Specimens Examined. GUINEA. Cercle de Faranah: Socouraba, 1 Jan 1909, *A. J. B. Chevalier 20505* (P).

SIERRA LEONE. Northern Province, 17 Sep 1931, *F. C. Deighton 2242* (K); Ex Musaia, 20 Aug 1947, *F. C. Deighton 4642* (K); *ibid.*, 14 Sep 1948, *F. C. Deighton 4904* (K); between Kmuadugu and Piedmont Loma, 31 Aug 1964, *P. Jaeger 7291* (K, P).

IVORY COAST. Katiola Region, 12 May 1905, *Bayev s.n.* (P); Issia Rock, 15 Sep 1965, *D. Bonardi 179* (P); Monts des Dans, near Santa, 3 Feb 1957, *F. N. Hepper & J. Maley 8057* (K); Daloa, Nov 1971, *F. Perez-Vera 136* (K).

GHANA. Brong-Ahafo Region, between Wenchi and Ofuman, near bridge, *C. Jongkind 3071* (WAG); Apla E.P, 600 ft, Nov 1935, *C. Vigne 4046* (K); Awaso, *cult. Kew* (K); Anum junction, Agu, 11 Sep 1952, *D. Westwood 40* (K); Juaso, 20 Sep 1938, *G. S. Cansdale 134* (K); Leklebi-Dafonear Togo Border, 2000 ft, 18 Apr 1967, *J. C. Bowling 36590* (K); Ashanti, Kumasi, Sep 1938, *J. K. Cox 102* (K); near Apapam, 16 Dec 1953, *J. K. Morton 8150* (K); Pese, Volta gap, 29 Nov 1953, *J. K. Morton s.n.* (K); sine loc., Dec 1891, *W. Bull 67* (K); near Assuantsi, 14 May 1921, *W. C. Fishlock 29* (K).

NIGERIA. Ondo Province, Akure Forest Reserve, 19 Aug 1946, *A. P. D. Jones 19544* (K); Ondo Province, Carter's Peak, 1500 ft, 25 Aug 1946, *A. P. D. Jones 20412* (BR, K); W Region, *D. E. S. King s.n.* (K); Benin, Akure, Aug 1950, *H. Gregory 521* (K); Eket District, *P. A. Talbot 3578* (BM); Obesokuta Province, Egba District, Olokemeji, 1950, *R. W. J. Keay FHI 26733* (K); Ondo Province, Idanne Hills, 1948, *R. W. J. Keay & J. P. N. Brenan FHI 22428* (K); sine loc., 17 Jun 1913, *S. Ashornti 10* (K).

CAMEROON. sine loc., *G. A. Zenker 610* (K); Ebolowa, 14 km on the road to Abam, station du cacaoyer de N'koemvone, 27 Aug 1974, *J. J. F. E. de Wilde 7413* (BR, K, YA); Akoundoué, Nkolbisson near Yaoundé, 17 Jan 1979, *K. V. Setten 326* (WAG); near Malantouen, 25 km E of Foumban (Feuille I.G.N 1/200000 Linte), 3 Sep 1966, *R. Letouzey 7777* (P, YA); Ngoko, Sep 1899, *R. Schlechter 12732* (BR); Bouamir (inselberg of), 6h walk from Somalomo vilage, Réserve du Dja, *T. Stévant 721* (BRLU); Bouamir (inselberg of Bouamir), 5 Sep 2003, *T. Stévant & D. Pial 893* (BRLU); "Petit Rocher" of Bouamir, Dja Reserve, 22 Aug 2001, *T. Stévant & D. Pial 194* (BRLU); Somalomo village, coffee plantation, 03°23'N, 012°44'E, 22 Aug 2001, *T. Stévant & D. Pial 198* (BRLU); *ibid.*, 15 Aug 2002, *T. Stévant & D. Pial 581* (BRLU); *ibid.*, 18 Aug 2003, *T. Stévant & D. Pial 852* (BRLU); Palm d'Or Rock, 23 Sep 2002, *T. Stévant & D. Pial 637* (BRLU); Nkoubar (rock), 15–20 km E of Bouamir, Dja Reserve, 24 Aug 2003, *T. Stévant & D. Pial 876* (BRLU); Somalomo, plantation of Papa Remy Mampomo, 03°23'N, 012°44'E, 6 Aug 2001, *T. Stévant, C. Chamba & D. Pial 145* (BRLU); Dja Reserve (collection J.P. Vautherin), 29 Sep 2000, *T. Stévant, C. Chamba & D. Pial 52* (BRLU); Mbam-Minkom, 30 km NW of Yaoundé, near Kolakié village, 03°58.609'N, 011°22.835'E, 13 Aug 2006, *V. Droissart T. Stévant & M. Simo 412* (BRLU); Akomssili (inselberg of), 6 km SO. of Bouamir, Dja Reserve, 03°10.161'N, 012°45.364'E, 13 Sep 2004, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 103* (BRLU); *ibid.*, 13 Sep 2004, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 104* (BRLU); *ibid.*, 22 Aug 2005, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou, M. N. Djuikouo 312* (BRLU); *ibid.*, 22 Aug 2005, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou, M. N. Djuikouo 313* (BRLU); path from Kougoulou to Nkoubar (outcrop of), 15–20 km E of Bouamir, Dja Reserve, 03°11.258'N, 012°56.513'E, 13 Sep 2004, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 108* (BRLU); Mbouma, cacao plantation, 02°44.044'N, 013°04.472'E, 20 Sep 2004, *V. Droissart, T. Stévant, C. Nguembou & M. N. Djuikouo 121* (BRLU); Mefou: 22 miles Yaoundé on Akonolinga road, 19 Oct 1968, *W. W. Sanford 5201* (P); about Akonolinga area, Bigier exploitation, 21 Oct 1968, *W. W. Sanford 5212* (K, P); Ayos to Abong-Mbang, near atols, 24 Oct 1968, *W. W. Sanford 5220* (P); forest exploitation near Dimako, off Doumé road, 26 Oct 1968, *W. W. Sanford 5237* (P); Dschang District, just beyond Fongo-Tongo, 5700 ft, 26 Nov 1968, *W. W. Sanford 5648* (K); Amban to Ebolowa, 1 Mar 1969, *W. W. Sanford 6106* (K).

CENTRAL AFRICAN REPUBLIC. Sangha River, 350 m, 2 Oct 1988, *D. J. Harris & J. M. Fay 1291* (K); Yalinga, 10 Sep 1922, *G. M. P. C. Le Testu 4170* (BM, P); *ibid.*, 10 Oct 1922, *G. M. P. C. Le Testu 4220* (BM, P).

EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). inselberg of Akoak Ebanga, 1h walk from Ngong Mocomo village, 10 km from Nsork, 01°04'N, 011°12'E, 31 May 2002, *I. Parmentier & P. Esono 3506* (BRLU); inselberg of Dumu, near Dumu village, 01°22.2'N 011°19.4'E, 6 Jun 2002, *I. Parmentier & P. Esono 3643* (BRLU); Wele-Nzas: Nchoho Yenguem, km. 38 de la carretera de Enkue, 24 Aug 2000, *R. Pérez Viso 3694* (BRLU); Nsork (Ngong Mokomo), 01°14'N, 011°02'E, 31 Mar 2000, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 132* (BRLU); road to Mitemle, 21 Aug 2001, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 401* (BRLU); *ibid.*, 11 Sep 2001, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 412* (BRLU); Monte Chocolate, 01°45'N, 010°16'E, 11 Sep 2001, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 421* (BRLU); *ibid.*, 6 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant*

56 (BRLU); Monte Alén National Park - Monte Chocolate Transect (path to transect), 01°46.324'N, 010°16.792'E, 2 Sep 2002, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 506* (BRLU); *ibid.*, 5 Jul 2001, *T. Stévant 917* (BRLU); Oyek, 6 Oct 2002, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 513* (BRLU); Moca village, 01°39'N, 010°19'E, 6 Oct 2002, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 520* (BRLU); Mirador, rock outcrop, 3 km W of Ecofac Station, 01°40'N, 010°17'E, 6 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 58* (BRLU); Esamalan, 01°34'N, 010°12'E, 10 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 60* (BRLU); inselberg Akuom, 6 km E of Nsuameyong, 01°49'N, 010°55'E, 17 Sep 1999, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 68* (BRLU); Akuom (inselberg of), 1h30 walk (6 km) from Nzuameyong village, 25 km of Añisok, 01°50.156'N, 010°55.734'E, 25 Jan 2003, *V. Deman & P. Esono 220* (BRLU); Bikurga (inselberg of), near Bikurga village, 01°35.035'N, 010°28.037'E, *T. Stévant 1085* (BRLU); *ibid.*, 18 Feb 2001, *T. Stévant 776* (BRLU); *ibid.*, 18 Feb 2001, *V. Deman, S. Ndong Bokung & N. Nguema 784* (BRLU); *ibid.*, SW side 220°, 18 Feb 2001, *T. Stévant 815* (BRLU); Moca village, PNMA, 14 Jul 2001, *T. Stévant 972* (BRLU); 33 miles from Ebebingui on road to Micomeang, 1900 ft, 13 Feb 1969, *W. W. Sanford 5737* (K, P).

GABON. Woleu-Ntem, Minvoul, 02°09'N, 012°07'E, 17 Oct 1985, *A. M. Louis 1876* (LBV, WAG); Woleu-Ntem. Chantier Oveng, 00°04'N, 011°15'E, *A. M. Louis 2126* (LBV, WAG); exploitation road, 2 km SE of Forestry Camp Waka, 01°14'S, 010°53'E, *A. M. Louis, F. J. Breteler & J. de Bruijn 1231* (WAG); sine loc., *cult. J. Herman* (K); Haute-ngounyé, Nzambi (between Divégni and Mouila), 19 May 1925, *G. M. P. C. Le Testu 5458* (BM, K, P); Ogoué in Franceville, 01°38'S, 013°35'E, 11 May 1930, *G. M. P. C. Le Testu 8082* (BM, K, P); Oyem Region, Rock outcrop of Com, Coumassi, 01°50'N, 011°37'E, *G. M. P. C. Le Testu 9006* (BM, P); Woleu-Ntem, Coum rock outcrop in Coum-Aci, Nzambi (between Divégni and Mouila), 01°50'N, 011°37'E, 1 Sep 1933, *G. M. P. C. Le Testu 9268* (BM, K, P); Oyem Region, rock outcrop of Acé Bengom, 01°35'N, 011°45'E, *G. M. P. C. Le Testu 9213* (BM, P); Haut-Ogooué, 24 Apr 1930, *G. M. P. C. Le Testu s.n.* (BM), sine loc., *J. & C. Hermans 399* (K); ca 30 km S of Rabi, along the road to Echira, platform called 'Echira Horizontal', 02°34'S, 09°49'E, *J. J. F. E. de Wilde, J. C. Arends, A. M. Louis & J. J. Wieringa 9760* (WAG); Oyem, 1 Oct 1997, *J. P. Biteau & T. Stévant 17* (BRLU); Woleu-Ntem, inselberg in Bordamur concession area, some 9 km from WWF station, on righthand side of logging road leading into forest interior, 01°04'N, 011°43'E, 590 m, 25 Oct 2002, *J. S. Strijk 291* (LBV, WAG); *J. S. Strijk 311* (LBV, WAG); near 'pont de lianes', 700 m, 22 May 1963, *N. Hallé & G. Cours 6153* (P); Salem (inselberg of) near Eleleum village on Medouneu road, 01°12.011'N, 011°31.853'E, 19 Apr 2002, *T. Stévant 1350* (BRLU); Bibas (road Oyem/Bissok/Sam, 5 km after junction to Bissok), 01°24.519'N, 011°36.812'E, 19 Apr 2002, *T. Stévant 1355* (BRLU); between Mouilla and Mimango, 01°41.808'N, 011°23.104'E, 27 Apr 2002, *T. Stévant 1366* (BRLU); Mt. Koum, 1 km from Kumassi village, 32 km from Oyem to Bitam, 01°49.614'N, 011°37.344'E, 24 Sep 2002, *T. Stévant 1832* (BRLU); *ibid.*, 01°49.542'N, 011°37.937'E, 14 Jan 2002, *V. Deman 71* (BRLU); Oyem Region, Inselberg Ossap Anda, 12 Jan 2003, *V. Deman 53* (BRLU).

CONGO, REPUBLIC OF. Forestry road Fouet, toward forestry site of the Mudongo, 25 km W Sibiti, 03°40'S, 013°20'E, 6 Aug 1965, *C. Farron 4234* (P); roadworks on Mudongo road, 25 km W of Sibiti, 03°40'S, 013°20'E, 16 Aug 1965, *C. Farron 4421* (P); forest gallery 8 km from Boko-Songho, Madingou, 21 Jul 1963, *de Néré 1668* (P); Mandiéfé, plateaux Batékés, 650 m, 27 Feb 1971, *L. Makany 1750* (P).

CONGO, DEMOCRATIC REPUBLIC OF. Djugu, 17 Jul 1958, *A. Devillé 165* (BR, K); Bas-Uele, 29 Nov 1934, *A. Dewulf 282* (BR); Mobwasa, Oct 1913, *F. J. Reygaert 1140* (BR); Vaku, Apr 1924, *F. J. Wellens 495* (BR); Kuti, 27 Sep 1905, *F. Seret 46* (BR); Upemba National Park, Buye Bala River, 1750 m, 26 Mar 1948, *G. F. de Witte 3563* (BR, K); sine

loc., 1938, *J. Gillet* 17 (BR); Kimuenza, *J. Gillet* 2105 (BR); Kisantu, *J. Gillet s.n.* (BR); sine loc., *H. Callens* 835 (K); Lesse, 22 Jul 1914, *J. C. C. Bequaert* 5092 (BR); Kinshasa, 29 May 1915, *J. C. C. Bequaert* 7479 (BR, K); Gimbi, 29 Mar 1948, *J. Laurent* 369 (BR); Djugu, 1931, *J. Lebrun* 3928 (BR); Mayombe, Luki, 9 Aug 1957, *J. Wagemans* 1622 (BR, K); Dundusana, *M. G. Mortehan* 765 (BR); Musonoi River, 84 km NNW from Kolwezi, 3 Jan 1982, *M. Schaijes* 1300 (BR); Lekwa, Djugu Forest, 9 Jul 1958, *P. Bamps* 233 (BR, K); Mvuavi, 28 Jun 1953, *R. Devred* 1351 (BR, K); Nyamuragira, 6 Feb 1945, *R. Germain* 3533 (BR, K); Djugu, 26 Aug 2013, *W. Robyns* 3979 (BR, K).

RWANDA. Gisakura, Nyungwe Forest, 1 Jul 1999, *C. E. N. Ewango* 2080 (BR); surroundings of Rangiro, 1700–1800 m, 13 Feb 1980, *D. Bridson* 395 (K); Gisakura, Nov 1974, *G. Troupin* 15491 (BR); Gisakura, 1975, *G. Troupin* 15749 (BR).

BURUNDI. Ruyubu, Bujumbura Province, 14 Feb 1991, *M. Arbonnier* 221 (BR); Ndora, 12 Dec 1991, *M. Arbonnier* 297 (BR).

UGANDA. wood near Kabora River, *A.G. Bagshawe* 169 (BM); Mabira forest, 4000 ft, Dec 1908, *E. Brown* 467 (BM); Budongo forest, 3750 ft, Sep 1935, *G. & L. Hancock* 14A (K); sine loc., 5000–6000 ft, Mar 1939, *P. Chandler* 2780 (K); Bunyoro District, Budongo forest, Sep 1935, *W. J. Eggeling* 2103 (BR, K); Kalinzu forest, West Ankole., Aug 1936, *W. J. Eggeling* 3223 (K); Budongo forest, Sep 1940, *W. J. Eggeling* 4044 (K), Kigezi: Nyebeya, Oct 1940, *W. J. Eggeling* 4187 (K).

KENYA. sine loc., *C. Bailes et al.* 363 (K); Elgon, 6000 ft, Oct 1962, *E. M. Tweedie* 2481 (K); Nairobi District, French mission land, 5900 ft, 8 Mar 1933, *E. R. Vapier* 5215 (K); Njombeni Hills, NE of Meru, 13 Aug 1951, *F. Piers* 64 (K); N'gong, 1937, *G. R. Cunningham-Van Someren* 10 (K); Nairobi, Ngong, Apr 1943, *H. Copley* 28 (K); Jombeni Range, May 1942, *H. Copley*, 33A (K); Nairobi, Kasvra riverine forest, Apr 1925, *J. B. Smart* E 25 (K); Mbagathi, S of Nairobi, 1770 m, Nov 1948, *P. G. Archer s.n.* (K); M'bagathi, 5000 ft, 22 Sep 1916, *W. J. Dawson* 567 (K).

TANZANIA. Mbulu District, headwaters of Endebash River, 14 Jun 1942, *R. S. Moreau & W. M. Moreau s.n.* (K); Minziro, Kagera, 1200 m, 13 Feb 1995, *T. C. E. Congdon* 408 (K); Kasulu District, mile 55 on Kasulu-Kibondo Road. Fringing forest of Malagarasi River, 4000 ft, 3 Apr 1946, *W. J. van der Burg* 843 (K); Mbulu District, Tang Territ., Headwaters of Endabash River, 5000 ft, 14 Jun 1942, *W. M. Moreau* 309 (K).

CHAMAEANGIS GABONENSIS Summerh., *Kew Bull.* 13: 86 (1958). — TYPE: GABON. Djoua River basin, banks of Liboumba River at Kemboma, Oct 1932, *G. M. P. C. Le Testu* 8952 (holotype: K!; isotypes: P!, BM!). Fig. 3F.

Distribution. Lower Guinea Domain (Cameroon and Gabon).

Observations. This species was considered as endemic to Gabon (*Szlachetko et al.* 2004). It is recorded here for the first time from Cameroon.

Additional Specimens Examined. CAMEROON. Mbolu falls, S of Dja Reserve (N of Djoum), beach near falls on way to fisherman camp, 02°52.047'N, 012°56.961'E, 3 Dec 2002, *T. Stévant & D. Pial* 705 (BRLU); *ibid.*, 22 Dec 2003, *T. Stévant & D. Pial* 968 (BRLU).

GABON. Estuaire, Tanne from landing stage, 00°29.5'N, 09°31'E, 15 Feb 1985, *A. M. Louis* 1714 (LBV, WAG); Estuaire, near Moka, Libreville - Cap Esterias, *A. M. Louis, F. J. Sterck & A. N'Goyé* 2648 (WAG); Oyem, 1 Oct 1997, *J. P. Biteau & T. Stévant* 18 (BRLU); Ntum in Kougouleu, 00°21.818'N, 09°50.181'E, 22 Apr 2002, *T. Stévant & J.P. Biteau* 1364 (BRLU).

CHAMAEANGIS ODORATISSIMA (Rchb.f.) Schltr., Bot. Jahrb. Syst. 53: 597 (1915). *Angraecum odoratissimum* Rchb.f., Bonplandia 4: 326 (1856). *Listrostachys odoratissima* (Rchb.f.) Rchb.f., Gard. Chron., n.s., 13: 806 (1880). — TYPE: Sine loc., *Herb. Reichenbach f. 7916* (holotype: W; iconotype: K). Fig. 3J.

Listrostachys urostachya Kraenzl., Bot. Jahrb. Syst. 22: 29 (1895). ≡ *Angraecum urostachyum* (Kraenzl.) Engl. in Engl. & Drude, Veg. Erde 9(II): 420 (1908). ≡ *Chamaeangis urostachya* (Kraenzl.) Schltr., Bot. Jahrb. Syst. 53: 597 (1915). — TYPE: TANZANIA. Mts. Usambara, *C. Holst 4001* (holotype: B†; iconotype: K!).

Listrostachys dewevrei De Wild., Not. Pl. Util. Congo 1: 145 (1903). ≡ *Chamaeangis dewevrei* (De Wild.) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 108 (1918). — TYPE: DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO. Mabandaka, *A. Dewèvre 584* (holotype: BR!; isotype: K!).

Listrostachys pynaertii De Wild., Not. Pl. Util. Congo 2: 164 (1906). — Type: Democratic Republic of Congo. Eala, *L. A. Pynaert s.n.* (holotype: BR!).

Distribution. Widespread in tropical Africa [Sierra Leone, Liberia, Ivory Coast, Nigeria, Cameroon, Central African Republic, Equatorial Guinea (Rio Muni), Gabon, Republic of Congo, Democratic Republic of Congo, Rwanda, Burundi, Uganda, Kenya, Tanzania, Angola and Malawi].

Observations. *Chamaeangis odoratissima* is clearly related to *C. sarcophylla* from which it differs mainly by the size of flowers and the length of the spur (Fig. 3I&J). Examination of specimens suggests that this species is variable, especially concerning the length of the spur, which may vary from 4 to 12 mm.

Additional Specimens Examined. SIERRA LEONE. Kailahun District, Bunumbu, Male River, 14 Jan 1982, *B. Segerback 1524* (K); Jau, near Gegbwema (Tunkia), 28 Jan 1940, *F. C. Deighton 3889* (K); Ex Sefadu, in open savannah woodland, cultivated at Njala, 15 Oct 1946, *F. C. Deighton 4920* (K).

LIBERIA. Loffa county, between Zorzor and Voinjama, bank of Loffa River, 23 Dec 1966, *J. J. Bos 2603* (K, WAG); Western Province, Vonjama District, Soplina, 31 Oct 1947, *J. T. Baldwin Jr. 10038A* (K); Central Province, Sanokwele District, rock outcrop near Sanokwele, 26 Sep 1947, *J. T. Baldwin Jr. 9524* (K).

IVORY COAST. Bouroukrou, 20 Dec 1906, *A. J. B. Chevalier 16907* (P); Adiopodoumé, 17 km W of Abidjan, Garden of Centre Néerlandais, *A. J. F. M. Dekker 332* (WAG); *ibid.*, *A. J. F. M. Dekker 435* (WAG); about 60 km N of Sassandra, left bank Davo River, E of Béyo, 05°18'N, 06°00'W, 100 m, 27 Jan 1959, *A. M. J. Leeuwenberg 2585* (K); Zéqueguké forest, Nov 1971, *F. Perez-Vera 144* (K); Mt. Mafa, 2 Nov 1974, *F. Perez-Vera 727* (P); CULTA, Adiopodoumé, ORSTOM, Centre Néerlandais, 13 Nov 1975, *J. de Koning 6114* (WAG); between Diapé and Adzopé, 28 Oct 1956, *J. J. F. E. de Wilde 746* (K); sine loc., 15 Nov 1958, *L. Aké Assi 4462* (K); Mt. Mafa, cultivated in Abidjan, Botanical Garden of the University, 16 Nov 1967, *L. Aké Assi 9771* (K); NE of Tabou, about 4 km NW of Ménéké, 04°32'N, 07°18'W, Sep 1975, *W. M. Moreau 843* (WAG).

NIGERIA. sine loc., *leg. D. E. S. King* (K).

CAMEROON. Buea, Oct 1949, *C. W. Chew 11* (K); Dzangha-Sangha reserve, 45 km S of Lidjiombo, Ndakan gorilla study area, 02°21'N, 16°09'E, 350 m, 11 Nov 1988, *D. J. Harris & J. M. Fay 1581* (K); Dzangha-Sangha reserve, 45 km S of Lidjiombo, Ndakan gorilla study area, 02°21'N, 16°09'E, 350 m, 11 Nov 1988, *D. J. Harris & J. M. Fay 1582* (K); near Buea, *H. Gregory 153A* (K); Buea, 3000 ft, 3 May 1948, *H. Gregory 299* (K); station du cacaoyer de N'Koemvone, 14 km on the road from Ebolowa to Ambam, old cacao plantation with forest remnants overhead, close to European habitation, Nov 1974, *J. J. F. E. de Wilde 7625*

(K, YA); South Province, Campo Ma'an area, Bibabimvoto, 700 m along transect T22, 02°13.6'N, 09°56.466'E, 160 m, 15 Aug 2002, *P. Tchouto, M. Voltaire & N. Austin 3397* (WAG); Dschang, Jul 1972, *R. Letouzey 11580* (K, P, YA); Dschang, 25 Jul 1972, *R. Letouzey 11580* (BR, K, P, YA); near Kutin, 40 km WNW of Bamenda and 25 km NNW of Batibo, 9 Aug 1975, *R. Letouzey 14207* (BR, K, P, YA); Mbolo falls, S of Dja Reserve (N of Djoum), beach near falls on way to fisherman camp, 02°52.047'N, 012°56.961'E, 9 Jul 2002, *T. Stévant & D. Pial 437* (BRLU), *ibid.*, *T. Stévant & D. Pial 441* (BRLU), *ibid.*, *T. Stévant & D. Pial 444* (BRLU); Dja Reserve, 5 Nov 2002, *T. Stévant & D. Pial 685* (BRLU); near village Ongot, near Yaoundé on Doual road, 7 Nov 1968, *W. W. Sanford 5324* (YA); Edea District, Yaoundé to Douala road, near Edéa, 8 Nov 1968, *W. W. Sanford 5342* (K, P).

CENTRAL AFRICAN REPUBLIC. Mbaïki Region, station of Boukoko (Oubangui-Chari A.E.F.), 25 Nov 1948, *C. Tisserant 1263* (BR); Boukoko, 10 Nov 1947, *C. Tisserant & Leg. Equipe 448* (BM, K, P); *ibid.*, 25 Nov 1948, *C. Tisserant & Leg. Equipe 1263* (BM, P); Waka Region, Galerie Moku River, near Likundu village, 20 km NO. Alindao, 18 Nov 1927, *C. Tisserant & Leg. Equipe 2357* (BM, K, P); Dzangha camp, 11 km NE of Bayanga, 02°57'N, 16°21'E, 5 Dec 1993, *D. J. Harris 3912* (K); riverside of Inhobaye, 30 km S of Mbaïki, 6 Nov 1968, *F. Badré 236* (P).

EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Monte Chocolate 19 Sep 2001, *S. Ndong Bokung & T. Stévant 424* (BRLU); Ebebiyin to Mikomesong, 33 km from Ebebiyin, 1901 ft, 13 Feb 1969, *W. W. Sanford 5739* (K); near village of Mbomo, 8 miles off main road to Rio Benito, 26 Feb 1969, *W. W. Sanford 6073* (K).

GABON. Ogooué-Ivindo, West bank Ovindo River across c. 4 km, opposite Mayibout I, 12 km from Bélinga, 01°07.90'N, 013°06.20'E, Oct 1987, *A. M. Louis, F. J. Sterck & A. A. Elias 2432* (LBV, WAG); Djoua. Bank of Liboumba in Kemboma 00°45'N, 013°33'E, 26 Oct 1932, *G. M. P. C. Le Testu 8948* (BM, K, P); Gabon, Mt. Koum, 1 km from Kumassi village, 32 km from Oyem to Bitam, 01°49.7'N, 011°37.5'E, 25 Dec 1999, *I. Parmentier & N. Nguema 1125* (BRLU); *ibid.*, 27 Dec 1999, *I. Parmentier & N. Nguema 504* (BRLU); Estuaire, Forestry brigade, of Etouk, 00°10'S, 010°15'E, 29 Sep 1983, *J. J. Floret & A. M. Louis 1549* (P); inselberg, ca 28 km ESE of Medouneu, 00°55'N, 011°01'E, 3 Feb 1986, *J. M. Reitsma, B. Reitsma & A. M. Louis 1814* (LBV, WAG); Estuaire, 1 Sep 1997, *J. P. Biteau & T. Stévant 15* (BRLU); N of Gabon, 1 Oct 1997, *J. P. Biteau & T. Stévant 16* (BRLU); Woleu-Ntem, Minkébé area, River Nouma, Bank river, 01°41'N, 012°51'E, 16 Dec 1990, *Minkébé Series with C. M. Wilks 620* (WAG); Komo Estuary (Ramboué River), 00°03.853'N, 09°47.889'E, 4 May 2002, *T. Stévant & J.P. Biteau 1400* (BRLU).

CONGO, REPUBLIC OF. Parc Nat. Odzala, bank of Lékoli, 1 Jan 1995, *F. Dowsett-Lemaire 1851* (BR).

CONGO, DEMOCRATIC REPUBLIC OF. Kivu Province, Irangi, Hukula River, 18 Aug 1955, *A. R. Christiaensen 1046* (BR); Bongo, rivière Ndai, 9 Sep 1955, *C. Evrard 1775* (BR); Likimi, Mongala forest, 28 Sep 1955, *C. Evrard 1869* (BR, K); Eala, *F. Vermoessen 2* (BR); sine loc., *H. Callens 814* (K), *ibid.*, *H. Callens 850* (K), *ibid.*, *H. Callens 854* (K), *ibid.*, *H. Callens 1164* (K); Avakubi, 11 Jan 1914, *J. C. C. Bequaert 1888* (BR); Lacs Edouard et Kivu, Angi, 21 Sep 1914, *J. C. C. Bequaert 5825* (BR, K); Virunga National Park, Semliki River, 19 Nov 1948, *J. de Wilde 190* (BR, K); Goma, 5500 ft, Mar 1948, *J. W. Purseglove 2615* (K); Eala, 15 Oct 1906, *L. A. Pynaert 626* (BR); sine loc., *L. A. Pynaert s.n.* (BR); Dundusana, Nov 1913, *M. G. Mortehan 680* (BR); sine loc., 1906, *M. Laurent 1193* (BR); Eala surroundings, Jul 2005, *M. Laurent 1298* (BR); Eala, Aug 1906, *M. Laurent 1737* (BR, K); S of Rumangabo, 22 Jan 1945, *R. Germain 3451* (BR, K); Bitale, 19 Apr 1951, *R. Pierlot 142* (BR).

RWANDA. Sanga, *G. Delepierre* 102 (BR); Gisakura, Nyungwe-Rugege Forest, 1975, *G. Troupin* 15689 (BR); Gisakura, 1976, *G. Troupin* 15776 (BR, K); Lacs Edouard et Kivu, Nyungwe, *J. Babilon* 259 (BR).

BURUNDI. Muremera, 28 Apr 1991, *M. Arbonnier* 230 (BR).

UGANDA. Lake George, 3000 ft, 15 Aug 1938, *A. S. Thomas* 2373 (K); Butera-Bubungi path, 5600 ft, 22 Sep 1954, *E. M. Norman* 236 (K); Busia-Kampala Road, Jul 1938, *G. R. Cunningham-Van Someren* 35 (K); Bunyangabo, Toro, 6000 ft, 1913, *J. D. Snowden* 104 (BM, K); Bunjaraguru at Lutoto, 4600 ft, 22 Aug 1929, *J. D. Snowden* 1424 (BM, K); Toro, 5000 ft, 26 Nov 1921, *J. D. Snowden* 732 (BM, K); Ishasha Gorge, Kigezi, 5000 ft, 1 Jul 1947, *J. W. Pursglove* 2474 (K); sine loc., *Norfolk* 656 (K); Fort Portal Forest Reserve, Toro, 5000 ft, 21 Jul 1960, *S. Paulo* 595 (K); Mengo, Bulemegi county, 3800 ft, Apr 1931, *Sanford (Mrs)* 2164 (K); Victoria Nyanza region, 14 Jul 1914, *T. D. Maitland s.n.* (K); Hema section of Kibale Forest Fort Portal, Aug 1936, *W. J. Eggeling* 3090 (K); Ankole, Kyamahunga, Jun 1958, *W. J. Eggeling* 3723 (K); Ankole, Lutoto, Oct 1940, *W. J. Eggeling* 4112 (K).

KENYA. Elgon, 6700 ft, Oct 1931, *E. M. Tweedie* 24 (K); sine loc., *L. M. Mason* 2219 (K).

TANZANIA. Ulanga District, SSW from Mahenge Station, Hululu Mts. 26 Feb 1932, *H. J. Schlieben* 1846 (BR, P); Amani, Research station, Sep 1910, *K. Braun* 3210 (K); E of Usambaras, Maramba, 4000 ft, 16 May 1942, *P. J. Greenway* 6462 (K); sine loc., *R. E. Moreau* 694 (K); Sangarawe, 7 km NW of Amani, 2 Apr 1941, *W. M. Moreau* 35 (K); Maskati track, Mt. Nguru, 3000 ft, 15 May 1973, *W. M. Moreau* 367 (K).

ANGOLA. Mayombe. Chilungo, 1918, *J. Gossweiler* 6679 (BM, K).

MALAWI. N Province, Nkhata Bay District, 5 miles E Muzu, 4100 ft, 18 Feb 1978, *E. Phillips* 3309 (WAG); S of Vipya, 28 Feb 1981, *I. la Croix* 110A (K); N Province, Nkhata Bay District, 5 miles E Muzu, 25 Mar 1977, *J. Pawek* 12534 (BR, K, WAG).

CHAMAEANGIS SARCOPHYLLA Schltr., Bot. Jahrb. Syst. 53: 597 (1915). — TYPE:

TANZANIA. Rungwe District, near Kyimbila, *A. Stolz* 639 (syntype: B; isosyntype: K!) & Ukinga Mts., *A. Stolz* 2080 (syntype: B; isosynthype: BM!, P!). Fig. 3I.

Chamaeangis orientalis Summerh., Kew Bull. 6: 473 (1952). — Type: KENYA. Machakos/Masai Districts, Chyulu Hills, *Bally* in *C. van Someren* 19 (holotype: K).

Distribution. Congo Domain and East Africa (Democratic Republic of Congo, Rwanda, Burundi, Uganda, Kenya, Tanzania and Malawi).

Observations. This species possesses the longest spur of any species in the genus *Chamaeangis*, up to 20 mm.

Additional Specimens Examined. CONGO, DEMOCRATIC REPUBLIC OF. Lacs Edouard et Kivu, Ruwenzori, 21 May 1914, *J. C. C. Bequaert* 4407 (BR, K); Lacs Edouard et Kivu, Virunga National Park, Kikeri, Mt. Henu, 12 Sep 1953, *W. Robyns* 4089 (BR).

Rwanda. Surroundings of Wisuno, Commune Gatere, Forestry Centre, 22 Feb 1980, *D. Bridson* 449 (K); Lacs Edouard et Kivu, Gisakura, Nyungwe-Rugege Forest, 1975, *G. Troupin* 15701 (BR).

BURUNDI. Ndora-Gisumo, 28 Sep 1991, *M. Arbonnier* 249 (BR).

UGANDA. Elgon, 25 Aug 1921, *C. H. Lankester* 25 (K); Mt. Elgon, 5000 ft, 10 May 1924, *J. D. Snowden* 880 (BM, K); sine loc., *J. Stewart* 1297 (K).

KENYA. Ngong Hills, 7700 ft, 7 Dec 1985, *B. Khayota* 65 (K); NE slopes of Mt. Elgon, 7000 ft, 1934, *E. M. Tweedie* 196 (K); Elgon, Suam valley, 7000 ft, Mar 1936, *E. M. Tweedie* 312 (K); Sosian River, S of Elgon, 6500 ft, Aug 1939, *E. M. Tweedie* 482 (K); *ibid.*, 6700 ft, 29 Jan 1957, *E. M. Tweedie* 559 (K); Nanyuki, W side of Mt. Kenya, Sep 1943, *H. Copley* 33

(K); Kericho District, Sambret-Timbilil, SW of Mau forest, Sep 1961, *O. Kenfoot* 2839 (K); Chyulu Hills, N-slope, 4500–5200 ft, 19 Apr 1938, *P. R. O. Bally* 192 (K); *ibid.*, 19 Apr 1938, *P. R. O. Bally* 196 (K); Londiani District, Nyanza Province, Tinderet Forest Reserve, camp I, 00°05'S, 35°27'E, 16 Jun 1949, *R. A. Maas Geesteranus* 4997 (BR, K); Kisumu/Londiani District, Nyanza Province, Tinderet Forest Reserve, 2 Jul 1949, *R. A. Maas Geesteranus* 5344 (BR, K); Mt. Kenya, above Nanyuki, 7600 ft, 19 Jun 1943, *W. M. Moreau* 676 (K).

TANZANIA. Iringa District, Mufindi, 2000 m, 3 Mar 1989, *E. de Leyser* 247 (K); Tanganyika Territory, Weru-weru gorge moshi, 5000 ft, 20 Jul 1949, *G. B. Wallace* 608A (K); Nsanga, Rungwe T7, 5000 ft, 30 May 1974, *G. P. Leedal* 1874 (K); W of Mufindi, 08°40'S, 35°10'E, 6000 ft, 19 Mar 1944, *H. W. D Pollock* 804 (K); Mt. Meru, 5000–8000 ft, 21 Apr 1940, *J. H. Vanghan* 3031 (K); Arusha District, Mt. Meru Forest, 1980 m, 20 Mar 1957, *L. Saska* 52A (K); Mazumbi Forest Reserve, S boundary near Mazumbi-Bumbuli road, 5000 ft, 23 Apr 1981, *L. T. Tanner* 260A (K); *sine loc.*, *L. Tanner* 184 (K); 88 km from Dar es Salaam on Morogoro Road. T6, 800 ft, 21 Jan 1976, *P. J. Cribb & C. Grey-Wilson* 10298 (K); on track to road leading from Lake at Marangu westwards, 5500 ft, 1 Feb 1976, *P. J. Cribb & C. Grey-Wilson* 10512 (K); on ridge, W of Lufirio River. Livingstone Forest Reserve of Kandete, 6800 ft, 8 Feb 1976, *P. J. Cribb & C. Grey-Wilson* 10639 (K); at the end of car track to Ngoni Crater, 6500 ft, 21 Feb 1976, *P. J. Cribb & C. Grey-Wilson* 10819 (K); Iringa District, Mufini, Kigogo River, 1950 m, 16 Feb 1979, *P. J. Cribb & C. Grey-Wilson* 11449 (K); Tanganyika, *R. E. Moreau* 443 (K); Kigogo Forest Reserve, 08°40'S, 35°15'E, 1870 m, 25 Jan 1989, *R. Gereau, J. Lovett, H. O. Sulieman & F. M. Mbago* 2952 (K, MO); Iringa District, Mufini, Kigogo River, 12 Mar 1962, *R. M. Polhill & S. Paulo* 1794 (BR, K); Tanganyika Territory, Weru-weru gorge moshi, 4600 ft, 14 Mar 1942, *V. Harris* 140 (K); Mufindi forest station, 6000 ft, Mar 1936, *W. J. A. Ria* 63 (BM); Weru-Weru Gorge, near Moshi, 20 Jul 1943, *W. M. Moreau* 608 (K).

MALAWI. North Region, Misuku Hills, Mugesse Forest, 1600–1800 m, 1 Mar 1983, *F. Dowsett-Lemaire* 661 (K).

Excluded taxa

CHAMAEANGIS GRACILIS (Thouars) Schltr., *Beih. Bot. Centralbl.* 33(2): 426 (1915).

Observations. Type specimen incomplete, but don't correspond to a *Chamaengis* taxa and should probably be considered as an *Angraecum* Bory.

Acknowledgement

We express our sincere gratitude to Professor Jean Lejoly, Université Libre de Bruxelles, for his support and hospitality in his laboratory; Daniel Geerinck for Latin translation and helpful discussion; Dr Philipp Cribb, former Head of the Orchid Herbarium at K, for helping us to identify *Chamaengis* specimens; and Dr Pete Lowry, Head of the Africa & Madagascar Department of the Missouri Botanical Garden, for helpful comments. We are also grateful to J.P. Biteau, who holds the richest collection of orchids in Gabon, for allowing us to collect specimens from living plants in his garden. The Directors of BM, BR, K, P, LBV, WAG, YA are gratefully acknowledged. Surveys carried out in Africa were funded by the ECOFAC Program (EC–DG8), DIVEAC (CUD–ULB) and the CUREF Project, the Leopold III Funds, the Wildlife Conservation Society (WCS), the Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS) and the Central Africa Regional Program of the Environment (CARPE). The research position currently held by I. Parmentier is funded by the Wiener-Anspach Foundation. Herbariums visits of V. Droissart in Kew, Paris and Wageningen were funded by the

European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR–TAF–2418 and NL–TAF–1611) and by the FNRS.

Literature cited

- DROISSART, V., B. SONKÉ, and T. STÉVART. 2006. Les Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique présentes au Cameroun. *Systematic and Geography of Plants* 76: 3–84.
- EXELL, A. W. 1944. *Catalogue of the Vascular Plants of S. Tomé (with Príncipe and Annobon)*. London: British Museum, Natural History.
- FINET, M. E. -A. 1907. Classification et énumération des Orchidées africaines de la tribu des Sarcanthées, d'après les collections du Muséum de Paris. *Bulletin de la société botanique de France* 54(9): 1–65 and Pl. 1–12.
- GOVAERTS R., M. A. CAMPACCI, D. H. BAPTISTA, P. J. CRIBB, A. GEORGE, K. KREUZ, and J. WOOD. 2007. *World Checklist of Orchidaceae*. Kew: The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 14 June 2007].
- HOLMGREN, P. K. and N. H. HOLMGREN. 1998 [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, accessed on 1 June 2007]
- MCNEILL, J., F. R. BARRIE, H. M. BURDET, V. DEMOULIN, D. L. HAWKSWORTH, K. MARHOLD, D. H. NICOLSON, J. PRADO, P. C. SILVA, and J. E. SKOG, eds. 2006. *International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code) adopted by the Seventeenth International Botanical Congress Vienna, Austria, July 2005*. Koeltz, Königstein. [*Regnum Vegetabile* 146]
- PARMENTIER, I., T. STÉVART, and O. J. HARDY. 2005. The inselberg flora of Atlantic Central Africa. I. Determinants of species assemblages. *Journal of Biogeography* 32 (4): 685–696.
- PEREZ-VERA, F. 2003. *Les Orchidées de Côte d'Ivoire*. Mèze: Collection Parthénope-Biotope.
- ROLFE, A. 1892. Orchidaceae in Catalogo de plantas da Africa Portuguesa. *Boletim da Sociedade Broteriana* 9: 135–143.
- SCHLECHTER, R. 1915a. Kritische Aufzählung der bisher von Madagaskar, den Maskarenen, Komoren und Seychellen bekanntgewordenen Orchidaceen. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* 33(2): 426.
- . 1915b. Orchidaceae Stolzianae, ein beitrage zur Orchideenkunde des Nyassa-Landes. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* 53: 597.
- . 1918. Versuch einer natürlichen Neuordnung der afrikanschen angraekoiden Orchidaceen. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* 36(2): 107.
- SEGERBÄCK, L. B. 1983. *Orchids of Nigeria*. Rotterdam: A.A. Balkema.
- SENGHAS, K. 1985. Cribbia und Microterangis, zwei neue Orchideengattungen. *Die Orchidee* 36: 19–22.
- STÉVART, T. 2003. *Etude taxonomique, écologique et phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique*. Ph.D. dissertation. Belgium: Université Libre de Bruxelles.
- and P. J. CRIBB. 2004a. Five new *Tridactyle* (Orchidaceae) from central Africa. *Kew Bulletin* 59: 195–205.
- and ———. 2004b. New species and records of Orchidaceae from São Tomé and Príncipe. *Kew Bulletin* 59(2): 77–86.
- and V. DROISSART. 2006. Diversity of Orchids in the Gamba Complex, Gabon. Pp. 275–283 in *Gamba, Gabon: Biodiversity of an equatorial African rainforest*, eds A. Alonso, M.E. Lee, P. Campbell, O.S.G. Pauwels and F. Dallmeier. [*Bulletin of the Biological Society of Washington* 12].

- and D. GEERINCK. 2000. Quatre nouveaux taxons d'Orchidaceae des genres *Liparis*, *Bulbophyllum*, *Polystachya* et *Calanthe* découverts à São Tomé et Príncipe. *Systematic and Geography of Plants* 70: 141–148.
- and N. NGUEMA. 2004. Trois espèces et quatre combinaisons nouvelles de *Polystachya* (Orchidaceae) du Cameroun, de Guinée Equatoriale et du Gabon. *Adansonia* 26(2): 217–233.
- , D. GEERINCK, I. PARMENTIER, and J. LEJOLY. 2003. A new species of *Polystachya* sect. *Polychaete* (Orchidaceae) from central Africa. *Systematic and Geography of Plants* 73: 28–285.
- , L. NGOK BANAK, and M. SOSEF. 2006. Synthèse des inventaires réalisés sur les Orchidaceae dans le cadre du Projet d'Evaluation des Aires Protégées du Gabon. Pp. 651–665 in *Taxonomy and ecology of African Plants: their conservation and sustainable use*, eds. S.A. Ghazanfar and H.J. Beentje. Proceedings du XVIIème Congrès de l'Aetfat, Royal Botanic Gardens Kew.
- , I. PARMENTIER and V. DROISSART. 2007. Deux nouvelles espèces de *Polystachya* (Orchidaceae) de Guinée Equatoriale. *Adansonia* 29(1): 31–38.
- SUMMERHAYES, V. 1952. African Orchids XX. *Kew Bulletin* 6(3): 473–475.
- . 1958. African Orchids XXVI. *Kew Bulletin* 13(2): 279–280.
- SZLACHETKO, D. L. and T. S. OLSZEWSKI. 2001. Orchidacées 3. Pp. 666–948 in *Flore du Cameroun* vol. 36, eds G. Achoundong and P. Morat. MNHN, Paris – Herbar National, Yaoundé.
- , M. SAWICKA, and M. KRAS-LAPINSKA. 2004. Orchidacées 2. Pp. 232–508 in *Flore du Gabon* vol 37, ed. P. Morat. MNHN, Paris.
- WERGER, M. J. A. 1976. Biogeographical division of southern Africa. Pp. 145–170 in *Biogeography and ecology of southern Africa*, ed. M. J. A. Werger. [*Monographiae biologicae* 31].
- WHITE, F. 1976. The taxonomy, ecology and chorology of African Chrysobalanaceae (excl. *Acioa*). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 46: 265–350.
- . 1979. The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 49: 11–55.

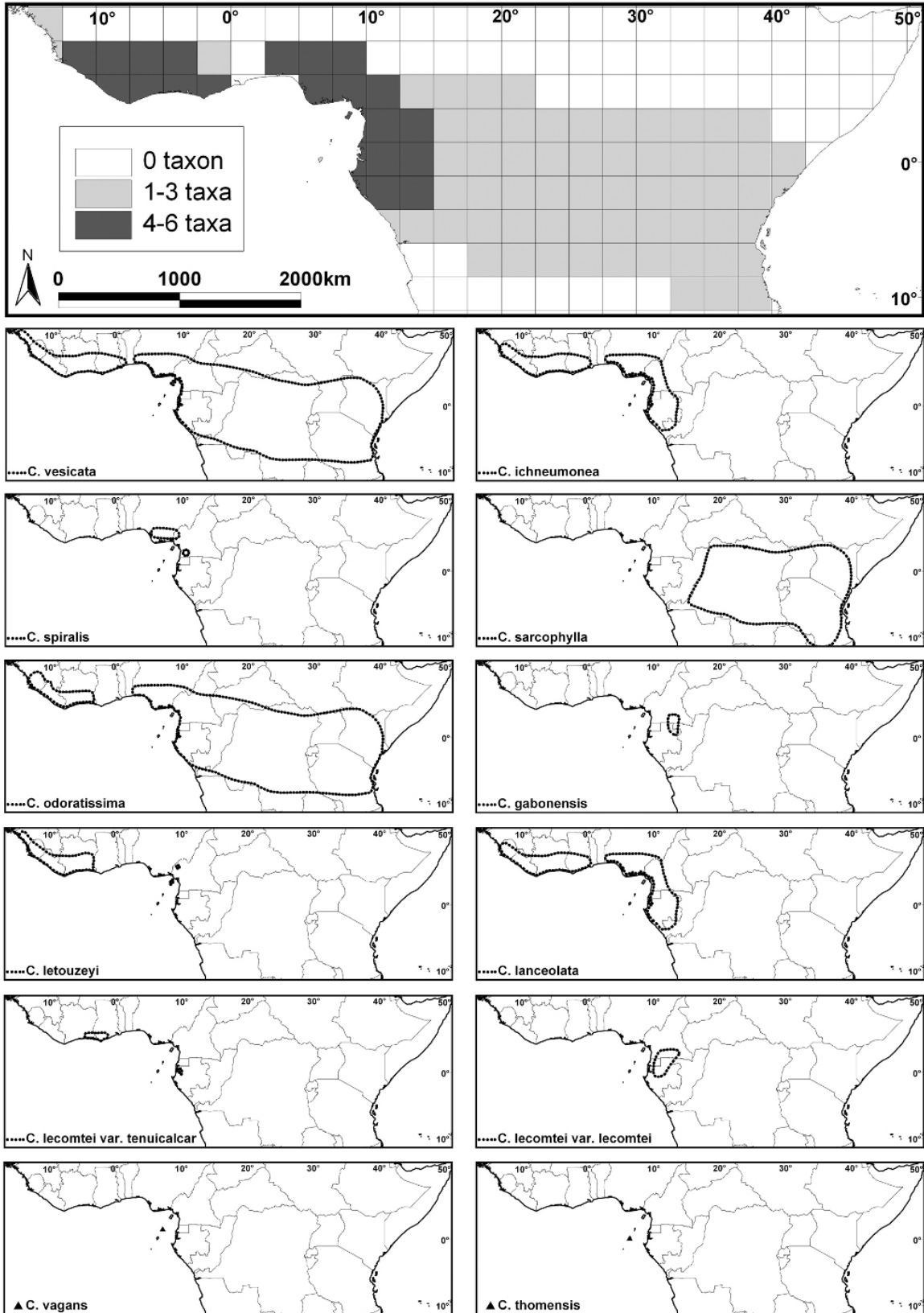


Figure 1 – Distribution and species richness of *Chamaeangis* in tropical Africa. The number of taxa in 2.5° x 2.5° quadrats is given by the upper figure. Distribution of each *Chamaeangis* taxa is given below.

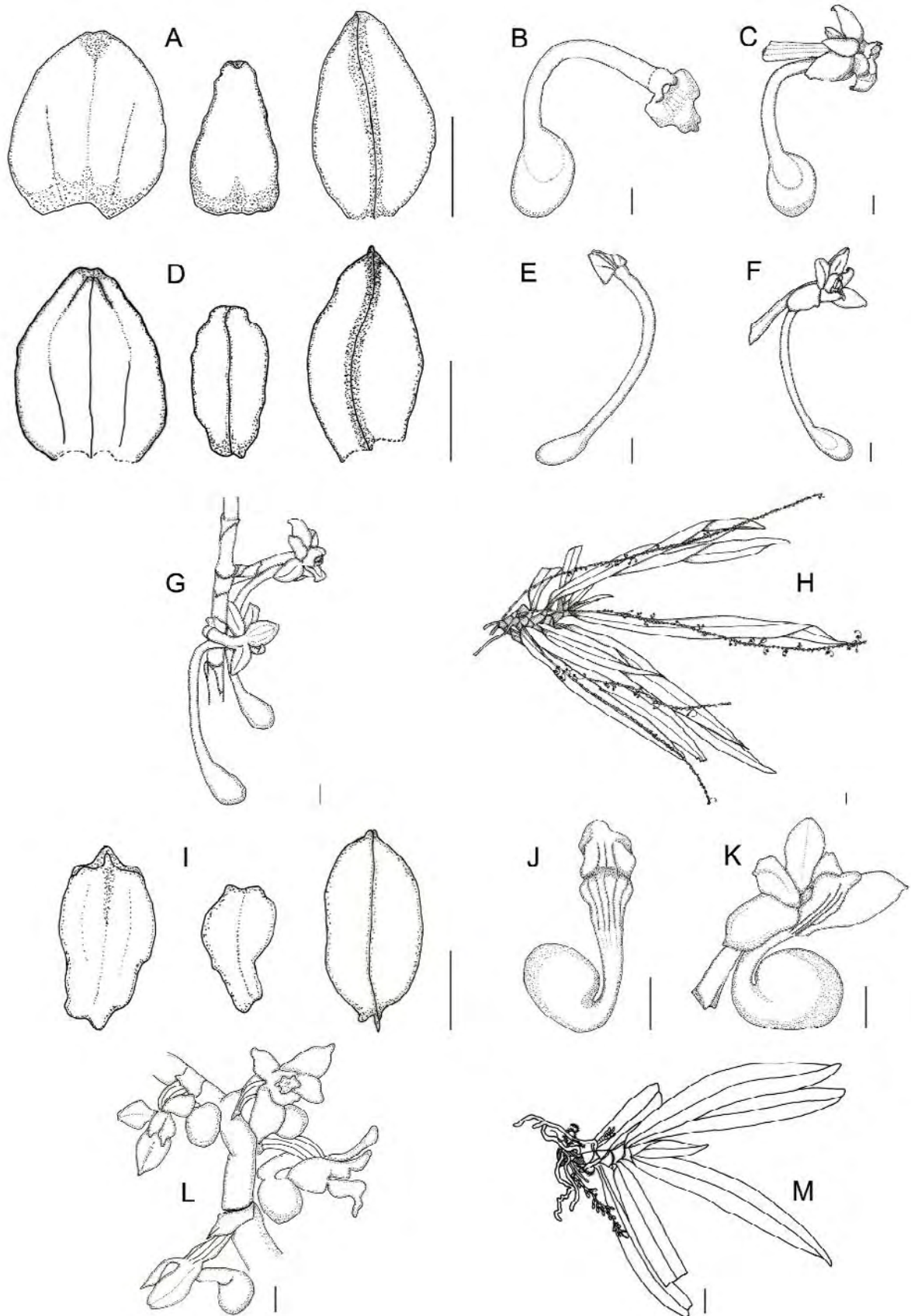


Figure 2 – New taxa illustrations. A–C = *C. lecomtei* var. *lecomtei*; D–H = *C. lecomtei* var. *tenuicalcar*; I–M = *C. spiralis*. A, D, I (left to right) = Dorsal sepal, petal, lateral sepal; B, E, J = Lip and spur; C, F, K = Flower; G, L = Inflorescence; H, M = Stem and leaves. Bar = 1 mm (A–G, I–L), 1 cm (H, M). A–C. *Stévant & Pial 561*; D–G. *Stévant & Biteau 1290*; H. *Louis 3369*; I–L. *Droissart et al. 63*; M. *Droissart et al. 379*. Drawing by Ingrid Parmentier.

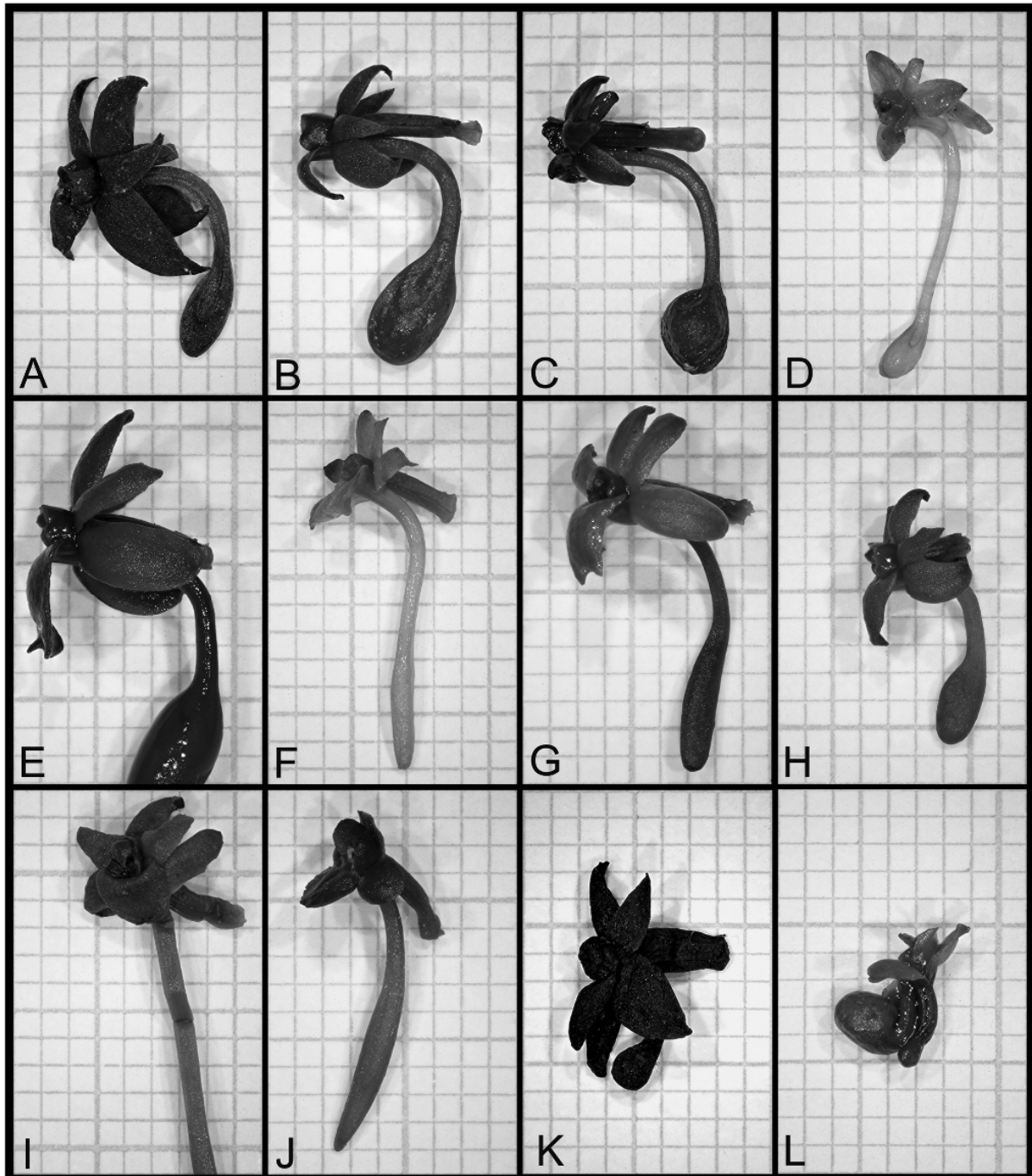


Figure 3 – Pictures of *Chamaeangis* taxa. A = *C. lanceolata* (Kennedy 2732); B = *C. vesicata* (Stévant & Pial 637); C = *C. lecomtei* var. *lecomtei* (Stévant & Pial 561); D = *C. lecomtei* var. *tenuicalcar* (Stévant & Biteau 1290); E = *C. ichneumonea* (Stévant & Pial 637); F = *C. gabonensis* (Biteau & Stévant 18); G = *C. vagans* (Stévant 233); H = *C. thomensis* (Stévant 194); I = *C. sarcophylla* (Troupin 15701); J = *C. odoratissima* (Biteau & Stévant 16); K = *C. letouzeyi* (Letouzey 14218); L = *C. spiralis* (Droissart et al. 63). Square = 1mm².

4.1.1.1.2 Correcting confusion in *Angraecum gracile* Thouars (Orchidaceae)

**Correcting confusion in *Angraecum gracile* Thouars
(Orchidaceae)**

Droissart V., Lowry II P.P., Bosser J., Roberts D.L. & Stévant T.
Manuscrit en préparation pour *Taxon*

Correcting confusion in *Angraecum gracile* Thouars (Orchidaceae)

Vincent Droissart¹, Porter P. Lowry II², Jean Bosser³, David L. Roberts⁴ & Tariq Stévant^{1,2,5}

¹ Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique. vincent.droissart@ulb.ac.be (author for correspondence).

² Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166-0299, St Louis, Missouri, USA. lowry@mobot.org; tariq.stevart@mobot.org

³ Institut de Recherche pour le Développement, Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Évolution, USM 0602, 57 rue Cuvier, CP 39, F-75231 Paris cedex 05, France.

⁴ Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, TW9 3AE, United Kingdom. D.Roberts@kew.org

⁵ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

Abstract. Several combinations made with specimens identified as *Angraecum gracile* Thouars are illegitimate or superfluous. Although the last combination has transferred this taxon to the genus *Chamaeangis*, the incomplete type specimen would probably be best placed in *Angraecum*. This is supported by the drawing and the table accompanying Thouars's description and by recent collection made in La Réunion. Other specimens previously cited as belonging to this species represent a new *Angraecopsis* species that remains to be described.

Keywords. Orchidaceae, *Angraecum gracile*, *Angraecopsis*, nomenclature, illegitimate combination.

- Angraecum gracile** Thouars, Hist. Orchid.: t. 76 (1822). ≡ *Aerobion gracile* (Thouars) Spreng., Syst. Veg. 3: 716 (1826). ≡ *Oeceoclades gracilis* (Thouars) Lindl., Gen. Sp. Orchid. Pl.: 237 (1833). ≡ *Angorchis gracilis* (Thouars) Kuntze, Rev. Gen. Pl. 2: 651 (1891). ≡ *Chamaeangis gracilis* (Thouars) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 33(2): 426 (1915). Comb. illeg. — Type: La Réunion. *Sine loc.*, *Thouars s.n.* (holotype: P).
- = *Mystacidium thouarsii* Finet, Bull. Soc. Bot. France 54(9): 57 (1907) nomen novum. Non *Mystacidium gracile* Harv., Thes. Cap. 2: 48 (1863).
- = Non *Angraecopsis thouarsii* (Finet) Perrier, Fl. Madag. 49(2): 84 (1941). Comb. superfl. — Type: Grande Comore. *Pobéguin s.n.* (holotype: P).

Distribution. — La Réunion.

Note. — *Angraecum gracile* Thouars was published in 1822. The description, composed of a plate and a table summarizing distinctive features, was based on a specimen collected in Mauritius (*Thouars s.n.*). In 1877, S. Moore, in the Flora of Mauritius and the Seychelles, cited an additional collection (*Bojer s.n.*) but specified that he had not seen it. In 1907, Finet transferred this species into the genus *Mystacidium* and gave it the new name *M. thouarsii* because the combinaison *M. gracile* was already occupied. Finet cited four specimens (*Thouars s.n.*, the type specimen from Mauritius, and three others, *G. de l'Isle 654* and *Boivin s.n.* from La Réunion, and *Pobéguin s.n.* from Grande Comore Island). All these specimens are conserved in Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (P). Finet's protologue was accompanied with a description and a drawing, but without any reference to the specimen on which the illustration was based.

In 1915, Schlechter transferred Thouars' name to *Chamaeangis*, making the new combination *C. gracilis*, but he erroneously indicate *Mystacidium gracile* Finet as one of the basionym. Three years later, Schlechter (1918) attempted to rectify his mistake by citing *M. thouarsii* as the basionym but this is not correct either, as the basionym in reality is *Angraecum gracile* Thouars.

Perrier de la Bathie (1941) in his treatment for the Flora of Madagascar and the Comores correctly recognized that the *Pobéguin* specimen belong to the genus *Angraecopsis* Kraenzl. He was incorrect, however, in proposing the combination *A. thouarsii* based on Finet's nomen novum. Our analysis shows that this collection, along with two others (*G. de l'Isle 654* and *Boivin s.n.*) belong to the same taxon, as they are not conspecific with *Thouars s.n.*, the type of *Chamaeangis gracilis*, they represent a new species that remains to be described.

Recently, Roberts (2001) and Bosser (Pers. Comm.) suggested that *Chamaeangis gracilis* would best be placed in *Angraecum* Bory. Roberts (2001) cited several collections of an unidentified *Angraecum* collected in La Réunion which appear to correspond to the Thouars's description. According to Roberts (2001), this species seems to be close to *A. caulescens* Thouars.

The type specimen of *Chamaeangis gracilis* (*Thouars s.n.*, P) consists of single individual without any flowers. It is therefore impossible to place this species with certainty in either *Angraecum* or *Chamaeangis* based on the type itself. However, the drawing and the table accompanying Thouars's description (Du Petit Thouars, 1822) suggest that this species would indeed probably be best placed in *Angraecum*, and the fact that new specimens from La Réunion which clearly belong to *Angraecum* fit well with Thouars's description support this interpretation.

Acknowledgement

We express our sincere gratitude to Professor Jean Lejoly, Université Libre de Bruxelles, for his support and hospitality in his laboratory. Herbarium visits of V. Droissart in Paris were

funded by the European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR-TAF-2418).

Literature cited

- Du Petit Thouars, A.-A.** 1822. *Histoire particulière des plantes orchidées recueillies dans les trois îles australes de France, de Bourbon et de Madagascar*. Paris
- Finet, M. E. -A.** 1907. Classification et énumération des Orchidées africaines de la tribu des Sarcanthées, d'après les collections du Muséum de Paris. *Bull. Soc. Bot. France* 54(9): 1--65 & Pl. 1--12.
- Moore, S.** 1877. Order XCIV. Orchidaceae. In Baker J. G. (ed.), *Flora of Mauritius and the Seychelles*. L. Reeve & Co., London.
- Perrier de la Bathie, H.** 1941. Orchidées, tome II. Pp. 202–321 in: Humbert H. (ed.). *Flore de Madagascar, 49 famille*. Imprimerie Officielle, Tananarive, Madagascar.
- Roberts, D. L.** 2001. Reproductive Biology and Conservation of the Orchids of Mauritius. Dissertation, University of Aberdeen, Scotland.
- Schlechter, R.** 1915. Kritische Aufzählung der bisher von Madagaskar, den Maskarenen, Komoren und Seychellen bekanntgewordenen Orchidaceen. *Beih. Bot. Centralbl.* 33(2): 426.
- Schlechter, R.** 1918. Versuch einer natürlichen Neuordnung der afrikanschen angraekoiden Orchidaceen. *Beih. Bot. Centralbl.* 36(2): 107.

4.1.1.1.3 Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons

Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons

Droissart V., Simo M., Sonké B., Cawoy V. & Stévant T.
Manuscript sous presse, *Adansonia*

Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons

Vincent Droissart¹, Murielle Simo², Bonaventure Sonké^{1,2}, Valérie Cawoy³, & Tariq Stévant^{1,4,5}

¹ Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique. vincent.droissart@ulb.ac.be (author for correspondence)

² Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun. murielle_simo@yahoo.fr; bsonke_1999@yahoo.com

³ Groupe de Recherches "Génétique, Reproduction, Populations", Unité de Génétique et Centre de Recherche sur la Biodiversité, Université catholique de Louvain, Croix du Sud 2, boîte 14, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique. vcawoy@yahoo.fr

⁴ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166-0299, St Louis, Missouri, USA. tariq.stevart@mobot.org

⁵ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

Abstract. A taxonomic revision of genus *Stolzia* (Orchidaceae) occurring in central Africa is given. Nine taxa are recognized. Two new taxa from Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni) are described and illustrated. *Stolzia repens* (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévant, Droissart & Simo differs from the two others varieties of *S. repens* by its dorsal sepal, which is jointed to lateral sepal on one third of his total length, and by its smaller and non-reflected sepals and petals. *Stolzia grandiflora* P.J.Cribb subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo is morphologically close to the type subspecies, endemic to Ethiopia, but differs from it by a longer inflorescence with two flowers that are small in size. The morphological affinity of *S. grandiflora* subsp. *lejolyana* appears to lie with the varieties of *S. repens* (Rolfe) Summerh. However, the new species differs by having inflorescences with two flowers and a longer and thinner peduncle. *Stolzia cupuligera* (Kraenzl.) Summerh. and *S. peperomioides* (Kraenzl.) Summerh. are neotypified. The position of *S. thomensis* Stévant & P.J.Cribb is reconsidered and proposed as *S. peperomioides* (Kraenzl.) Summerh. subsp. *thomensis* (Stévant & P.J.Cribb) Stévant, Droissart & Simo. Many new records of *Stolzia* are given. Key to identification of species and synopsis table of all taxa occurring in central Africa are given.

Keywords. Central Africa, Orchidaceae, *Stolzia*, new taxa, neotypification, new records

Introduction

Le genre *Stolzia* Schltr. comporte 16 espèces dont la distribution est limitée à l'Afrique subsaharienne (World Checklist of Orchidaceae, Govaerts *et al.* 2007). Il a été revu par Cribb (1978) qui mentionne 12 espèces et 2 sous-espèces. Quatre espèces et une variété ont été décrites par la suite (Cribb 1979, 1981; Williamson 1980; Cribb & Stewart 1985; Stévant & Cribb 2004). Ce genre est caractérisé par des espèces majoritairement épiphytes, rarement lithophytes. Elles présentent un rhizome rampant, des pseudobulbes le plus souvent développés et disposés en chapelet et des inflorescences terminales. Les fleurs sont petites, résupinées, à sépales latéraux soudés entre eux et au pied de la colonne formant un mentum proéminent, et à huit pollinies. Les espèces du genre *Stolzia* sont généralement petites et discrètes. Elles affectionnent surtout les milieux submontagnards ou montagnards.

Treize taxons sont signalés en Tanzanie, au Malawi et au Zimbabwe. Jusqu'à présent, trois taxons étaient signalés en Afrique centrale et en Afrique occidentale (du Libéria au Rwanda). *Stolzia thomensis* Stévant & P.J.Cribb est endémique de l'île de São Tomé, *S. grandiflora* P.J.Cribb est endémique d'Éthiopie, tandis que *S. repens* (Rolfe) Summerh. var. *repens* est le seul taxon qui présenterait une large distribution en Afrique tropicale. *S. repens* var. *repens* et *S. peperomioides* étaient les seuls signalés au Cameroun (Szlachetko & Olszewski 2001a; Cribb *et al.* 2000; Cribb & Pollard 2004; Pollard *et al.* 2004). Cribb & Pollard (2004) mentionnent toutefois un *Stolzia* sp. nov. mais dont l'échantillon comporte uniquement des fruits. Deux taxons, *S. repens* (Rolfe) Summerh. var. *repens* et *S. elaidum* (Lindl.) Summerh., étaient jusqu'à présent signalés en Guinée Équatoriale (Olszewski & Szlachetko 1997; Govaerts *et al.* 2007).

Du nouveau matériel a été récolté au cours des inventaires effectués dans le cadre d'une étude phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique (Stévant 2003) et aussi récemment au Rwanda (Stévant *et al.* sous presse).

L'examen des échantillons récoltés au Cameroun et en Guinée Équatoriale (Rio Muni et Bioko) a permis de découvrir deux nouveaux taxons décrits dans cet article. Par ailleurs, un examen de tous les échantillons provenant d'Afrique centrale conservés à Bruxelles (BR et BRLU, acronymes des herbariums cités selon Holmgren & Holmgren 1998) a également été fait. Cet examen nous a permis de découvrir de nouvelles signalisations, de proposer deux néotypifications et d'élaborer une clef des espèces présentes en Afrique centrale.

Nouveaux taxons

Stolzia grandiflora subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo, subsp. nov. (Figs 1; 2)

Stolzia grandiflora subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo *inflorescentia* 2-flora, *floribus minoribus* a *S. grandiflora* P.J.Cribb *differt et inflorescentia* 2-flora, *pedunculo longiore angustioreque* a *S. repens* (Rolfe) Summerh. *differt*.

TYPUS. — **Guinée Équatoriale (Bioko)**. Gran Caldeira de Luba. A montante do campamento e ao longo do rio na direcção do Monte Pissarro, 27.II.1990, *Carvalho* 4265 (holo-, BRLU!; iso-, MA!).

PARATYPES. — **Cameroun**. Mbam-Minkom (région de, au NO de Yaoundé). Village de Nye-Meyong, sommet de la colline à l'O du village, exposition S et E, 1160 m, 12.V.2006, *Droissart* 45 (BRLU!). — *Ibid.*, exposition W-NW, 1100 m, 15.V.2006, *Droissart* 79 (BRLU!). — *Ibid.*, sommet de la colline située au N-NE du village, 1130 m, 03.V.2007, *Droissart, Stévant & Simo (Ombrière de Yaoundé)* 499 (BRLU!).

Guinée Équatoriale (Rio Muni). Inselberg à 5 km au NO du Village d'Engong (Parc Nat. de Monte Alén), 1200 m, 5.XI.1999, *Ndong Bokung & Stévert 116* (BRLU!). — *Ibid.*, 1110 m, 19.VII.2001, *Stévert 1071* (BRLU!). — *Ibid.*, 1105 m, 11.V.2002, *Stévert, Ndong Bokung & Ndong Maye 1423* (BRLU!). — *Ibid.*, 1150 m, 13.V.2002, *Stévert, Ndong Bokung & Ndong Maye 1443* (BRLU!).

DESCRIPTION

Herbe épiphyte rampante, glabre, atteignant 30 cm de longueur. Pseudobulbes bifoliés de 0,5-2,5 cm de long et jusqu'à 1,5 mm de diamètre, légèrement épaissis sur 1-1,5 mm au niveau de l'insertion des feuilles. Racines glabres, charnues, de 0,5 mm de diamètre. Feuilles elliptiques à obovales, brièvement pétiolées, subérigées, articulées 1,5 mm au dessus du pseudobulbe, peu épaissies, planes à apex retus, 8-18 x 3-7 mm, situées juste au dessus de l'insertion du pseudobulbe suivant.

Inflorescence biflore; pédoncule cylindrique de 5-10 mm de longueur et 0,3 mm de diamètre; bractées florales 2-3, triangulaires, acuminées, de 1,5-2,3 x 0,4-0,6 mm. Fleurs vertes ou jaunes avec des stries rouges et mentum rouge; pédicelle et ovaire glabres, de 1,5 à 2 mm de long. Sépale médian ovale-triangulaire à étroitement triangulaire, à apex aigu, 3-nervé, 4,2-6,2 x 1,2-1,3 mm, non réfléchi. Sépales latéraux obliquement triangulaires à ovales, à apex aigu, 3-nervés, légèrement carénés, 4,1-6,2 x 1-1,2 mm, légèrement réfléchis, soudés en un mentum de 1,1-1,8 mm et avec le sépale médian sur 0,5 mm. Pétales ovales-lancéolés, à apex aigu, 3-nervés, 3,8-5,5 x 0,8-1,1 mm, non réfléchis. Labelle entier, 1,8-2,2 x 1-1,3 mm (étalé); avec un onglet situé à la base. Colonne de 1-1,5 mm de long, 8 pollinies ovoïde à obovoïdes de 0,2-0,3 x 0,1 mm.

AFFINITÉ AVEC LES AUTRES ESPÈCES

Stolzia grandiflora subsp. *lejolyana* est très proche de la sous-espèce type, endémique d'Éthiopie et qui vit en forêt de haute altitude (2500 à 2850 m). On peut toutefois distinguer morphologiquement cette nouvelle sous-espèce de la sous-espèce type par son inflorescence biflore et ses pièces florales plus petites (Tableau 1). Son habitat est également différent puisqu'on la rencontre en forêt de moyenne altitude (1100 à 1200 m). *S. grandiflora* subsp. *lejolyana* se rapproche également de *S. repens* par la forme et la coloration de ses fleurs. Son inflorescence a un pédoncule plus long et plus fin (5-10 mm et 0,3 mm et non < 2 mm et 1 mm respectivement) et peut porter simultanément 2 fleurs épanouies. *S. repens* présente toujours une inflorescence uniflore (Tableau 1). Les feuilles, de taille et de forme assez variables, sont de texture moins coriace que les 3 variétés de *S. repens*. La disjonction géographique entre la sous-espèce type et la nouvelle sous-espèce justifie le rang donné à ce nouveau taxon.

DISTRIBUTION. — Cette sous-espèce est connue du Cameroun et de Guinée Équatoriale (Rio Muni et Bioko).

STATUT DE CONSERVATION. — **Critère UICN pour la Liste Rouge : EN B1ab(i,ii,iii,iv)+2ab(i,ii,iii,iv).** *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* est actuellement connu de 8 échantillons d'herbier collectés dans 3 localités en Afrique centrale (Fig. 1). Au Cameroun, il a été récolté dans une seule localité de la Province du Centre où il y est fortement menacé (voir note sur le statut conservatoire de *S. repens* var. *cleistogama*). En Guinée Équatoriale, ce taxon fut collecté à proximité d'une dalle rocheuse dans le Parc National de Monte Alén. Il n'y semble pas menacé étant donné l'accès difficile et le statut de protection de cette localité. Bien que nous n'ayons pas pu localiser avec une grande précision l'échantillon collecté à

Bioko, la zone où il a été récolté (Caldera de Luba) est reconnue comme réserve scientifique par L'UNEP et l'UICN (WDP Consortium 2007). Il n'y serait donc également pas menacé.

Selon la méthodologie décrite pour utiliser les critères UICN (IUCN & SSC 2006), la zone d'occurrence est d'environ 36 903 km² et au sein de celle-ci la zone d'occupation de *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* est de 12 km². Sa répartition géographique restreinte et le faible nombre de localités connues, dont une est fortement menacée, nous amènent à conclure provisoirement que *S. grandiflora* subsp. *lejolyana* est actuellement en danger au regard de la catégorie B (répartition géographique) de l'UICN (IUCN 2001). Il faut toutefois noter que ce taxon passe très facilement inaperçu et que son observation n'est donc pas aisée. Plusieurs échantillons de cette nouvelle sous-espèce sont actuellement en culture dans l'ombrière de Yaoundé.

ÉCOLOGIE. — En Guinée Équatoriale, *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* fut récolté dans une végétation submontagnarde (1200 m) dans la frange forestière d'un inselberg. Au Cameroun, ce taxon fut récolté sur des arbres isolés ou au sein de la lisière des inselbergs dans une végétation de type submontagnard. Il y fut observé à plusieurs reprises à une hauteur comprise entre 1,5 m et 3 m sur des branches de 2 à 15 cm de diamètre. Il vit généralement sur des branches couvertes de mousses avec *Bolusiella talbotii* (Rendle) Summerh., *Polystachya carnosa* P.J.Cribb & Podz., *Polystachya supfiana* Schltr. et *Polystachya caloglossa* Rchb.f.

ÉTYMOLOGIE. — Cette sous-espèce est dédiée au Professeur Jean Lejoly de l'Université Libre de Bruxelles pour ses travaux scientifiques et son rôle dans la formation de botanistes qui ont grandement contribué à la connaissance de la flore africaine.

REMARQUES. — Deux échantillons morphologiquement assez proches de cette nouvelle sous-espèce ont été récoltés à Príncipe, (*Stévert* 465 et *Primo & Stévert* 59). Le premier est stérile et les pièces florales du second sont plus longues et de forme plus effilée. Ces échantillons incomplets ne peuvent pas être rattachés au nouveau taxon ici décrit. Nous espérons que de nouvelles récoltes nous permettront de décider de la position taxonomique de ces spécimens que nous gardons pour le moment séparés du nouveau taxon décrit.

Stolzia repens (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévert, Droissart & Simo, var. nov. (Fig. 3)

A Stolzia repens var. *obtusa* G.Will floribus minoribus perfecte rubroque, sepalis dorsale et lateralibus supra magis tertiam partim colligatis, dorsale concavo, omnibus petalisque ad extremum non reflexis differt.

TYPUS. — **Cameroun.** Mbam-Minkom (région au NO de Yaoundé). Village de Nyemeyong, sommet d'une colline au NO du campement. Grande prairie à *Microdracoides*, exposition de NE-S, 03°55,544'N, 11°22,210'E, 1115 m, 13.V.2006, *Droissart* 68, (holo-, BRLU!; iso-, MO!, YA!).

PARATYPES. — **Cameroun.** Mbam-Minkom (région au NO de Yaoundé). Village de Nyemeyong, sommet d'une colline au NO du campement. Grande prairie à *Microdracoides*, exposition de NE-S, 1115 m, 14.IV.2008, *Droissart, Stévert & Simo (Ombrière de Yaoundé)* 1002 (BRLU!). — Mefou: 22 miles Yaoundé on Akonolinga road, 19.X.1968, *Sanford* 5204 (YA!). — Akom II (route Kribi-Ebolowa). Campement à 3 h de marche au S du village,

sommet de la colline située à l'O du campement, 1065 m, 24.IV.2007, *Droissart & Simo 427* (BRLU!). — *Ibid.*, 24.V.2008, *Simo 51* (BRLU!).

DESCRIPTION

Herbe épiphyte, rampante, glabre, atteignant 20 cm de longueur. Pseudobulbes bifoliés de 1,5-2,5 cm de long et jusqu'à 1,8-2,5 mm de diamètre, épaissis sur 2 à 3,5 mm au niveau de l'insertion des feuilles. Racines glabres, charnues, de 0,7 mm de diamètre. Feuilles circulaires à oblongue-obovales, planes à apex retus à obtus, charnues, 3-8 x 2,5-5 mm, situées juste au dessus de l'insertion du pseudobulbe suivant.

Inflorescence uniflore; pédoncule cylindrique atteignant 1 mm de longueur et 1 mm de diamètre; pédicelle et ovaire d'environ 1 mm de longueur, couverts de deux bractées triangulaires engainantes de 0,7 mm de longueur. Fleur uniformément jaune-verdâtre, devenant entièrement rouge avec l'âge. Sépale médian obovale, à apex obtus et légèrement subapiculé, 3-nervé, 3-3,5 x 1,5 mm, concave à l'apex, non réfléchi. Sépales latéraux obliquement ovale-elliptiques, 3-nervés à apex obtus et subapiculé, légèrement carénés à l'apex sur 1 mm, 3,5 x 2-2,5 mm, non réfléchis, soudés en un mentum de 1 à 1,5 mm et avec le sépale médian sur 1,5 à 1,8 mm. Pétales lancéolés, à apex obtus, 3-nervés, non réfléchis, 2,8 x 1,8 mm. Labelle entier, dépourvu de callus, 2,2 x 1,2 mm (étalé), elliptique à spatulé, à apex obtus et marges entières, à nervure centrale proéminente. Colonne de 2 mm de longueur, 8 pollinies obovoïdes de 0,3 x 0,1 mm. Loge pollinique de 0,5 mm. Fruit presque sphérique de 3 mm de diamètre.

AFFINITÉ AVEC LES AUTRES ESPÈCES

Stolzia repens var. *cleistogama* s'apparente aux deux autres variétés de *S. repens*, lesquelles se différencient des autres *Stolzia* par des pseudobulbes à peine épaissis surmontés de 2 feuilles sessiles à subsessiles, moyennement à fortement épaissies, presque circulaires à obovales et un pédoncule très court de moins de 2 mm (Tableau 1). La principale différence entre ce nouveau taxon et les 2 autres variétés réside dans les pièces florales plus petites et toujours non réfléchies, la fleur ne s'ouvrant donc presque pas. *S. repens* var. *cleistogama*, comme la variété *obtusata*, présente des pièces florales plus larges et des pétales à apex obtus ce qui les différencie de la variété type. La soudure des sépales latéraux avec le sépale dorsal est plus importante pour *S. repens* var. *cleistogama* (1,5-1,8 mm et non 1 mm), ce qui explique en partie que la fleur reste presque fermée. Les différentes variétés de *S. repens* ont des caractéristiques végétatives et florales qui les rapprochent de *S. williamsonii* P.J.Cribb, que nous signalons ici pour la première fois au Rwanda (Tableau 1). Les fleurs de cette dernière espèce sont toutefois plus grandes, le sépale médian mesurant toujours plus de 8,5 mm (contre maximum 7 mm pour *S. repens*).

Stolzia repens var. *cleistogama* présente des fleurs uniformément jaunes verdâtres qui deviennent entièrement rouges avec l'âge. Les pièces florales de la variété type sont généralement jaunes à brunâtres avec des stries rouges orangées alors que celles de la variété *obtusata* varient du jaune au rouge avec une nervation rouge plus marquée.

Jusqu'à présent, seule *Stolzia repens* var. *repens* était signalée au Cameroun. En effet, la variété *obtusata* n'est connue que d'Afrique orientale et des zones montagneuses de la région des grands lacs. Au vu des échantillons que nous avons observés, la variété type et la variété *obtusata* vivent à des altitudes plus élevées que *S. repens* var. *cleistogama* (Tableau 1). La co-occurrence de la variété type et de cette nouvelle variété au Cameroun justifie le rang variétal donné à ce nouveau taxon.

DISTRIBUTION. — Cette espèce est endémique du Cameroun.

STATUT DE CONSERVATION. — **Critère UICN pour la Liste Rouge: EN B1ab(i,ii,iii,iv)+2 ab(i,ii,iii,iv).** *Stolzia repens* var. *cleistogama* est actuellement connu de 5 échantillons d'herbier collectés dans 3 localités en Afrique centrale (Fig. 1). Il a été récolté récemment dans la Province du Centre à 30 km au NO de Yaoundé. Bien qu'il s'agisse d'une des dernières forêts primaires du centre du Cameroun, le massif de Mbam Minkom ne fait actuellement l'objet d'aucun programme de conservation (Simo *et al.*, sous presse). Plusieurs inventaires réalisés ces dernières années ont cependant révélé l'intérêt des collines des environs de Yaoundé en terme de biodiversité (Achoundong 1996; Sonké & Stoffelen 2004; Sonké *et al.* 2006). Cependant, la pression démographique due à la proximité de la capitale camerounaise met en danger sa conservation. Le site où ont été récoltés les deux nouveaux taxons ici décrits est entouré de villages. La destruction des forêts pour le bois d'oeuvre, de chauffage ainsi que pour l'agriculture en constituent les plus grandes menaces. Les inselbergs situés au sommet des collines sont des milieux bénéficiant d'une relative protection car ils sont souvent impropres à la culture. Cependant ces inselbergs sont régulièrement parcourus par des incendies accidentels ou volontaires du fait de leur proximité avec des zones de culture récemment défrichées. Compte tenu de la présence d'espèces rares dans le massif de Mbam Minkom, il est urgent qu'une stratégie de conservation soit rapidement définie. Par ailleurs, la localité indiquée pour l'échantillon récolté par Sanford en 1968 est peu précise et ne permet pas d'évaluer les menaces qui pèsent sur le site de récolte. Toutefois, la proximité de la capitale et d'une route bitumée laisse à penser que l'espèce pourrait y être menacée à cette localité. Enfin, cette espèce fut également récoltée en 2006 dans la Province du Sud, en bordure du Parc National de Campo-Ma'an. Elle a été collectée au sommet d'une colline située à environ 3 heures de marche du premier village et y paraît donc moins menacée.

La zone d'occurrence de *Stolzia repens* var. *cleistogama* est d'environ 3462 km² et au sein de celle-ci sa zone d'occupation est de 12 km². Les données actuelles indiquent une aire de répartition restreinte à 3 localités, dont deux situées près de Yaoundé seraient fortement menacées. Cela nous amène à évaluer provisoirement ce taxon comme en danger au regard de la catégorie B (répartition géographique) de l'UICN (IUCN 2001). Comme pour *S. grandiflora* subsp. *lejolyana*, cette espèce est difficile à observer en raison de sa petite taille et a donc pu passer inaperçue aux yeux des botanistes. Plusieurs échantillons de ce taxon sont actuellement en culture dans l'ombrière de Yaoundé.

ÉCOLOGIE. — Épiphyte sur *Psydrax parviflora* (Afzel.) Bridson ssp. *parviflora* (Rubiaceae) sur une branche de 3-4 cm de diamètre couverte de mousse à une hauteur d'environ 1,2 m du sol dans le manteau arbustif d'un inselberg. L'espèce y fut collectée avec deux autres Orchidaceae, *Angraecum eichlerianum* var. *curvicalcaratum* Szlach. & Olszewski et *Polystachya tessellata* Lindl., ainsi qu'une Lentibulariaceae, *Utricularia mannii* Oliv.

ÉTYMOLOGIE. — Ce nouveau taxon doit son nom à la morphologie de ses fleurs, qui font qu'elles ne s'ouvrent presque pas.

REMARQUES. — Nous n'avons pas pu examiner le matériel récolté au Cameroun et identifié comme *Stolzia repens* var. *repens* par Cribb *et al.* (2000), Cribb & Pollard (2004) et Pollard *et al.* (2004) ainsi que les récoltes du Ghana et du Nigeria. Toutefois nous avons pu observer à l'Herbier National du Cameroun 3 échantillons se rapportant à la variété type (*Bokwe* 255, *SCA* 2099 et *B.E.S.H.M.* 182).

L'échantillon *Sanford 5204* cité dans les paratypes ne présentait plus de fleurs. D'après les notes du récolteur, les fleurs seraient de couleur rouge-orange et sont souvent cléistogames. Compte tenu également du lieu de récolte de cet échantillon, il est presque certain qu'il se rapporte à cette nouvelle variété.

Néotypification de *Stolzia cupuligera* et *Stolzia peperomioides*

Stolzia cupuligera (Kraenzl.) Summerh., *Kew Bulletin* 8: 142 (1953). — *Bulbophyllum cupuligerum* Kraenzl., *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 43: 342 (1909). — Néotype (**désigné ici**): **Rwanda**. Nyungwe, route Rangiro, 1750 m, 05.I.1994, *Delepiere 20* (holo-, BR!).

Stolzia diffusa Summerh., *Kew Bulletin* 8: 143 (1953). — Type: **République Démocratique du Congo**. Lacs Edouard et Kivu, Mts Ruwensori, Lanuri, 1800 m, V.1914, *Bequaert 4492* (holo-, BR!; iso-, K!).

Stolzia cupuligera auct. non (Kraenzl.) Summerh.: Geerinck in Bamps, *Flore d'Afrique Centrale, Orchidaceae* 2: 375 (1992) p.p. quoad *Babilon 267*, *Bamps 3224*, *Defleur 10*, *Humbert 8140*, & *Schajjes 1608*; Geerinck in Troupin, *Flore du Rwanda* 4: 623 (1986) p.p. quoad *Bamps 3224*.

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **République Démocratique du Congo**. Territoire Kalehe, Biama, 2100 m, 25.III.1959, *Léonard 3590* (BR!).

DISTRIBUTION. — République Démocratique du Congo et Rwanda.

REMARQUES. — Suite à la destruction du type de *Stolzia cupuligera* (Kraenzl.) Summerh. et la publication d'un dessin ne correspondant pas au protologue, une grande confusion régnait quant à l'identité et la validité de ce taxon, parfois considéré comme unifolié (Cribb 1978) et d'autres fois comme bifolié (Geerinck 1988, 1992; Stévant & Cribb 2004). En effet, l'échantillon type (*Mildbraed 951*) fut détruit à Berlin durant la seconde guerre mondiale. La description faite par Kraenzlin (1909) est assez sommaire et mentionne une plante unifoliée, dont les feuilles sont brièvement pétiolées à subsessiles, brévispatulées à orbiculaires et mesurent 1,3 x 0,7-0,8 mm. Les inflorescences sont courtes (2-3 mm) et uniflores.

Selon Geerinck (1992) et la "World Checklist of Orchidaceae" (Govaerts *et al.* 2007), *Stolzia diffusa* est un synonyme de *S. peperomioides*. Nous ne suivons pas cet avis car *S. diffusa* se distingue aisément de *S. peperomioides* par ses feuilles charnues (non fines) et son pédoncule très court de 3 à 4 mm (non 8-45 mm) ne portant qu'une seule fleur (non 3 à 5 pour *S. peperomioides*).

Par ailleurs, en 1910, dans les comptes rendus botaniques des expéditions du Duc de Mecklenburg's (Kraenzlin 1910), un dessin représentant une plante bifoliée accompagne la description faite par Kraenzlin un an plus tôt. Comme le font remarquer Summerhayes (1953) et Cribb (1978), la plante dessinée semble se rapprocher plus de *Stolzia repens* que de *S. cupuligera* telle que décrite par Kraenzlin. Nous avons suivi ces auteurs.

Finalement, Cribb (1978) considérait *Stolzia diffusa* et *S. cupuligera* comme conspécifiques, la seule différence se situant au niveau des feuilles qui sont plus grandes (2 à 5,5 cm contre 1,3 cm) chez *S. diffusa*. Seulement, la description de Kraenzlin n'est basée que sur l'observation d'un seul échantillon. De plus, les types de ces deux espèces ont été collectés au Rwanda et en République Démocratique du Congo à des altitudes similaires et dans des régions assez proches (*Bequaert 4492*, Lanuri, 1800 m, et *Mildbraed 951*, forêt de Rugege, 1900 m). Il est donc très probable qu'elles ne représentent qu'un seul taxon et comme Cribb (1978), nous considérons *S. diffusa* comme un synonyme de *S. cupuligera*.

La récolte d'un échantillon, *Delepiere 20*, conforme au protologue *Stolzia cupuligera*, dans une localité voisine de celle où fut récolté le type détruit, nous permet de néotypifier

cette espèce. Une aquarelle déposée à BR ne mentionnant pas de numéro de récolte mais une localité identique au néotype a vraisemblablement été dessinée à partir de l'échantillon vivant.

Stolzia cupuligera n'est donc connu que du Rwanda et de la République Démocratique du Congo. Il n'est jusqu'à présent pas connu du Burundi comme le suggère Geerinck (1992) et Govaerts *et al.* (2007) car les échantillons identifiés par Geerinck comme étant *S. cupuligera*, qu'il pensait être bifolié, sont ici considérés comme étant *S. repens* var. *repens* (Humbert 8140), *S. repens* var. *obtusata* (Schaijes 1608, Babilon 267) et *S. williamsonii* (Defleur 10, Bamps 3224).

Stolzia peperomioides (Kraenzl.) Summerh., *Kew Bulletin* 8: 142 (1953). — *Bulbophyllum peperomioides* Kraenzl., *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 43: 341 (1909). — Néotype (**désigné ici**): **République Démocratique du Congo**. Forestier Central, Kampiassa bulango, Penghe-Irumu, 25.II.1914, *Bequaert 2777* (néo-, BR!).

Stolzia peperomioides (Kraenzl.) Summerh. **subsp. peperomioides**.

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **République Démocratique du Congo**. Province du Kivu, Territoire Kelehe. Km 110, route Kavumu-Walikale, Irangi Catena II 30 m, 900 m, 21.I.1957, *Christiaensen 2003* (BR!).

Cameroun. Akom II (route Kribi-Ebolowa). Campement à 3 h de marche au S du village, sommet de la colline située à l'O du campement, 1065 m, 01.VI.2006, *Droissart 96* (BRLU!). — *Ibid.*, 01.VI.2006, *Droissart 101* (BRLU!). — *Ibid.*, 1000 m, 6.III.2004, *Stévant & Droissart 2090* (BRLU!). — *Ibid.*, 1050 m, 7.III.2004, *Stévant & Droissart 2121* (BRLU!).

Guinée Équatoriale (Rio Muni). Inselberg à 5 km au NO du Village d'Engong (Parc Nat. de Monte Alén), 1100 m, 8.VIII.2001, *Ndong Bokung & Stévant 388* (BRLU!). — *Ibid.*, 26.V.2002, *Ndong Bokung & Stévant 461* (BRLU!). — *Ibid.*, 21.VII.2001, *Stévant 1009* (BRLU!).

São Tomé et Príncipe (Príncipe). Chemin du Pico de Príncipe, (plateau), 600 m, 1.IX.1999, *Stévant 646* (BRLU!).

DISTRIBUTION. — Cameroun, Rio Muni, Príncipe, République Démocratique du Congo et Rwanda.

REMARQUES. — *Stolzia peperomioides* a été décrite par Kraenzlin en même temps que *S. cupuligera*. Comme pour cette dernière espèce le type (*Milbraed 2814*) fut détruit durant l'incendie de l'herbarium de Berlin. Nous avons trouvé à BR un échantillon (*Bequaert 2777*) qui correspond parfaitement au protologue de *S. peperomioides* et au dessin qui accompagnait la même description un an plus tard (Kraenzlin, 1910). Le type détruit et l'échantillon *Bequaert 2777* ayant de plus été récoltés dans des habitats similaires situés au maximum à 150 km l'un de l'autre, nous avons décidé de l'utiliser pour néotypifier *S. peperomioides*.

Stolzia peperomioides a été récemment signalé dans l'ouest du Cameroun par Cribb & Pollard (2004). Cette espèce est ici nouvellement signalée en Guinée Équatoriale (Rio Muni) et à Príncipe. L'échantillon de Príncipe est stérile mais le port correspond à cette espèce et il a été récolté dans une végétation typiquement submontagnarde (voir note de la sous-espèce *thomensis*), ce qui nous amène à le rattacher à la sous-espèce type.

Stolzia peperomioides (Kraenzl.) Summerh. **subsp. thomensis** (Stévant & P.J.Cribb) Stévant, Droissart & Simo, **comb. et stat. nov.** *Stolzia thomensis* Stévant & P.J.Cribb, *Kew Bulletin*

59: 83 (2004). — Type: **São Tomé (São Tomé et Príncipe)**. Calvario, 1550 m, *Primo & Stévant 1* (holo-, K!; iso-, BRLU!).

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **São Tomé (São Tomé et Príncipe)**. Escadas, 1350 m, *de Oliveira 1999/112* (BRLU!). — Pico de Ana Chavez, 1400 m, 4.I.1998, *Stévant 360* (BRLU!). — Calvario, 1450 m, 1.IX.1998, *Stévant 492* (BRLU!). *Ibid.*, *Stévant 1891* (BRLU!). — s.l., cult. Wageningen greenhouse (N° 1980PTST093), 20.XI.1981, *van der Laan 446* (WAG!).

DISTRIBUTION. — Endémique de São Tomé.

REMARQUES. — La néotypification de la sous-espèce type a permis de mettre en évidence sa forte similitude avec une espèce de São Tomé récemment décrite (Stévant & Cribb 2004). Une nouvelle combinaison est donc proposée, *Stolzia peperomioides* (Kraenzl.) Summerh. subsp. *thomensis* (Stévant & P.J. Cribb) Stévant, Droissart & Simo.

La sous-espèce type et la sous-espèce *thomensis* sont très semblables et il nous est difficile actuellement d'affirmer avec certitude qu'elles ne sont pas conspécifiques. En effet, le seul critère morphologique permettant de les différencier avec certitude est la structure de l'inflorescence. Celle-ci présente un pédoncule plus long (13-45 mm contre 8-12 mm), moins épaissi et semble porter plus de fleurs chez la sous-espèce type (Tableau 1). Cependant, l'échantillon *van der Laan 446* récolté à São Tomé présente un pédoncule allant jusqu'à 14 mm. *S. peperomioides* subsp. *peperomioides* est un taxon de l'étage submontagnard qui n'a jusqu'à présent pas été récolté au dessus de 1100 mètres. *S. peperomioides* subsp. *thomensis* est quant à lui très fréquent dans les forêts de l'étage montagnard qui se développent à São Tomé entre 1400 et 2000 m d'altitude. Il est totalement absent des étages inférieurs de végétation de l'île. Les distributions géographiques et écologiques de ces deux taxons semblent indiquer une spéciation relativement récente de l'étage submontagnard vers l'étage montagnard. Il est actuellement impossible de dire si la population de la sous-espèce type de *S. peperomioides* présente à Príncipe est relictuelle ou est le résultat d'une dissémination récente.

L'étude du patrimoine génétique des différentes populations et sous-espèces de *S. peperomioides* devrait permettre de trancher quant à la validité de ces deux taxons et de mieux comprendre l'histoire évolutive de cette espèce au sein des îles du Golfe de Guinée.

Nouvelles signalisations

Stolzia elaidum (Lindl.) Summerh., *Kew Bulletin* 17: 557 (1964). — *Bulbophyllum elaidum* Lindl., *Journal of the Proceedings of the Linnean Society, Botany* 6: 127 (1862). — *Phyllorkis elaidium* (Lindl.) Kuntze, *Revisio generum plantarum* 2: 677 (1891). — Type: **Nigeria**. Brass, *Barter* 73 (lecto-, K; désigné par Cribb, 1978).

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **Liberia**. Sino, Sapo NP, buffer zone, around Jelaytown, 145 m, 26.XI.2002, *Jongkind 5447* (WAG!).

Cameroun. Bidjouka (Massif de Ngovayang). Campement à 1 h 30 de marche au N-NO du village. Le long d'un sentier à environ 2 heures 30 de marche au NO du campement, 675 m, 18.VI.2006, *Droissart 177* (BRLU!). — Bidou III/Nkolembonda (route Kribi-Ebolowa). Mt des Eléphants, montée vers le sommet, versant S-SE, 220 m, 05.VII.2006, *Droissart 183* (BRLU!). — *Ibid.*, sommet du Mt des Eléphants, 445 m, 06.VII.2006, *Droissart 189* (BRLU!). — *Ibid.*, 23.V.2007, *Droissart & Simo 547* (BRLU!). — Akom II (route Kribi-Ebolowa). Campement à 3 h de marche au S du village, sur une piste de chasseur entre le

village et le campement, 640 m, 28.VI.2007, *Droissart 600* (BRLU!). — *Ibid.*, aux alentours du campement, à 10 mètres de part et d'autre de la rivière, 705 m, 11.I.2008, *Droissart, Stévert & Simo (Ombrière de Yaoundé) 905* (BRLU!).

Gabon. Kinguélé (route entre Tchimbélé et Kinguélé), 300 m, 1.X.1997, *Biteau & Stévert 61* (BRLU!). — Mont Mbilan (rivière), 200 m, 8.XII.2002, *Stévert 1659* (BRLU!). — *Ibid.*, 180 m, 8.XII.2002, *Stévert 1660* (BRLU!). — Mont Mbilan (descente de la rivière), 200 m, 21.X.2002, *Stévert 1760* (BRLU!). — Tchimbélé, forêt aux environs du barrage, 460 m, 8.XII.2002, *Stévert 1661* (BRLU!).

São Tomé et Príncipe (Príncipe). Pico a Mesa, about 2 km S. of plantation Maria Correia, 200 m, 7.II.1980, *de Wilde, Arends & Groenendijk 414* (WAG!). Pico Papagaio, 600 m, *Exell 727* (BRLU!). — Chemin du Pico de Príncipe, (plateau), 600-650 m, 18.IX.2002, *Primo & Stévert 84* (BRLU!). — *Ibid.*, 550 m, 6.X.1997, *Stévert 228* (BRLU!). — *Ibid.*, 1.IX.1998, *Stévert 521* (BRLU!).

São Tomé et Príncipe (São Tomé). Nova Ceilão, 890 m, 11.X.1997, *Stévert 269* (BRLU!). — Bombaim, 450 m, 1.XI.1998, *Stévert 458* (BRLU!).

DISTRIBUTION. — Liberia, Nigeria, Cameroun, Príncipe, São Tomé, Guinée Équatoriale (Rio Muni), Gabon.

REMARQUES. — Nous avons récemment récolté plusieurs échantillons de cette espèce dans la Province du Sud au Cameroun. Un des échantillons mis en culture dans l'ombrière à Yaoundé a fleuri en janvier 2008 (*Droissart, Stévert & Simo 905*). Plusieurs échantillons stériles avaient été récoltés auparavant (*Droissart 177, 183, 189, 600 et Droissart & Simo 547*). Il s'agit de sa première signalisation dans ce pays. L'échantillon *Biteau & Stévert 61* possède une inflorescence et des fleurs presque deux fois plus grandes que ce qui est observé sur tous les autres échantillons examinés. Cependant, cet échantillon est unique et insuffisant pour nous permettre de prendre une décision par rapport à sa position taxonomique. Du matériel supplémentaire serait donc indispensable pour clarifier sa position.

Stolzia repens var. *obtusa* G.Will., *Journal of South African Botany* 46: 333 (1980). — Type: **Zimbabwe.** Eastern Prov.: N and NE faces of Castle Beacon, Umtali, I.1976, *J. S. Ball 1398* (holo-, SRGH).

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **République Démocratique du Congo.** Haut-Katanga, piste Tenke-Kando, 18.XI.1982, *Schajjes 1608* (BR!).

Rwanda. Marais Kamiranjovu, I.1990, *Babilon 267* (BR!). — Nyungwe km 74, 07.XI.2005, *Delepierre 155* (BR!).

Burundi. Gasebeyi-Mabayi, 16.XI.1911, *Arbonier 277* (BR!).

Kenya. Kakamega District, Kakamega Forest, Buyangu, 1550 m, 06.VI.1997, *Bytebier 586* (BR!).

DISTRIBUTION. — République Démocratique du Congo, Rwanda, Burundi, Malawi et Zimbabwe.

REMARQUES. — Cette espèce n'était connue que du Malawi et du Zimbabwe. Elle est maintenant signalée en République Démocratique du Congo, au Rwanda, au Burundi et au Kenya. Les échantillons *Schajjes 1608, Babilon 267 et Arbonier 277* étaient identifiés par Geerinck (1992: p. 375-376) comme *Stolzia cupuligera*. Un examen détaillé de ces

échantillons nous permet de conclure qu'ils n'ont pas été correctement identifiés et qu'ils appartiennent bien à *Stolzia repens* var. *obtusa*.

Stolzia williamsonii P.J.Cribb, *Kew Bulletin* 33: 88 (1978). — Type: Malawi, Northern Region. Rumphu Distr.: Nyika Plateau, Kasaramba Forest, II.1968, *Williamson, Ball & Simon* 370 (holo-, K).

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — **République Démocratique du Congo.** Mount Tshiaberimu, North of Kalibina River Base Camp, 2620 m, 05.VII.1997, *Bytebier* 936 (BR!).

Rwanda. Gisovu. Préfecture Kibuye, 2150 m, 22.II.1972, *Bamps* 3224 (BR!). — Gishwati. Région Gisenyi Kibuye, VI.1990, *Defleur* 10 (BRLU!).

DISTRIBUTION. — République Démocratique du Congo, Rwanda, Tanzanie et Malawi.

REMARQUES. — Cette espèce n'était connue que de la Tanzanie et du Malawi, elle est maintenant signalée au Rwanda et en République Démocratique du Congo. Les échantillons *Bamps* 3224 et *Defleur* 10 étaient identifiés par Geerinck (1992: p. 375-376) comme *Stolzia cupuligera*. Le dessin présenté par le même auteur dans la flore du Rwanda (Geerinck 1988: p. 622) correspond à *S. williamsonii*. Les nouveaux échantillons cités ci-dessus possèdent des feuilles à texture relativement coriace alors que le protologue de *S. williamsonii* décrit les feuilles comme 'thin-textured'.

Clef d'identification des taxons du genre *Stolzia* présents en Afrique centrale

1. Pseudobulbes unifoliés 2
— Pseudobulbes bifoliés 4
2. Inflorescence uniflore; pédoncule long de 2 à 4 mm; labelle à marges entières; feuille de texture épaisse/coriace *S. cupuligera*
— Inflorescence pauciflore; pédoncule de plus de 8 mm; labelle à marges denticulées; feuille de texture fine/souple 3
3. Pédoncule épaissi de plus de 13 mm de longueur; 3 à 5 fleurs *S. peperomioides* subsp. *peperomioides*
— Pédoncule fin atteignant 12 (14, sur 1 échantillon) mm de longueur; 2 à 3 fleurs *S. peperomioides* subsp. *thomensis*
4. Pseudobulbe contracté en 2 parties; apex des feuilles tridenté; labelle trilobé *S. elaidum*
— Pseudobulbe entier; apex des feuilles non tridenté; labelle simple 5
5. Inflorescence pauciflore; pédoncule de plus de 5 mm de longueur *S. grandiflora* subsp. *lejolyana*
— Inflorescence uniflore; pédoncule de moins de 3 mm de longueur 6
6. Sépale dorsal de plus de 8.5 mm de longueur; fleur non résupinée brune rougeâtre *S. williamsonii*
— Sépale dorsal atteignant 7 mm de longueur; fleur résupinée jaune, orange ou rouge vif 7
7. Sépales dorsal et latéral soudés sur plus de 1,5 mm de longueur; fleur de couleur uniforme jaune-verdâtre à rouge; pièces florales non réfléchies atteignant 3.5 mm *S. repens* var. *cleistogama*
— Sépales dorsal et latéral soudés sur moins d'1 mm; fleur jaune à rouge avec une nervation rouge plus marquée; pièces florales réfléchies de plus de 4mm 8
8. Pièces florales à apex aigu *S. repens* var. *repens*
— Pièces florales à apex obtus *S. repens* var. *obtusa*

Tableau 1. Caractères distinctifs, répartition altitudinale et géographique des taxons du genre *Stolzia* présents en Afrique centrale. Les nouvelles signalisations sont soulignées.

	<i>S. cupuligera</i>	<i>S. elaidium</i>	<i>S. peperomioides</i> subsp. <i>peperomioides</i>	<i>S. peperomioides</i> subsp. <i>thomensis</i>	<i>S. repens</i> var. <i>repens</i>	<i>S. repens</i> var. <i>obtusata</i>	<i>S. repens</i> var. <i>cleistogama</i>	<i>S. grandiflora</i> subsp. <i>lejoyana</i>	<i>S. williamsonii</i>
Pseudobulbe	Unifolié, 10-40 x 0,1 mm	Bifolié, contracté en 2 parties, partie renflée aplatie dorso-ventralement, 5-15 x 4-6 mm	Unifolié, 20-40 x 3,5-6 mm	Unifolié, 5-15 x 6-6,5 mm	Bifolié, 4-16 x 3-5 mm	Bifolié, 9-18 x 2-3,5 mm	Bifolié, 1,5-2,5 x 1,8-2,5 mm	Bifolié, 5-25 x 1-1,5 mm	Bifolié, 14-40 x 1-3 mm
Feuille	Charnue, 13-55 x 5-10 mm	Fine, tridentée à l'apex, 4-21 x 2-6 mm	Fine, 20-55 x 5-12,5 mm	Fine, 11-30 x 5-14 mm	Charnue, 6-8 x 3,5-5 mm	Charnue, 6-11 x 4,5-9,5 mm	Charnue, 3-8 x 2,5-5 mm	Fine à moyennement charnue, 6-18 x 3-7 mm	Fine à charnue, 7-22 x 4-9 mm
Inflorescence	Uniflore, pédoncule 2-4 mm	Uniflore, pédoncule 14-45 mm	3 à 5-flores, pédoncule 1,3-4,5 mm	2-3-flores, pédoncule 8-12 (14) mm	Uniflore, pédoncule 1-2 mm	Uniflore, pédoncule 1-2 mm	Uniflore, pédoncule 1 mm	2-flores, pédoncule 5-10 mm	Uniflore, pédoncule 1-3 mm
Fleur	Brun rougeâtre	Verdâtre	Brun rougeâtre	Sépale dorsal et pétale jaunes avec stries pourpres, sépale latéral et mentum pourpres	Jaune avec stries rouges	Jaune à rouge avec stries rouges	Rouge	Verdâtre ou jaune avec stries rouges et mentum rouge	Brun rougeâtre
Sépale médian (mm)	6-8 x 3	6,2-13 x 1,2-2	5 x 1,7	5,2 x 2	6-7 x 1,5-3	4-7 x 2-2,5	3-3,5 x 1,5	4,2-6,2 x 1,2-1,3	8,5-10 x 3-3,5
Sépales latéraux (mm)	6-7 x 2,5-5	8-12 x 2,3-3	5 x 2,2	5,2 x 1,5	4-7,5 x 2-2,5	4-6 x 2,5-3,5	3,5 x 2-2,5	4,1-6,2 x 1,1-1,2	7-8 x 3-4
Pétales (mm)	Aigus, 6-7 x 2	Aigus, 8,2-13 x 1	Aigus, 4 x 1,2	Aigus, 6 x 1,2	Aigus, 4,5-6,5 x 1-1,5	Obtus, 4-6 x 1-2	Obtus, 2,8 x 1	Aigus, 3,8-5,5 x 0,8-1,1	Obtus, 7-8 x 2-2,5
Labelle (mm)	Entier, 3,5-4,5 x 2,5 mm	Trilobé à marges entières 3,3-3,7 x 2,4-2,6	Entier, 2 x 1	Denticulé, 2,6-3 x 1,2	Entier, 2,8 x 1,5	Entier, 2,5-3 x 1-1,3 mm	Entier, 2,2 x 1,2 mm	Entier, 1,8-2,2 x 1-1,3	Erodé, 3,5 x 1,2
Nombre d'échantillons examinés	3	21	10	6	5	5	3	8	3
Répartition altitudinale (m)	1750-2100	145-900	600-1100	1350-1550	1650-2300	1550-?	1000-1150	1100-1200	2150-2620
Distribution	République Démocratique du Congo & Rwanda	Liberia, Nigeria, Cameroun, Guinée Equatoriale (RM), Gabon, São Tomé & Príncipe	Cameroun, Guinée Equatoriale (RM), Príncipe, République Démocratique du Congo & Rwanda	São Tomé	Afrique tropicale	République Démocratique du Congo, Rwanda, Burundi, Malawi, Zimbabwe & Kenya	Cameroun	Cameroun, Guinée Equatoriale (Rio Muni & Bioko)	République Démocratique du Congo, Rwanda, Tanzanie & Malawi

Remerciements

Nous tenons à remercier le Professeur Jean Lejoly de l'Université Libre de Bruxelles pour l'accueil dans son laboratoire, Daniel Geerinck pour la traduction des diagnoses latines et pour ses commentaires, le Dr P.J. Cribb pour son aide à la détermination de nos échantillons lors de nos séjours à Kew Gardens. Nous adressons également nos remerciements au Curateur de l'Herbarium de BR pour avoir permis l'accès à leur collection. Le séjour de Murielle Simo en Belgique en 2007 a été financé par l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (RBINS) via le projet Global Taxonomy Initiative. Les missions de terrain effectuées dans le cadre de ce travail ont été réalisées grâce au soutien financier et logistique du Projet ECOFAC (CE, DG8), du Projet DIVEAC (CUD-ULB), du Projet Sud Expert Plante (Ministère français des Affaires Etrangères), du FNRS, du Fonds Van Buuren, de la Communauté française de Belgique et du Fonds Léopold III.

Références

- ACHOUNDONG G. 1996. — Les forêts sommitales au Cameroun - Végétation et flore des collines de Yaoundé. *Bois et forêts des tropiques* 247: 37-52.
- CRIBB P. J., ZAPFACK L. & DEMARCO J. 2000. — Orchidaceae, in CHEEK M., ONANA J.-M. & POLLARD B.J. (eds), *The Plants of Mount Oku and the Ijim Ridge, Cameroon: A conservation checklist*. Royal Botanic Garden, Kew: 81-85, 185-191.
- CRIBB P. J. & POLLARD B. J. 2004. — Orchidaceae, in CHEEK M., POLLARD B. J., DARBYSHIRE I., ONANA J.-M. & WILD C. (eds). *The plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi mountains, Cameroon: A conservation checklist*. Royal Botanic Garden, Kew: 193-201, 451-471.
- CRIBB P. J. 1978. — A revision of *Stolzia* (Orchidaceae). *Kew Bulletin* 33 (1): 79-89.
- CRIBB P. J. 1979. — New or Little Known Orchids from East Africa. *Kew Bulletin* 34 (2): 321-340.
- CRIBB P. J. 1981. — A New Species of *Stolzia* (Orchidaceae) from Tanzania. *Kew Bulletin* 36 (3): 639-641.
- CRIBB P. J. & STEWART J. 1985. — Additions to the Orchid Flora of Tropical Africa. *Kew Bulletin* 40 (2): 399-419.
- GEERINCK D. 1988. — Orchidaceae, in TROUPIN G. (ed.), *Flore du Rwanda*. Musée royal de l'Afrique Centrale, Tervuren: 505-629.
- GEERINCK D. 1992. — Orchidaceae (seconde partie), in BAMPS P. (ed.), *Flore d'Afrique centrale (Zaire, Rwanda, Burundi)*. *Spermatophyte*. Jardin botanique national de Belgique, Meise: 297-780.
- GOVAERTS R., CAMPACCI M. A., HOLLAND BAPTISTA D., CRIBB P., GEORGE A., KREUZ K. & WOOD J. 2007. — *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. [<http://www.kew.org/wcsp/monocots/> visité le 15.VII.2007].
- HOLMGREN P. K. & HOLMGREN N. H. 1998 [continuellement mis à jour]. — *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, visité le 1.VI.2007].
- IUCN 2001. — *2001 IUCN Red List Categories and Criteria : Version 3.1.*: 32 p. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. [http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria2001, visité le 1.XI.2007].
- IUCN & SSC 2006. — *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 6.2.*: 60 p. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. [<http://app.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>, visité le 1.XI.2007].

- KRAENZLIN F. 1909. — Orchidaceae africanae. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 43: 342.
- KRAENZLIN F. 1910. — Orchidaceae, in Mildbraed (ed.), *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907-1908 unter Führung Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg Band II*: 85, t. IX fig. 2D & E.
- OLSZEWSKI T. S. & SZLACHETKO D. L. 1997. — A provisional checklist of the orchids of Equatorial Guinea. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 43 (1): 13-38.
- POLLARD B. J., ROBERTS D. L. & CRIBB P. J. 2004. — Orchidaceae, in HARVEY Y., POLLARD B. J., DARBYSHIRE I., ONANA J.-M. & CHEEK M. (eds), *The plants of Bali Nguemba forest reserve, Cameroon: A conservation checklist*. Royal Botanic Garden, Kew: 72, 141-150.
- SIMO M., DROISSART V., SONKÉ B. & STÉVART T. sous presse. — The orchid flora of the Mbam Minkom Hills (Yaoundé, Cameroon). *Belgian Journal of Botany*.
- SONKÉ B. & STOFFELEN P. 2004. — Une nouvelle espèce de *Coffea* L. (Rubiaceae, Coffeae) du Cameroun avec quelques notes sur ses affinités avec les espèces voisines. *Adansonia* sér. 3, 26 (2): 153-160.
- SONKÉ B., NGUEMBOU K. C. & NEUBA D. 2006. — Les Rubiaceae endémiques du Cameroun et leur statut de conservation, in BEETJE H. & GHAZANFAR S. (eds), *Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and uses*. Royal Botanic Garden, Kew: 97-109.
- STÉVART T. & CRIBB P. J. 2004. — News species and records of Orchidaceae from Sao Tomé and Príncipe. *Kew Bulletin* 59: 77-86.
- STÉVART T., DELEPIERRE G., LEBEL J. P. & GEERINCK G. sous presse. — Les Orchidaceae du Parc National de Nyungwe (Rwanda). Proceeding du XVIIIème congrès de l'AETFAT, Yaoundé, Cameroun.
- SUMMERHAYES V. S. 1953. — African Orchids: XXI. *Kew Bulletin* 8: 129-162.
- SZLACHETKO D. L. & OLSZEWSKI T. S. 2001. — Orchidacées Vol. 2, in ACHOUNDONG G. & MORAT P. (eds), *Flore du Cameroun* 35. MNHN, Paris – Herbarium National, Yaoundé: 322-665.
- WILLIAMSON G. 1980. — Studies in Orchidaceae from South Central Africa. *Journal of South African Botany* 46: 329-342.
- WDPA CONSORTIUM 2007. — *World Database on Protected Areas web-download*. UNEP-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). [<http://www.unep-wcmc.org/wdpa/index.htm>, visité le 25.II.2008].

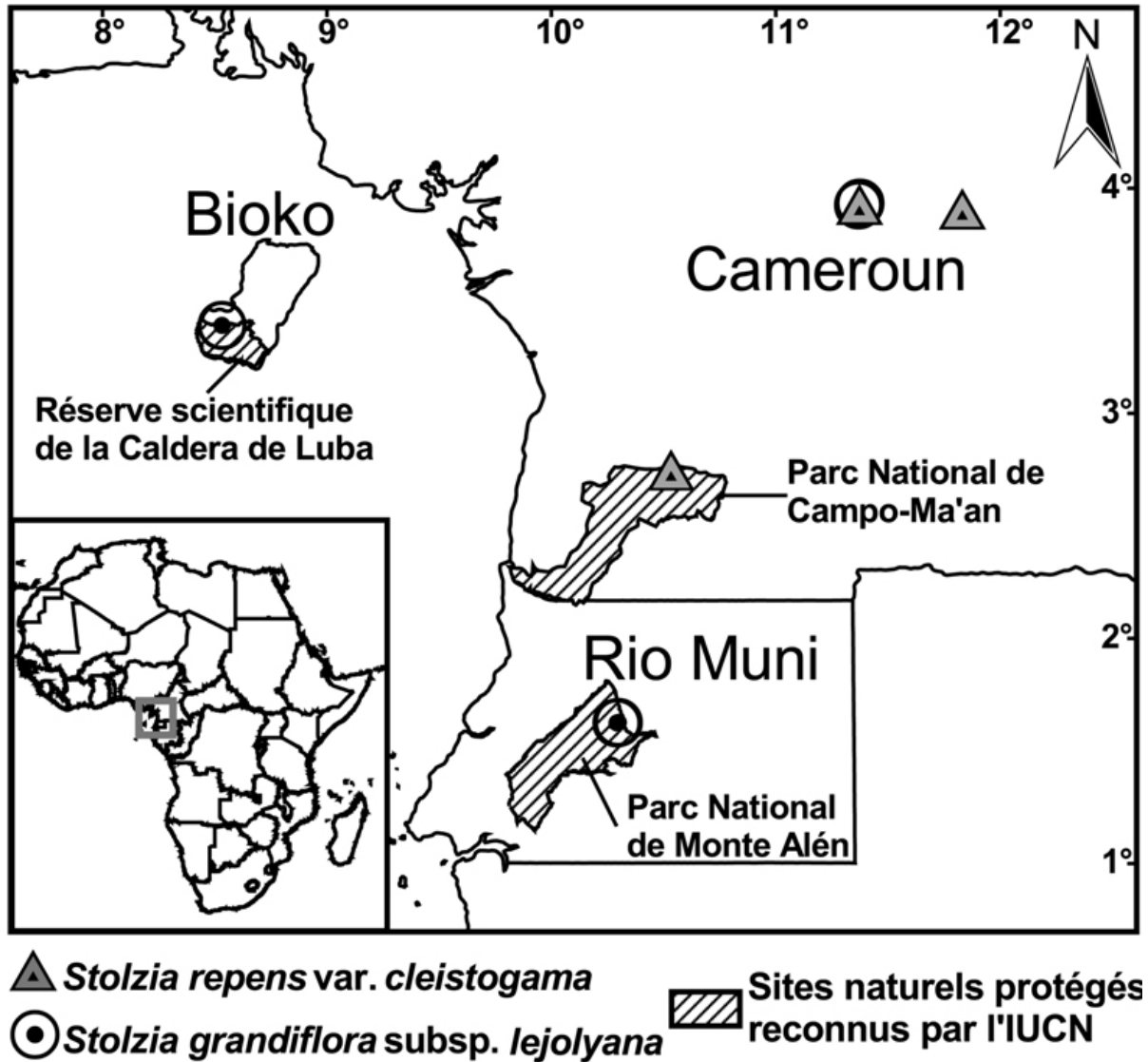


Figure 1 – Distribution de *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* et *Stolzia repens* var. *cleistogama* en Afrique centrale.

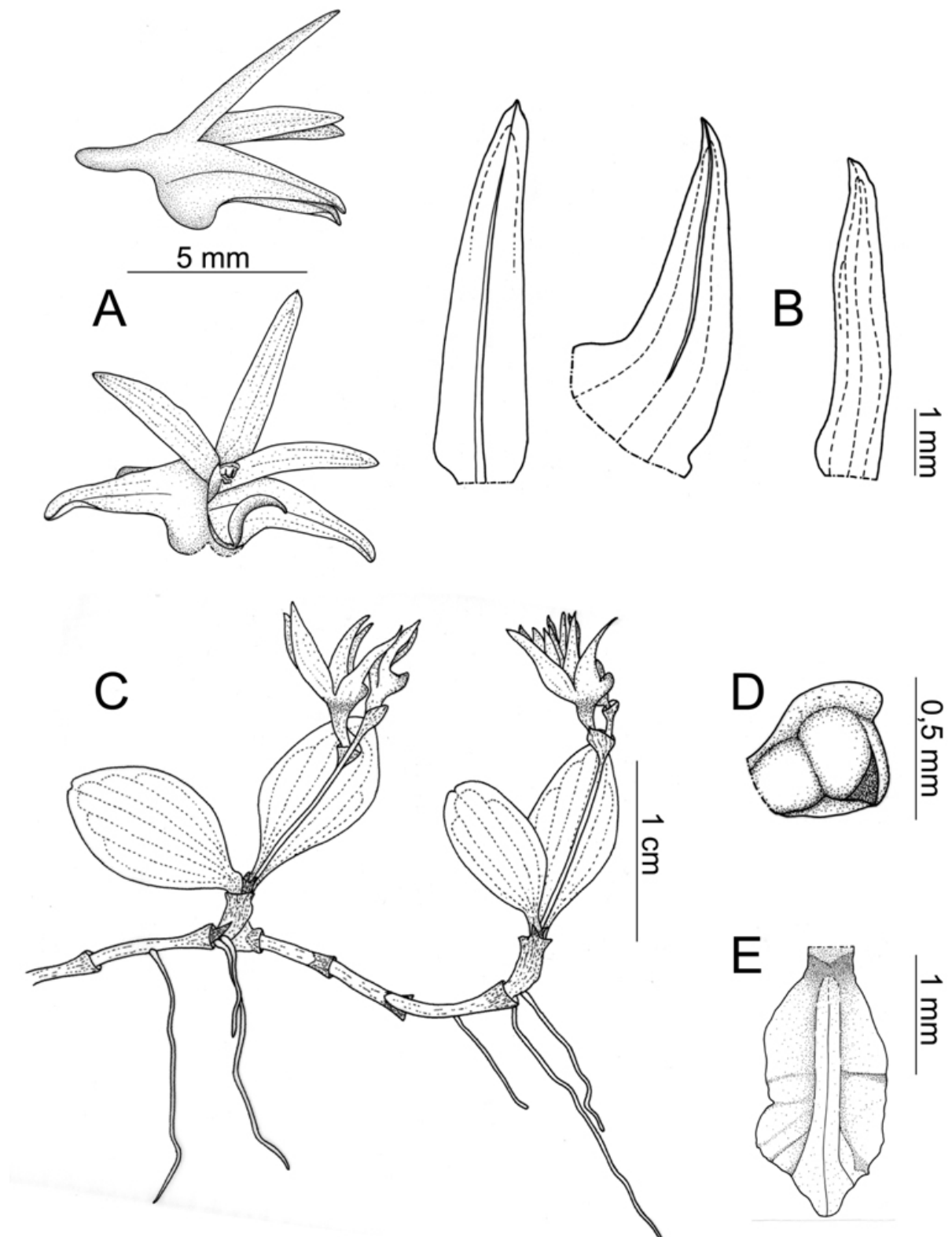


Figure 2 – *Stolzia grandiflora* subsp. *lejolyana* Stévar, Droissart & Simo, Carvalho 4265: A, fleur fermée (haut) et fleur ouverte (bas) vues de profil; B, sépale médian (gauche), sépale latéral (milieu) et pétale (droite); C, plante entière; D, loge pollinique (opercule) vue de profil; E, labelle étalé.

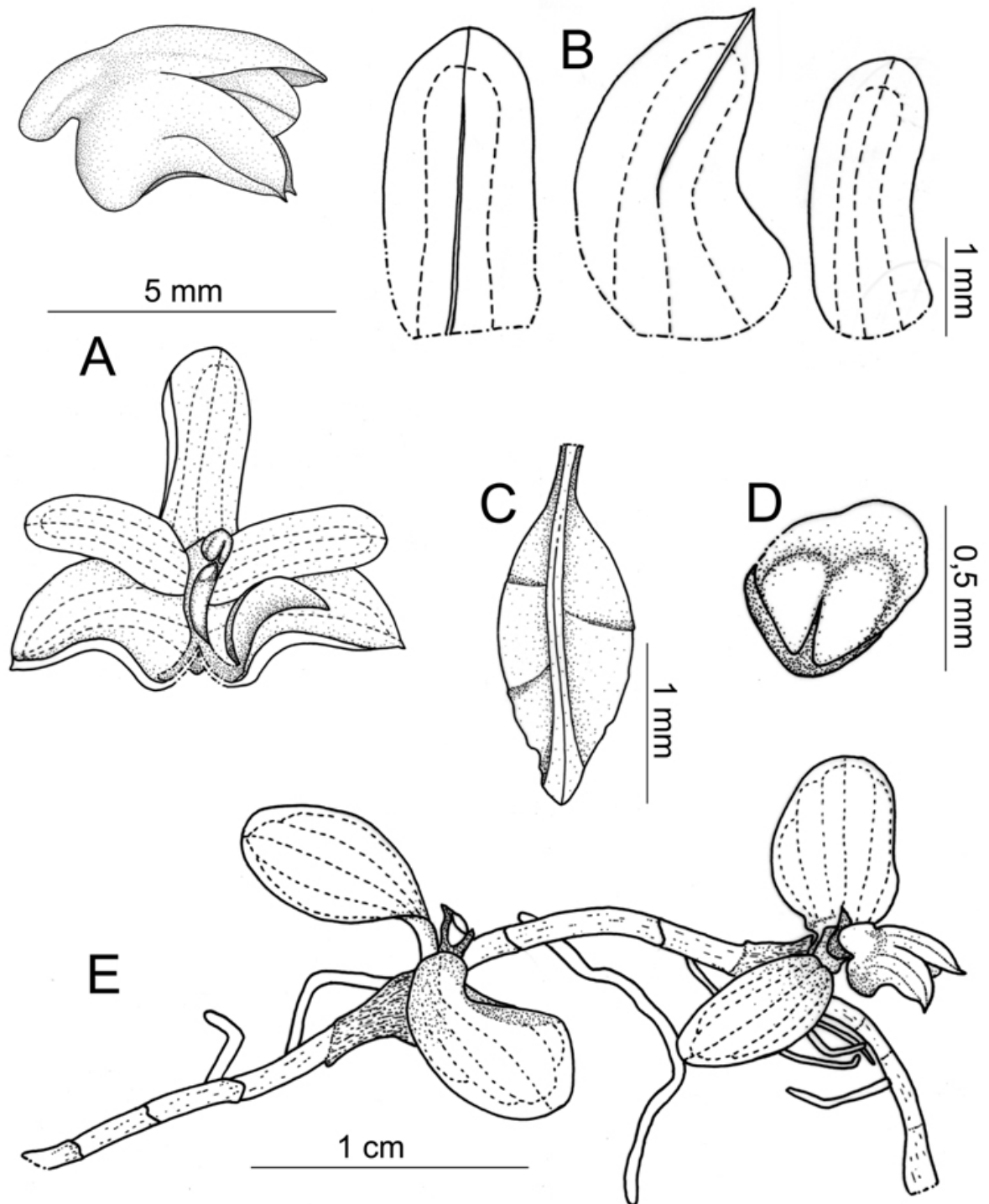


Figure 3 – *Stolzia repens* var. *cleistogama* Stévar, Droissart & Simo, Droissart 68: A, fleur fermée (haut) et fleur ouverte (bas) vues de profil; B, sépale médian (gauche), sépale latéral (milieu) et pétale (droite); C, labelle étalé; D, loge pollinique (opercule) vue de profil; E, plante entière.

4.1.1.2 Nouveautés taxonomiques

De nombreuses nouveautés taxonomiques ont été récoltées au cours des travaux d'inventaire réalisés par Stévant (2003). Bien que 20 nouveaux taxons aient été décrits au cours de ce travail, une quinzaine de taxons potentiellement nouveaux restaient encore à être étudiés plus en détail. Dans le cadre de l'étude des Orchidaceae d'ACA, nous avons ainsi collaboré à la publication de deux taxons du genre *Polystachya* (Stévant *et al.*, 2007) et un taxon du genre *Angraecum* (Stévant *et al.*, sous presse)

Quinze taxons utilisés dans nos analyses méthodologiques et biogéographiques (points 4.2 et 4.3) sont des nouveautés taxonomiques qui restent encore à décrire. Trois de celle-ci ont été récoltées au cours du présent travail. Le Tableau 6 reprend la liste de ces taxons.

Tableau 6. Taxons nouveaux considérés dans ce travail et qui doivent encore être décrit.

		Nouveautés déjà signalées par Stévant (2003)	Nouveautés découvertes au cours du présent travail
1	<i>Aerangis</i> aff. <i>hologlotis</i> sp. nov.	1	
2	<i>Ancistrorhynchus</i> aff. <i>capitatus</i> var. nov.		1
3	<i>Ancistrorhynchus</i> <i>obovata</i> sp. nov. inédit	1	
4	<i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> sp. nov. 1	1	
5	<i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> sp. nov. 2	1	
6	<i>Bulbophyllum</i> <i>minutifolium</i> sp. nov. inédit.	1	
7	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>laticalcar</i> sp. nov.	1	
8	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>sanfordiana</i> sp. nov.	1	
9	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>cunea</i> sp. nov.	1	
10	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>ovale</i> sp. nov.	1	
11	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>curvata</i> subsp. nov	1	
12	<i>Diaphananthe</i> <i>gigantea</i> sp. nov. <i>inedit</i>	1	
13	<i>Liparis</i> aff. <i>gracilentata</i> sp. nov.		1
14	<i>Microcoelia</i> sp. nov.	1	
15	<i>Polystachya</i> aff. <i>obanensis</i> sp. nov.		1

4.1.1.3 Notes taxonomiques

Plusieurs observations faites dans les herbaria et dans la littérature nous ont amené à exclure, revoir la distribution géographique ou mettre en synonymie des taxons considérés comme endémiques de notre zone d'étude. Elles sont ci-dessous énumérées.

Aerangis megaphylla Summerh., Notizbl. Bot. Gart. Berlin-Dahlem 13: 698 (1937). – Type: Guinée équatoriale, Annobón, cratère nord, début de la forêt de brume, *Mildbraed* 6504 (holo-, K!).

Distribution: Endémique de l'île d'Annobón (Guinée Equatoriale).

Note: Une révision du matériel présent à Kew de cette espèce a montré que les échantillons provenant du continent (*Mildbread* 9640 et *Le Testu* 3969) ont été mal identifiés par Stewart (1979). En effet, ces échantillons présentent un éperon très long (toujours plus de 17 cm) tandis que *Aerangis megaphylla* Summerh. possède un éperon ne dépassant pas 10 cm. Ces échantillons appartiennent donc plutôt à une espèce récemment décrite de Centrafrique, *A. bouarensis* Chiron. Cette espèce, qui se rencontre dans les forêts riveraines et dans une végétation de type savane arborée, possède un éperon atteignant 19 cm. L'échantillon *Mildbread* 9640 (K) donné comme présent à Buea (Cameroun) par Stewart (1979) provient en fait de Bûar (Centrafrique), localité où a été récolté le type d'*A. bouarensis*. Nous avons également identifié un échantillon du Cameroun appartenant à cette espèce et récolté dans l'Adamaoua (*Leroux* s.n., photo et description dans *L'Orchidophile* 85 p. 12, 1989).

En conclusion, *Aerangis megaphylla* n'est connu que de l'île d'Annobón (Guinée Equatoriale). Les échantillons précédemment rattachés à cette espèce et récoltés sur le continent appartiennent à *A. bouarensis* qui est ici nouvellement signalé pour le Cameroun.

Ancistrorhynchus capitatus (Lindl.) Summerh., Bot. Mus. Leaflet. 11: 205 (1944). – Type: Nigeria, Brass River, *Barter* 1857 (holo- K!).

Ancistrorhynchus constrictus Szlach. & Olszewski, in *Fl. Cameroun* 36: 776 (2001) **syn. nov.** – Type: Cameroun, près de Bufo, 30 km ENE Akwaya, *Letouzey* 14049 (holo- P!, iso- YA!)

Distribution: Sierra Leone, Liberia, Côte d'Ivoire, Togo, Nigeria, Cameroun, Guinée Equatoriale, Gabon, Centrafrique, République démocratique du Congo, Ouganda.

Notes: Un examen détaillé des échantillons d'*Ancistrorhynchus constrictus* Szlach. & Olszewski conservés à Paris (P) et Yaoundé (YA) montre que l'échantillon décrit dans la Flore du Cameroun appartient à *A. capitatus* (Lindl.) Summerh. Le port et les feuilles sont identiques chez ces deux espèces mais l'échantillon conservé à Paris ne comporte que 4 feuilles. L'isotype conservé à Yaoundé présente quant à lui jusqu'à 7 feuilles, cet échantillon n'est pas mentionné dans le protologue et n'a vraisemblablement pas été vu par Szlachetko & Olszewski (2001b).

L'examen des fleurs de l'holotype et de l'isotype montre que la constriction du labelle, donnée par Szlachetko & Olszewski (*op. cit.*) comme un des principaux caractères distinctifs, est contrairement à ce que laisse penser l'illustration de la Flore du Cameroun peu claire. Sur les fleurs que nous avons observées, le renflement apical de l'éperon est également plus

marqué que sur l'illustration de la flore et celui-ci mesure jusqu'à 7 mm sur l'isotype. Ces deux espèces sont dès lors considérées comme conspécifiques, et *Ancistrorhynchus constrictus* Szlach. & Olszewski est alors proposé en synonymie à *A. capitatus* (Lindl.) Summerh.

Bulbophyllum teretifolium Schltr., Bot. Jahrb. Syst. 38: 18 (1905). – Type: Cameroun, Bibundi, *Schlechter 12362* (holo- B†).

Bulbophyllum kupense P.J.Cribb & B.J.Pollard, Kew Bull. 59: 137 (2004) **syn. nov.** – Type: Cameroun, Mt Kupe, Nyasoso, garden of house by Government High School, 830 m, 7 déc. 2000, *Pollard 574* (holo- K, iso- KUPE).

Distribution: Endémique du Cameroun.

Notes: Droissart & Stévant (2004) ont publié une note écologique sur la redécouverte d'un *Bulbophyllum* endémique du Cameroun, *B. teretifolium* Schltr. Cette espèce, initialement décrite sur la base d'un seul échantillon stérile, est facilement reconnaissable grâce à ses pseudobulbes cylindriques, unifoliés et surmontés d'une feuille cylindrique (terète). Cette caractéristique végétative est unique au sein du genre. La note Droissart & Stévant (*op. cit.*) est accompagnée d'une description détaillée de l'échantillon récolté près de Yaoundé (Province du Centre) mais aucun *emendavit* n'est proposé. Depuis lors, nous avons récolté à plusieurs reprises ce *Bulbophyllum* très caractéristique, dans les environs de la capitale camerounaise et également dans le Sanctuaire de faune de Banyang Mbo (Province du Sud-Ouest). Plusieurs échantillons sont actuellement cultivés dans l'ombrière construite à Yaoundé.

La même année, Cribb & Pollard (2004b) ont décrit *Bulbophyllum kupense* P.J.Cribb & B.J.Pollard une espèce très semblable à ce que nous avons considéré comme *Bulbophyllum teretifolium* Schltr. Ils la considèrent comme un micro-endémique du Mt Kupe (sud-ouest Cameroun). Les seules différences avec *B. teretifolium* résident dans le port, qui est pendant chez *B. kupense* d'après Cribb & Pollard (*op. cit.*) alors qu'il est érigé chez *B. teretifolium*, le feuillage, compressé dorsiventralement chez *B. kupense* alors qu'il est cylindrique chez *B. teretifolium* ainsi que la présence de fleurs (le type de *B. teretifolium* n'en avait pas).

Les observations qui ont pu être faites sur les échantillons mis en culture à Yaoundé montrent qu'en réalité les nouvelles pousses de *Bulbophyllum teretifolium* sont érigées au premier stade de développement et finissent par devenir pendantes une fois le pseudobulbe mature. Nous pensons que l'observation faite sur la compression des feuilles pourrait être un artefact dû au séchage de l'échantillon. Les plantes que nous avons récoltées dans la Province du Sud-Ouest, à moins de 50 km de la localité où fut récolté le type de *B. kupense*, présentent également des pseudobulbes et un feuillage de section cylindrique. Enfin, la description de la fleur faite par Droissart & Stévant (2004) concorde parfaitement avec celle de *B. kupense*. On peut donc conclure que *B. kupense* est une redescription de *B. teretifolium*. Une néotypification de *B. teretifolium* va être faite et *B. kupense* sera mise en synonymie. *B. teretifolium* est maintenant connu de plus de trois localités au Cameroun et paraît assez fréquent.

Liparis goodyeroides Schltr., Bot. Jahrb. 38: 152 (1906). – Type: Cameroun, Moliwe, NNE de Limbe (=Victoria), *Stammler s.n.* (holo- B†).

Distribution: Liberia, Nigeria, São Tomé, Príncipe et Cameroun.

Note: Après examen d'un échantillon provenant du Liberia conservé à K (*Yallah 98*), nous confirmons que *Liparis godyeroides* Schltr. est bien présent dans ce pays comme le pensaient déjà, avec réserve, Szlachetko & Olszewski (2001a).

Liparis suborbicularis Summerh., Bull. Misc. Inform., Kew 1934: 210 (1934). – Type: Nigeria, district d'Oban, *Talbot 871* (holo- BM).

Distribution: Nigeria et Cameroun.

Note: *Liparis suborbicularis* Summerh. est signalé au Gabon par Szlachetko & Olszewski (2001a) et Govaerts *et al.* (2008). Cependant la Flore du Gabon (Szlachetko *et al.*, 2004a) ne mentionne pas cette espèce et, à notre connaissance, aucun spécimen provenant du Gabon n'a été cité dans la littérature. Etant donné son habitat préférentiel (forêt montagnarde entre 1800 et 2000m) et l'absence de relief important au Gabon, nous pensons qu'elle n'est très vraisemblablement pas présente dans ce pays et qu'une erreur s'est glissée dans la Flore du Cameroun.

Polystachya coriscensis Rchb.f., Otia Bot. Hamburg.: 112 (1881). – Type: Gabon, Corisco Bay, Aug. 1962, *Mann 1884* (holo- K!).

Polystachya kiessleri Schltr., Bot. Jahrb. 38: 153 (1906); Kraenzl., Repert. Spec. Nov. Regn. Veg., Beih. 39: 60 (1926); Mansf., Repert. Spec. Nov. Regn. Veg., Beih. 68: tab. 58 [232] (1932). – Type: Cameroun, Moliwe près de Limbe (=Victoria), *Kiessler & Schlechter 15780* (holo-HBG, iso- P!, K!, BR!).

Distribution: Nigeria, Cameroun, Gabon, République du Congo, République Démocratique du Congo.

Notes: Summerhayes (1968b) considérait *Polystachya kiessleri* et *P. coriscensis* comme conspécifiques. Cependant, pour Szlachetko & Olszewski (2001a), ces deux espèces se distinguent aisément par la forme du labelle, nettement trilobé pour *P. coriscensis* et obscurément trilobé pour *P. kiessleri*.

Deux planches identifiées et annotées par Schlechter comme *Polystachya kiessleri* Schl. sp. nov. sont présentes à Paris. Celles-ci semblent correspondre à deux échantillons différents bien qu'ils aient été récoltés dans la même localité (Moliwe). Une des planches ne porte pas de numéro d'herbier clairement indiqué; un numéro 42 apparaît sur l'étiquette d'herbier alors que sur la planche elle-même le numéro 6845 est indiqué. Cet échantillon correspond à un *P. coriscensis*. Le numéro de la deuxième planche d'herbier est lui clairement mentionné, il s'agit de l'échantillon *Kiessler & Schlechter 15780*. Cet échantillon déposé à Paris correspond à la description et aux dessins de *P. kiessleri* faits par Szlachetko & Olszewski (2001a). Nous avons également vu des duplicatas de ce numéro d'herbier à BR et K. L'analyse de ces échantillons a montré que la description et le dessin de *P. kiessleri* représentent en réalité une fleur non mature de *P. coriscensis*. En effet, les lobes latéraux sont très peu marqués dans les boutons floraux encore fermés alors que ceux-ci sont nettement distincts lorsque la fleur est épanouie. La forme des sépales latéraux évolue également avec l'âge des boutons floraux. Ces observations nous amènent à considérer, comme Summerhayes (*op. cit.*), ces deux espèces comme conspécifiques.

Polystachya superposita Rchb.f., Otia Bot. Hamb.: 111 (1881). – Type: Cameroun, Mont Cameroun, *Mann 2125* (holo- K!).

Distribution: Cameroun.

Note: La dissection de l'échantillon *Sanford 4281* a montré que cet échantillon n'était pas *Polystachya superposita* Rchb.f. et correspondait plutôt à *P. fusiformis* (Thouars) Lindl. Cet échantillon présente deux différences majeures avec le type de *P. superposita*. Tout d'abord la taille des pseudobulbes qui mesurent jusqu'à 20,5 cm sur l'échantillon de Sanford (contre maximum 9 cm pour *P. superposita*). Deuxièmement, le labelle ne présente pas de callus à la base, une des principales caractéristiques du *P. superposita*. Ceci nous amène à conclure que *P. superposita* n'est pas encore connu de Bioko. Sa présence n'y est toutefois pas à exclure en raison de la proximité et de l'affinité de la flore de l'île et du Mont Cameroun.

Rangaeris rhipsalisocia (Rchb.f.) Summerh. in J.Hutchinson & J.M.Dalziel, Fl. W. Trop. Afr. 2: 449 (1936). – Type: Angola, *Welwitsch 662* (holo- W; iso- K!)

Rangaeris trachypus (Kraenzl.) Guillaumin, Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., II, 31: 118 (1959). Type: Cameroun, Yaoundé, *Zenker 420* (holo- B† ?).

Distribution: Sénégal, Guinée Conakry, Sierra Leone, Liberia, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigeria, Cameroun, Centrafrique, Guinée Equatoriale, Gabon, République Démocratique du Congo, Angola.

Notes: *Rangaeris rhipsalisocia* (Rchb.f.) Summerh. et *R. trachypus* (Kraenzl.) Guillaumin étaient considérés comme conspécifiques par Summerhayes (1949). Cependant, la "World Checklist of Orchidaceae" (Govaerts *et al.*, 2008) les considère toujours comme distinctes. En effet, dans un récent article (Droissart *et al.*, 2006) nous avons gardé cette espèce valide, n'ayant pas encore eu l'occasion de visiter les différents herbaria où auraient pu être déposés des isotypes. *Rangaeris trachypus* fut décrit sur base d'un échantillon récolté au Cameroun (*Zenker 420*), dans les environs de Yaoundé. Cet échantillon a très vraisemblablement été détruit dans l'incendie de l'herbarium de Berlin durant la seconde guerre mondiale. Les récents travaux et inventaires menés dans les collines aux alentours de Yaoundé (Simo *et al.*, sous presse), n'ont pas permis de récolter cette espèce. Cependant, *R. rhipsalisocia* y avait été observé à plusieurs reprises. La comparaison des descriptions de ces deux taxons ne permet pas de les distinguer; c'est pourquoi nous pensons également qu'il ne s'agit en réalité que d'une seule espèce.

Un autre échantillon récolté au Cameroun dans le Nyombé (*Merle 53*) est cité par Guillaumin & Rose (1959) comme étant *Rangaeris trachypus*. Ce même échantillon est repris par Szlachetko & Olszewski (2001) sous le nom de *R. rhipsalisocia* (Rchb.f.) Summerh. Nous n'avons malheureusement pas pu retrouver cet échantillon lors de notre visite à l'herbarium de Paris.

4.1.2 Contribution à la connaissance de la distribution des Orchidaceae en ACA

4.1.2.1 *Inventaires et synthèses floristiques*

Au cours du présent travail, nous avons passé 138 jours à faire des inventaires botaniques en forêt au Cameroun (point 3.1.2). Nous y avons aussi mis sur pied la plus importante ombrière à Orchidaceae d'Afrique centrale. En effet, 2588 échantillons

d'orchidées vivantes ont été mis en culture durant ce travail (Tableau 7). Cette ombrière nous a permis de récolter un grand nombre d'herbiers fertiles, améliorant ainsi significativement nos connaissances de la Flore du Cameroun. Plusieurs taxons importants pour la conservation de la flore camerounaise sont en culture à Yaoundé. On pourra citer *Ossiculum aurantiacum* P.J.Cribb & Laan, un genre monospécifique endémique de l'ouest du Cameroun décrit en 1986 et qui n'était connu que de l'échantillon type jusqu'en 2004. D'autres espèces telles que *Diaphananthe garayana* Szlach. & Olszewski et *Angraecum angustum* (Rolfe) Summerh. n'avaient plus été observées depuis plus de 50 ans.

Tableau 7. Nombre d'échantillons d'herbier et de plantes vivantes récoltés durant les missions de terrain effectuées au Cameroun. Seuls les herbiers collectés en tant que premier récolteur sont indiqués et les duplicatas n'ont pas été comptabilisés.

Localités	Nombre d'herbiers récoltés		Nombre d'échantillons vivants d'Orchidaceae
	Orchidaceae	Divers (majoritairement Rubiaceae)	
Akom II	132	111	705
Banyang Mbo (via Babubok)	20		80
Banyang Mbo (via Nguti)	46		203
Bifa	60	88	249
Bindem	43	37	242
Eboundja	9		31
Mbam Minkom (via Nyemeyong)	65	11	323
Mbam Minkom (via Nkolakié)	16		84
Mt Cameroun (via Buea)			9
Ngovayang (via Bidjouka)	46		232
Ngovayang (via Memel II)	21		108
Nkolembonda	41		271
Nkoltsia			51
Total	499	247	2588

Plus de 1000 herbiers fertiles ont été collectés à partir des échantillons vivants cultivés à Yaoundé. A ceux-ci s'ajoutent 500 échantillons directement mis en herbier sur le terrain. Parmi ces 1500 herbiers, nous avons identifié 1176 herbiers jusqu'au rang spécifique ou infra-spécifique (sous-espèce ou variété). Ceux-ci représentent 191 taxons différents parmi lesquels 36 sont endémiques de notre zone d'étude.

La synthèse des résultats obtenus lors des inventaires effectués à Mbam Minkom (20 km au nord-ouest de Yaoundé) a été réalisée (Simo *et al.*, sous presse). Ce travail a mis en évidence la richesse exceptionnelle de ce massif situé à proximité de la capitale camerounaise. Nous y avons récolté 75 taxons dont plus de 85 % n'étaient pas encore connus de cette zone. Parmi ceux-ci, six sont probablement nouveaux pour la science. Nous avons également participé à une publication (Stévant & Droissart, 2006) synthétisant les inventaires réalisés sur les Orchidaceae de la région de Gamba au Gabon. Les résultats obtenus pour cette région côtière du sud du Gabon ont mis en évidence une flore très riche en Orchidaceae (73 taxons), bien qu'ici encore peu d'inventaires ont été réalisés spécifiquement sur cette famille. Nous devrions prochainement synthétiser les données floristiques obtenues pour le sanctuaire de Banyang Mbo, pour la réserve du Dja ainsi que pour les massifs de Ngovayang et d'Akom II. Actuellement, nous estimons que la flore en Orchidaceae de chacun de ces trois sites est constituée d'au moins 100 taxons différents.

4.1.2.2 Nouvelles signalisations pour les pays d'Afrique centrale atlantique

La revue de la littérature et des spécimens d'herbiers nous a permis d'établir la liste et la distribution des taxons endémiques d'ACA et présents au Cameroun. Parmi ceux-ci, certains n'étaient pas encore connus de ce pays. Ce travail a fait l'objet de la publication présentée au point 4.1.2.2.1.

De plus, nos inventaires floristiques ont permis la récolte de 14 taxons qui n'avaient pas encore été signalés au Cameroun. En Guinée Equatoriale, plusieurs nouvelles signalisations (Figure 19) ont été faites suite aux travaux de Stévant (2003). Ces nouvelles données de distribution sont synthétisées dans la publication présentée au point 4.1.2.2.2.



Figure 19. *Polystachya pyramidalis* Lindl., une nouvelle signalisation pour la Guinée Equatoriale (Rio Muni).

**4.1.2.2.1 Checklist des Orchidaceae endémiques d'ACA présentes au Cameroun
et leurs statuts conservatoires**

**Les Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique
présentes au Cameroun**

Droissart V., Sonké B. & Stévar T.

Article publié en 2006 dans *Systematics and Geography of Plants* 76

Les Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique présentes au Cameroun

V. Droissart^a, B. Sonké^{a,b} & T. Stévant^{a*}

^a Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, Av. F. Roosevelt 50, CP 169, B-050 Bruxelles, Belgique

^b Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun

* auteur pour la correspondance [tstevart@yahoo.com]

Abstract. A list of 108 endemic taxa from Atlantic Central Africa occurring in Cameroon is given. Among these, 72 (67 %) are epiphytes, 7 (6 %) are facultative epiphytes and 29 (27 %) are terrestrial. These figures may present important local variations: from lowland to montane forest, the proportion of epiphytes decreases with about 20 %. Fourty three (40 %) taxa are known only from Cameroon and the specific endemism for Orchidaceae in this country is ca. 8.8 %. Two genera, *Gastrodia* R.Br. and *Ossiculum* P.J.Cribb & Laan, are endemic to Cameroon. The species *Polystachya bipoda* Stévant, *Ancistrorhynchus obovata* Stévant inedit., *Cyrtorchis submontana* Stévant inedit., *Tridactyle anthomoniaca* (Rchb.f.) Summerh. subsp. *nana* P.J.Cribb & Stévant, *Ancistrorhynchus crystalensis* P.J.Cribb & Laan and *Polystachya kubalae* Szlach. & Olsz. are newly recorded for the flora of Cameroon. Twenty four taxa were not recorded in Cameroon by Szlachetko & Olszewski (1998, 2001a & 2001b), but were already cited in the literature as present in Cameroon. For each taxon, exhaustive or thorough literature is provided, as well as the distribution in Atlantic Central Africa, a list of specimens known from Cameroon and an assessment of the conservation status. According to IUCN criteria, 4 % of the taxa are Least Concerned (LC), 29 % are Critically Endangered (CR), 24 % are Endangered (EN) and 35 % are Vulnerable (VU).

Keywords. Orchidaceae, endemism, Cameroon, Atlantic Central Africa, specific richness, conservation statut, epiphytes, terrestrials.

Remarque. En raison de son volume important (82 pages) nous n'inclurons pas l'article dans ce travail.

4.1.2.2.2 New orchid records from Atlantic Central Africa

New Orchid records from Atlantic Central Africa

Droissart V., Sonké B., Simo M. & Stévant T.
Manuscript sous presse, *Edinburg Journal of Botany*

New orchid records from Atlantic Central Africa

Vincent Droissart¹, Bonaventure Sonké^{1,2}, Murielle Simo² & Tariq Stévant^{1,3,4}

¹ Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique. vincent.droissart@ulb.ac.be (author for correspondence)

² Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun. bsonke_1999@yahoo.com, murielle_simo@yahoo.fr

³ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166-0299, St Louis, Missouri, USA. tariq.stevart@mobot.org

⁴ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

Abstract. Several papers dealing with Orchidaceae from Atlantic Central Africa were recently published. However, orchid distribution in this area remains poorly known as indicated by the results presented here. During the last decade, we conducted an intensive fieldwork program in Cameroon and Equatorial Guinea. These activities allowed us to collect 22 taxa that are new national records. Ten taxa are new records from Cameroon, eight from Equatorial Guinea and four from both countries. One of these taxa is also a new record from Nigeria. Fifteen taxa are endemic to Lower Guinea area and six were only known from the type locality.

Keywords. Orchidaceae, Atlantic Central Africa, new national records, Cameroon, Equatorial Guinea, Nigeria

Introduction

Orchidaceae are, with more than 700 genera (Geerinck, 1992) and approximately 25 000 species, by far the largest monocotyledon family and perhaps the largest plant family (Chase, 2005). On the African mainland, Orchidaceae are represented by 1890 valid taxa (Govaerts *et al.*, 2008), from which 602 are reported in Atlantic Central Africa which extends from Nigeria to Republic of Congo (Stévant, 2003). Within this region, rain forest that covers Cameroon and Equatorial Guinea possesses one of the most diverse flora of Africa. The Mt Cameroon area for example, is estimated to harbour 3000 to 4000 species of vascular plants (Mutke & Barthlott, 2005). Orchid's family accounts for a large part of this rich diversity.

Several studies dealing with Orchidaceae from Cameroon were published during the last ten years (Cribb, 1998; Cribb *et al.*, 2000; Cribb & Pollard, 2004; Pollard *et al.*, 2004; Droissart *et al.*, 2006), but the most relevant taxonomic account on Orchid's flora of Cameroon was published as part of the 'Flore du Cameroun' (Szlachetko & Olszewski, 1998; 2001a; 2001b). It lists 360 species in 63 genera. These authors also mention 153 species "to be found in Cameroon", showing that this flora still remains incompletely known. Knowledge about Orchidaceae from Equatorial Guinea is even poorer and only provisional checklists were published (Sanford, 1971; Olszewski & Szlachetko, 1997; Aedo *et al.*, 1999).

Data presented here result from a larger project devoted to study the biogeography of orchids in Atlantic Central Africa. Since 1997, a method that involves collecting and growing of living orchids in shadehouses has been initiated in the area (Stévant, 2003). More than 8000 living orchids have been cultivated in São Tomé and Príncipe, Cameroon, Gabon and Equatorial Guinea. This allowed us to collect more than 5000 herbarium specimens. Examination of this material resulted in the description of numerous novelties and the discovery of new records from Atlantic Central Africa (Stévant & Geerinck, 2000; Stévant *et al.*, 2003; Stévant & Cribb, 2004a; Stévant & Cribb, 2004b; Stévant & Nguema, 2004; Stévant & Droissart, 2006; Stévant *et al.*, 2006; Stévant *et al.*, 2007). This paper presents an additional 22 taxa that are new national records.

Methods

Fieldwork location

In Cameroon, botanical inventories were made in East Province (Dja reserve), South West Province (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), South Province (Ngovayang and Akom II forest area) and Center Province (Mbam Minkom massif area). In Equatorial Guinea (Rio Muni), field survey mostly targeted Monte Alén National Park and inselbergs of the Eastern part of Rio Muni.

Ex situ cultivation in Africa

A shadehouse was built in Yaoundé (Cameroon) in 2004. It contains now more than 2500 living specimens from different parts of the country where we conducted our inventories. Since March 2004, a new collection series (Yaoundé shadehouse series) has been established for all herbarium specimens collected in the Yaoundé shadehouse to avoid confusion with specimens collected in the field. In Equatorial Guinea, a shadehouse was also built in Monte Alén and contained approximately 1750 specimens. From these living collections and field inventories, 2243 specimens were collected in Cameroon and 1207 in Rio Muni and are deposited at BRLU.

New national records

We considered as new national records the 22 orchid taxa that were not recorded in Cameroon

or in Equatorial Guinea by the 'Flore du Cameroun', the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts *et al.*, 2008) and other relevant literature (Sanford, 1971; Olszewski & Szlachetko, 1997; Cribb, 1998; Aedo *et al.*, 1999; Cribb *et al.*, 2000; Cribb & Pollard, 2004; Pollard *et al.*, 2004; Droissart *et al.*, 2006). Almost all type specimens for these taxa were seen in K, P or WAG herbarium (herbarium acronyms according to Holmgren & Holmgren, 1998). A specimen which is a new record from Nigeria was also found in WAG herbarium. Literature reference given after names of taxa corresponds to the protologue of the taxa. The general distribution of taxa was based on specimens examined and on the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts *et al.*, 2008). Informations on ecology and habitat given under each species entry are compiled from the BRLU specimen's database on Orchidaceae from Atlantic Central Africa which includes 8215 specimens digitalized.

New national records from Atlantic Central Africa

Ancistrorhynchus tenuicaulis Summerh., Kew Bull. 8: 590 (1953 publ. 1954). – Type: Uganda. Ishasha Gorge, Kigezi, iv 1946, *Purseglove* 2034 (holo K!; iso EA). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni), Gabon, Democratic Republic of Congo, Rwanda, Uganda, Tanzania and Malawi. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland and submontane primary forest. In Rio Muni, specimens were also collected in the forest fringe of an inselberg. Altitudinal range from 400 m to 1200 m. Flowering peaks between May and July.

Note. *Ancistrorhynchus tenuicaulis* is closely related to *A. schumannii* (Kraenzl.) Summerh. also known from Cameroon. However, the two species can easily be separated by the shape of apical lobe of the leaf (rounded for *A. schumannii* and acute for *A. tenuicaulis*) and the number of flowers for a single inflorescence (usually two for *A. schumannii* and up to five for *A. tenuicaulis*). The apex of the spur of *A. tenuicaulis* is slightly flattened but not in *A. schumannii*.

Specimens examined. CAMEROON. Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.795'N, 10°32.819'E, 3 vi 2006, *Droissart* 114 (BRLU); *ibid.*, 2°44.334'N, 10°31.932'E, 4 vi 2006, *Droissart* 130 (BRLU); Bidjouka (Ngovayang forest area), 3°09.158'N, 10°28.146'E, 17 vi 2006, *Droissart* 160 (BRLU); *ibid.*, 17 vi 2006, *Droissart* 161 (BRLU); Bidou III/Nkolembonda (Kribi-Ebolowa road), 2°47.968'N, 10°0.281'E, 26 v 2007, *Droissart & Simo* 564 (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.813'N, 10°32.81'E, 31 v 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse)* 528 (BRLU); Bidjouka (Ngovayang forest area), 3°09.158'N, 10°28.146'E, 14 vii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse)* 606 (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Near Miserge, 1°23'N, 10°17'E, 1 vii 1999, *Stévant* 547 (BRLU); near Esamalan, 1°34'N, 10°12'E, 1 vii 1999, *Stévant* 550 (BRLU); Engong (Monte Alén Nat. Park), 1°37'N, 10°18'E, 1 vii 1999, *Stévant* 564 (BRLU); before Esamalan, 1°30'N, 10°12'E, 17 ix 1999, *Ndong Bokung & Stévant* 75 (BRLU); Mirador (inselberg), 1°40'N, 10°17'E, 24 vi 2000, *Ndong Bokung & Stévant* 179 (BRLU); before Esamalan, 1°30'N, 10°12'E, 25 vi 2000, *Ndong Bokung & Stévant* 188 (BRLU); Mitemele, 1°09.438'N, 10°12.137'E, 8 vii 2001, *Stévant* 965 (BRLU); Engong, 1°37.438'N, 10°17.811'E, 20 vii 2001, *Ndong Bokung, Stévant & Obama* 373 (BRLU); Monte Alén Nat. Park, 1°39'N, 10°18'E, 20 ix 2002, *Ndong Bokung & Stévant* 510 (BRLU).

Angraecum angustum (Rolfe) Summerh. in J.Hutchinson & J.M. Dalziel, Fl. W. Trop. Afr. 2: 452 (1936). – Type: Nigeria. Cross River, Itu, Old Calabar, 20 v 1897, *Holland* 27 (holo K!). **Figs 1, 2A.**

Distribution. Nigeria and Cameroon. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte usually growing on small mossy branches in submontane forest floor. Altitudinal range from 450 m to 1050 m. Flowering peaks between May and June.

Note. Until recently this species was only known from the type specimen collected in South Nigeria in 1897. In Cameroon, we collected this species in two localities in South Province, in Ngovayang forest area, near Akom II and on the summit of the 'Mont des Eléphants'.

Specimens examined. CAMEROON. Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.889'N, 10°32.383'E, 26 vii 2004, *Droissart, Stévert, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse)* 57 (BRLU); *ibid.*, 2°44.873'N, 10°31.983'E, 25 x 2004, *Droissart, Stévert, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse)* 251 (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.667'N, 10°31.827'E, 2 vi 2006, *Droissart* 104 (BRLU); *ibid.*, 2°44.795'N, 10°32.819'E, 3 vi 2006, *Droissart* 111 (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.889'N, 10°32.383'E, 10 vi 2006, *Droissart, Stévert & Simo (Yaoundé shadehouse)* 371 (BRLU); Bidjouka (Ngovayang forest area), 16 vi 2006, *Droissart* 152 (BRLU); Bidou III/Nkolembonda (Kribi-Ebolowa road), 2°47.852'N, 9°59.987'E, 24 v 2007, *Droissart & Simo* 554 (BRLU); *ibid.*, 24 v 2007, *Droissart & Simo* 555 (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.813'N, 10°32.81'E, 31 v 2007, *Droissart., Stévert & Simo (Yaoundé shadehouse)* 531 (BRLU); Bidou III/Nkolembonda (Kribi-Ebolowa road), 2°47.991'N, 10°00.171'E, 30 vi 2007, *Droissart, Stévert & Simo (Yaoundé shadehouse)* 571 (BRLU).

Angraecum eichlerianum Kraenzl. var. *curvicalcaratum* Szlach. & Olsz., Fl. Cameroun 36: 898 (2001). – Type: Cameroon. Nanga Eboko, *Jacques-Félix 4740* (P holo). **Figs. 1, 2B.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland and submontane primary forest, but also observed in the forest fringe of inselbergs. Altitudinal range from 100 m to 1100 m. Flowering peaks between June and August.

Note. Two varieties of *Angraecum eichlerianum* are recognized by Szlachetko & Olszewski (2001b). The type variety possesses a straight spur and its dorsal sepal is more than 40 mm long. The variety *curvicalcaratum* has curved spur and its dorsal sepal is usually no more than 40 mm long.

Specimens examined. CAMEROON. Mbassakok (Mama), 3°19.023'N, 12°42.403'E, 12 vii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 105* (BRLU); Schouam (Dja reserve), 3°19.323'N, 12°47.445'E, 12 vii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 106* (BRLU); *ibid.*, 17 vii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 123* (BRLU); *ibid.*, 17 vii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 129* (BRLU); Mbassakok (Mama), 3°19.023'N, 12°42.403'E, 17 vii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 126* (BRLU); *ibid.*, 7 viii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 159* (BRLU); Schouam (Dja reserve), 3°19.323'N, 12°47.445'E, 7 viii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 166* (BRLU); *ibid.*, 7 viii 2001, *Stévert, Chamba & Pial 167, 172* (BRLU); *ibid.*, 3°19.323'N, 12°47.445'E, 22 viii 2001, *Stévert & Pial 195* (BRLU); Philippe's hill (Dja reserve), 3°17.165'N, 12°47.478'E, 20 vi 2002, *Stévert & Pial 387* (BRLU); between Philippe's hill and Schouam (Dja reserve), 3°18.069'N, 12°47.485'E, 21 vi 2002, *Stévert & Pial 395* (BRLU); Schouam (Dja reserve), 3°19.307'N, 12°47.467'E, 22 vi 2002, *Stévert & Pial 404* (BRLU); Mbolo's falls (S of Dja reserve), 2°52.093'N, 12°57.334'E, 4 vii 2002, *Stévert & Pial 420* (BRLU); Bali (S of Dja reserve), 12 km NE Mbolo's falls, 2°59.624'N, 12°59.222'E, 6 vii 2002, *Stévert & Pial 425* (BRLU); Mbolo's falls (S of Dja reserve), 2°51.938'N, 12°56.670'E, 10 vii 2002, *Stévert & Pial 456*

(BRLU); Schouam (Dja reserve), 3°19.323'N, 12°47.445'E, 17 vii 2002, *Stévant & Pial 481* (BRLU); *ibid.*, 17 vii 2002, *Stévant & Pial 484* (BRLU); Mbassakok (between Mama and Bifos), 3°18.946'N, 12°42.615'E, 28 vii 2002, *Stévant & Pial 544* (BRLU); Nguti, (Edjuigang), 5°35.722'N, 9°44.992'E, 14 iii 2004, *Stévant, Droissart & Simo P. 2139* (BRLU); Nkolsia (23 km NW of Bipindi), 3°10.5'N, 10°16.5'E, *Villiers s.n.* (YA). Mbam-Minkom, (Nye-Meyong), 3°55.240'N, 11°22.029'E, 11 v 2006, *Droissart 21* (BRLU); *ibid.*, 3°55.544'N, 11°22.21'E, 13 v 2006, *Droissart 67* (BRLU); *ibid.*, 3°55.24'N, 11°22.029'E, 15 vii 2006, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 394* (BRLU); Schouam (Dja reserve), 3°19.323'N, 12°47.445'E, 21 vii 2006, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 396* (BRLU); Memel II (N of Bipindi), 3°11.107'N, 10°24.544'E, 22 vii 2006, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 400* (BRLU); Bindem (Messama road), 2°41.701'N, 10°46.623'E, 19 viii 2006, *Droissart & Simo 271* (BRLU); *ibid.*, 2°42.423'N, 10°48.32'E, 20 viii 2006, *Droissart & Simo 277* (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°45.007'N, 10°32.435'E, 28 vi 2007, *Droissart 597* (BRLU); Bindem (Messama road), 2°42.423'N, 10°48.32'E, 16 vii 2007, *Droissart & Simo 622* (BRLU); Mbassakok (Mama) et Bifos , 2°44.795'N, 10°32.819'E, 03 viii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 633* (BRLU); Bissombo (Dja reserve), 3°17.953'N, 12°34.505'E, 03 viii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 634* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Bata-Bicomo, 28 xii 1993, *Carvalho 5454* (MA); Akuom (inselberg), 1°50'N, 10°55'E, 13 vi 1999, *Parmentier & Nguema 336* (BRLU); Bikurga (inselberg), 18 ii 2001, *Stévant 763* (BRLU); SW Monte Alén Nat. Park, 20 i 2002, *Senterre, Obiang & Ngomo 2009* (BRLU); Akoak Benguan (inselberg), 1°47'N, 10°56'E, 23 viii 2002, *Deman, Ndong Bokung & Nguema 11* (BRLU); Bicurga (inselberg), 1°35'N, 10°28'E, ii 2001, *Parmentier 1681* (BRLU).

Bulbophyllum coriscense Rchb.f., *Otia Bot. Hamburg.*: 118 (1881). – Type: Gabon. Corisco Bay, 1862, *Mann 1883* (holo K!). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in the understorey of coastal primary forest. This taxon was found on a tree trunk in a sunny place. Altitudinal range from 50 m to 600 m. Flowering peaks between September and October.

Note. Until this observation in Monte Alén National Park, the species was only known from the type specimen collected in Gabon in 1862 in Corisco Bay. We have also collected a fertile specimen of this rare species in the Cristal Mountains (Gabon) near Tchimbélé and Andok Foula.

Specimens examined. CAMEROON. Bifa (Kribi-Ebolowa road), 2°41.308'N, 10°16.406'E, 5 x 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 773* (BRLU); Eboundja I (Kribi-Campo road), 2°47.793'N, 9°53.7'E, 30 x 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 793* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Cataratas (big rainfall), 1°37'N, 10°02'E, 1 vii 1999, *Stévant 600* (BRLU); Esamalan, 1°34'N, 10°12'E, 3 ix 1999, *Ndong Bokung & Stévant 50* (BRLU).

Bulbophyllum renkinianum (Laurent) De Wild., *Pl. Bequaert.* 1: 95 (1921). – Type: Democratic Republic of Congo. Injolo, *Laurent 1772* (lecto BR!), 281 (syn BR, †), 2054 (syn BR!). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni and Bioko Island), Gabon and Democratic Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni and Bioko Island).

Ecology and habitat. Epiphyte in primary and secondary lowland forest, between 200 and 700 m. Altitudinal range from 200 m to 650 m. Flowering peaks between March and May.

Note. This species is not recorded for Cameroon in the World Checklist of Orchidaceae (Govaerts *et al.*, 2008). However it has been recently reported by Cribb & Pollard (2004) from South West Province of Cameroon. We have also collected this species in East Province (Dja Wildlife Reserve). The lectotype of this taxon was designated by Vermeulen (1987).

Specimens examined. CAMEROON. Dja river (Somalomo), 3°22.178'N, 12°44.513'E, 14 v 2001, *Stévant, Chamba & Pial 78* (BRLU); *ibid.*, 3°22.178'N, 12°44.513'E, 14 vii 2001, *Stévant, Chamba & Pial 142* (BRLU); *ibid.*, 3°22.178'N, 12°44.513'E, 16 iv 2002, *Stévant & Pial 323* (BRLU); *ibid.*, 15 iv 2003, *Stévant & Pial 766* (BRLU); Mbassakok (Mama), 3°18.946'N, 12°42.403'E, 12 v 2003, *Stévant & Pial 779* (BRLU); Mama (Dja reserve), 3°18.946'N, 12°42.403'E, 21 v 2003, *Stévant & Pial 783* (BRLU); Dja river (Somalomo), 3°22.178'N, 12°44.513'E, 21 v 2003, *Stévant & Pial 786* (BRLU); Nguti (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), 5°20.590'N, 9°29.824'E, 13 iii 2004, *Stévant, Droissart & Simo P. 2147* (BRLU); Nguti (Edjuigang), 5°35.165'N, 9°45.085'E, 14 iii 2004, *Stévant, Droissart & Simo P. 2130* (BRLU); Nguti (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), 5°20.591'N, 9°29.825'E, 15 iii 2004, *Stévant, Droissart & Simo P. 2156* (BRLU); Dja river (Somalomo), 30 iv 2004, *Stévant & Pial 1011* (BRLU); Mbassakok (Mama), 3°18.946'N, 12°42.403'E, 15 v 2004, *Stévant & Pial 1015* (BRLU); Nguti (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), 5°20.234'N, 9°28.411'E, 23 iii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (shadehouse) 456* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (BIOKO). Bioko Norte, 12 vi 1988, *Carvalho 3485* (MA). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Bikurga (Timber exploitation), 23 v 2002, *Stévant, Ndong Bokung & Ndong Maye 1529* (BRLU); *ibid.*, 1°34.966'N, 10°28.252'E, 18 i 2003, *Deman 265* (BRLU).

Bulbophyllum vanum J.J.Verm., Bull. Jard. Bot. Natl. Belg. 54: 148 (1984). – Type: Gabon. Ogooué-Ivindo. Bélinga, lower slopes of Babel Nord, southern exposition, 15 ix 1978, *Breteler & de Wilde 642* (holo WAG!). **Figs. 1, 2C.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni), Gabon and Democratic Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in rain forest rich in Caesalpinioideae or lithophitic growing on the rock outcrop in Rio Muni. Altitudinal range from 150 m to 900 m.

Note. It is probable that we have found this taxon in South Province of Cameroon but the specimen is sterile (*Droissart 380*).

Specimens examined. CAMEROON. Nguti (Timber exploitation), 5°34.810'N, 9°45.240'E, 25 x 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse) 165* (BRLU); *ibid.*, 25 x 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse) 166* (BRLU); *ibid.*, 31 x 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse) 339* (BRLU); *ibid.*, 13 viii 2006, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 406* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA. Bikurga (inselberg), 1°35'N, 10°28'E, 18 ii 2001, *Stévant 777* (BRLU).

Cyrtorchis brownii var. *guillaumetii* Pérez-Vera, Orchidées Côte D'Ivoire: 250 (2003). – Type: Ivory Coast. Between Buyo and Soubré, right bank of Sassandra, 16 xii 1963, *Guillaumet 1767* (holo UCJ; iso ABI). **Fig. 1.**

Distribution. Ivory Coast, Nigeria, Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni and Bioko Island). This taxon is recorded here for the first time from Nigeria, Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni and Bioko Island).

Ecology and habitat. Epiphyte in evergreen moist forest on mossy branches and in saxicolous forests around inselberg. *Cyrtorchis brownii* var. *guillaumetii* is surrogate of the submontane forest floor. Altitudinal range from 900 m to 2300 m. Flowering peaks between May and July. *Note.* This new variety of *Cyrtorchis brownii* was recently described from Ivory Coast (Perez-Vera, 2003). It differs from the type variety by its leaf's shape and size, by its larger floral bracts and by small differences in floral morphology. *Cyrtorchis brownii* (Rolfe) Schltr. is reported by Cribb & Pollard (2004) from South West Province of Cameroon but not as a particular variety. Considering the ecology and altitude given by these authors it is very likely that the specimens they examined (*Cheek 8379*) also refer to the var. *guillaumetii*.

Specimens examined. NIGERIA. Boshi extension forest reserve. Between pillar 12 and 13, 23 v 1971, *van Meer 1765* (WAG). CAMEROON. Mucton (9 km SW of Bamgem), 2 vi 1982, *Villiers 1397* (YA); Kupe-Manengouba (Ebamut), 29 x 2001, *Simo P., Zapfack & Salazar 44* (YA); Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.795'N, 10°32.819'E, 31 v 2006, *Droissart 112* (BRLU); *ibid.*, 2°44.334'N, 10°31.932'E, 3 vi 2006, *Droissart 129* (BRLU); *ibid.*, 2°44.976'N, 10°32.089'E, 4 vi 2006, *Droissart 135* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (BIOKO). Lago Moka, 30 i 1947, *Guinea 2236* (MA); Bioco (pico Basilé), 3 vii 1986, *Carvalho, Casas, Regueiro & Tellería 10166* (MA); Bioko (Malabo-Pico Basilé), 2 vii 1989, *Carvalho 4004* (MA). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Monte Alén-Mirador slope, 1°39'N, 10°18'E, 1 viii 1999, *Ndong Bokung & Stévant 5* (BRLU); Engong (Monte Alén Nat. Park), 1°37'N, 10°18'E, 25 vi 2000, *Ndong Bokung & Stévant 185* (BRLU); *ibid.*, 14 vi 2001, *Ndong Bokung & Stévant 273* (BRLU); *ibid.*, 1°37.395'N, 10°17.572'E, 29 v 2002, *Stévant 1593* (BRLU).

Genyorchis sanfordii Szlach. Olsz., Fl. Cameroun 35: 485 (2001). – Type: Cameroon. Near Dimako, *Sanford 5256* (holo P!). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni), Gabon and Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland forest. Altitudinal range from 600 m to 750 m. Flowering peaks between August and September.

Specimens examined. CAMEROON. Mindourou near Lomie (AC 5), 6 viii 2001, *Stévant, Chamba & Pial 151* (BRLU); *ibid.*, 15 viii 2001, *Stévant & Pial 181* (BRLU); *ibid.*, 22 viii 2001, *Stévant & Pial 188* (BRLU); *ibid.*, 1 ix 2001, *Stévant & Pial 201* (BRLU); *ibid.*, 3°24.305'N, 13°55.356'E, 15 viii 2002, *Stévant & Pial 583* (BRLU); *ibid.*, 3 ix 2002, *Stévant & Pial 602* (BRLU); *ibid.*, 11 viii 2003, *Stévant & Pial 844* (BRLU); *ibid.*, 20 ix 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse) 118* (BRLU); *ibid.*, 3°23.123'N, 13°54.410'E, 20 viii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 655* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA. Akoak Benguan (inselberg), 1°47'N, 10°56'E, 23 viii 2002, *Deman, Ndong Bokung & Nguema 7* (BRLU); *ibid.*, 24 viii 2002, *Deman, Ndong Bokung & Nguema 14* (BRLU).

Habenaria phantasma la Croix, Kew Bull. 48: 369 (1993). – Type: Republic of Congo. Niari Region, Col de Bamba (Mayombe), 9 xii 1990, *La Croix & La Croix 1090* (holo K!). **Figs. 1, 2D.**

Distribution. Cameroon and Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Terrestrial in evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Several populations of five to ten individuals growing in mid to deep shade were found in a recent logged area. These populations were observed between 50 and 150 m on the E-SE side of a small hill (summit at 450 m), 30 km from ocean coast. Flowering occurs in May.

Note. Until this observation in South Cameroon Province, the species was only known from the type specimen collected in very deep shade in a forest at Col de Bamba near Fougouti Mountain (SW of Republic of Congo) in 1990.

Specimens examined. CAMEROON. Bidou III/Nkolembonda (Kribi-Ebolowa road), 2°47.746'N, 10°01.689'E, 13 v 2007, *Droissart & Simo* 568 (BRLU); *ibid.*, 2°48.136'N, 10°01.544'E, 25 v 2007, *Droissart & Simo* 560 (BRLU); *ibid.*, 2°48.213'N, 10°01.937'E, 26 v 2007, *Droissart & Simo* 561 (BRLU).

Microcoelia bulbocalcarata L.Jonss., *Symb. Bot. Upsal.* 23: 121 (1981). – Type: Uganda. Kigezi, S Kayonza, Impenetrable Forest, near Ihizo R., xi 1977, *Meyer* 56 (holo K). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Príncipe Island, Gabon, Rwanda, Uganda. This taxa is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 200 m to 700 m.

Specimens examined. CAMEROON. Bifos, 3°14.365'N, 12°35.418'E, 15 xi 2002, *Stévert & Pial* 694 (BRLU); Nguti (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), 5°20.234'N, 9°28.411'E, 13 ix 2004, *Droissart, Stévert, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse)* 116 (BRLU).

Nephrangis bertauxiana Szlach. & Olszewski, in *Fl. Cameroun* 36: 696 (2001). – Type: Gabon. Bélinga, aérodrome, *Hallé* 2847 (holo P). **Figs. 1, 2E.**

Distribution. Cameroon and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland semi-caducifoliate rain forest. Approximately 15 individuals were found growing on branches with a diameter of 20-35 cm, partially covered with lichens and creeping ferns. The only specimen we observed was collected at 600 m of altitude. Flowering occurs in August.

Note. Until this observation in South Cameroon Province, the species was only known from the type specimen collected in Gabon.

Specimens examined. CAMEROON. Bindem (Messama road), 2°41.139'N, 10°47.059'E, 15 viii 2006, *Droissart & Simo* 258 (BRLU).

Orestias micrantha Summerh., *Bull. Misc. Inform., Kew* 1937: 460 (1937). – Type: Cameroon. Bipindi, *Zenker* 1380 (holo K!). **Fig. 1.**

Distribution. São Tomé Island, Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni). This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Terrestrial in lowland and submontane moist evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 200 m to 1200 m. Flowering peaks between August and September.

Specimens examined. EQUATORIAL GUINEA. Monte Alén Nat. Park, 11 iii 2002, *Senterre, Obiang & Esono* 756 (BRLU); *ibid.*, 1°37.371'N, 10°17.678'E, 10 v 2002, *Stévert, Ndong Bokung & Ndong Maye* 1417 (BRLU); *ibid.*, 11 v 2002, *Parmentier & Esono* 2826 (BRLU).

Polystachya batkoi Szlach. & Olszewski, in *Fl. Cameroun* 35: 586 (2001). – Type: Gabon. Monts de Cristal, Riv. Balakabo, 20 ii 1968, *Hallé* 5416 (holo P!). **Figs. 1, 2F.**

Distribution. Cameroon, Gabon and Democratic Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in primary and secondary forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 100 m to 600 m.

Note. This species is recorded from Democratic Republic of Congo by Szlachetko *et al.* (2004) but no specimen has been cited for this country.

Specimens examined. CAMEROON. Bidjouka (Ngovayang forest area), 3°09.158'N, 10°28.146'E, 17 vi 2006, *Droissart* 159 (BRLU); Bifa (Kribi-Ebolowa road), 2°41.308'N, 10°16.406'E, 14 iv 2007, *Droissart & Simo* 391 (BRLU); *ibid.*, 13 ix 2007, *Droissart, Stévant & Simo* (Yaoundé shadehouse) 727 (BRLU).

***Polystachya lejolyana* Stévant, Adansonia, III, 26: 219 (2004).** – Type: Gabon. Mont Mbilan, 7 iv 2002, *Stévant & Kombila* 1289 (holo BRLU!). **Figs. 1, 2G.**

Distribution. Cameroon and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland moist evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 600 m to 650 m. Flowering is sequential, inflorescence producing one flower at the same time during more than three months.

Specimens examined. CAMEROON. Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.889'N, 10°32.383'E, 8 xi 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (Yaoundé shadehouse) 179 (BRLU); *ibid.*, 9 v 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (Yaoundé shadehouse) 263 (BRLU); *ibid.*, 31 x 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (Yaoundé shadehouse) 336 (BRLU); *ibid.*, 18 v 2006, *Droissart, Stévant & Simo* (Yaoundé shadehouse) 350 (BRLU); *ibid.*, 16 viii 2007, *Droissart, Stévant & Simo* (Yaoundé shadehouse) 645 (BRLU).

***Polystachya moniquetiana* Stévant & Geerinck, Syst. Geogr. Pl. 73: 281 (2003).** – Type: Equatorial Guinea (Rio Muni). Engong (Monte Alén Park Nat.), 11 ix 2001, *Ndong Bokung S. & Stévant* 418 (holo BR!; iso K!). **Fig. 1.**

Distribution. São Tomé Island, Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxa is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland moist evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 650 m to 850 m.

Specimens examined. CAMEROON. Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.650'N, 10°32.406'E, 13 ix 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (Yaoundé shadehouse) 106 (BRLU). EQUATORIAL GUINEA (RIO MUNI). Between Engong and Lago, 1°34'N, 10°17'E, 19 ix 2001, *Ndong Bokung & Stévant* 425 (BRLU).

***Polystachya pyramidalis* Lindl., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 6: 130 (1862).** – Type: Nigeria. s.l., *Mann* 522 (holo K!). **Fig. 1.**

Distribution. Nigeria, Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland primary and secondary forest. Usually found in wet places on tree trunks. Once found as terrestrial in herbaceous fringe of an inselberg. Altitudinal range from 50 m to 1300 m. Flowering peaks between September and November.

Specimens examined. CAMEROON. Akom II (Kribi-Ebolowa road), 2°44.650'N, 10°32.406'E, 5 iii 2004, *Stévant & Droissart* 2053 (BRLU); *ibid.*, 2°44.953'N, 10°32.143'E, 6 iii 2004, *Stévant & Droissart* 2094 (BRLU); *ibid.*, 2°44.889'N, 10°32.383'E, 29 xi 2004, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (shadehouse) 204 (BRLU); *ibid.*, 07 xi 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo* (shadehouse) 341 (BRLU); Bifa (Kribi-Ebolowa road, 5 km

SE of Zingui), 2°39.837'N, 10°16.923'E, 14 vi 2007, *Droissart 581* (BRLU); Eboundja I (Kribi-Campo road), , 2°47.793'N, 9°53.7'E, 26 ix 2007, *Droissart, Stévant & Simo (shadehouse) 753* (BRLU); Akom II (Kribi-Ebolowa road),, 2°45.26'N, 10°32.484'E, 03 x 2007, *Droissart, Stévant & Simo (shadehouse) 767* (BRLU). EQUATORIAL GUINEA. Akoak Ebanga (inselberg), 31 v 2002, *Parmentier & Esono 3507* (BRLU); Nsork (Ngong Mokomo), 1°14'N, 11°02'E, 30 i 2003, *Ndong Bokung & Stévant 526* (BRLU).

Polystachya saccata (Finet) Rolfe, *Orchid Rev.* 26: 107 (1918). – Type: Guinea. Pita, *Pobéguin 2304 bis* (holo P). **Fig. 1.**

Distribution. Guinea-Bissau, Guinea, Liberia, Nigeria, Cameroon, Gabon, Democratic Republic of Congo and Zambia. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland evergreen forest rich in Caesalpinioideae. Altitudinal range from 250 m to 350 m. Flowering period occurs in March.

Specimens examined. CAMEROON. Nguti (Banyang Mbo Wildlife Sanctuary), 5°21.390'N, 09°34.475'E, 16 iii 2004, *Stévant, Droissart & Simo P. 2162* (BRLU); *ibid.*, 5°21.295'N, 09°33.693'E, 7 iii 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse) 225* (BRLU); *ibid.*, 4 iii 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse) 438* (BRLU).

Polystachya testuana Summerh., *Kew Bull.* 14: 136 (1960). – Type: Gabon. Upper Ngounyé River, Etoughi, E of Kembélé, xi 1925, *Le testu 5706* (holo P!). **Fig. 1.**

Distribution. Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland primary forest. Also collected on roadsides. This species was collected at 500 m of altitude.

Specimens examined. EQUATORIAL GUINEA. Mitemele (Schimmer site), 1°09.445'N, 10°12.114'E, 17 vii 2001, *Ndong Bokung & Stévant 300* (BRLU); *ibid.*, 26 v 2002, *Ndong Bokung & Stévant 462* (BRLU).

Rangaeris trilobata Summerh., *Bull. Misc. Inform. Kew* 1936: 229 (1936). – Type: Nigeria. Eket district, 1912-13, *Talbot 3299* (holo BM!; iso K!, FHI). **Fig. 1.**

Distribution. Nigeria, São Tomé Island, Cameroon, Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland and submontane forest. Also observed in herbaceous, shrubby and forest fringes of inselberg. Altitudinal range from 100 m to 1200 m. Flowering peak in May.

Note. May also be present in Príncipe island (Gulf of Guinea) but sterile specimens have only been collected on this island.

Specimens examined. EQUATORIAL GUINEA. Sine loc., inselberg, 21 vi 1999, *Parmentier & Nguema 1128* (BRLU); Mirador (inselberg), 1°40'N, 10°17'E, 1 vii 1999, *Stévant 589* (BRLU); *ibid.*, 5 ii 2001, *Stévant 755* (BRLU); Monte Alén Nat. Park, 1°35'N, 10°28'E, 11 v 2002, *Parmentier & Esono 2794* (BRLU); Mungum (inselberg), 1°19.072'N, 10°48.936'E, 24 v 2002, *Stévant, Ndong Bokung & Ndong Maye 1537* (BRLU); Akoak Ebanga (inselberg), 1°04'N, 11° 12'E, 31 v 2002, *Parmentier & Esono 3521* (BRLU).

Tridactyle laurentii (De Wild.) Schltr. var. *laurentii*, *Beih. Bot. Centralbl.* 36(2): 145 (1918). – Type: Democratic Republic of Congo. Eala, 1903, *Laurent 28* (holo BR!; iso K!). **Fig. 1.**

Distribution. Cameroon, Gabon and Democratic Republic of Congo. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte in lowland evergreen forest rich in Caesalpinioideae. We found several groups of this taxa on large horizontal branches of an old *Bikinia letestui* (Pellegr.) Wieringa (Caesalpinaceae) in a recently logged area. Altitudinal range from 0 to 100 m.

Note. This variety can be differenced from the var. *kabareensis* described by Geerinck (1990) mainly by the leaf's shape and size. Leaves of the type variety are smaller (2-4 cm vs 5-8,5 cm), narrowest (1-3 mm vs 15-20 mm) and linear (vs oblong to narrowly elliptic). However, the leaves of specimens reported here are smallest than type specimen (<1 cm vs 2-4 cm).

Specimens examined. CAMEROON. Bipindi (Memel II village), 3°10.820'N, 10°24.059'E, 1 iii 2004, *Stévant & Droissart* 2018 (BRLU); Bifa (Kribi-Ebolowa road), 2°43.675'N, 10°13.974'E, 3 x 2007, *Droissart, Stévant & Simo (Yaoundé shadehouse)* 769 (BRLU).

Tridactyle muriculata (Rendle) Schltr., Beih. Bot. Centralbl. 36(2): 146 (1918). – Type: Nigeria. Oban, 1911, *Talbot 904* (holo K!; iso BM!). **Fig. 1.**

Distribution. Nigeria and Cameroon. This taxon is recorded here for the first time from Cameroon.

Ecology and habitat. Epiphyte on isolated tree in a village. The only specimen we observed was collected at 700 m of altitude.

Note. Until this rediscovery, the species was only known from the type specimen collected in South Nigeria in 1911.

Specimens examined. CAMEROON. Komba Tida road, 5°37.238'N, 09°46.664'E, 4 vii 2005, *Droissart, Stévant, Nguembou & Djuikouo (Yaoundé shadehouse)* 303 (BRLU).

Vanilla chalotii Finet, Bull. Soc. Bot. France 56: 102 (1909). – Type: Gabon. Environs de Libreville, *Chalot 4027* (holo P!). **Fig. 1.**

Distribution. Equatorial Guinea (Rio Muni) and Gabon. This taxon is recorded here for the first time from Equatorial Guinea (Rio Muni).

Ecology and habitat. Terrestrial and then epiphyte in lowland moist forest. Also found in *Clappertonia polyandra* Becherer shrubby fringe of inselbergs. Altitudinal range from 400 to 1200 m.

Note. Until recently, the species was only known from the type specimen. The three specimens cited from Rio Muni are sterile but the unusual leaf shape, elongated and linear, is very characteristic. Moreover, the type locality is very close. We also collected fertile specimens in Gabon (Mont Mbilan, *Stévant 1658*).

Specimens examined. EQUATORIAL GUINEA. Bata-Senge, 27 iii 1997, *Carvalho 6262* (MA); N Monte Alén Nat. Park, 14 xi 2002, *Senterre & Ngomo 3415* (BRLU); Bikurga (inselberg), 1°35'N, 10°28'E, ii 2001, *Stévant 759* (BRLU).

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Professor Jean Lejoly (Université Libre de Bruxelles) for his support and hospitality in his laboratory, Dr Steven Desein (National Botanic Garden of Belgium) and two anonymous referees for helpful comments. We are grateful to people who collected specimens in the shadehouses of Monte Alén, Yaoundé and Somalomo and to Raphael Govaerts (Kew Garden) for providing data from the Kew database. Fieldwork in Africa was funded by the ECOFAC Program (EC-DG8), DIVEAC (CUD-ULB) and the CUREF Project, the Leopold III Funds, the Communauté française de Belgique, the Wildlife

Conservation Society (WCS), the Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS) and the Central Africa Regional Program of the Environment (CARPE). We would also like to acknowledge the “Sud Expert Plantes” project under French Ministry of Foreign Affairs, for providing financial support for the fieldwork. Herbariums’ visits of V. Droissart in Kew, Paris and Wageningen were funded by the European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR-TAF-2418 & NL-TAF-1611) and by the FRNS.

References

- AEDO, C., TELLERIA, M. T. & VELAYOS, M. (1999). Bases Documentales para la Flora de Guinea ecuatorial, Plantas Vasculares y Hongos. CSIC, Cooperacion Española, Madrid.
- CHASE, M. W. (2005). Classification of Orchidaceae in the Age of DNA data. *Curtis's Bot. Mag.* 22 (1): 2–7.
- CRIBB, P. J. (1998). Orchidaceae. In: CABLE, S. & CHEEK, M. (eds) *The plants of Mount Cameroon. A conservation checklist*, pp. 169–179. London: Royal Botanic Garden Kew.
- CRIBB, P. J., ZAPFACK, L. & DEMARCO, J. (2000). Orchidaceae. In: CHEEK M., ONANA J.-M. & POLLARD B. J. (eds) *The Plants of Mount Oku and the Ijim Ridge, Cameroon: A conservation checklist*, pp. 81–85, 185–191. London: Royal Botanic Garden Kew.
- CRIBB, P. J. & POLLARD, B. J. (2004). Orchidaceae. In: CHEEK, M., POLLARD, B. J., DARBYSHIRE, I., ONANA, J.-M. & WILD, C. (eds) *The plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi mountains, Cameroon: A conservation checklist*, pp. 193–201, 451–471. London: Royal Botanic Garden Kew.
- DROISSART, V., SONKÉ, B. & STÉVART, T. (2006). Les Orchidaceae endémiques d’Afrique Centrale Atlantique présentes au Cameroun. *Syst. Geogr. Pl.* 76: 3–84.
- GEERINCK, D. (1990). Notes taxonomiques sur des Orchidacées d’Afrique centrale X. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 60: 181–190.
- GEERINCK, D. (1992). Orchidaceae 1. In: BAMPS P. (ed) *Flore d’Afrique Centrale (Zaire – Rwanda – Burundi)*, pp. 297–780. Meise: Jardin Botanique National de Belgique.
- GOVAERTS, R., CAMPACCI, M. A., BAPTISTA, D. H., CRIBB, P. J., GEORGE, A., KREUZ, K. & WOOD, J. (2008). *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 20 January 2008].
- HOLMGREN, P. K. & HOLMGREN, N. H. (1998) [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, accessed on 1 June 2007].
- MUTKE, J. & BARTHLOTT, W. (2005). Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biol. Skr.* 55: 521–531.
- OLSZEWSKI, T. S. & SZLACHETKO, D. L. (1997). A provisional checklist of the orchids of Equatorial Guinea. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 43 (1): 13–38.
- PEREZ-VERA, F. (2003). Les Orchidées de Côte d’Ivoire. Collection Parthénope-Biotope, Mèze.
- POLLARD, B. J., ROBERTS, D. L. & CRIBB, P. J. (2004). Orchidaceae. In: HARVEY, Y., POLLARD, B.J., DARBYSHIRE, I., ONANA, J.-M. & CHEEK, M. (eds.) *The plants of Bali Nguemba forest reserve, Cameroon: A conservation checklist*, pp. 72, 141–150. London: Royal Botanic Garden Kew.
- SANFORD, W. W. (1971). The orchid flora of Equatorial Guinea in relation to that of West Africa. Proceedings of the VIIth AEFAT Congress, Munich, Sept. 1970. *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München* 10: 287–98.

- STEVART, T. (2003). *Étude taxonomique, écologique et phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique*. Ph.D. dissertation. Université Libre de Bruxelles, Belgium.
- STEVART, T. & CRIBB, P. (2004a). Five new Tridactyle (Orchidaceae) from central Africa. *Kew Bull.* 59: 195–205.
- STÉVART, T. & CRIBB, P. (2004b). New species and records of Orchidaceae from São Tomé and Príncipe. *Kew Bull.* 59(2): 77–86.
- STÉVART, T. & DROISSART, V. (2006). Diversity of Orchids in the Gamba Complex, Gabon in: ALONSO, A., LEE, M.E., CAMPBELL, P., PAUWELS, O.S.G. & DALLMEIER, F. (eds). Gamba, Gabon: Biodiversity of an equatorial African rainforest. *Bull. Biol. Soc. Washington* 12: 275–283.
- STEVART, T. & GEERINCK, D. (2000). Quatre nouveaux taxons d'Orchidaceae des genres *Liparis*, *Bulbophyllum*, *Polystachya* et *Calanthe* découverts à São Tomé et Príncipe. *Syst. Geogr. Pl.* 70: 141–148.
- STÉVART, T., GEERINCK, D., PARMENTIER, I. & LEJOLY, J. (2003). A new species of *Polystachya* sect. *Polychaete* (Orchidaceae) from central Africa. *Syst. Geogr. Pl.* 73: 28–285.
- STÉVART, T. & NGUEMA, N. (2004). Trois espèces et quatre combinaisons nouvelles de *Polystachya* (Orchidaceae) du Cameroun, de Guinée Equatoriale et du Gabon. *Adansonia* 26(2): 217–233.
- STEVART, T., NGOK BANAK, L. & SOSEF, M. (2006). Synthèse des inventaires réalisés sur les Orchidaceae dans le cadre du Projet d'Evaluation des Aires Protégées du Gabon. In: Ghazanfar, S.A. & Beentje, H.J (eds) Taxonomy and ecology of African Plants: their conservation and sustainable use, pp. 651–665. Proceedings du XVIIème Congrès de l'Aetfat, Royal Botanic Gardens Kew.
- STEVART, T., PARMENTIER, I. & DROISSART, V. (2007). Deux nouvelles espèces de *Polystachya* (Orchidaceae) de Guinée Equatoriale. *Adansonia* 29(1): 31–38.
- SZLACHETKO, D. L. & OLSZEWSKI, T. S. (1998). Orchidaceae 1. In: ACHOUNDONG G. & MORAT P. (Eds.) *Flore du Cameroun* 34, pp. 1–320. Yaoundé: Ministère de la Recherche Scientifique et Technique (MINREST).
- SZLACHETKO, D. L. & OLSZEWSKI, T. S. (2001a). Orchidaceae 2. In: ACHOUNDONG G. & MORAT P. (Eds.) *Flore du Cameroun* 35, pp. 321–665. Yaoundé: Ministère de la Recherche Scientifique et Technique (MINREST).
- SZLACHETKO, D. L. & OLSZEWSKI, T. S. (2001b). Orchidaceae 3. In: ACHOUNDONG G. & MORAT P. (Eds.) *Flore du Cameroun* 36, pp. 666–948. Yaoundé: Ministère de la Recherche Scientifique et Technique (MINREST).
- SZLACHETKO, D. L., SAWICKA, M. & KRAS-LAPINSKA, M. (2004). Orchidaceae 2. In: MORAT P. (ed), *Flore du Gabon* 37, pp. 232–508. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN).
- VERMEULEN, J. J. (1987). A taxonomic revision of the Continental African Bulbophyllinae. *Orchids Monogr.* 2: 1–300.

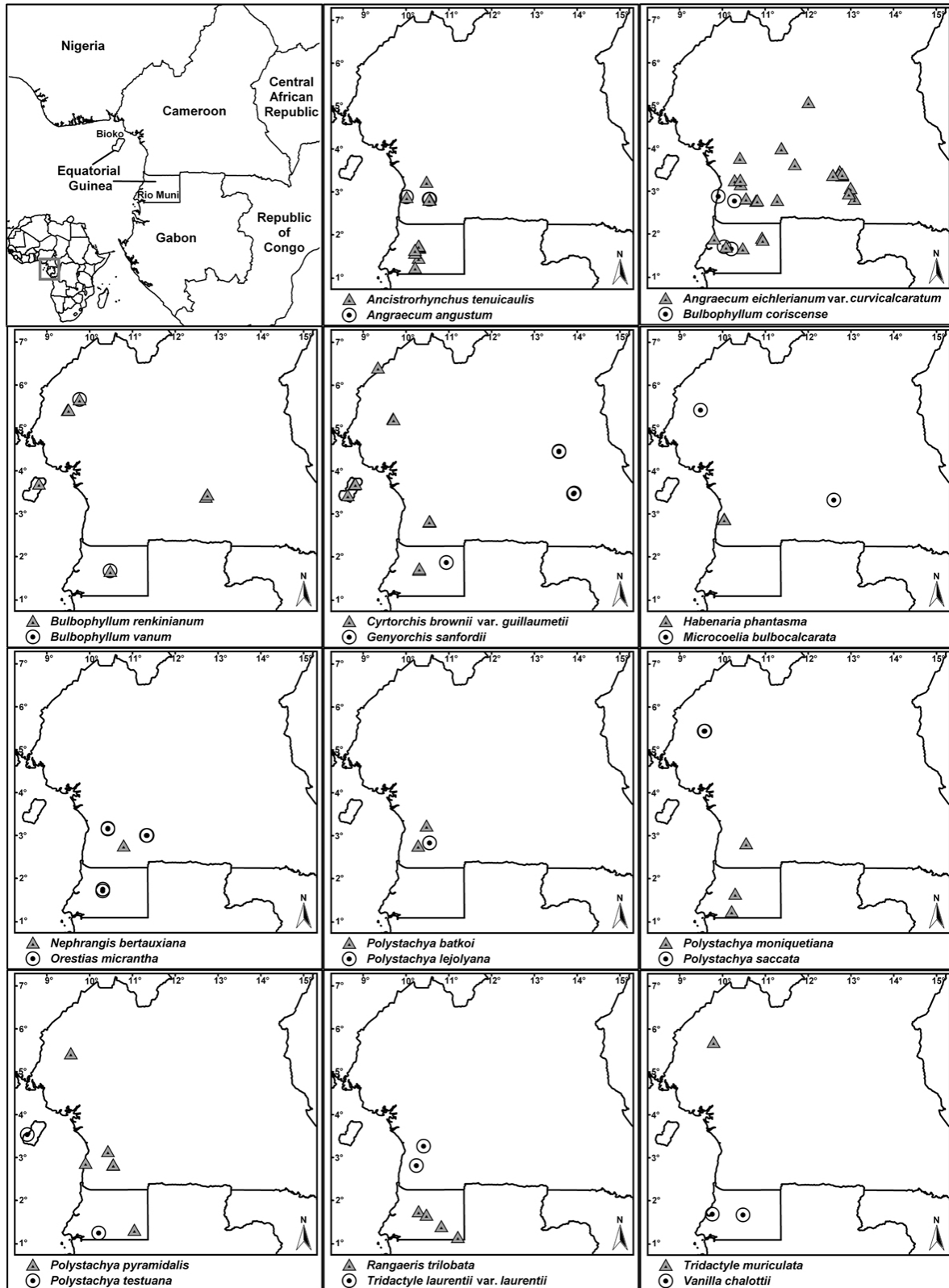


Figure 1 – Localisation of the studied area, Atlantic Central Africa, and maps of taxa distributions in Cameroon and Equatorial Guinea (Rio Muni & Bioko).

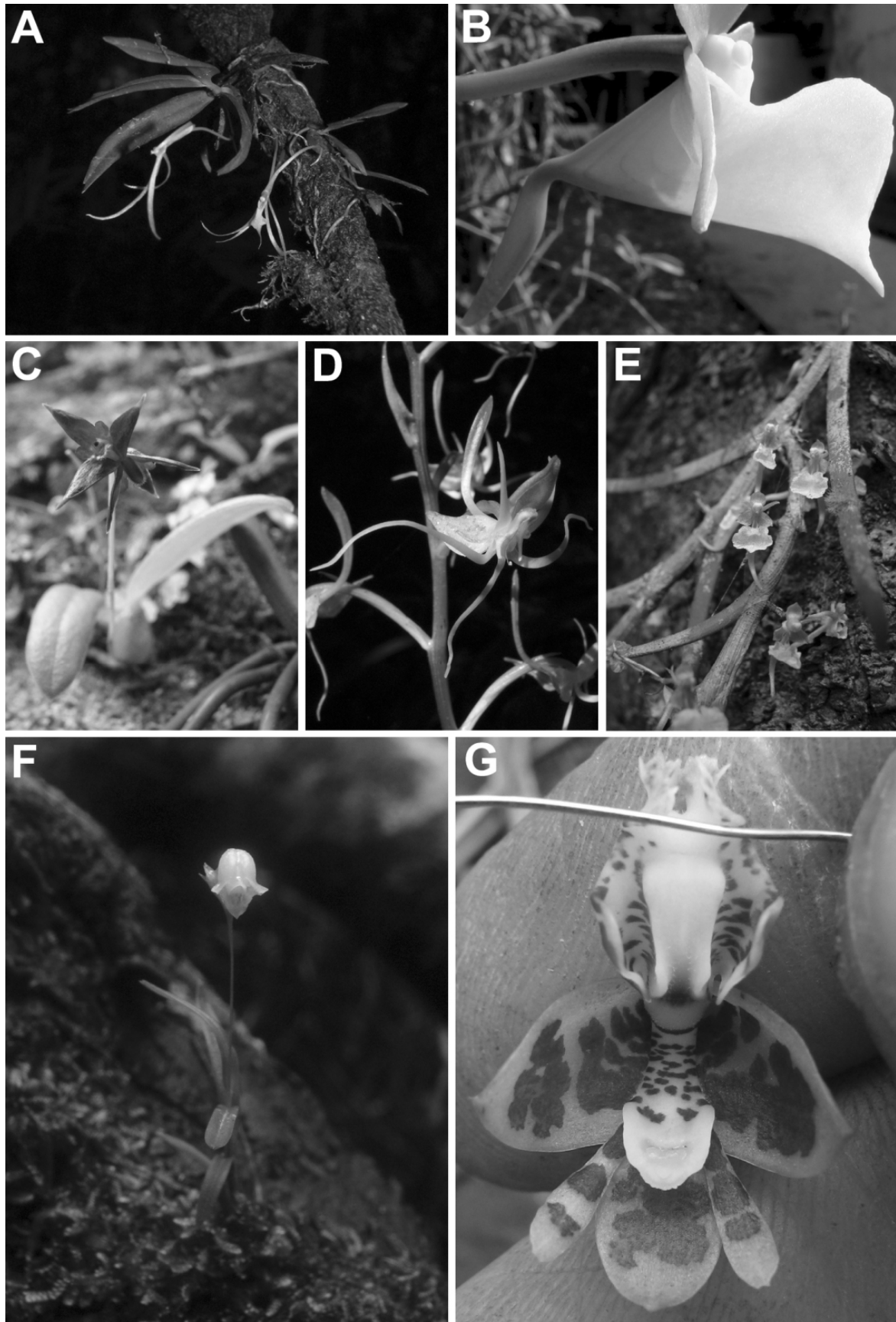


Figure 2 – Pictures of rare orchid taxa from Atlantic Central Africa: (A) *Angraecum angustum*, (B) *Angraecum eichlerianum* var. *curvicalcaratum*, (C) *Bulbophyllum vanum*, (D) *Habenaria phantasma*, (E) *Nephrangis bertauxiana*, (F) *Polystachya batkoi*, (G) *Polystachya lejolyana*.

4.1.3 Liste des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique

Après avoir géoréférencé les échantillons d'herbier des taxons présents dans la zone d'étude, il est apparu que cinq de ces taxons sont présents en dehors des limites définies pour ce travail: *Habenaria keayi* Summerh., *Habenaria linguiformis* Summerh., *Habenaria mannii* Hook.f., *Habenaria phylacochaira* Summerh., *Habenaria prionocraspedon* Summerh. Il s'agit néanmoins de taxons terrestres inféodés aux savanes boisées et prairies d'altitude situées sur les plateaux de Jos au Nigeria. Cette région est identifiée par White (1983) comme un ensemble floristique distinct au sein de la zone de transition régionale guinéo-congolaise/soudanienne. Il ne nous paraît pas opportun de les exclure de notre liste car il s'agit très vraisemblablement de taxons à mettre en relation avec l'élément phytogéographique de l'archipel afro-montagnard comme nous le montrons au point 4.3.

Dès lors, l'ACA compte 602 taxons d'Orchidaceae appartenant à 66 genres (Govaerts *et al.*, 2008) dont 203 taxons sont endémiques de cette région (Tableau 8; Annexe 1). Ils appartiennent à 39 genres différents (Tableau 9). Parmi les 66 genres d'Orchidaceae représentés en ACA, quatre sont endémiques de la partie continentale d'ACA: *Halleorchis* Szlach. & Olszewski (Gabon, Cameroun), *Ossiculum* P.J.Cribb & Laan (Cameroun), *Renzorkis* Szlach. & Olszewski (Gabon) et *Veyretella* Szlach. & Olszewski (Gabon). Quatre genres comprennent à eux seuls la moitié des taxons endémiques d'ACA: *Polystachya* (42 taxons), *Bulbophyllum* (22 taxons), *Habenaria* (20 taxons) et *Diaphanathe* (16 taxons). Cent cinquante trois taxons (75.3 %) ont un mode de vie épiphyte alors que 50 taxons (24.7 %) ont un mode de vie terrestre (lithophyte inclus).

Tableau 8. Nombre de genres, espèces et taxons signalés en Afrique, en Afrique continentale et en ACA (Govaerts *et al.*, 2008), et pourcentage d'endémisme respectif pour l'ACA.

	Afrique (Madagascar inclus)	Afrique continentale	ACA	Endémisme en ACA	
	Nbr.	Nbr.	Nbr.	Nbr.	% par rapport l'Afrique continentale / ACA
Genres	138	112	66	4	3,6 / 6,1 %
Espèces	2716	1727	569	198	11,5 / 34,8 %
Taxons	2947	1890	602	203	10,7 / 33,7%

Le taux d'endémisme spécifique des Orchidaceae est respectivement de 11,5% et 34,8 % par rapport à l'Afrique continentale et à l'ACA. Au sein de l'ACA, les entités géographiques qui présentent les taux d'endémisme stricts en Orchidaceae les plus élevés sont l'île de São Tomé (20,2 %), le Cameroun (11,9 %) et l'île de Príncipe (7 %) (Tableau 10).

Dix taxons de notre liste ne sont connus que d'un seul spécimen d'herbier dont la localité est inconnue ou trop peu précise: *Bulbophyllum blepharochilum* Garay, *Bulbophyllum nummularia* (H.Wendl. & Kraenzl.) Rolfe, *Bulbophyllum sangae* Schltr., *Diaphanathe trigonopetala* Schltr., *Dinklageella villiersi* Szlach. & Olsz., *Genyorchis saccata* Szlach. & Olsz., *Habenaria sanfordiana* Szlach. & Olsz., *Polystachya oligantha* Schltr., *Renzorkis pseudoplatycoryne* Szlach. & Olsz. et *Vanilla nigerica* Rendle. Ils n'ont pas été considérés dans les analyses de distributions ultérieures (points 4.2 et 4.3).

Tableau 9. Nombre de taxons endémiques d'ACA groupés par genres.

Genre	Nombre de taxons	Genre	Nombre de taxons
<i>Polystachya</i> Hook. f.	42	<i>Platycoryne</i> Rchb.f.	2
<i>Bulbophyllum</i> Thouars	22	<i>Veyretella</i> Szlach. & Olszewski	2
<i>Habenaria</i> Willd.	20	<i>Ancistrochilus</i> Rolfe	1
<i>Diaphananthe</i> Schltr.	16	<i>Brachycorythis</i> Lindl.	1
<i>Angraecum</i> Bory	12	<i>Calanthe</i> R.Br.	1
<i>Tridactyle</i> Schltr.	9	<i>Cheirostylis</i> Blume	1
<i>Genyorchis</i> Schltr.	7	<i>Corymborkis</i> Thouars	1
<i>Liparis</i> Rich.	7	<i>Cynorkis</i> Thouars	1
<i>Aerangis</i> Rchb.f.	6	<i>Eggelingia</i> Summerh.	1
<i>Angraecopsis</i> Kraenzl.	6	<i>Gastrodia</i> R.Br.	1
<i>Ancistrorhynchus</i> Finet	5	<i>Halleorchis</i> Szlach. & Olszewski	1
<i>Rhipidoglossum</i> Schltr.	5	<i>Manniella</i> Rchb.f.	1
<i>Vanilla</i> Plum. ex Mill.	5	<i>Nephrangis</i> (Schltr.) Summerh.	1
<i>Chamaeangis</i> Schltr.	4	<i>Orestias</i> Ridl.	1
<i>Microcoelia</i> Lindl.	4	<i>Ossiculum</i> P.J.Cribb & Laan	1
<i>Disperis</i> Sw.	3	<i>Plectrelminthus</i> Raf.	1
<i>Stolzia</i> Schltr.	3	<i>Rangaeris</i> (Schltr.) Summerh.	1
<i>Cribbia</i> Senghas	2	<i>Renzorchis</i> Szlach. & Olszewski	1
<i>Cyrtorchis</i> Schltr.	2	<i>Zeuxine</i> Lindl.	1
<i>Dinklageella</i> Mansf.	2		

Tableau 10. Nombre de taxons d'Orchidaceae et taux d'endémisme stricts observés pour les différentes entités géographique et politiques d'ACA. Pour le nombre de taxons endémiques d'ACA présents dans chaque entité, la proportion d'épiphyte est indiquée entre parenthèses. D'après Stévant (2003) * et Govaerts *et al.* (2008) **.

	Nbr. total de taxons	Nbr. de taxons endémiques d'ACA (% d'épiphyte)	Nbr. de taxons strictement endémiques du pays	Taux d'endémisme
Cameroun	412**	119 (72,3)	49	11,9 %
République Centrafricaine	169**	7 (85,7)	2	1,2 %
Nigeria	293**	39 (69,2)	8	2,7 %
São Tomé	104*	36 (83,3)	21	20,2 %
Príncipe	71*	16 (75,0)	5	7,0 %
Gabon	283**	52 (71,2)	17	6,0 %
Guinée Equatoriale (Rio Muni)	182*	37 (86,5)	5	2,7 %
Guinée Equatoriale (Annobón)	19*	2 (100)	1	5,3 %
Guinée Equatoriale (Bioko)	98*	21 (76,2)	3	3,1 %
République du Congo	114**	7 (42,9)	4	3,5 %

4.2 Contribution méthodologique pour l'étude des patrons de distribution des Orchidaceae

Les études biogéographiques en régions tropicales sont souvent ardues en raison du peu de données disponibles et des difficultés logistiques pour en obtenir de nouvelles. Les herbiers conservés dans différentes institutions scientifiques constituent dès lors une des sources de données vérifiables les plus accessibles (Krishtalka & Humphrey, 2000; Burgess *et al.*, 2005). En effet, il existe peu de régions qui ne comptent pas d'herbiers récoltés et leur présence dans les herbaria permet de vérifier leur qualité. Cependant, l'échantillonnage est souvent peu homogène et la qualité des identifications très variable. Ces problèmes méthodologiques, comme le suréchantillonnage de certaines régions ou le sous-échantillonnage d'autres régions, peuvent amener à des résultats et des conclusions biaisés ou erronés (Prendergast *et al.*; 1993; Stockwell & Peterson, 2002; Hortal *et al.*, 2007). De même, le choix d'une famille particulière, souvent dictée par l'état des connaissances taxonomiques, pose le problème de la généralisation des résultats obtenus (Bode *et al.*, 2008). C'est le cas des Orchidaceae tant les spécificités de cette famille sont marquées (épiphytisme, anémochorie, besoin de mycorhizes, etc.).

Afin de pallier à ces difficultés, la qualité de nos données a été améliorée par la vérification des identifications et le géoréférencement de tous les échantillons disponibles, mais aussi par un important effort d'échantillonnage sur le terrain (point 4.1). Par ailleurs, nous avons appliqué deux méthodologies très différentes pour prendre en compte ces biais liés à l'échantillonnage et pour tenter de combler le manque de données pour les zones sous inventoriées.

Afin de corriger les biais d'échantillonnage potentiels, nous avons appliqué des méthodes de rééchantillonnage des données récemment développées (Hardy, 2007). Pour cela, nous avons besoin d'un jeu de données le plus complet possible. L'occasion s'est présentée lorsque, dans le cadre de la préparation de la checklist des Orchidaceae endémiques d'ACA, nous avons dû synthétiser toutes les données disponibles sur l'écologie, la distribution et le statut de conservation des taxons présents au Cameroun (point 4.1.2.2.1). Parallèlement à ces recherches, nous avons créé avec nos collaborateurs un deuxième jeu de données basé sur la distribution des Rubiaceae endémiques d'ACA. Le jeu de données accumulé sur les Orchidaceae et les Rubiaceae du Cameroun est donc l'un des plus complets que nous ayons pour l'Afrique centrale. Nous avons donc appliqué à ces jeux de données des méthodes qui permettent de standardiser l'échantillonnage. Ces méthodes, impliquant le rééchantillonnage des données brutes nous ont permis de calculer des indices de diversité et de similarité statistiquement non biaisés et d'étudier leurs apports dans le traitement des artefacts liés à l'échantillonnage (point 4.2.1).

Afin d'évaluer la pertinence de l'utilisation des Orchidaceae, ce jeu de données a par la suite été divisé entre les Orchidaceae et les Rubiaceae. Nous avons pu ainsi comparer les patrons d'endémisme pour ces deux familles au Cameroun (point 4.2.2). En plus des comparaisons faites sur des cartes à maillage et entre les écorégions (Olson *et al.*, 2001), nous avons étudié leurs distributions respectives le long des gradients d'altitude et de continentalité.

Pour pallier au manque de données observé dans plusieurs zones sous inventoriées, nous avons tenté d'appliquer une méthodologie basée sur la distribution potentielle des espèces

(Guisan & Zimmerman, 2000; Araùjo & Guisan, 2006; Elith *et al.*, 2006). Ces méthodes ont en effet connu un développement spectaculaire ces dernières années. Les modèles de distribution potentielle ont fourni aux chercheurs un outil innovant pour résoudre diverses questions en écologie, évolution et conservation (Elith *et al.*, *op. cit.*). Cependant, peu d'études concernent leur utilisation pour l'examen de la distribution d'espèces rares. Une première analyse basée sur cette méthode a été effectuée sur une Orchidaceae terrestre endémique de la région guinéo-congolaise, *Diceratostele gabonensis* Summerh. (point 4.2.3). Cette Orchidaceae, bien que distribuée sur une large étendue, n'était connue que de très peu d'échantillons. Cette approche nous a permis d'étudier en détail sa distribution, son écologie et son statut de conservation.

4.2.1 Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon

Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon

Droissart V., Hardy O. J., Sonké B., Dahdouh-Guebas F. & Stévant T.
Manuscript en préparation pour *Diversity and Distribution*

Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon

Droissart V.¹, Hardy O. J.², Sonké B.³, Dahdouh-Guebas F.¹ & Stévant T.^{4&5}

¹ Laboratoire de Complexité et Dynamique des Systèmes Tropicaux, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique. vincent.droissart@ulb.ac.be (author for correspondence), fdahdouh@ulb.ac.be

² Service d'Eco-éthologie évolutive, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP160/12, 1050 Bruxelles, Belgique. ohardy@ulb.ac.be

³ Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun. bsonke_1999@yahoo.com, murielle_simo@yahoo.fr

⁴ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166–0299, St Louis, Missouri, USA. tariq.stevart@mobot.org

⁵ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

Abstract.

Aim: To correct potential sampling biases in herbarium specimen's dataset by using rarefaction principles to compute unbiased indices of species diversity and floristic similarity.

Location: Atlantic Central Africa (ACA), Cameroon.

Methods: We conducted a GIS-based analysis on 3025 georeferenced plant specimens belonging to 119 Orchidaceae and 195 Rubiaceae cameroonian taxa endemic to the ACA. Analyses were performed at two scales: half-degree and one-degree square grid.

- (1) Local diversity (α diversity) was measured using a generalization of Simpson's diversity coefficient. We calculate the expected number of species (S_k) per grid-cells found in subsamples of increasing size and look at the correlation with sampling, number of collectors and raw species richness (SR). Then, we measured the species richness ratio between relevant pairs of grid-cells to compare how SR and S_k vary along West-East and North-South gradients.
- (2) Variation in community composition between grid-cells (β diversity) was measured using a presence/absence-based similarity index, the Sørensen index, and an abundance-based similarity index correcting sample bias, the NNESS index. Mantel correlation test was used to examine the correlation between the similarity matrices obtained. Subsequently, we use Multidimensional Scaling (MDS) and Clustering methods to explore the congruence between similarity indices.

Results: SR variations of Rubiaceae and Orchidaceae in Cameroon are highly correlated to sampling intensity, i.e. the number of plant specimens and collectors recorded in each grid-cell. Nevertheless, SR and S_k are positively and significantly correlated, especially when increasing subsample size and grid size. However, while SR shows a decreasing North-South gradient as well as an West-East gradient, S_k confirms the West-East gradient but not the North-South gradient. The latter appears therefore as an artefact due to higher sampling intensity in the North.

Mantel test performed on similarity matrix shows highly positive significant correlation between Sørensen similarity matrix and NNESS similarity matrices. Again, this correlation is stronger with higher subsample size and grid size. The high congruence of Sørensen index with unbiased similarity indices suggest that despite its sensitivity to sample size in assemblage with numerous rare species, results based on Sørensen index are fairly reliable when assessing the similarity between assemblages.

Main conclusions: Subsampling methods are an efficient way to identify and correct potential biases observed in raw species richness due to heterogeneous sampling intensity. We confirm that the Western (Atlantic) part of the evergreen forests of Cameroon are richer in endemic species than the more continental forests. However, the Southern part of these Atlantic forest are as diverse as the more studied Northern part, and should also be considered as a main centre of endemism in ACA.

Keywords. Cameroon, rarefaction principles, similarity index, α and β diversity, herbarium collections

Introduction

Biodiversity studies conducted using herbarium specimens as primary dataset are faced with many sources of potential bias. Herbarium specimen's data often offer an unreliable picture of the distribution of the diversity because it usually reflects the recorder distribution rather than the true species distribution (Prendergast *et al.*, 1993). Several studies have demonstrated that location and intensity of collecting effort have been influenced by easily-accessible or environmentally attractive areas (Freitag *et al.*, 1998; Reddy & Dávalos, 2003; Kadmon *et al.*, 2004; Hortal *et al.*, 2007, 2008; Fernandes *et al.*, 2008). Previously highlighted hotspot and the surrounding of facilities for taxonomist are also source of biases (Denis & Thomas, 2000; Reddy & Dávalos, 2003 Hortal *et al.* 2008). This could arise because recorders aim to observe as many species as possible in a cost-effective and time-saving way.

There have been few attempts to correct biases associated with herbarium specimens (Delisle *et al.*, 2003). Nevertheless, the evaluation of sampling bias is indispensable to design conservation strategies and interpret their robustness and reliability (Reddy & Dávalos, 2003; Grand *et al.*, 2007; Hortal *et al.*, 2007). Gaps and biases in biodiversity dataset are important enough to compromise the description of diversity gradients from raw information compiled with existing databases (Prendergast *et al.*; 1993; Stockwell & Peterson, 2002; Hortal *et al.*, 2007). Ideally, sampling effort should be uniform so that all recorded variations in distribution and abundance patterns are not the result of variation in sampling effort (Williams *et al.*, 2002). This uniform sampling assumption is also made by nearly all existing approach to measuring similarity between sampling units (Chao *et al.*, 2005).

Methods to correct sampling biases include rarefaction principles, the use of species distribution modelling and the use of other richness estimators to make extrapolation in poorly sampled area (Reddy & Dávalos, 2003; Schmidt *et al.* 2005). Prendergast *et al.* (1993) have proposed a method that use the number of visits made in a grid square to correct species richness estimate. However, recorder effort is often not available because most data are recorded randomly or opportunistically (Freitag *et al.*, 1998).

We use an original compilation of Cameroonian herbarium specimens and field observations of Orchidaceae and Rubiaceae endemic to the Atlantic Central African forests to address the following question: what are the consequences of the heterogeneous sampling efforts on our perception of gradients of local biodiversity and on the identification of floristic units? Our analyze thus covers local diversity as well as species turnover between spatially defined unit (α and β diversities, respectively). We hypothesize that sampling bias results from unreliable perception of biodiversity distribution. To investigate this hypothesis, we evaluate the bias due to variation in sampling intensity using subsampling procedure. Statistically unbiased indices are computed to evaluate and compare diversity within and between square grid units. First, we compare raw species richness with the expected number of species for standardized subsample sizes. Then, we compare a commonly used similarity index based on presence-absence data and sensitive to sampling size to a family of bias-corrected similarity indices. Finally, in the light of our results we point out some regions in Cameroon that have been neglected by scientist and which should be, in this respect, urgently surveyed.

Methods

Study location and data compilation

The present study is concerned with the distribution and the diversity of the Orchidaceae and the Rubiaceae endemic to Atlantic Central Africa (ACA) that occur in Cameroon, focussing on forest habitats. ACA, which covers the Lower Guinea endemism area (White, 1979) and the Gulf of Guinea islands, shows the greatest biodiversity of tropical Africa (Myers *et al.*, 2000; Linder, 2001; Kier *et al.*, 2005; Mutke & Barthlott, 2005). Within this region, Cameroon and especially its Western part was highlighted for its species richness and endemism (Linder, 1988; Barthlott *et al.*, 1996; Cheek *et al.*, 2001; Oates *et al.*, 2004; Bergl *et al.*, 2007). The broad diversity of habitats and of vegetation types encountered in Cameroon renders the phytogeography of this country particularly difficult to characterize. Phytogeographical units have been roughly mapped in Cameroon, mostly from continental and regional studies (see review in White, 1993). Previous phytogeographic studies focussing only on Cameroon actually mapped vegetation units rather than area of endemism.

The dataset used in this paper was compiled to delineate centres and areas of endemism on the basis of two representative families, Orchidaceae and Rubiaceae, which comprise about 10-15 % of the flora of Cameroon (412 Orchidaceae taxa and 698 Rubiaceae taxa; Govaerts *et al.*, 2008a & b).

Identification of specimens was carried out for previous works (Droissart *et al.*, 2006; Sonké *et al.*, 2006; Taedoumg, 2007). To compile this dataset, we recorded all historical collections of the selected taxa that are stored in the main herbaria with African collections (BR, BRLU, K, P, WAG, YA; herbarium acronyms according to Holmgren & Holmgren, 1998). We also included new collections made during recent field works (mainly housed at BRLU and YA). Each herbarium specimen was checked for possible misidentification, and all information from the specimen's label was recorded in a database. Then, we checked the georeferencing, and any duplicates or specimens with imprecise information on sampling location were discarded. The resulting database is thus assumed to be exempt of neither taxonomical nor spatial biases.

From the complete database, we only kept 3025 records with precise location (no more than 10 km of imprecision). They correspond to 661 Orchidaceae specimens and 2364 Rubiaceae specimens. These specimens were incorporated into a geographical information system (GIS), Arcview 3.3® (ESRI, Redland, United States). Using this GIS, we superimposed a 0.5° x 0.5° grid and a 1° x 1° grid on a map of Cameroon and recorded the presence of each species in these grids. Analyses were performed at these two scales but only pertinent results are presented. We used the extensions “Mila Utilities 3.2” and “Count Points in Polygon” to calculate raw species richness (SR) per grid-cell. Two measures of sampling intensity were calculated: (1) the total number of specimens collected in each grid-cell and (2) the number of different collectors who gathered material in each grid-cell (considering only the first collector name of each specimen). Presence-absence and abundance matrices used for similarity measures were also calculated from the GIS.

Pattern analysis

Species diversity within grid-cells

Local diversity (α diversity) has been estimated by rarefaction principles (Sanders, 1968; Gotelli and Colwell, 2001). Based on rarefaction curves we can obtain an unbiased diversity index, S_k , representing the expected number of species found in a subsample of k specimens. This index was computed with *BiodivR* software written by Hardy (2007). Unlike *EstimateS* (Colwell, 2005) which estimates the global diversity of a community from which different samples were taken, *BiodivR* provides diversity estimation for each sample to allow comparisons among them. Computation is done by analytical formula (Hurlbert, 1971): for a given sample,

$$S_k = \sum_s \left(1 - \frac{\binom{N - x_s}{k}}{\binom{N}{k}} \right)$$

Where N is the sample size and x_s is the abundance (number of specimens) of species s in the sample. Note that Gini-Simpson diversity, the probability that two individuals belong to two different species, is equal to $S_{(k=2)} - 1$. For our comparison with raw *SR*, we calculate Gini-Simpson diversity and S_k for $k=15$ ($S_{(k=15)}$) and $k=85$ ($S_{(k=85)}$). Pearson correlation tests between sampling intensity, *SR* and S_k were carried out using *XLSTAT2007*© (Addinsoft SARL, Paris, France).

Species similarity between grid-cells

The species turnover (β diversity) between two grid-cells, i and j , is calculated by computing two types of similarity measures. The first, Sørensen similarity index C_{ij} (Sørensen, 1948), is regarded as one of the most effective presence/absence (P/A) similarity measure between samples (Southwood & Henderson, 2000; Magurran, 2004). Similarity matrixes using this index were calculated from P/A matrix using *Primer6*© (PRIMER-E Ltd, Plymouth, United Kingdom).

$$C_{ij} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Where a is the total number of species present in both samples, b the number of species present only in sample i and c the number of species present only in sample j .

The second type of similarity indices, based on the abundance matrix and controlling for sampling bias, includes the Morisita-Horn similarity index and its generalization, the *NNESS* index, a variant of the *NESS* index (Grassle & Smith, 1976):

$$NNESS_{ij/k} = \frac{ESS_{ij/k}}{\left(ESS_{ii/k} + ESS_{jj/k} \right) / 2}$$

Where $ESS_{ij/k}$ is the expected number of species shared for random draws (without replacement) of k specimens from i and k specimens from j (see Gallagher 1998 for more details on computation formulae). Note that Morisita-Horn index is equal to $NNESS_{ij/k=1}$. The software *BiodivR* 1.0 (Hardy, 2007) was used to compute these indices.

For each pair of samples i and j , C_{ij} and $NNESS_{ij/k}$ were computed using grid-cells that contain at least one specimen ($k = 1$), 15 specimens ($k=15$) or 85 specimens ($k=85$).

Correlations between the C_{ij} matrix and the $NNESS_{ij/k}$ matrices were assessed with a Mantel correlation test using *XLSTAT2007*©. These matrices were also correlated with a matrix of geographic distances between the centres of grid-cells. Finally, to assess how a classification of grid-cells into floristic units is affected by the type of similarity measures, each similarity matrix was treated by Non-metric Multi-Dimensional Scaling (MDS) and a clustering method using *Primer6*©. Options for MDS are: Kruskal stress formula=1; minimum stress=0.01; number of restarts=100. Clustering was made by group average method (Clarke, 1993).

Results

Taxa abundance, distribution and variations in sampling intensity

The compiled dataset contains 119 Orchidaceae taxa and 195 Rubiaceae taxa that are endemic to ACA. These taxa represent respectively 19.8% and 19.2% of the total number of Orchidaceae taxa (N=602) and Rubiaceae taxa (N=1014) currently recorded in ACA but not necessarily endemic to ACA (Govaerts *et al.*, 2008a, 2008b). Figure 1 shows that an important part of taxa considered here are rare in terms of number of collected specimens. In fact, 100 of the 314 considered taxa have been collected at most two times. Nevertheless, the relative shallow slope of the rank/abundance curve implies evenness of the taxa considered rather than dominance, where few taxa dominate the community (Magurán, 2004).

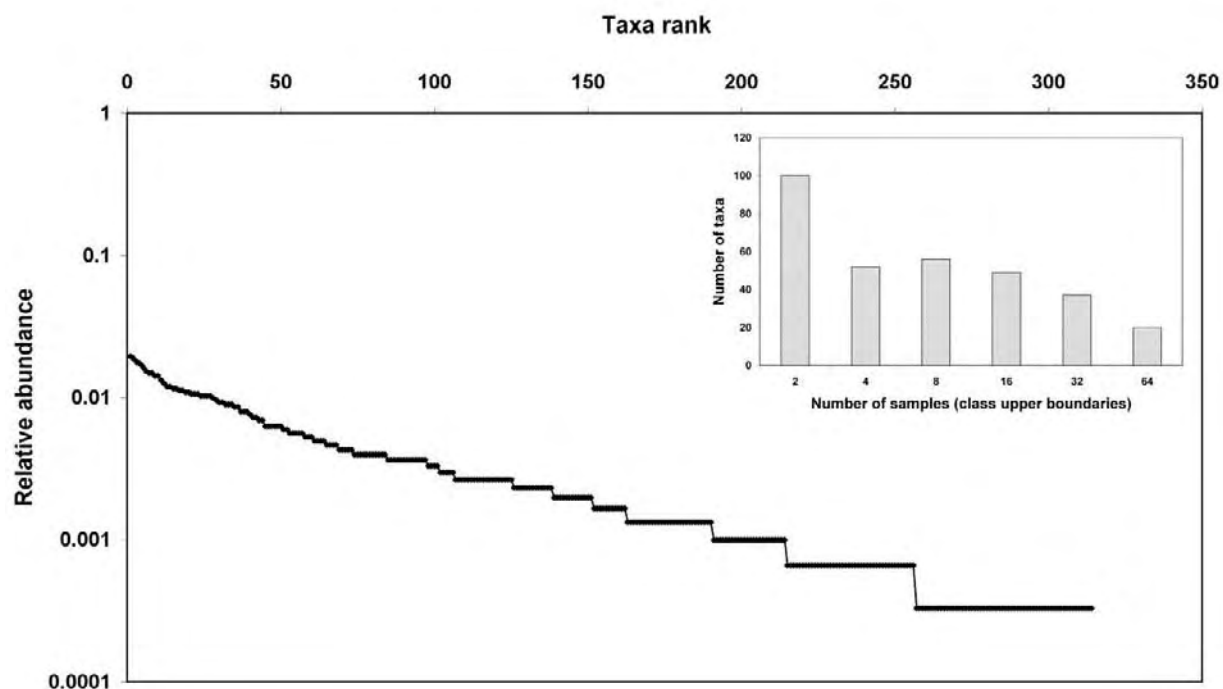


Figure 1 Taxa abundance distribution represented as rank/abundance plots (main graphic) and as frequency of taxa in relation to abundance presented on a log2 scale (inset graphic). On the rank/abundance plot, taxa are arranged in sequence according to their rank (from most to least abundant). The abundance of all species together is designated as 1 and the relative abundance of the each taxon is given as a proportion.

The geographic distribution of raw species richness is highly correlated with the historical sampling effort measured as the number of specimens collected or as the number of different first collectors per grid-cell (Fig 2, Table 1).

Species diversity: scale and gradient

Table 1 shows that SR and Gini-Simpson diversity values are not correlated when considering all grid-cells with at least 2 samples. By contrast, tests performed between SR and $S_{(k=15)}$ or $S_{(k=85)}$, where only sufficiently sampled grid-cells were considered, show positive significant correlations. Nearly the same correlation values are obtained for 0.5° and 1° grid-cells. The high correlation between Gini-Simpson diversity and $S_{(k=15)}$ or $S_{(k=85)}$, shows that Gini-Simpson diversity should not be used to compare diversity of grid-cells when the sample size is too low. For example, the fact that Gini-Simpson diversity reaches unity, its maximal value, for grid-cells E1, F1, F2, G4, G5 and H6 (Fig. 1D) is an artefact due to low sample size (≤ 5 individuals).

When looking at species richness ratio between relevant pairs of grid-cells (Table 2), we observe that North-South gradient observed with SR along the coast disappears with both $S_{(k=15)}$ and $S_{(k=85)}$. The ratio is equal to 1.6 with SR values of B4 and C6 cells and equal to 1.0 with the subsampled measure of diversity.

A continental gradient of diversity is conserved when considering subsampled measure of diversity but the species richness ratio is attenuated. This ratio is equal to 5.8 with SR values of B4 and C2 cells and equal to 2.1 with the highest subsampling size. The ratio observed for C6 and E5 cells decreases in the same way.

Table 1. Pearson correlation test ($\alpha=0.05$) between indicators of sampling intensity (number of specimens and number of collectors per grid-cell) and indices of diversity. The upper right side of the matrix indicates the number of grid-cells considered while the lower left side gives Pearson's correlation coefficient. In each row, top and bottom values are respectively for 0.5° and 1° grid-cells. The *asterix* (*) indicates *p-value* < 0.05.

	Sampling	Collectors	Raw SR	Simpson's [$S_{(k=2)} - 1$]	$S_{(k=15)}$	$S_{(k=85)}$
Sampling		N=92	N=92	N=67	N=31	N=10
		N=38	N=38	N=32	N=18	N=9
Collectors	0.919*		N=92	N=67	N=31	N=10
	0.948*		N=38	N=32	N=18	N=9
Raw SR	0.937*	0.883*		N=67	N=31	N=10
	0.889*	0.886*		N=32	N=18	N=9
Simpson [$S_{(k=2)} - 1$]	0.087	0.106	0.157		N=31	N=10
	0.163	0.181	0.251		N=18	N=9
$S_{(k=15)}$	0.263	0.226	0.443*	0.934*		N=10
	0.387	0.396	0.645*	0.961*		N=9
$S_{(k=85)}$	0.609	0.482	0.878*	0.838*	0.934*	
	0.456	0.460	0.810*	0.904*	0.964*	

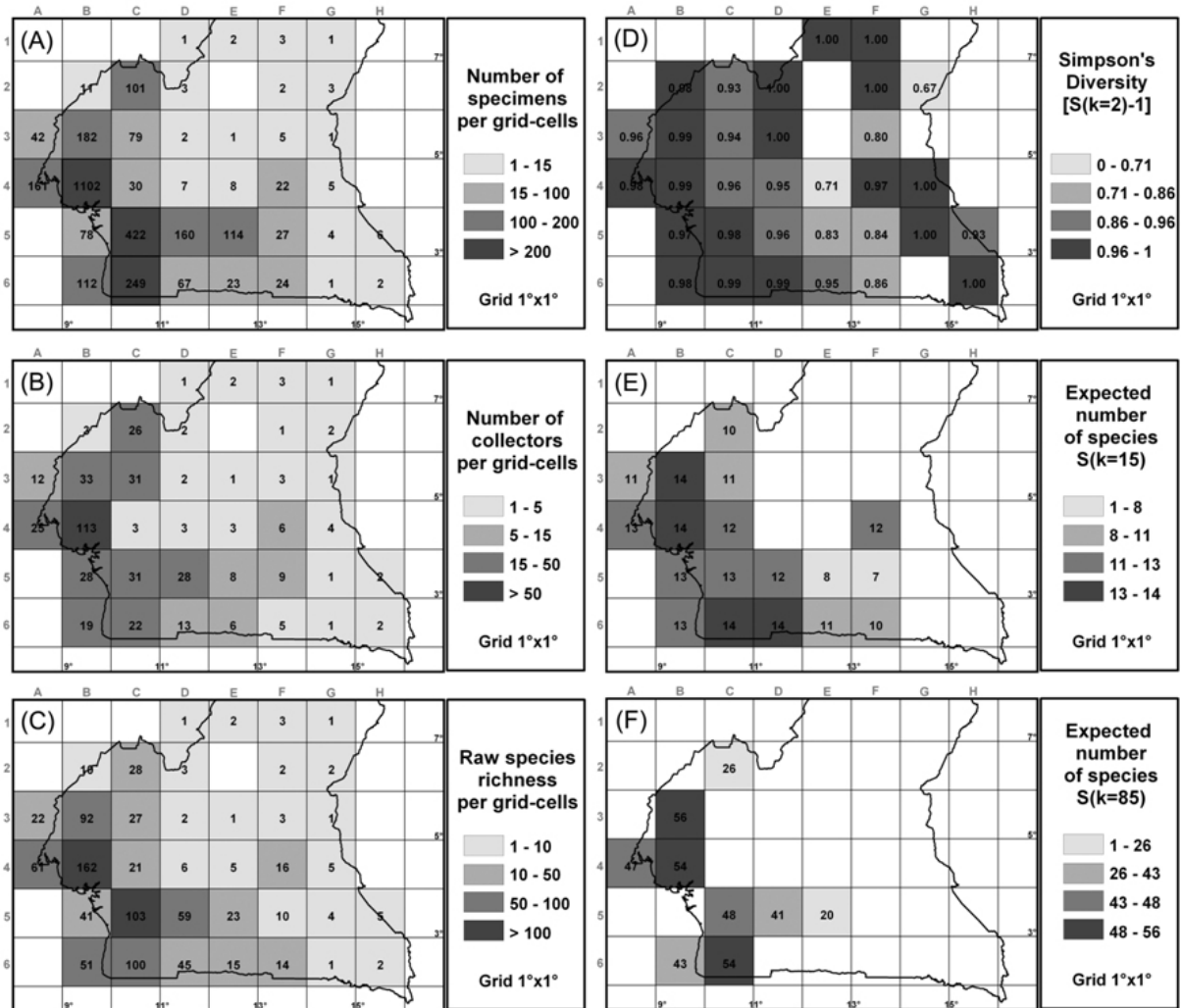


Figure 2. Maps with 1° grid-cells showing raw data on sampling intensity and species richness (left) and indices of species diversity computed with increasing subsampling size (right). (A) Number of specimens per grid-cell; (B) Number of collectors per grid-cell. (C) Raw species richness; (D) Simpson's diversity calculated for cells that contain at least two specimens; (E) $S(k=15)$ calculated for cells that contain at least 15 specimens; (F) $S(k=85)$ calculated for cells that contain at least 85 specimens.

Table 2. Species richness ratio for raw SR, Simpson' Diversity, $S(k=15)$ and $S(k=85)$ calculated between relevant pairs of grid-cells.

Grid size	Grid-cells	SR		Simpson' Diversity $[S_{(k=2)} - 1]$		$S_{(k=15)}$		$S_{(k=85)}$	
		Values	Ratio	Values	Ratio	Values	Ratio	Values	Ratio
1 x 1°	B4	162	5.8	0.99	1.1	14	1.4	54	2.1
	C2	28		0.93		10		26	
	B4	162	1.6	0.99	1.0	14	1.0	54	1.0
	C6	100		0.99		14		54	
	C6	100	4.3	0.99	1.2	14	1.8	54	2.7
	E5	23		0.83		8		20	

Species similarity: NNESS vs. Sørensen

Mantel correlation tests performed between similarity matrices calculated with Sørensen and NNESS similarity indices show high positive correlations (Table 3). The correlation values are broadly the same for 0.5° and 1° grid-cells, except when k=1 where correlation is low with 0.5° grid-cells. Correlations increase with subsampling size. MDS and clustering methods applied on the different similarity indices (Fig 3) also show congruent results, suggesting that the sampling bias inherent to Sørensen index is not causing a biased picture of floristic units.

Because similarity between grid-cells is supposed to decrease with spatial distance due to the natural turnover of species across landscapes, we can expect that a good measure of similarity will be more tightly negatively correlated with spatial distance than a biased measure of similarity. The correlation values observed between Sørensen or NNESS similarity matrices and the spatial distance matrix are broadly the same for given grid-cell size of number (Table 3). As might be expected, these correlations are less strong in absolute value when more grid-cells with low sampling are considered (low *k*).

Table 3. Mantel correlation test between Sørensen similarity (A), NNESS similarity (B) and Distance (C) matrices. Correlations are given for 0.5° and 1° grid-cells. For 1° grid-cells, the number of grid-cells considered are N=37 for k=1, N=18 for k=15 and N=9 for k=85. For 0.5° grid-cells, N=90 for k=1, N=31 for k=15 and N=10 for k=85. The asterisk (*) indicates p-value < 0.05.

Grid size	Correlation	Subsampling		
		k=1	k=15	k=85
1° x 1°	(A,B)	0.852*	0.902*	0.966*
	(B,C)	-0.332*	-0.644*	-0.802*
	(A,C)	-0.411*	-0.643*	-0.781*
0.5° x 0.5°	(A,B)	0.254*	0.899*	0.951*
	(B,C)	-0.276*	-0.512*	-0.75*
	(A,C)	-0.127*	-0.492*	-0.746*

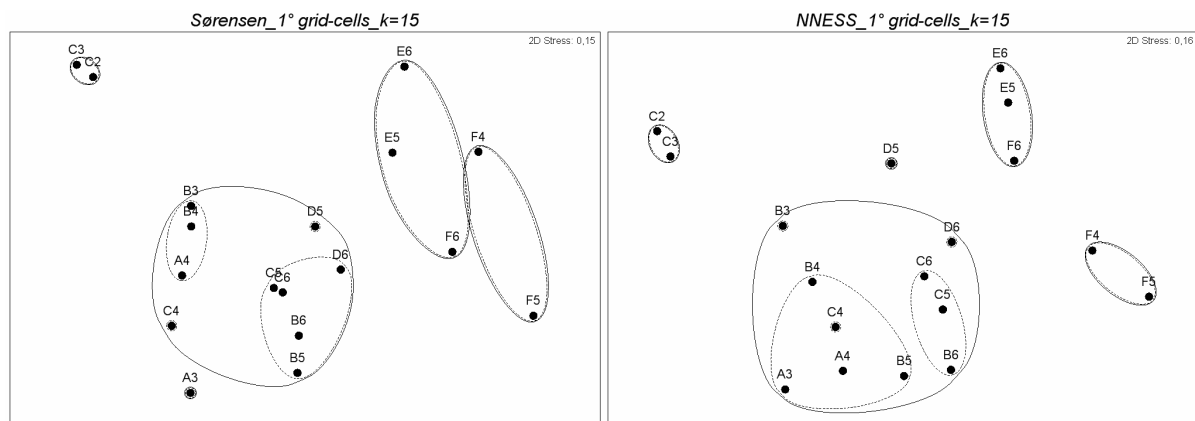


Figure 3. Plots combining results from Multi-Dimensional Scaling (points) and Clustering (line delineated groups) obtained from Sørensen similarity (left) and NNESS similarity (right) matrixes with k=15. Upper plots correspond to MDS obtained with 1° grid-cells; continuous and dotted lines represent respectively 20% and 30 % similarity groups from clustering. The same congruence is observed between results obtained with 0.5° grid-cells (not presented here).

Discussion

Potential biases in distribution data and implications on diversity perception

In this study, we aim to assess how field sampling effort affects our perception of local biodiversity in Cameroon. It has already been stressed that various assessments of patterns of species richness and endemism undoubtedly reflect taxonomic, temporal or geographic biases (Reddy & Dávalos, 2003; Hortal *et al.*, 2007, 2008). Despite the fact that tropical forest covering Cameroon is likely to be the most botanically sampled area of central Africa, sampling effort is highly heterogeneous geographically and may result in a biased description of the biodiversity gradients. Our results show that our perception of diversity patterns is partially biased when regarding endemism patterns of two predominant plant families in Cameroon. While our subsampling procedure confirms that continental forests (East) are not as diverse as forests on the Atlantic side (West), they also show that the apparently higher species richness of the Northern part of the Western forests compared to their Southern part is due to the much higher sampling effort conducted in the region surrounding Mt Cameroon. Hence, grid-cells with highest raw species richness do not have such high values only because they are well sampled and that botanists have roughly concentrate their effort in the richest area. But distortions of apparent diversity gradients are nevertheless occurring.

Here we show that subsampling procedure is an efficient way to control for biases due to unequal sampling effort. Nevertheless, it cannot compensate for extremely low sampling effort. Although Gini-Simpson diversity can already be estimated with a sample size of two (giving 0 or 1), it is obvious that samples with too low sample size should not be considered due the extreme lack of precision of estimates. The choice of the minimal sample size to consider is a matter of compromise between the spatial extent of the area which can be analysed and the precision of the estimates. Reducing the subsample size k allows the inclusion of more grid-cells but it also reduces the contrast of diversity measures using S_k between grid-cells that differ in diversity. For instance, while grid-cells C6 and E5 differ in diversity estimates by a ratio of 2.7 using $S_{k=85}$, this ratio drops to 1.8 for $S_{k=15}$ and 1.1 for Gini-Simpson index. Actually, Gini-Simpson diversity (or $S_{k=2}$) is very sensitive to the relative abundances of the most abundant species and is essentially unaffected by the number of rare species. When increasing k , the influence of rare species increases in S_k which approaches the true species richness when k becomes very large.

Species similarity: presence-absence vs. abundance

There is a wide variety of methods for measuring β -diversity, among which similarity measures are the simplest and the most commonly used (Maguran 2004). One of the reasons for their popularity is that they are easy to calculate and results are easy to interpret. A great proportion of these indices uses presence/absence data and does not take into account the relative abundance of species. Among these, Sørensen index is one of the oldest and most widely used similarity indices for assessing compositional similarity of assemblage (Chao *et al.*, 2005). However, despite its broad application in ecological studies, it has been showed that it performs poorly as measure of similarity between assemblages that include a substantial fraction of rare species (Wolda, 1981; Plotkin & Muller-Landau, 2002). The underestimation of similarity occurs because of the failure of accounting for unseen shared species, i.e. species that are likely to be present in a larger homogeneous sample of the assemblage, but that are missing from actual sample data (Chao *et al.*, 2005). Moreover, the main drawback of presence/absence similarity indices remains that a species dominating an

assemblage carries no more weight in this kind of β -diversity measure than one represented by a singleton. This has led to the development of a large number of similarity measures based on abundance data and, among these, the Morisita-Horn measure is widely used (Maguran, 2004). The NESS (and NNESS) indices, which are generalizations of the Morisita-Horn index, have received relatively little attention despite their advantage for correcting for unequal sample sizes. As for S_k , rare species are better accounted for in $NNESS_k$ when the subsampling size k increases.

Despite its inherent sampling bias, our comparison of Sørensen similarity index with $NNESS_k$ shows that they are highly correlated and that the identification of floristic units is very congruent whatever the index considered. This suggests that the use of Sørensen similarity index with heterogeneous sample sizes does not convey a too biased perception of β -diversity patterns, in contrast to the use of raw species richness to describe α -diversity patterns. Nevertheless, we advise to use unbiased similarity measures as far as possible. Partially de-biased estimators of Sørensen or related coefficients (e.g. Chao *et al.*, 2005) should also perform well.

South part of Cameroon, a biodiversity hotspot neglected by scientist

In several tropical countries, identification of important area for conservation is not always supported by biodiversity inventories. In Cameroon, the Cameroon Mountain and Kupe/Bakossi massifs area have focused the consideration of politics and scientist. In contrast to these well inventoried areas, the mountainous area near Bipindi/Akom II in South Province (cells C5 and C6 in Figure 2) were much neglected. The same is observed in Central Province where remaining small patches of primary vegetation are now under considerable treat (result not shown, observed with 0.5° grid-cells maps). Since the last decade, field work inventories focussed on Orchidaceae and Rubiaceae were conducted in the Central and South Provinces. This allowed the discovery of many rare or new species. Many of the endemic taxa to ACA present in South Cameroon were also collected in the North part of Gabon in Cristal Mountains.

In this regard, our study confirms that detecting sampling bias can point out geographical areas where further research is needed (Reddy & Dávalos 2003). Our comparison shows that sampling intensity has significantly been concentrated in West part of Cameroon and that greater sampling effort leads to higher probabilities of species because as more observations from a locality are accumulated, the probabilities of observing any one species increase. This tendency to collect where we expect the highest diversity could have negative consequences when preliminary assessment or hypothesis on how the biodiversity is distributed.

Acknowledgements

We express our sincere gratitude to Professor Jean Lejoly from the Université Libre de Bruxelles for his support in its laboratory and to XXX for their helpful comments. The surveys carried out in Africa were supported by the ECOFAC Program (EC-DG8), DIVEAC (CUD-ULB), the Fonds Leopold III, the Wildlife Conservation Society (WCS) and the Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS). Visits of V. Droissart in Wageningen, Paris and Kew Herbaria were funded by the European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR-TAF-2418 & NL-TAF-1611) and by the FNRS. The Keepers of the aforementioned herbaria are gratefully acknowledged.

References

- Barthlott, W., Lauer, W. and Placke, A. (1996): Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. *Erdkunde*, 50, 317-328
- Bergl, R.A., Oates, J.F. & Fotso, R. (2007) Distribution and protected area coverage of endemic taxa in West Africa's Biafran forests and highlands. *Biological Conservation*, 134, 195–208.
- Cable, S. & Cheek, M. (1998) The plants of Mount Cameroon, a conservation checklist, 279 pp. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Chao, A., Chazdon, R.L., Colwell, R.K., & Shen, T.-J. (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8, 148–159.
- Cheek, M., Mackinder, B., Gosline, G., Onana, J.M. & Achoungdong, G. (2001) The phytogeography and flora of western Cameroon and the Cross River-Sanaga River interval. *Systematics and Geography of Plants*, 71(2),1097-1100.
- Cheek, M., Pollard, B. J., Darbyshire, I., Onana, J-M., and Wild, C. (2004) The Plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi Mountains, Cameroon: A Conservation Checklist, 322 pp. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Clarke, K.R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.
- Colwell, R.K. (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Delisle, F., Lavoie, C., Jean, M. & Lachance, D. (2003) Reconstructing the spread of invasive plants: Taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography*, 30, 1033-1042.
- Dennis, R.L.H. & Thomas, C.D. (2000) Bias in butterfly distribution maps: the influence of hot spots and recorder's home range. *J Insect Conserv*, 4,73–77.
- Droissart, V., Sonké, B. & Stévant, T. (2006) Les Orchidaceae endémiques d'Afrique Centrale Atlantique présentes au Cameroun. *Systematics and Geography of Plants*, 76, 3-84.
- Freitag, S., Hobson, C., Biggs, H.C. & van Jaarsveld, A.S. (1998) Testing for potential survey bias: the effect of roads, urban areas and nature reserves on a southern African mammal data set. *Animal Conservation*, 1, 119-127
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379-391.

- Govaerts, R., Campacci, M.A., Baptista, D.H., Cribb, P.J., George, A., Kreuz, K. & Wood, J. (2008a). *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 20 January 2008].
- Govaerts, R., Ruhsam M., Andersson L., Robbrecht E., Bridson D., Davis A., Schanzer I. & Sonké B. (2008b) *World Checklist of Rubiaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 1 September 2008].
- Grand, J., Cummings, M.P., Rebelo, A.G., Ricketts, T.H. & Neel, M.C. (2007) Biased data reduce efficiency and effectiveness of conservation reserve networks. *Ecology Letters*, 10, 364-374.
- Groombridge, B. & Jenkins, M. (2002) *World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century*. University of California Press, Berkeley.
- Hardy, O.J. 2007. BiodivR 1.0. A program to compute statistically unbiased indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction principles. [<http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/biodivr.html>]
- Holmgren, P.K. & Holmgren, N.H. (1998) [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, accessed on 1 June 2007].
- Hortal, J., Lobo, J. M. & Jiménez-Valverde, A. (2007) Limitations of biodiversity databases: Case study on seed-plant diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology*, 21, 853-863.
- Hortal, J., Jiménez-Valverde, A., Gómez, J.F., Lobo, J.M. & Baselga, A. (2008) Historical bias in biodiversity inventories affects the observed niche of the species. *Oikos*, 117, 847-858.
- Hurlbert, S.H. (1971) The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, 577–586.
- Kadmon, R., Farber, O. & Danin, A. (2004) Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications*, 14, 401–413.
- Kier, G., Mutke, J., Dinerstein, E., Ricketts, T.H., Küper, W., Kreft, H. and Barthlott, W. (2005) Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography*, 32, 1107-1116.
- Linder H.P. (2001). Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography*, 28, 169-182.
- Letouzey, R. (1968) *Etude phytogéographique du Cameroun*. Edition Chevalier P., Paris. 511 pp.

- Letouzey, R. (1985) Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000. Domaine de la forêt dense humide toujours verte. Institut de la Carte Internationale de la Végétation, Toulouse. p. 63 -142.
- Magurran, A. (2004) Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford
- Mutke, J. & Barthlott, W. (2005) Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologische skrifter*, 55, 521–531.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Oates, J.F., Bergl, R.A. Linder, J.M. (2004) *Africa's Gulf of Guinea Forests: Biodiversity Patterns and Conservation Priorities*. Conservation International Center for Applied Biodiversity Science, Washington D.C.
- Plotkin, J.B. & Muller-Landau, H.C. (2002) Sampling the species composition of a landscape. *Ecology*, 83, 3344–3356.
- Prendergast, J.R., Wood, S.N., Lawton, J.H. & Eversham, B.C. (1993) Correcting for variation in recording effort in analyses of diversity hotspots. *Biodiversity Letters*, 1, 39-53.
- Reddy, S. & Dávalos, L.M. (2003) Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. *Journal of Biogeography*, 30, 1719–1727.
- Sanders, H.L. (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102, 243–282.
- Sánchez-Fernández, D., Lobo, J.M., Abellán, P., Ribera, I. & Millán, A. (2008) Bias in freshwater biodiversity sampling: the case of Iberian water beetles. *Diversity and Distributions*, 14, 754-762.
- Southwood, T.R.E. & Henderson P.A. (2000) *Ecological Methods*, 3rd edn. Blackwell Publishing Ltd, London.
- Stockwell, D.R.B., & Peterson, A.T. (2002) Controlling bias in biodiversity data. Pages 537–546 in J. M. Scott, P. J. Heglund, J. B. Haufler, M. Morrison, M. G. Raphael, W. B. Wall, and F. Samson, editors. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, Covelo, California.
- Sonké, B., Nguembou, K.C. & Neuba, D. (2006) Les Rubiaceae endémiques du Cameroun et leur statut de conservation. In: BEETJE H. & GHAZANFAR S., (eds.), *Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and uses*. Royal Botanic Garden Kew, London, pp 97-109.
- Taedoung E. 2007. Diversité et distribution des Rubiaceae endémiques du domaine bas-guinéen présentes au Cameroun.
- Wolda, H. (1981). Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, 50, 296–302.

- Williams, P.H., Margules, C.R. & Hilbert, D.W. (2002) Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *Journal of Biosciences*, 27(suppl. 2), 327-338.
- White, F. (1979) The Guineo-Congoliann region and its relationship to other phytochoria. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 49, 11-55.
- White, F. (1983) The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Unesco, Paris. 356 pp.
- White, F. (1993) The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 62, 225-281.

4.2.2 Do Orchidaceae and Rubiaceae show similar endemism patterns in Cameroon?

**Do Orchidaceae and Rubiaceae show similar endemism
patterns in Cameroon?**

Droissart V., Sonké B., Hardy O. J., Simo M., Taedoumg H., Nguembou K. C. & Stévant T.
Manuscript en préparation pour *Journal of Biogeography*

Do Orchidaceae and Rubiaceae show similar endemism patterns in Cameroon?

Droissart V.¹, Sonké B.², Hardy O. J.³, Simo M.², Taedoum H.², Nguembou K. C.² & Stévant T.^{4&5}

¹ Laboratoire de Complexité et Dynamique des Systèmes Tropicaux, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique. vincent.droissart@ulb.ac.be (author for correspondence).

² Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, B.P. 047, Yaoundé, Cameroun. bsonke_1999@yahoo.com, murielle_simo@yahoo.fr, taedoumghe@yahoo.fr, nguemboukc@yahoo.fr

³ Service d'Eco-éthologie évolutive, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP160/12, 1050 Bruxelles, Belgique. ohardy@ulb.ac.be

⁴ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166–0299, St Louis, Missouri, USA. tariq.stevart@mobot.org

⁵ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

Abstract.

Aim: To compare in Cameroon the geographical distribution of Orchidaceae and Rubiaceae taxa endemic to Atlantic Central Africa. These two highly diversified families were selected because they differ strongly in their dispersal abilities and life forms.

Location: Atlantic Central Africa (ACA), Cameroon.

Methods: A GIS-based analysis on 3025 georeferenced plant specimens collected in Cameroon belonging to 119 Orchidaceae and 195 Rubiaceae taxa endemic to ACA was conducted. Local diversity (α diversity) is compared using raw species richness (SR) and a statistically unbiased index of species diversity (S_k) measured for each family at four scales: one-degree square grid, ecoregions, altitudinal classes and continentality classes.

Results and discussion: For both families, SR and S_k decrease with the gradient of continentality measured as distance from the ocean. The region situated close to the sea appears to be the richest, but it is also the most inventoried. Using subsampling procedure, submontane forests appeared as rich as lowland forest. For Orchidaceae, endemism is higher in West Cameroon than in South Cameroon. This could be explained by the terrestrial life form of some endemic Orchidaceae that grow only in the grasslands of the highest part of the Cameroonian volcanic line and where endemic Rubiaceae are rare. A strong endemism rate at the ecoregion level and our results support the role of the Sanaga River as phytogeographic boundary.

Main conclusions: At low altitude and in forest habitat, both families possess the same endemism patterns, but they differ in intensity. At higher altitude, the endemism level of orchids is increased by the presence of endemic terrestrial orchids in grasslands. In this study, similar endemism patterns (at least in the lowland rainforest) for Rubiaceae and for Orchidaceae were found, although the latter are expected to have better long distance dispersal abilities. These results question the fact that most studies intending to locate former Pleistocene forest refuges in ACA are based on analyses of the distribution of species restricted to the rain forest habitat in ACA and that have low dispersal abilities. For these two families, our results do not indicate a relationship between dispersal abilities and endemism patterns. The dispersal ability of Orchidaceae seems limited by factors like the need of particular mycorrhizes for seed germination and the relation between phorophyte/epiphytes.

Keywords. Cameroon, endemism, dispersal, rarefaction, α diversity, Orchidaceae, Rubiaceae.

Introduction

Centres of endemism are geographical areas that harbour more restricted or endemic species than the surrounding areas (Laffan & Crisp, 2003). In Central Africa, the presence of these centres of endemism is usually explained by the Pleistocene refuge theory (Prance, 1982) although it has been the subject of considerable debate. Recently two main approaches have been suggested to explain the patterns of species distribution and radiation observed in African rainforests (Plana, 2004): (1) the refugial speciation model suggests that wide-ranging ancestral taxa were isolated into forest refuges during glacial periods, and that this isolation provided them with the opportunity to speciate by allopatric processes, and (2) the gradient model holds that the dynamic of forest extension and regression has resulted in sympatric speciation.

Different methods have been used to identify refugia in Central Africa, based on either high species richness or high levels of endemism. Most scientists consider that the taxa which can be used to predict the location of these refugia are those restricted to the rain forest habitat and with low dispersal abilities such as those belonging to *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia*, *Rinorea* spp., Caesalpinioideae and most Rubiaceae (Rietkerk *et al.*, 1996; Robbrecht, 1996; Sossef, 1996; Tchouto, 2008). However, a study of the distribution of Orchidaceae in West Central Africa (Stévant 2003) showed that the patterns of distribution within this family, well known for its long distance dispersal ability, could also be explained by the Pleistocene refuge theory.

This study is concerned with Orchidaceae and Rubiaceae endemic to Atlantic Central Africa (ACA) occurring in Cameroon. ACA covers the Lower Guinea endemism area (White, 1979), the Gulf of Guinea islands and a part of the Afromontane archipelago (White, 1981, 1983). It shows the greatest biodiversity in tropical Africa (Myers *et al.*, 2000; Linder, 2001; Kier *et al.*, 2005; Mutke & Barthlott, 2005). Orchidaceae and Rubiaceae are among the five most diverse plant families (Stevens, 2001 onwards). Both are widespread in the tropical African forests and together represent around 14% of the Cameroonian flora. On the African mainland, Rubiaceae possesses 2213 species in 174 genus (Govaerts *et al.*, 2008b) and Orchidaceae account for 1727 species in 112 genus (Govaerts *et al.*, 2008a). The two families differ strongly by their life form and dispersal abilities. Rubiaceae usually have limited dispersal capacity, which explains why they were used as indicator of forest refugia in tropical Africa (Robbrecht, 1996). By contrast, because of their tiny seeds, Orchidaceae are potentially able to disperse over long distances by wind (Arditti J. & Ghani, 2000). In tropical Africa, Rubiaceae are mostly understorey shrubs (Robbrecht, 1988) and are the main component of this part of flora of African lowland forests. In Africa, Orchidaceae are a major component of the epiphytic flora; 70 % of the African species are epiphytes (Johansson, 1974, Zapfack & Engwald, 2007). Despite their high number of species, these families are poorly represented in studies on endemism, diversity, dispersal or biogeography (Fig. 1). Moreover, because of difficulties to access the canopy and to gather data about their distribution, epiphytes are rarely considered in biogeographical or diversity studies.

The aim of this study was to compare the geographical distribution of taxa endemic to ACA in these two highly diversified families to investigate if they reflect same endemism patterns. We wonder whether their strong differences in life form and dispersal abilities could affect the patterns of distribution. The comparison was carried out at different scales in order to reflect the different causality that could explain observed trends in endemism patterns. Subsampling procedures were used to correct sampling biases. The high number of species,

the important endemism level and the local endemism encountered in these two families suggest that they could reflect some of the speciation scenarios that explain the Central African diversity.

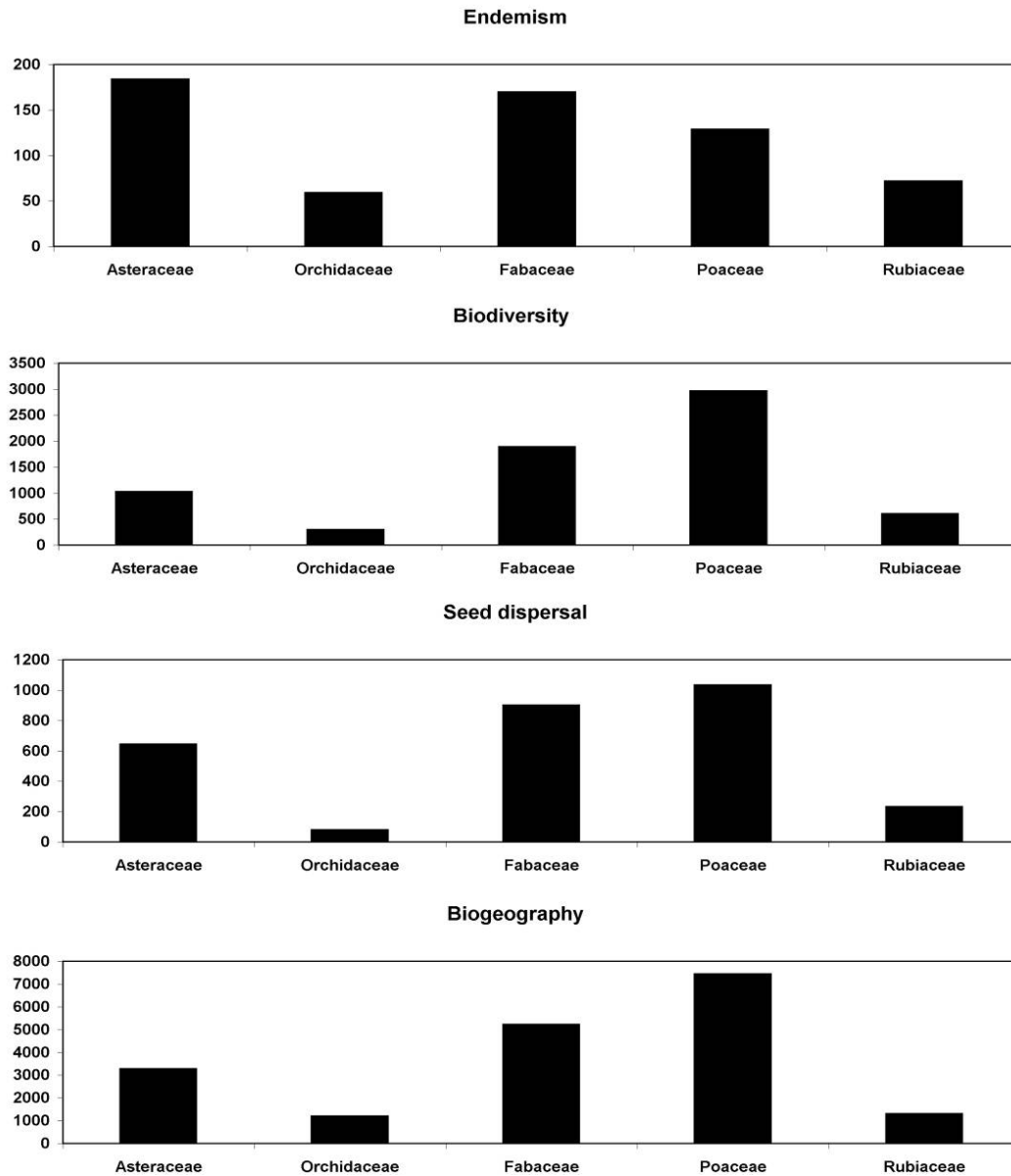


Figure 1. Comparison between search results on ISI Web of Knowledge (October 2008) for 5 most rich plant families with ‘Endemism’, ‘Biodiversity’, ‘Seed dispersal’ and ‘Biogeography’ as key words (anywhere in the world). Families are ordered by importance of number of species according to Stevens (2001 onwards): Asteraceae, 22750 spp; Orchidaceae, 21950 spp; Fabaceae, 19400 spp; Poaceae, 10025 spp; Rubiaceae, 10000+ spp.

METHODS

The data

The dataset used in this paper was compiled to delineate centres of endemism on the basis of two representative families, the Orchidaceae and the Rubiaceae. Specimen identification was carried out in previous works (Droissart *et al.*, 2006; Sonké *et al.*, 2006; Taedoumg, 2007). All historical collections of the selected taxa that are stored in the main herbaria with African collections (BR, BRLU, K, P, WAG, YA; herbarium acronyms according to Holmgren & Holmgren, 1998) were recorded to compile this dataset. New data resulting from recent fieldworks were also included. Each herbarium specimens was identified or checked by the authors and all information from the specimen's label was recorded in a database. Then, the georeferencing was checked, and any duplicates or specimens with imprecise information about sampling location were discarded. The resulting database is thus assumed to be exempt of taxonomical or spatial biases.

Pattern analysis

Raw species richness

From the complete database, only 3025 records with precise location were kept (no more than 10 km of imprecision). They correspond to 661 Orchidaceae specimens (119 taxa) and 2364 Rubiaceae specimens (195 taxa). These specimens were incorporated into a geographical information system (GIS), Arcview 3.3® (ESRI, Redland, United States). Using this GIS, we superimposed (1) a one-degree square grid, (2) a map of ecoregion (Olson *et al.*, 2001), (3) a map divided in three altitudinal classes (4) a map divided in four continental gradient classes and recorded the presence of each species in these different sampling units. We used the extension “Count Points in Polygon” to calculate raw species richness (SR).

Expected species richness

Local diversity (α diversity) has been estimated by rarefaction principles (Sanders, 1968; Gotelli and Colwell, 2001). Based on rarefaction curves, an unbiased diversity index was obtained, S_k , representing the expected number of species found in a subsample of k specimens. This index was computed with *BiodivR* software written by Hardy (2007). Unlike *EstimateS* (Colwell, 2005) which estimates the global diversity of a community from which different samples were taken, *BiodivR* provides diversity estimations for each sample to allow comparisons among them. Computation is done by analytical formula (Hurlbert, 1971): for a given sample,

$$S_k = \sum_s \left(1 - \frac{\binom{N - x_s}{k}}{\binom{N}{k}} \right)$$

Where N is the sample size and x_s is the abundance (number of specimens) of species s in the sample. For our comparison with raw SR, we calculate S_k for $k=8, 16, 32, 64$ and 128 . Pearson correlation tests were carried out using *XLSTAT2007*© (Addinsoft SARL, Paris, France).

Sampling unit

Raw species richness and expected species richness were compared at different scales. A one degree grid resolution was firstly used. This allows maximum compatibility with previous studies done in sub-Saharan tropical Africa (Brooks *et al.*, 2001; Küper *et al.*, 2004, 2006; Burgess *et al.*, 2005). Richness in endemic for the different ecoregions considered in Cameroon by the WWF (Olson *et al.*, 2001) was also compared. These ecoregions are defined as "large unit of land or water containing a geographically distinct assemblage of species, natural communities, and environmental conditions" (Olson *et al.*, 2001). This analysis also helps us to consider larger sample size, which allows considering more rare species than in the grid-based analysis. Actually, for S_k calculation, rare species affect less the estimators than common species but their weight is minimal for low sample (k specimens) and increases with sample size. Finally, SR and S_k were compared regarding the two environmental gradients, as these two variables seem to explain most of diversity distribution in Cameroon. For this purpose, we grouped the specimens in different altitude and continentality classes (Fig. 2), this latter indicated by distance to the ocean. Altitudinal classes were those used in a previous study (Droissart *et al.*, 2006): lowland (< 800m), submontane (800-1500m) and montane (> 1500m). The continental gradient was investigated by grouping specimens in bands of respectively 1 degree, 1 to 2 degree, 2 to 3 degree and more than 3 degree from the ocean. In equatorial area, 1 degree corresponds roughly to 100 km (111.4 km). For altitudinal analysis, we used only the 1048 points (94 Orchidaceae and 130 Rubiaceae) that were georeferenced with a precise altitude in spite of the 3025 points used for other analysis. For both families, 735 specimens were collected in the lowland forests (< 800 m), 207 specimens in submontane forests (800-1500 m) and 106 specimens in montane forests (> 1500 m). Regarding the continental gradient, 2270 specimens were collected less than 1 degree away from the coast, 393 specimens were collected between 1 and 2 degree away from the coast, 242 specimens between 2 and 3 degree away from the coast and 120 specimens more than 3 degree from the coast.

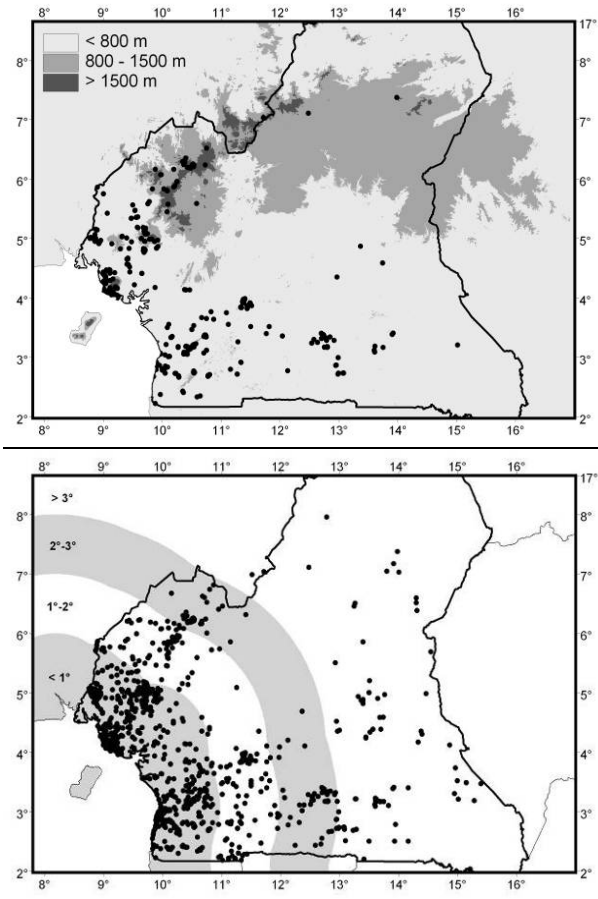


Figure 2. Distribution of sampling according to altitudinal gradient (left, 1048 specimens in total) and to continental gradient (right, 3025 specimens in total).

Results

Raw and expected richness per grid

Raw species richness observed for Orchidaceae and for Rubiaceae within one-degree square grids are positively correlated (Figs. 3a, 3b and Table 1). The Mount Cameroon area (cell B4) shows the higher number of taxa for both families. Others grid have about 30% less endemic taxa than the Mount Cameroon area (29 % for Rubiaceae and 27% for Orchidaceae). A continental gradient is observed for Rubiaceae, the coastal zone being the richest one. For Orchidaceae, the continentality gradient is not as evident as for Rubiaceae in the southern part of Cameroon. The grid-cell including Yaoundé (cell D5) is as rich as the one including Bipindi (cell C5), closest to the coast.

Table 1. Correlation between Orchidaceae and Rubiaceae for raw (SR) and expected (S_k) species richness in one-degree square grids and in ecoregions following Olson *et al.* (2001). Pearsons' correlation value is indicated in each square. N= number of compared values. *p-value<0.05.

	SR	S_k				
		k=8	k=16	k=32	k=64	k=128
Grid 1°x1°	0.822*, N= 32	0.274, N= 11	0.566 N= 8	0.585, N= 8	0.823, N= 4	/
Ecoregions	0.886*, N= 7	0.015, N=6	0.353, N=5	0.395, N=5	0.633 N=4	0.684 N=3

When using the subsampling procedure, the correlation between observed patterns of diversity for Orchidaceae and Rubiaceae become blurred and was no longer significant (Figs. 3c, 3d and Table 1). For Orchidaceae, S_{32} is relatively greater in the west (cells B3 and B4) than in the south (cells C5 and C6). For the same subsampling size, the north-south gradient disappeared for Rubiaceae. For both families subsampling procedure highlighted the continental gradient. The Banyang Mbo Sanctuary area (cell B3) shows a relatively high S_k value for Orchidaceae and Rubiaceae according to its inland position.

For raw and expected values Rubiaceae diversity is greater than Orchidaceae diversity within almost all grid-cells. However, within grid-cells including Mount Oku (C2 and C3), the diversity of Orchidaceae is greater than for Rubiaceae.

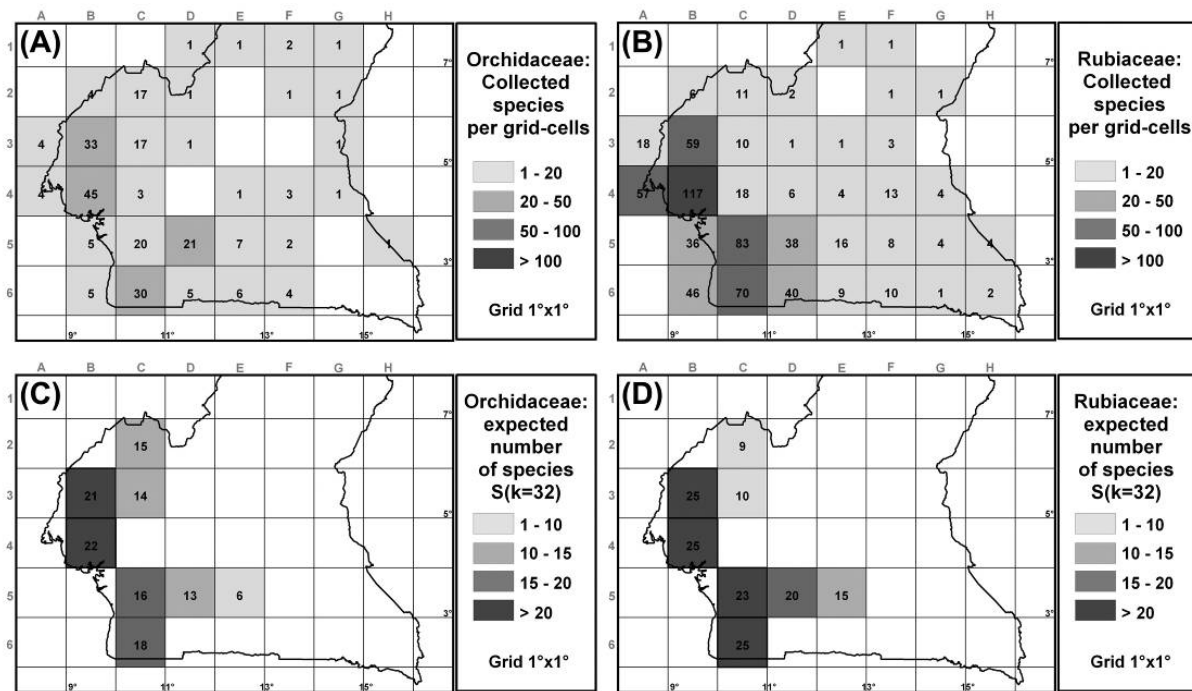


Figure 3. Raw (A, B) and expected (S_{32} ; C, D) species richness for Orchidaceae and for Rubiaceae. Expected number of species is calculated within grids where at least 32 specimens were collected.

Raw species richness and expected species richness per ecoregions

Raw species richness for both families is positively correlated within ecoregions (Figs. 4a, 4b and Table 1). The ecoregion with the highest species richness for both families is the Atlantic equatorial coastal forest. Ecoregions with less species richness are the Guinean and the Northern congolian forest-savannah mosaics. For Orchidaceae, Cross-Sanaga-Bioko coastal forest and Mount Cameroon and Bioko montane forest are almost two times poorer than the richest ecoregions.

When applying subsampling procedure, patterns of endemism of Orchidaceae and Rubiaceae do not appear to be significantly correlated (Figs. 4c, 4d and Table 1). Except in the Northwestern congolian lowland forest ecoregion, the expected species richness of Orchidaceae is almost similar for all ecoregions (Fig. 4c). For Rubiaceae, the Atlantic equatorial coastal forest and the Cross-Sanaga-Bioko coastal forest appear to be slightly richer (Fig. 4d).

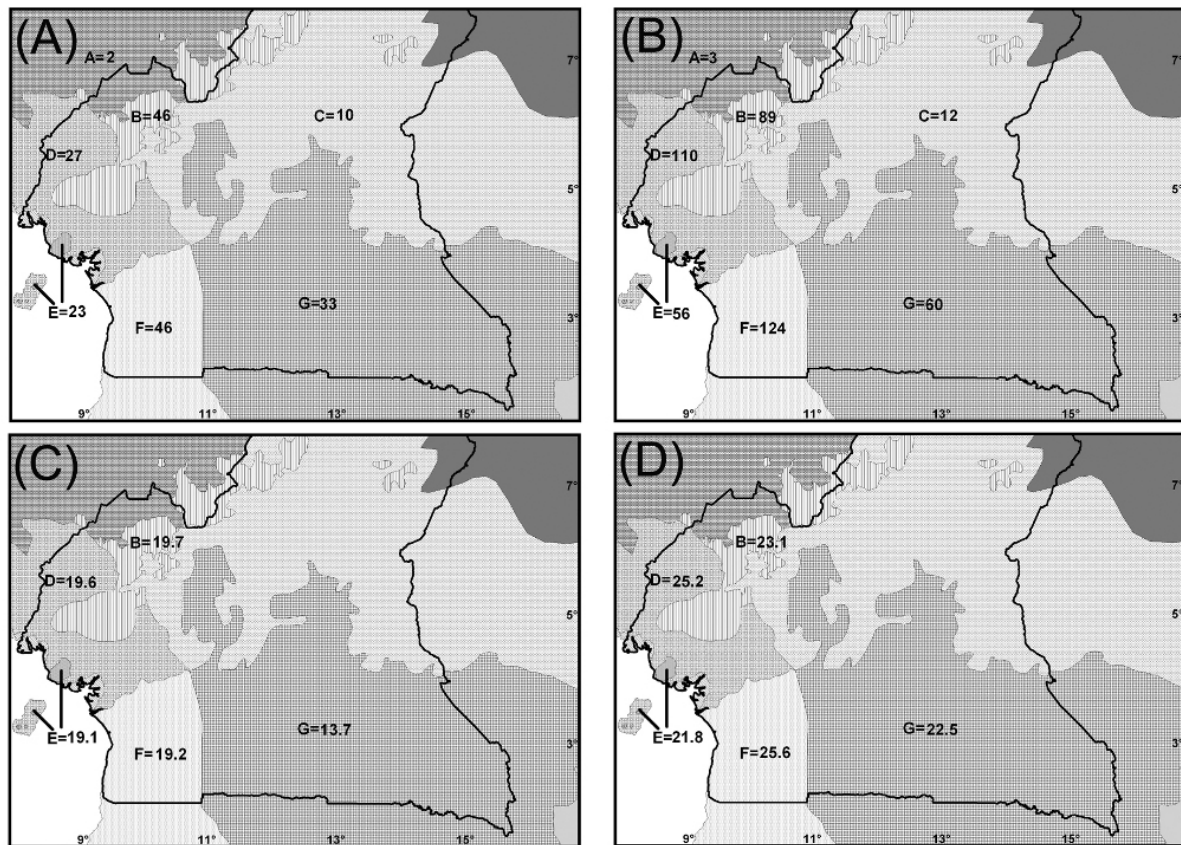


Figure 4. Raw species richness (A, B) and expected species richness (C, D) for Orchidaceae (left) and Rubiaceae (right). An expected number of species is calculated within the ecoregions where at least 32 specimens were collected (S_{32}). A= Guinean forest-savanna mosaic; B= Cameroonian highlands forest; C=Northern congolian forest-savanna mosaic; D=Cross-Sanaga-Bioko coastal forest; E= Mt Cameroon and Bioko montane forest; F= Atlantic equatorial coastal forest; G= Northwestern congolian lowland forest.

In Cameroon, the Atlantic equatorial coastal forest shows the highest number of strict endemic taxa (i.e. all the specimens restricted to the ecoregion) for both Orchidaceae and Rubiaceae, followed by Cameroonian highlands forest and Northwestern congolian lowland forest (Table 2). The number of strict endemic taxa is higher for Orchidaceae compared to Rubiaceae in Cameroonian highlands forest, Mt Cameroon and Bioko montane forest and Northern congolian forest-savannah mosaic. Strict endemism is higher for Rubiaceae in other ecoregions.

Table 2. Number of strict endemic taxa for ecoregions recognized in Cameroon. Ecoregion are grouped according to their position regarding the Sanaga river.

	North Sanaga river				South Sanaga river	
	Cross-Sanaga-Bioko coastal forest	Cameroonian highlands forest	Mt Cameroon and Bioko montane forest	Northern congolian forest-savannah mosaic	Atlantic equatorial coastal forest	Northwestern congolian lowland forest
Orchidaceae	7	18	6	6	21	9
Rubiaceae	11	12	3	0	37	13
Total	18	30	9	6	58	22

Raw species richness and expected species richness along altitudinal and continental gradients

According to the raw data, the highest number of taxa is observed in lowland forests for both families and decrease with altitude (Fig. 5). Nevertheless, the altitudinal gradient is more

pronounced for Rubiaceae than for Orchidaceae. For this family, the number of taxa in the submontane forests is two times lower than one in the lowland forests.

When applying subsampling procedure, the decrease of the number of taxa with the altitude is not more noticeable except for Rubiaceae from submontane forests to montane forests (Fig. 5). Submontane forests appear to be as rich as lowland forest for both Orchidaceae and Rubiaceae.

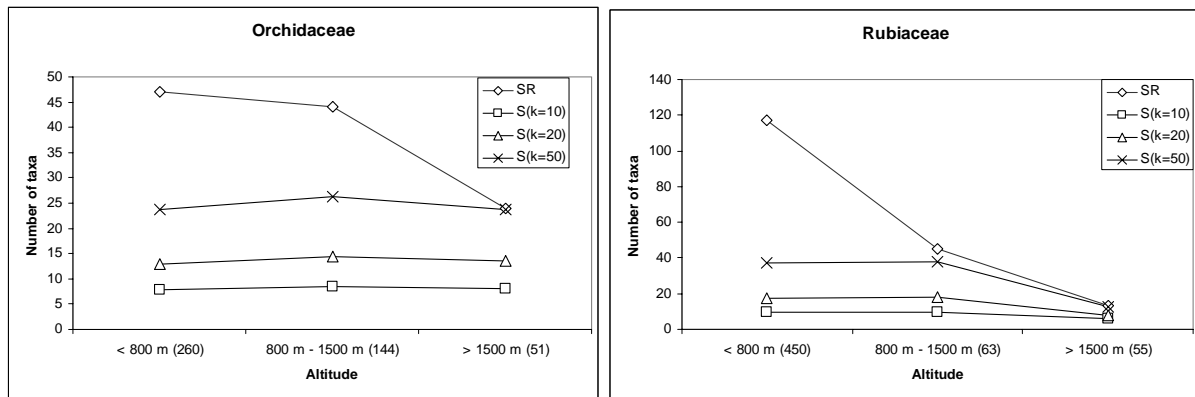


Figure 5. Comparison of raw species richness (SR) and expect species richness (S_k) for Orchidaceae and Rubiaceae along the altitudinal gradient. The number of specimens considered for each altitudinal class is indicated in brackets.

While moving away from the coast, the raw species richness is decreasing for both Rubiaceae and Orchidaceae (Fig. 6). This gradient seems more pronounced for Rubiaceae than Orchidaceae.

When applying subsampling procedure, the continental gradient is still observed for both families but not as pronounced as with the raw data (Fig. 6).

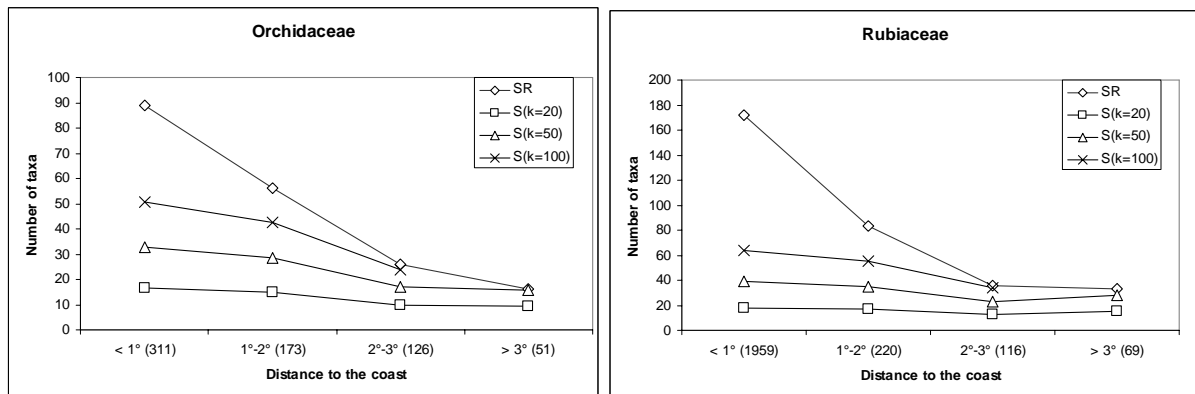


Figure 6. Comparison of raw species richness (SR) and expect species richness (S_k) for Orchidaceae and Rubiaceae along the continental gradient. The number of specimens considered for each continentality class is indicated in brackets.

Discussion

Biases due to geographical difference in sampling effort

Our results show that pattern of endemism of Orchidaceae and Rubiaceae along two main gradients, altitude and continentality, is partially biased, and suggests that these biases are due to geographic variation in sampling effort. Actually, most of specimens used in this study were collected no more than 100 km from the coast. This bias in sampling effort was already highlighted by Droissart *et al.* (in prep.) by analysing combined data of Orchidaceae and Rubiaceae. When standardizing the sample size, our results also show that submontane forests and lowland forests could expect the same number of endemic taxa. Fieldwork conducted recently on the Orchidaceae in Mbam Minkom Hills (Simo *et al.*, in press) has proved the potential richness of inland areas that remain relatively undersampled comparatively to coastal areas, where most fieldworks are proven to be conducted until now. This site, situated about 200 km from the coast, harbours some patch of submontane vegetation. Among the 75 taxa of Orchidaceae collected, 85 percent were not recorded from this area before this survey. Several new taxa were also found there (Droissart *et al.*, in press).

Endemism patterns of Rubiaceae and Orchidaceae in Cameroon

Despite some biases in the data, the subsampling procedure used in this study confirms the presence of a continental gradient for both families. However, each family shows some geographic peculiarities that could probably be explained by the specificity for habitats according to their life form. The grid-based analysis has showed that the Western coastal part of Cameroon possesses more endemic Orchidaceae than the Southern coastal part, which is not the case with Rubiaceae. This comparatively high rate of endemism of Orchidaceae in West Cameroon can be explained by the presence of different types of vegetations within the same grid. In addition to epiphytic orchids occurring in lowland and submontane forests, there are many terrestrial orchids only present in mountain scrublands and grasslands. These habitats are rare and only occur on the higher areas of West Cameroon. In comparison, few Rubiaceae are present in these open habitats. These observations are consistent with the strongest decrease observed for raw and expected species richness of Rubiaceae between submontane forests to montane forests. This seems linked to the low number of taxa of Rubiaceae restricted to the ecoregions that cover the highest mountains of West Cameroon. In fact, strict endemism level is higher for Orchidaceae in the Cameroonian highlands forest and in the Mt Cameroon and Bioko montane forest ecoregions.

Concordance between centres of endemism and postulated refuges in Cameroon

Based on previous studies, Maley (1987, 1996) has provided a synthetic map of the postulated glacial lowland forest refugia of Africa. Two main blocks were recognized along the coast of Cameroon: the Campo-Ma'an forest refuge and the West Cameroon forest refuge. These refugia coincide with the centres of endemism observed for the Rubiaceae and the Orchidaceae in this study. Moreover, these two refuges are divided by the Sanaga River. This pattern was also observed in this study. Actually, there was no strong difference of species richness between coastal regions of north and south of Sanaga River, but when comparing the number of taxa restricted to each of ecoregions, it appears that some taxa occur only in a specific ecoregion. The northern part of Sanaga River possesses the highest number of restricted Orchidaceae and Rubiaceae. These results are supporting the role of the Sanaga River as a chorological border for plant species (Cheek *et al.*, 2001). On each side of this

border, local endemism is observed for both Rubiaceae and Orchidaceae. The gap created by this river is poor in endemic species, but it seems that just few prospecting were carried out in this area. In Central Africa, postulated refuges coincide often with mountainous regions. This probably reflects both the role of these mountains in speciation by providing a wide range of new habitats, and the role of same peaks and valleys in providing refugia for species during dryer periods (Plana, 2004). This could explain why the maximum of endemism diversity was observed on both lowland and submontane forest, but also why the Sanaga River gap, which is not mountainous, possesses a low endemic diversity.

Many taxa of Orchidaceae show restricted distribution as showed by the strict endemic taxa observed for each ecoregion. This contradicts their long dispersal ability and this capacity should be limited by others constraint. The host specificity between an epiphyte and one phorophyte may be the explanation to the restricted spatial dispersion of Orchidaceae highlighted in this study (Stévant, 2003). The distribution of Orchidaceae, mostly epiphytes should be linked with their phorophytes, mainly trees, and for some extend the vegetation in which the species grow. The relation epiphyte/phorophyte has not been studied in relation with the endemism patterns of species. Development of population genetic studies (phylogeography) will provide a good tool to allow analysis of the dissemination within species in revealing potential genetic differentiations between populations. Comparison on spatial distribution of genetic material of phorophyte and its specific epiphyte could be carried out in parallel. Moreover, most of Orchidaceae seeds' can not germinate without a symbiosis with an endomycorrhizian fungi (Dressler, 1981; Arditti, 1992). This association with fungi allows the embryo without reserve to obtain organic compound until roots and leaves can be able to do photosynthesis. Little information is known about the specificity of relationship between orchid and its endomycorrhizian fungi (Ochora *et al.*, 2001; Taylor *et al.*, 2002). As for the phorophyte, it will be interesting to study the genetic of specific Orchidaceae taxa together with its symbiotic fungi.

Finally, similar endemism patterns observed for the two families, and concordance with the postulated refugia identified by using chorological indicators that possesses low dispersal abilities, question the choice of this criteria to identify good chorological indicators. Orchidaceae and Rubiaceae, due to their diversity and their difference in life form, seem complementary for the study of pattern of endemism in Cameroon and in Atlantic Central Africa.

Acknowledgements

We express our sincere gratitude to Professor Jean Lejoly from the Université Libre de Bruxelles for his support in its laboratory and to Dr Ingrid Parmentier for their helpful comments. The surveys carried out in Africa were supported by the ECOFAC Program (EC-DG8), DIVEAC (CUD-ULB), the Fonds Leopold III, the Wildlife Conservation Society (WCS) and the Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS). Visits of V. Droissart in Wageningen, Paris and Kew Herbaria were funded by the European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR-TAF-2418 & NL-TAF-1611) and by the FNRS. The Keepers of the aforementioned herbaria are gratefully acknowledged.

References

- Arditti J., 1992. *Fundamentals of orchid biology*. John Wiley et Sons, U.S.A.
- Arditti J. & Ghani A. K. A., 2000. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist* **145**: 367–421.
- Brooks T. M., Balmford A., Burgess N., Fjeldså J., Hansen L. A., Moore J., Rahbek C. & Williams P., 2001. Toward a blueprint for conservation in Africa. *BioScience* **51**: 613–624.
- Burgess N. D., Küper W., Mutke J., Brown J., Westaway S., Turpie S., Meshack C., Taplin J. R. D., McClean C. & Lovett J. C., 2005. Major gaps in the distribution of protected areas for threatened and narrow range Afrotropical plants. *Biodiversity and Conservation* **14**: 1877–1894.
- Cheek M., Mackinder B., Gosline G., Onana J.M. & Achoungdong G., 2001. The phytogeography and flora of western Cameroon and the Cross River-Sanaga River interval. *Systematics and Geography of Plants* **71**(2): 1097–1100.
- Colwell R. K., 2005. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5*. Published on the Internet; [<http://purl.oclc.org/estimates>].
- Dressler, 1981. *The Orchids Natural History and Classification*. Harvard University press, Cambridge
- Droissart V., Hardy O., Sonké B., Dahdouh-Guebas F. & Stévant T., in prep. Subsampling procedure to account for sampling bias associated with herbarium specimens: a case study with geographic patterns of diversity of Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon. *Diversity and Distribution*.
- Droissart V., Sonké B. & Stévant T., 2006. Les Orchidaceae endémiques d’Afrique centrale atlantique présentes au Cameroun. *Systematics and Geography of Plants* **76**: 3–84.
- Droissart V., Simo M., Sonké B. & Stévant T., in press. Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons du Cameroun et de Guinée Equatoriale. *Adansonia*.
- Govaerts R., Campacci M. A., Baptista D. H., Cribb P. J., George A., Kreuz K. & Wood J., 2008a. *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 20 January 2008].
- Govaerts R., Ruhsam M., Andersson L., Robbrecht E., Bridson D., Davis A., Schanzer I. & Sonké B., 2008b. *World Checklist of Rubiaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/rubiaceae/> accessed on 1 september 2008]
- Hardy O. J., 2007. BiodivR 1.0. A program to compute statistically unbiased indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction

principles. Published on the Internet; [<http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/biodivr>, accessed on 1 September 2008].

Holmgren P. K. & Holmgren N. H., 1998 [continuously updated]. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Published on the Internet; [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, accessed on 1 June 2007].

Hurlbert S. H., 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**: 577–586.

Johansson D., 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forests. *Acta Phytogeographica Suecica* **59**:1–129.

Kier G., Mutke J., Dinerstein E., Ricketts T. H., Küper W., Kreft H. and Barthlott W., 2005. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography* **32**: 1107–1116.

Küper W., Sommer J. H., Lovett J. C., Mutke J., Linder H. P., Beentje H., van Rompaey R. A. S. R., Chatelain C., Sosef M. and Barthlott W., 2004. Africa's hotspots of biodiversity redefined. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **91**: 525–536.

Küper W., Sommer J. H., Lovett J. C. & Barthlott W., 2006. Deficiency in African plant distribution data - missing pieces of the puzzle. *Botanical Journal of the Linnean Society* **150**: 355–368.

Laffan S. W. & Crisp, M. D., 2003. Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora. *Journal of Biogeography* **30**: 511–520.

Linder H. P., 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* **28**: 169–182.

Maley J., 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecology of Africa* **18**: 307–334.

Maley J., 1996. The African rain forest - main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* **104B**: 31–73.

Mutke J. & Barthlott W., 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologiske skrifter* **55**: 521–531.

Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B. & Kent J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853–858.

Ochora J., Stock W. D., Linder H. P. & Newton L. E., 2002. Symbiotic seed germination in twelve Kenyan orchid species. *Systematics and Geography of Plants* **71**: 585–596.

Olson D. M., Dinerstein E., Wikramanayake E. D., Burgess N. D., Powell G. V. N., Underwood E. C., D'Amico J. A., Itoua I., Strand H. E., Morrison J. C., Loucks C. J., Allnutt T. F., Ricketts T. H., Kura Y., Lamoreux J. F., Wettengel W. W., Hedao P. & Kassem K. R., 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* **51**: 933–938.

Plana V., 2004. Mechanisms and tempo of evolution in the African Guineo-Congolian rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **359**: 1585–1594.

Prance G. T., 1982. Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In Prance G. T. (ed.): *Biological diversification in the tropics*, pp. 137–157. Columbia University Press, New York.

Rietkerk M., Ketner P. & de Wilde J. J. F. E., 1996. Caesalpinioideae and the study of forest refuges in central Africa. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds): *The biodiversity of African plants*, pp. 618–623. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Robbrecht E., 1988. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. *Opera Botanica Belgica* **1**: 1–271.

Robbrecht E., 1996. Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds): *The biodiversity of African plants*, pp. 564–581. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Simo M., Droissart V., Sonké B. & Stévant T., in press. The orchid flora of the Mbam Minkom Hills (Yaoundé, Cameroon). *Belgian Journal of Botany*.

Sonké B., Nguembou K. C. & Neuba D., 2006. Les Rubiaceae endémiques du Cameroun et leur statut de conservation. In Beetje H. & Ghazanfar S. (eds.): *Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and uses*, pp 97–109. Royal Botanic Garden Kew.

Sosef M. S. M., 1996. Begonias and African rain forest refuges: general aspects and recent progress. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds): *The biodiversity of African plants*, pp. 602–611. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Stévant T., 2003. Étude taxonomique, écologique et phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique.

Stevens P. F., 2001 onwards. *Angiosperm Phylogeny Website*. Version 9, June 2008. Published on the Internet; [<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>, accessed on 22 september 2008].

Taedoung E. 2007. *Diversité et distribution des Rubiaceae endémiques du domaine bas-guinéen présentes au Cameroun*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Cameroun.

Taylor D. L., Bruns T. D., Leake J. R. & Read D. J., 2002. Mycorrhizal specificity and function in myco-heterotrophic plants. In van der Heijden M. G. A., Sanders I. (eds.): *Mycorrhizal ecology*, pp. 375–414. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Tchouto M. G. P., de Wilde J. J. F. E., de Boer W. F., van der Maesen L. J. G. & Cleef A. M., 2008. Bio-indicator species and Central African rain forest refuges: a case study from the rain forest in Cameroon. *Systematics & Biodiversity*. Published online by Cambridge University Press 18 Nov 2008.

Zapfack L. & Engwald S., 2007. Biodiversity and spatial distribution of vascular epiphytes in two biotopes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest. *Plant Ecology* **195**(1): 117–130.

White F., 1979. The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **49**: 11–55.

White F., 1981. The history of the Afromontane archipelago and the scientific need for its conservation. *African Journal of Ecology* **19**: 33–54.

White F., 1983. *The vegetation of Africa*. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Unesco, Paris.

4.2.3 Distribution, ecology and conservation of a rare but widely distributed tropical African Orchidaceae, *Diceratostele gabonensis* Summerh.

Enhancing the conservation assessments of poorly known species using species distribution modelling: a case study with *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae), a rare but widely distributed tropical African herb

Droissart V., Deblauwe V., Senterre B. & Stévant T.
Manuscript en préparation pour *Biodiversity and Conservation*

Enhancing the conservation assessments of poorly known species using species distribution modelling: a case study with *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae), a rare but widely distributed tropical African herb

Vincent Droissart^{1,*}, Vincent Deblauwe², Bruno Senterre¹ and Tariq Stévant^{1,3,4}

¹ Laboratoire de Complexité et Dynamique des Systèmes Tropicaux, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F. Roosevelt, CP 169, 1050 Bruxelles, Belgique.

² FRIA Fellow, Laboratoire d'Ecologie du Paysage, Université Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles, Belgium

³ Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, 63166–0299, St Louis, Missouri, USA.

⁴ National Botanic Garden of Belgium, Domein van Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium.

* Author for correspondence; e-mail: vincent.droissart@ulb.ac.be

Abstract. Despite an urgent need, conservation assessments of most plant species in Africa are still lacking. Moreover, the majority of efforts have focused on trees or animal species. Changing this trend to include herbs is a major challenge since the distribution and the ecology of many African herbs are poorly documented. Moreover, field sampling methods of rare species in the tropics are not proving efficient or cost-effective since major proportions of randomly chosen sampling sites are unlikely to shelter species. Recently, potential distribution methods became available and provide accurate predictive models of a species geographic distribution.

In this paper, we aim to investigate the distributional range and environmental requirements of *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae), a rare but widely distributed tropical herb, by using a maximum entropy (Maxent) modelling approach. Based on historical collections and recent field data, a potential suitable habitat map regarding actual cover of closed evergreen forest is provided. We used hierarchical partitioning of explained variability to draw causal inferences about which variables influence the distribution of our species. Water availability is the main factor explaining the occurrence of *D. gabonensis*. In our validation model, Maxent correctly predicted new records from Equatorial Guinea (Rio Muni) and the Republic of the Congo. The ecological modelling tool could therefore greatly contribute to a better assessment of conservation status of scarcely collected tropical African species and avoid expensive fieldwork, such as that needed for most Orchidaceae. We also compared the potential suitable habitat with the actual cover of suitable forested habitat and protected area network. This comparison confirms the Least Concerned (LC) IUCN status of *D. gabonensis*. However, the resulting potential map of suitable habitat contradicts the “area of occurrence” calculated by using the IUCN recommended methods.

Keywords. Species Distribution Modelling, Maxent, IUCN conservation status, hyperhumid rain forest, forest refuge, azonal.

Introduction

Over the past 20 years, the monitoring of rare or endangered species has become an urgent priority for conservation policies. One of the objectives of the Global Strategy of Plant Conservation (GSPC) adopted in 2002 at the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity was to achieve the assessment of the conservation status of wild plant species by 2010. However, most African plant species still lack assessments (Cheek & Onana, 2007). According to the IUCN (2007), of the 8989 plants and animals assessed in tropical Africa and Madagascar, only 21% were plant species. Among these plants, 65% were trees and 5% were herbs. The Orchidaceae only account for 2%.

Species distribution models attempt to provide detailed prediction of distributions by relating presence of species to environmental predictors (Elith *et al.*, 2006). Distribution modelling methods recently became widely available due to the increased computing power in personal computers as well as the methodological progress made in predictive algorithms, and availability of large scale gridded datasets of environmental predictors. One of these methods, Maxent, is a recent and very promising tool that has demonstrated a better predictive accuracy than the established methods (Elith *et al.*, 2006), even with only a few presence records. Pearson *et al.* (2007) obtained high success rates and statistical significance using Maxent with sample sizes as small as five occurrences.

Predictions using niche-based models (Guisan & Thuiller, 2005) are promising methods to obtain a better understanding of suitable habitat and also to target surveys where field sampling is too expensive. In this respect, these methods could help to assess the conservation status of rare species (Rodriguez *et al.*, 2007), particularly in the tropics where native habitats are fragmented due to human activities. Field sampling methods are of limited value for rare species since large proportions of randomly chosen sampling sites are unlikely to shelter the species (Guisan *et al.*, 2006). Recent applications of species distribution modelling have been published and subsequently used to survey the population of rare or unknown species (Elith & Burgman, 2002; Raxworthy *et al.*, 2003; Engler *et al.*, 2004; Guisan *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007).

Our study focuses on one of the most abundant but poorly known herb families of Central Africa: the Orchidaceae. Distribution of most orchids in Africa is scantily documented and as a consequence the orchids are considered to be rare, even if widely distributed. Moreover, the model species is like several other plants; it is restricted to the hyper humid forest of the Guineo-Congolian regional centre of endemism (White, 1983). This habitat is highly threatened and has almost disappeared from West Africa. The aim of our study was therefore to assess potential distributions of the scarcely collected species, *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae), in order to investigate its distributional range and environmental requirements, and in the end, to use these new data to provide a more complete conservation assessment of the species.

Material and Methods

Current distribution

Diceratostele is a monotypic genus described by Summerhayes (1938). *Diceratostele gabonensis*, is a terrestrial herb which grows in the shady understorey of the lowland tropical African rain forest where it can be confused with other herbaceous monocots when in its vegetative state.

Stern *et al.* (1993) provided a detailed description of the anatomy of *Diceratostele*. A revision of its growth-habit, taxonomic position and distribution was done by Rasmussen &

Rasmussen (1979). According to these authors, this species is widespread throughout tropical Africa, although it was only known from few collections from Liberia, the Ivory Coast, Gabon and the Democratic Republic of Congo. Since this study, the species has also been recorded in Cameroon (Szlachetko & Olszewski, 1998). A summary of the general knowledge on *Diceratostele* was recently published in *Genera Orchidacearum* (Pridgeon *et al.*, 2005).

The species is endemic to the Guineo-Congolian regional centre of endemism (Fig. 1). According to White (1979, 1983), this vast area is divided into three major subcentres of endemism: the Upper Guinean subcentre, which covers a strip of forest distributed from the Southern part of Guinea to the Southern part of Ghana, the Lower Guinean subcentre, located along the Atlantic coast, from South Nigeria to the Republic of Congo, and the Congolian subcentre, which is more continental and mainly extends over the Congo basin in the Northern part of the Republic of Congo and in the Democratic Republic of Congo. Occurrence data and information about the species' habitat were obtained from Rasmussen & Rasmussen (1978), Szlachetko & Olszewski (1998) and specimens conserved in BR, BRLU, K, P and WAG herbaria (Table 1).

Potential distribution modelling

The potential distribution of *D. gabonensis* was modelled based on previous occurrence data and new specimens collected in Equatorial Guinea (Rio Muni) and the Republic of the Congo (Brazzaville) (Appendix 1). Maxent (Phillips *et al.*, 2006) was used to model the potential range of *D. gabonensis*. This modelling method was chosen considering its alleged efficiency with presence-only data sets and small sized samples (Elith *et al.*, 2006; Hernandez *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007). The Maxent algorithm estimates a probability distribution with the constraint that the expected value of each environmental variable under this estimated distribution matches the empirical average generated from environmental values associated with the known observations of the species (Phillips *et al.* 2006). Maxent version 3.0.6-beta (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) was used with recommended default values. The output of Maxent is logistic, the values (between 0 and 1) give estimates of probability of presence (see Phillips and Dudík, 2008 for details).

Four climatic variables from the 19 Worldclim global climate layers (Hijmans *et al.*, 2005), were selected using Maxent output: (1) Isothermality (Mean Diurnal Range/Temperature Annual Range *100), (2) Mean Temperature of Coldest Quarter, (3) Annual Precipitation, (4) Precipitation of Wettest Quarter, as well as altitude (5). The last is also provided by Worldclim, this estimate being provided by the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Selection of variables relied on preliminary Maxent models and on the analysis of response curves, their contributions and jackknife tests of the importance of variables made on the whole dataset provided by Wordclim. WorldClim is based on data from 1950 to 2000, and has a spatial resolution of 30 arc second (approximately 1 km). This climate dataset is the best available for large geographical regions, despite some uncertainty and error in interpolated values for precipitation in mountainous areas (Hijmans *et al.*, 2005).

To avoid any bias due to clustered occurrences resulting from pronounced field sampling efforts in some areas, we only considered the 21 specimens situated at a minimum distance of 10 km from each other. According to our knowledge of the geographic heterogeneity, there is sufficient potential variation in the selected variables to consider plots distanced from 10 km as spatially independent. Orchids of the Congo basin are under-sampled compared to those of the Atlantic coast. The relatively higher number of occurrences along the coast may thus be an artefact of field sampling.

In order to test the robustness of our model, after splitting the dataset between old occurrences and new records, we produced a first model (validation model) based only on old occurrence data (17) and we tested the prediction power of the model on our new records (4).

A model with the whole dataset (21 points, global model, Fig 3) was then produced. The lowest presence threshold (LPT) associated with the whole set of presence records used for modelling was taken as the decision threshold to distinguish suitable from unsuitable areas. This procedure can be understood as identifying pixels predicted as being at least as suitable to the potential presence of the species as those where this presence has been effectively recorded. The approach therefore identifies the minimum area in which the species occurs whilst ensuring that no localities where the species has been observed are omitted. This threshold seems to be the most appropriate when the principal concern of a study is conservation application and has the advantage of having a straightforward ecological interpretation (Pearson *et al.*, 2007).

Since *D. gabonensis* has always been collected in mature, dense and virtually undisturbed forest, we used a land-cover map of Africa (Mayaux, 2004) to remove suitable habitats that are not currently covered by appropriate habitat for our model species.

Ecology

Hierarchical partitioning (HP) was used to identify variables that best explained the variability of our environmental model, and therefore explain the ecology of the species. Hierarchical partitioning (HP) is a robust statistical method aiming at partitioning explained variability (independently of the goodness of fit index used) between variables in a multidimensional setting in presence of important colinearity, while allowing to access independent vs. joint effects of each variable (Mac Nally, 2002). The method considers an exhaustive set of combinations of variables. The independent contribution of each explanatory variable is computed by averaging its partial effects within and between hierarchies of increasingly complete models. HP was applied using the log likelihood of test points as a measure of goodness of fit (Phillips *et al.*, 2006) and computed using routines implemented in Matlab® (Deblauwe *et al.*, 2008).

Conservation status assessment

IUCN Red List Categories and Criteria (IUCN, 2001; IUCN & SSC, 2006) were used to assess conservation status of *D. gabonensis*. We measured two parameters required for categorization using Red List criteria: extent of occurrence, the minimum convex polygon containing all points of occurrence and areas of occurrence, the area estimated by superimposing a grid onto occurrence points and calculating the cumulative area of cells occupied by a species. We also examined the extent of suitable habitat for *D. gabonensis* falling under national protected areas (WDPA Consortium 2006). Surfaces of the different measured areas were calculated using Arcview 3.3®.

Results

Current distribution

Diceratosteles gabonensis is endemic to the Guineo-Congolian regional centre of endemism. It was known from Liberia, Ivory Coast, Cameroon, Gabon and Democratic Republic of Congo and is presently recorded from Equatorial Guinea and Republic of Congo. The new records (Table 1) resulted from the examination of specimens recently collected in the Monte Alén National Park in Equatorial Guinea (Rio Muni) (Senterre 2005) and of the specimen Lejoly 96/361 (BRLU), collected in 1996 in the Odzala National Park (Republic of the Congo).

Diceratosteles gabonensis is now known from 24 herbarium specimens and occurs between -1.9 and 7.4 degree of latitude and -8.7 and 23.9 degree of longitude. Twenty-two specimens were collected in Upper and Lower Guinea subcentre of endemism. The two remaining specimens were collected from the Congolian subcentre.

Table 1. Specimens of *Diceratostele gabonensis* recorded in tropical Africa, with their habitats and predictive values obtained with potential distribution modelling using 21 specimens (global model). *Record not used for distribution modelling. **New national records.

	Specimen (collection year)	Country	Habitat	Predictive value
1	Adam 16746 (1959)	Liberia	Unknown	0.85
2	Aké Assi 3297 (1955)	Ivory Coast	Forest	0.60
3	Chevalier 19189 (1907)	Ivory Coast	Unknown	0.30
4	J.J. Bos 4730 (1969)	Cameroon	Littoral forest	0.79
5	J.J. Bos 5642 (1969)	Cameroon	Littoral and riverine forest	0.89
6	J.J. Bos 6096 (1970)*	Cameroon	Littoral and riverine forest	0.83
7	D.W. Thomas 5574 (1986)	Cameroon	Forest	0.92
8	D.W. Thomas 6870 (1987)	Cameroon	Forest	0.75
9	Mackinder 297 (1999)	Cameroon	Swampy forest or riverine forest	0.88
10	J.J. Wieringa 417 (1990)	Gabon	Forest	0.95
11	J.J.F.E. de Wilde & M.S.M. Sosef 10442 (1991)	Gabon	Forest	0.77
12	J.J.F.E. de Wilde (WALKB-series), J.C. Arends, A.M. Louis, J.J. Karper, & F. Bouman 341 (1983)	Gabon	Forest	0.81
13	F.J. Breteler, C.C.H. Jongkind, J.J. Wieringa, J.-M. Moussavou 9670 (1990)	Gabon	Littoral forest	0.69
14	N. Hallé et J.-F. Villiers 5262 (1968)	Gabon	Unknown	0.95
15	N. Hallé et J.-F. Villiers 5303 (1968)	Gabon	Unknown	0.82
16	G.M.P.C. Le Testu 5219 (1925)	Gabon	Unknown	0.85
17	Sainge Moses & D.W. Thomas 1363 (2004)*	Gabon	Forest	0.95
18	Evrard 5526 (1959)	Democratic Republic of Congo	Unknown	0.12
19	Germain 8753 (1956)	Democratic Republic of Congo	Swampy forest	0.09
20	Senterre, Obiang & Ngomo 2046 (2002)**	Equatorial Guinea (Rio Muni)	Mature dense forest on hydromorphic soils	0.96
21	Senterre, Obiang & Ngomo 2127 (2002) * & **	Equatorial Guinea (Rio Muni)	Mature dense forest on hydromorphic soils	0.94
22	Senterre & Obiang 3282 (2002)**	Equatorial Guinea (Rio Muni)	Mature dense forest	0.94
23	Senterre & Obiang 3851 (2003)**	Equatorial Guinea (Rio Muni)	Mature dense forest on hydromorphic soils	0.95
24	Lejoly 96/361 (1996)**	Republic of Congo	Dense and scattered Marantaceae forest	0.25

Potential distribution modelling

For the model carried out without new specimens from Equatorial Guinea and Republic of Congo (validation model), predictive values for *Diceratosteles* records varied from 0.11 to 0.94. Occurrences from Equatorial Guinea (Rio Muni) obtain high prediction values (from 0.91 to 0.94) but a lower prediction value was observed for the single specimen collected in the Republic of Congo (0.24). However, all these new records were included in the lowest presence threshold (LPT).

Figure 1 shows areas of potential suitable habitat for *D. gabonensis*, based on 21 presence data points (global model). Shaded areas had a higher or equal probability of presence than the lowest probability value obtained for the whole set of specimens. For this model, predictive values for *Diceratosteles* specimens varied from 0.09 to 0.96 (Table 1). Most of the area predicted as suitable (1 461 197 km²) is confined to the Guineo-Congolian regional centre of endemism.

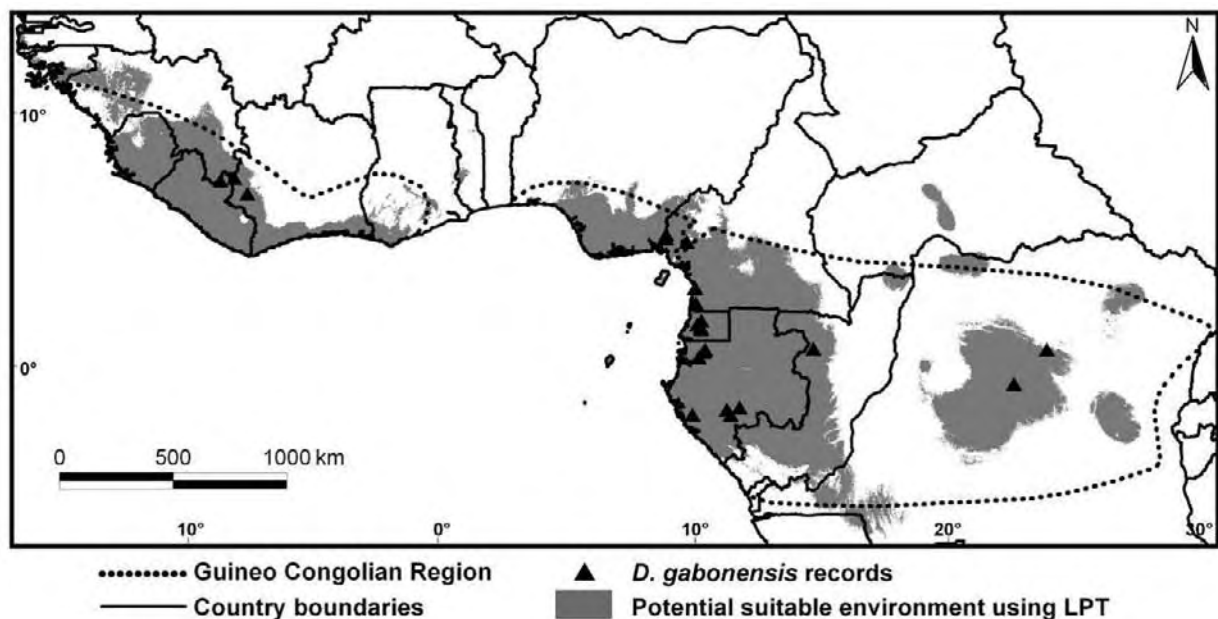


Figure 1. Global model showing potential suitable environment for *D. gabonensis*. Model was run with 21 specimens and suitable environment delimited using the lowest presence threshold (LPT, see text for details). Dotted line shows limits of the Guineo-Congolian regional centre of endemism (White, 1979).

Ecology

Ecological data obtained from herbarium specimen labels and field observations indicated that *D. gabonensis* occurs in lowland undisturbed mature dense forest or in riverine forest, usually on hydromorphic soils. One specimen was also collected in swampy forest and another one in Marantaceae forest (Table 1). It is usually found in small groups of 5 to 10 individuals. A summary of the data extracted from the layers we used to model the distribution of *D. gabonensis* is given in Table 2.

Table 2. Summary of ecological values obtained for the 21 *D. gabonensis* specimens and extracted from layer used in modelling.

<i>Variables</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>S-deviation</i>
Precipitation of Wettest Month (mm)	218	476	380	69
Annual Precipitation (mm)	1678	2895	2239	349
Isothermality (°C)	6.7	8.6	7.5	0.4
Mean Temperature of Coldest Quarter (°C)	20.8	24.8	23.1	1.2
Altitude (m)	19	764	368	210

According to the results of the hierarchical partitioning (Fig. 3), the variables accounting for the largest independent part of variance explained by our model are precipitation of the wettest month (34.5 %) and annual precipitation (32.1 %). Altitude accounts for the lowest independent part of variance (7.5 %).

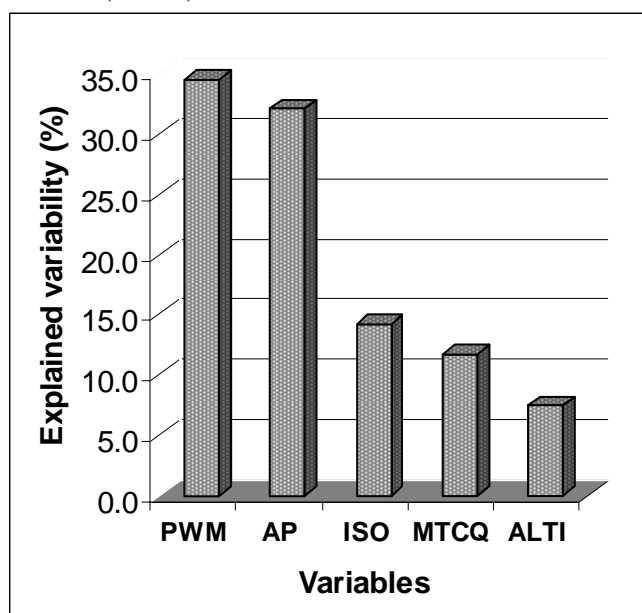


Figure 2. Explained variability of the five variables used to model potential range of *D. gabonensis* using hierarchical partitioning method. Bars indicate the independent contribution of each variable considered for modelling. PWM, Precipitation of Wettest Month (34.5 %); AP, Annual Precipitation (32.1 %); ISO, Isothermality (14.2 %); MTCQ, Mean Temperature of Coldest Quarter (11.7 %); A, Altitude (7.5 %).

Conservation status

Diceratosteles gabonensis is presently known from 24 localities (Table 1). Its extent of occurrence (366 573 km²) is significantly broader than 20 000 km², threshold from which a species could be considered as endangered according to IUCN criteria (IUCN, 2001). Using a 2x2 km grid recommended by IUCN (IUCN & SSC, 2006), we found an area of occupancy of 88 km². However, among the area predicted as suitable for *D. gabonensis* (Fig 1), 820 221 km² (Fig 3) are presently covered by closed evergreen forest (Mayaux, 2004). This portion of habitat certainly better represents the actual area of suitable environment for *D. gabonensis*.

From this closed evergreen forest potential suitable area (Fig 3), 77,568 km² (9.5 %) are located in national protected sites belonging to IUCN Categories I-VI (WDPA Consortium, 2006). Seven of the twenty-four *Diceratosteles* specimens were collected within these protected areas, four in Equatorial Guinea (Monte Alén National park), two from Cameroon (Korup National Park), and one in the Republic of Congo (Odzala National Park). It should also be noted that the ten most recent collections were all made within the Lower Guinea subcentre (Fig 4).

These observations confirm the previous Least Concerned (LC) status given by Cribb & Pollard (2004), which up to now, is not referenced on the IUCN website (IUCN 2007).

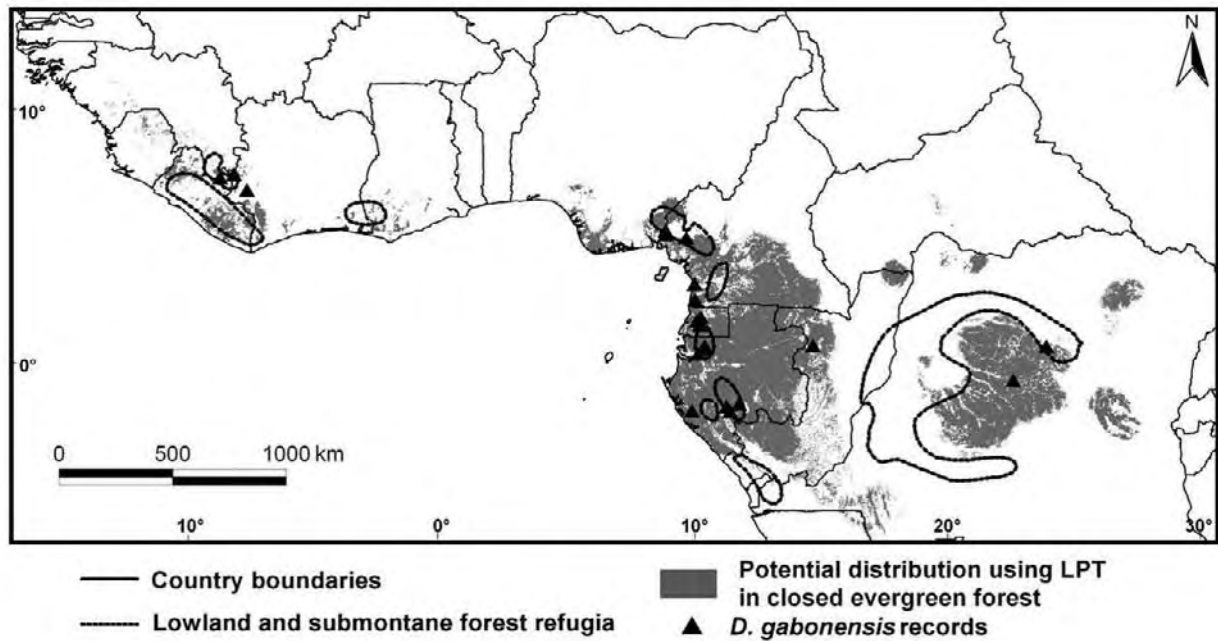


Figure 3. Global model (21 specimens) showing potential suitable environment for *D. gabonensis* in closed evergreen forest and the proposed forest refuge. Postulated distribution of glacial refugia was compiled and adapted from Maley (1987), Colyn *et al.* (1991), Sosef (1994) and Robbrecht (1996). Closed evergreen forest area was obtained from Mayaux (2004).

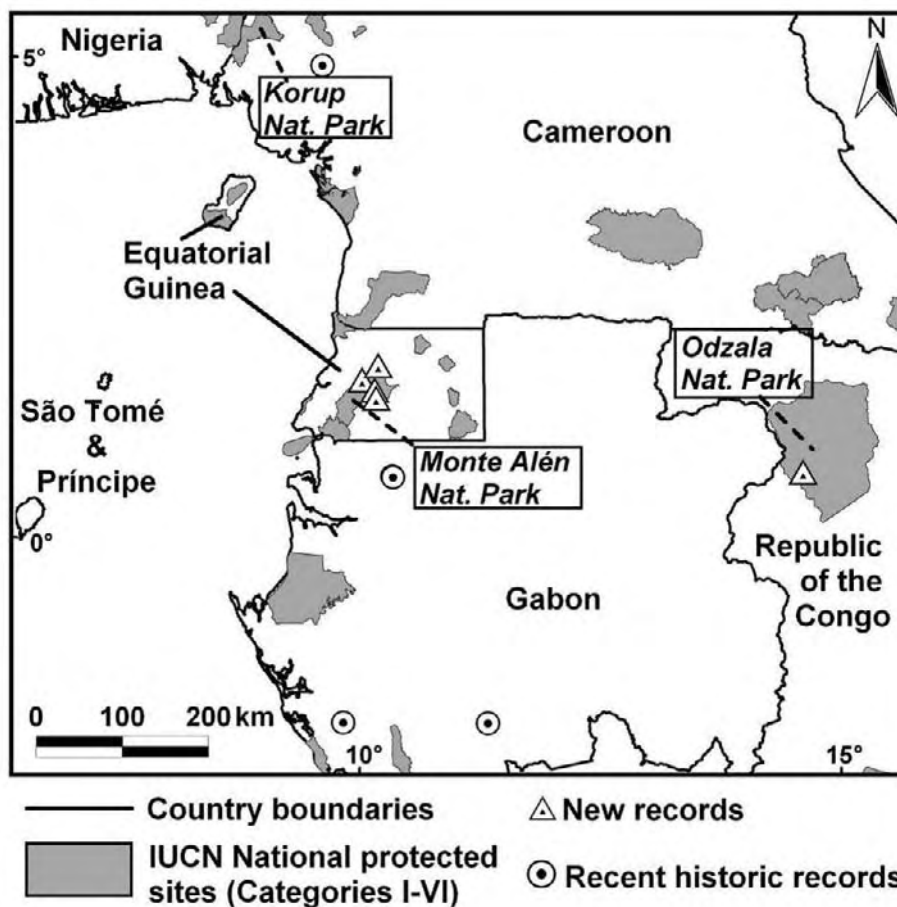


Figure 4. The ten most recent records of *Diceratostele gabonensis* in Africa. Triangles indicate new collections from Equatorial Guinea (Rio Muni) and Republic of the Congo. Darker parts represent national protected sites belonging to IUCN Categories I-VI (WDPA Consortium 2006).

Discussion

Model robustness

As pointed out by Pearson *et al.* (2007), a model developed with a small sample identifies areas with similar environmental conditions rather than true distribution and generally leads to overprediction. However, “overprediction” also has the potential to identify unknown distributional areas (Raxworthy *et al.* 2003; Pearson *et al.* 2007) and may thus be taken into account where the principal concern is in conservation application. Collecting data in the tropics is expensive and, if overprediction is to be expected from such studies, we can at least already exclude the identified lower probability areas from new fieldwork activities.

Potential distribution has already demonstrated a great value for identification of sites of high potential occurrence for rare or new species (Elith & Burgman 2002, Raxworthy *et al.* 2003, Engler *et al.* 2004, Bourg *et al.* 2005, Pearson *et al.* 2007). Given its potential range, it is highly probable that the species is present (or was) in Guinea, Sierra Leone and Nigeria where high prediction values (> 0.8) are observed. Considering its preferential habitat, *D. gabonensis* is also likely to be present at the bottom of the Kivu ridge in Democratic Republic of Congo and along the boundary between the Republic of Congo and the Central African Republic.

On the other hand, despite intensive fieldwork carried out in the São Tomé and Príncipe archipelago (Stévant *et al.* 2000, Stévant & de Oliveira 2001, Stévant 2003), *D. gabonensis* has never been found there despite our results predicting its presence as highly probable. However, in this case, while the ecological environment could be suitable, seeds of the species might never have reached these islands due to the distance from the mainland or did not survive after establishment. Actually, our model is only based on abiotic and static factors, because historical, biotic and random factors are difficult to estimate.

The lack of appropriate environmental predictors could be another factor resulting in modelling errors. Several other predictors (irradiation, vegetation index, evapotranspiration...) could have been used but these are either not in sufficient resolution or even not available for the studied area.

The scarcity and bias in collected datapoints could be another problem accounting for error in model predictions. Kupper *et al.* (2006) showed that only few centres of diversity in tropical Africa had well documented data available. For the Orchidaceae, a low collecting effort is observed in the Congo basin. Relatively low prediction values were obtained for this part of Central Africa, where only two specimens were collected 50 years ago. The weak predictive values observed for this region could be attributed to the lack of knowledge on the flora of the Congo basin and the relative over sampling of western central Africa. For this study, sampling biases were addressed by only using specimens collected at a minimum distance of 10 km of each other. In our case, this seemed to be the easiest way to account for the relative “over sampling” of the Atlantic rainforest.

Diceratosteles preferential habitat

As shown in Figure 1, the potential distribution of *D. gabonensis* using LPT is entirely included in the borders of the Guineo-Congolian regional centre of endemism and the three associated subcentres (White, 1979). Water availability as expressed by annual precipitation and precipitation of the wettest month seems to be the main factor behind the occurrence of *D. gabonensis* in this part of Africa. Regarding distribution range and potential distribution map, *D. gabonensis* is recorded from the wettest part of the Central African forests, i.e. along Atlantic rainforest and in the forests surrounding the Congo basin.

Despite a wide distribution throughout tropical Africa, from Liberia to the Democratic Republic of Congo, *Diceratosteles gabonensis* is only known from a few specimens. For us, this lack of collection is mainly due to its specific habitat, the shady understory of African hyperhumid lowland forests which is really dense, but also to its inconspicuous habit and resemblance with other monocot herbs. For example, some specimens of *D. gabonensis* were mis-identified in the visited herbaria as *Corymborkis* spp., another terrestrial orchid genus which closely resembles *Diceratosteles*.

An alternative hypothesis for the lack of collection and difficult identification is that these species have a disjunct distribution. Actually, eleven localities where the species have been collected correspond to proposed Tropical African forest refugia (Maley 1987, Colyn *et al* 1991, Sosef 1994, Robbrecht 1996), as shown in figure 3. Moreover, some potential areas match well with putative lowland refugia located at the base of the western side of the Kivu Mountains and in northern Congo – southern Central African Republic.

For most of the historical collections, we have limited information on the habitat of *D. gabonensis* but it should be noted that about half of the known specimens were collected in close proximity to rivers and associated humid valleys. In addition, when the species was collected on well drained soils, it was mostly from other types of hyperhumid habitat including the littoral rain forest of the gulf of Guinea (*Breteler et al.* 1967; the three Boss collections which are both littoral and riverine), submontane habitats, or foothill habitats associated with submontane refugia, the species being apparently absent from true submontane forest. Such azonal patterns are also observed in other paucispecific genera such as *Korupodendron*, *Petitiocodon*, *Lecomtedoxa*, *Cyrtogonone* et *Gluema*. As hypothesised by Senterre (2005), this kind of distribution seems to be linked to “foothill refugia”.

Conservation status of *D. gabonensis* in tropical Africa

D. gabonensis is only known from a few specimens. Moreover, during the last ten years, this species was only collected 6 times in West Central Africa (Cameroon, Equatorial Guinea and Gabon; Table 1). Destruction of its native habitat (especially the hyperhumid littoral rain forests) could also explain why the species have not been rediscovered where it was collected several years ago. This is particularly true for West Africa where 90 % of primary vegetation has been lost (Myers *et al.* 2000). This is also shown by our model which predicts the presence of *D. gabonensis* in a vast area in West Africa (Fig 1) but its native habitat, the closed evergreen forest, no longer occur there. Fig 3 represents therefore the potential suitable environment for *D. gabonensis* in existing closed evergreen forest.

Conservation status is difficult to assess for sparsely distributed and/or poorly known species like *D. gabonensis*. The area of potential suitable environment presented here and recent observations of several small populations in Monte Alén National Park and Odzala National Park confirm this conservation status. As for most species not studied in detail in the field, we have limited ecological data obtained from specimen labels, geographic range data and number of collected specimens to evaluate the conservation status of *D. gabonensis*. Calculating the area of occupancy using a potential distribution model gives us a good approximation of the habitat of *D. gabonensis*. Though we show that modelling predicts the presence of *D. gabonensis* where it is obviously not present, an estimation is likely to be better than a simple calculation of the area of occupancy recommended in the guidelines for using IUCN criteria (IUCN & SSC 2006). When estimating the area of occupancy with a 2x2 km grid, we found an area of 88 km². Concurrently with other uncertainties due to rare observations (number of mature individuals, generation length, population fluctuation or decline,...), *D. gabonensis* could be considered as Near Threatened (NT). However, our results show that this is clearly not the case.

In sub-Saharan Africa, only 43 orchid species are listed in the IUCN Red List of Threatened Species (IUCN 2007). This represents only 2.3 % of the 1900 orchid species reported for continental Africa (Govaerts *et al.* 2007). In a recent study of Orchidaceae endemic to Atlantic Central Africa present in Cameroon, Droissart *et al.* 2006 showed that this number could be much higher. Among the 108 taxa examined with slightly adapted IUCN criteria, almost 90 % fell into categories reflecting varying degrees of threat of extinction. Kupper *et al.* (2006) demonstrated that many parts of tropical Africa are undersampled. Criteria used to assess conservation status of plants are thus difficult to apply, particularly for orchids which are frequently poorly known due to their particular habitat: approximately 70 % of the African species are epiphytic (Johansson 1974, Zapfack & Engwald 2007). IUCN Red List Criteria guidelines indicate that the absence of high quality data should not deter attempts at applying the criteria. Methods involving estimation, inference and projection are considered to be acceptable. Potential distribution is then one of the best solutions to deal with rare or poorly known species.

Acknowledgement

We express our sincere gratitude to Professor Jean Lejoly from the Université Libre de Bruxelles for his support in its laboratory and to Dr Ingrid Parmentier and Dr Nicolas Barbier for their helpful comments. The surveys carried out in Africa were supported by the ECOFAC Program (EC-DG8), DIVEAC (CUD-ULB) and CUREF Projects, the Fonds Leopold III, the Wildlife Conservation Society (WCS) and the Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS). Visits of V. Droissart in Wageningen, Paris and Kew Herbaria were funded by the European Commission's Research Infrastructure action via the SYNTHESYS Project (applications FR-TAF-2418 & NL-TAF-1611) and by the FNRS. The Keepers of the aforementioned herbaria are gratefully acknowledged.

References

- BOURG, N.A., MCSHEA, W.J. & GILL, D.E. (2005) Putting a CART before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology* **86**(10), 2793–2804.
- CHEEK, M. & ONANA, J.M. (2007) *The Red Data Plants of Cameroon*. Abstracts of the XVIIIth AETFAT congress. Yaoundé, Cameroon.
- COLYN, M., GAUTIER-HION, A. & VERHEYEN, W. (1991) A re-appraisal of paleoenvironmental history in Central Africa: evidence for a major fluvial refuge in the Zaire Basin. *Journal of Biogeography* **18**: 403–407.
- CRIBB, P.J. & POLLARD, B.J. (2004) Orchidaceae. In: *The plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi mountains, Cameroon: A conservation checklist* (Eds M. CHEEK, B.J. POLLARD, I. DARBYSHIRE, J.-M. ONANA & C. WILD). Royal botanic garden Kew, London
- DEBLAUWE, V., BARBIER, N., COUTERON, P., LEJEUNE, O. & BOGAERT, J. (2008) The global biogeography of semi-arid periodic vegetation patterns. *Global Ecology and Biogeography*. Published online: Aug 12 2008.
- ELITH, J. & BURGMAN, M.A. (2002) Predictions and their validation: rare plants in the central highlands, Victoria, Australia. In: *Predicting species occurrences: issues of accuracy and*

scale (Eds J.M. SCOTT, P.J. HEGLUND, J.B. HAUFLE, M. MORRISON, M.G. RAPHAEL, W.B. WALL & F. SAMSON). Island Press, Covelo, California.

ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P., DUDIK, M., FERRIER, S., GUIBAN, A., HIJMANS, R.J., HUETTMAN, F., LEATHWICK, J.R., LEHMANN, A., LI, J., LOHMANN, L., LOISELLE, B.A., MANION, G., MORITZ, C., NAKAMURA, M., NAKAZAWA, Y., OVERTON, J.M., PETERSON, A.T., PHILLIPS, S., RICHARDSON, K., SCHACHETTI PEREIRA, R., SCHAPIRE, R.E., SOBERÓN, J., WILLIAMS, S.E., WISZ, M. & ZIMMERMANN, N.E. (2006) Novel methods improve predictions of species' distributions from occurrence data. *Ecography* **29**, 129–151.

ENGLER, R., GUIBAN, A. & RECHSTEINER, L. (2004) An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *J. Appl. Ecol.* **41**, 263–274.

FIELDING, A. H., & BELL, J. F. (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conserv.* **24**, 38–49.

GOVAERTS, R., CAMPACCI, M.A., BAPTISTA, D.H., CRIBB, P.J., GEORGE, A., KREUZ, K. & WOOD, J. (2007). *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 1 November 2007].

GUIBAN, A., BROENNIMANN, O., ENGLER, R., VUST, M., YOCCOZ, N.G., LEHMANN, A. & ZIMMERMANN, N.E. (2006) Using niche-based distribution models to improve the sampling of rare species. *Conserv. Biol.* **20**, 501–511.

GUIBAN, A., & THUILLER, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecol. Lett.* **8**: 993–1009.

HERNANDEZ, P.A., GRAHAM, C.H., MASTER, L.L. & ALBERT, D.L. (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modelling methods. *Ecography* **29**, 773–785.

HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. AND JARVIS, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* **25**, 1965–1978.

HOLMGREN, P.K. & HOLMGREN, N.H. (1998 onwards (continuously updated)). Index Herbariorum. New York Botanical Garden. [<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>, accessed on 1 November 2007]

IUCN (2001). 2001 *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*: 32 p. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. [http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria2001, accessed on 1 November 2007]

IUCN (2007). 2007 *IUCN Red List of Threatened Species*. [<http://www.iucnredlist.org>., accessed on 13 August 2008]

IUCN & SSC (2006). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 6.2*: 60 p. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

[<http://app.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>, accessed on 1 November 2007]

JOHANSSON, D. (1974) Ecology of vascular epiphytes in West African rain forests. *Acta Phytogeographica Suecica* **59**, 1–129.

KÜPER, W., SOMMER, J.H., LOVETT, J.C. & BARTHOLOTT, W. (2006) Deficiency in African plant distribution data — missing pieces of the puzzle. *Bot. J. Linn. Soc.* **150**, 355–368.

MAC NALLY, R. (2002) Multiple regression and inference in ecology and conservation biology: further comments on identifying important predictor variables. *Biodivers. Conserv.* **11**, 1397–1401.

MALEY, J. (1987) Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecol. of Afr.* **18**, 307–334.

MAYAUX, P., BARTHOLOMÉ, E., FRITZ, S., BELWARD, A. (2004) A new land-cover map of Africa for the year 2000. *J. Biogeogr.* **31** (6), 861–877.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858.

PEARSON, R.G., RAXWORTHY, C.J., NAKAMURA, M. & TOWNSEND, P.A. (2007) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeogr.* **34**, 102–117.

PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R. & SCHAPIRE, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* **190**, 231–259.

PHILLIPS, S.J., DUDIK, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* **31**: 161-175

PRIDGEON, A.M., CRIBB, P.J., CHASE, M.W., & RASMUSSEN, F.N. (2005) *Genera Orchidacearum, Volume 4: Epidendroideae (Part 1)*. Oxford University Press, New York.

RASMUSSEN, F.N. & RASMUSSEN, H. (1979) Notes on the morphology and taxonomy of *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae). *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* **49**, 139–148.

RAXWORTHY, C.J., MARTÍNEZ-MEYER, E., HORNING, N., NUSSBAUM, R.A., SCHNEIDER, G.E., ORTEGA-HUERTA, M.A. & PETERSON, A.T. (2003) Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* **426**, 837–841.

ROBBRECHT, E. (1996) Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges. In: *The biodiversity of African plants* (Eds L.J.G. VAN DER MAESEN, X.M. VAN DER BURGT & J.M. VAN MEDENBACH DE ROOY). Dordrecht, Kluwer.

RODRIGUEZ, J.P., BROTONS, L., BUSTAMANTE, J. & SEOANE, J. (2007) The application of predictive modelling of species distribution to biodiversity conservation. *Diversity and Distributions* **13**, 243–251.

SENTERRE, B. (2005) Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. *Acta Bot. Gall.* **152**, 409–419.

STERN, W.L., MORRIS, M.W. & JUDD, W.S. (1993) Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). *Bot. J. Linnean Soc.* **113**, 161–197.

SOSEF, M.S.M. (1994) Refuge begonias: Taxonomy, phylogeny and historical biogeography of *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia* in relation to glacial rain forest refuges in Africa. *Wageningen Agric. Univ. Pap.* **94(1)**, 1–306.

STÉVART, T., GEERINCK, D. & LEJOLY, J. (2000) Liste des Orchidaceae de São Tomé et Príncipe. *Acta Bot. Gallica* **147(2)**, 165–172.

STÉVART, T. & DE OLIVEIRA, F. (2001) *Guide des orchidées de São Tomé et Príncipe*: 258 p. Ecofac, Libreville.

STÉVART, T. (2003) *Etude taxonomique, écologique et phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie: 225 p. + 143 p. d'annexes.

SUMMERHAYES, V.S. (1938) African Orchids X. *Kew Bull.* **1938**, 151–152.

SZLACHETKO, D.L. & OLSZEWSKI, T.S. (1998) Orchidacées I. In: Satabié B. & Morat P. (Eds.), *Flore du Cameroun* 34, pp. 271-273. MNHN, Paris – Herbar National, Yaoundé.

WHITE, F. (1979) The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytocoria. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* **49**, 11–55.

WHITE, F. (1983) *La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique Unesco/AETFAT/UNSO*: 356 p. Copedit, Paris.

WDPA CONSORTIUM (2007) World Database on Protected Areas web-download. UNEP-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). [<http://www.unep-wcmc.org/wdpa/index.htm>, accessed on 25 february 2008].

ZAPFACK, L. & ENGWALD, S. (2007) Biodiversity and spatial distribution of vascular epiphytes in two biotopes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest. *Plant Ecol.* **195(1)**, 117–130.

4. Résultats – Contribution méthodologique

Appendix 1 Specimens used for distribution modelling and conservation status assessment with their geographical coordinates and herbarium of deposit. Coordinates are given in decimal degrees. Herbarium acronyms are cited according to HOLMGREN & HOLMGREN (1998).

	Specimen	Latitude	Longitude	Herbarium
1	Adam 16746	7.311	-8.779	P
2	Aké Assi 3297	7.419	-8.229	UCJ & K
3	Chevalier 19189	6.794	-7.714	P
4	J.J. Bos 4730	3.078	9.982	WAG
5	J.J. Bos 5642	2.470	10.010	BR, YA, WAG & P
6	J.J. Bos 6096	3.066	9.983	BR
7	D.W. Thomas 5574	5.183	8.850	MO
8	D.W. Thomas 6870	5.033	8.833	MO
9	Mackinder 297	4.912	9.671	K
10	J.J. Wieringa 417	0.626	10.392	WAG
11	J.J.F.E. de Wilde & M.S.M. Sosef 10442	-1.943	11.387	WAG
12	J.J.F.E. de Wilde (WALKB-series), J.C. Arends, A.M. Louis, J.J. Karper, & F. Bouman 341	-1.647	11.752	WAG, LBV
13	F.J. Breteler, C.C.H. Jongkind, J.J. Wieringa, J.-M. Moussavou 9670	-1.936	9.880	WAG
14	N. Hallé et J.-F. Villiers 5262 (1968)	0.553	10.334	P
15	N. Hallé et J.-F. Villiers 5303	0.330	10.133	P
16	G.M.P.C. Le Testu 5219	-1.750	11.250	K, BR & P
17	Sainge Moses & D.W. Thomas 1363	0.617	10.399	MO
18	Evrard 5526	-0.716	22.600	BR
19	Germain 8753* (1956)	0.633	23.900	BR
20	Senterre, Obiang & Ngomo 2046	1.628	10.072	BRLU
21	Senterre, Obiang & Ngomo 2127	1.521	10.206	BRLU
22	Senterre & Obiang 3282	1.438	10.220	BRLU
23	Senterre & Obiang 3851	1.777	10.243	BRLU
24	Lejoly 96/361	0.666	14.666	BRLU

4.3 Les patrons d'endémisme des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique

Plusieurs études biogéographiques portant sur différents groupes taxonomiques ont été réalisées entièrement ou en partie à l'échelle de l'Afrique centrale atlantique (White, 1978, 1979, 1983; Rietkerk *et al.*, 1996; Robbrecht, 1996; Sosef, 1996; Stévar, 2003; Leal, 2004). Jusqu'à présent aucune étude n'a encore établi une classification chorologique de cette région basée sur la distribution de ses espèces endémiques. Combinant un jeu de données original (point 4.1) avec des approches méthodologiques développées pour minimiser les biais d'échantillonnage (point 4.2), nous nous sommes fixés comme objectif d'effectuer cette étude. Les résultats sont présentés dans ce chapitre.

Dans un premier temps, nous avons voulu identifier les centres d'endémisme (point 2.3.1) des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique (point 4.3.1). Ceci se réalise habituellement en observant sur une carte les zones qui recèlent un maximum de taxons à distribution restreinte. Comme nous avons déjà effectué une sélection préalable des taxons endémiques, la superposition d'un maillage sur la zone d'étude et le dénombrement de différents taxons présents dans chacune des mailles permettent de mettre en évidence les zones à forte concentration en taxons endémiques. Afin de corriger les biais potentiels liés à l'échantillonnage, une approche similaire à celle réalisée à l'échelle du Cameroun (point 4.2.1) a également été appliquée. Celle-ci nous a permis de mesurer une diversité standardisée pour les mailles comptant le plus d'échantillons récoltés.

Puis nous avons observé la similarité entre ces mailles afin de délimiter des territoires phytogéographiques. Seulement, cette approche basée sur des cartes à maillage de grande dimension ne permet pas de prendre en compte les variations topographiques locales qui peuvent intervenir au sein d'une même maille. Ces variations de relief ont par ailleurs une influence prépondérante sur plusieurs paramètres climatiques qui régissent la distribution des plantes dans une région donnée. Nous avons donc utilisé une approche plus classique pour identifier les territoires phytogéographiques des Orchidaceae en ACA. Basé sur l'examen visuel de la distribution de l'ensemble des taxons considérés, nous avons délimité 10 territoires phytogéographiques (point 4.3.2) et défini, pour chacun de ces territoires, l'élément phytogéographique qui le caractérise.

Nous avons par la suite appliqué la méthode de 'Parsimony Analysis of Endemicity (PAE)' à notre jeu de données (point 4.3.3), pour voir dans quelle mesure celle-ci permet de soutenir les hypothèses avancées expliquant l'origine et la distribution actuelle de la flore d'ACA. En effet, la PAE est une méthode développée pour étudier les relations qui peuvent exister entre des aires d'endémisme définies au préalable.

Finalement, pour pallier au manque de données de certaines zones sous inventoriées nous avons tenté d'appliquer une approche basée sur la distribution potentielle des espèces (point 4.3.4). Nous avons ainsi modélisé l'aire d'occurrence potentielle de 60 taxons endémiques d'ACA présentant suffisamment de données de distribution (plus de 5 localités connues). Une carte présentant les zones potentiellement les plus riches en Orchidaceae endémiques a été produite. Les aires de distribution potentielles de ces taxons ont également été utilisées pour analyser la similarité entre les mailles d'une grille superposée sur notre zone d'étude. Une analyse de clustering a permis de distinguer différents groupes de mailles sur base de la matrice de similarité obtenue.

4.3.1 Les centres d'endémisme des Orchidaceae en ACA

4.3.1.1 Echantillonnage et richesse en taxons endémiques calculés à partir des données brutes

Afin d'identifier les centres d'endémisme au sein de notre zone d'étude, nous avons relevé le nombre de taxons récoltés dans les mailles de un degré de côté d'une grille superposée à notre zone d'étude.

Sur les 203 taxons d'Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique (point 4.1.3; Annexe 1), seuls 193 ont été soumis à l'analyse. En effet, 10 taxons ne sont connus que d'un seul spécimen d'herbier dont la localité est soit inconnue soit trop peu précise pour permettre le géoréférencement de ces spécimens. Ces taxons n'ont donc pas été repris dans les analyses. Pour les 193 autres taxons, nous avons géoréférencé 1602 échantillons d'herbier. Ces échantillons ont été récoltés dans 812 localités distinctes.

La Figure 20A présente le nombre total d'échantillons d'herbier récoltés dans des mailles de un degré de côté. La richesse en taxons endémiques d'ACA a été calculée pour chacune des mailles (Figure 20B). Les sites les plus riches sont aussi les mieux prospectés (Mont Cameroun, Rio Muni, São Tomé). On observe ainsi une forte corrélation entre cette mesure et celle obtenue pour l'échantillonnage (r de Pearson = 0,869; P-valeur < 0,0001 pour $\alpha = 0,05$).

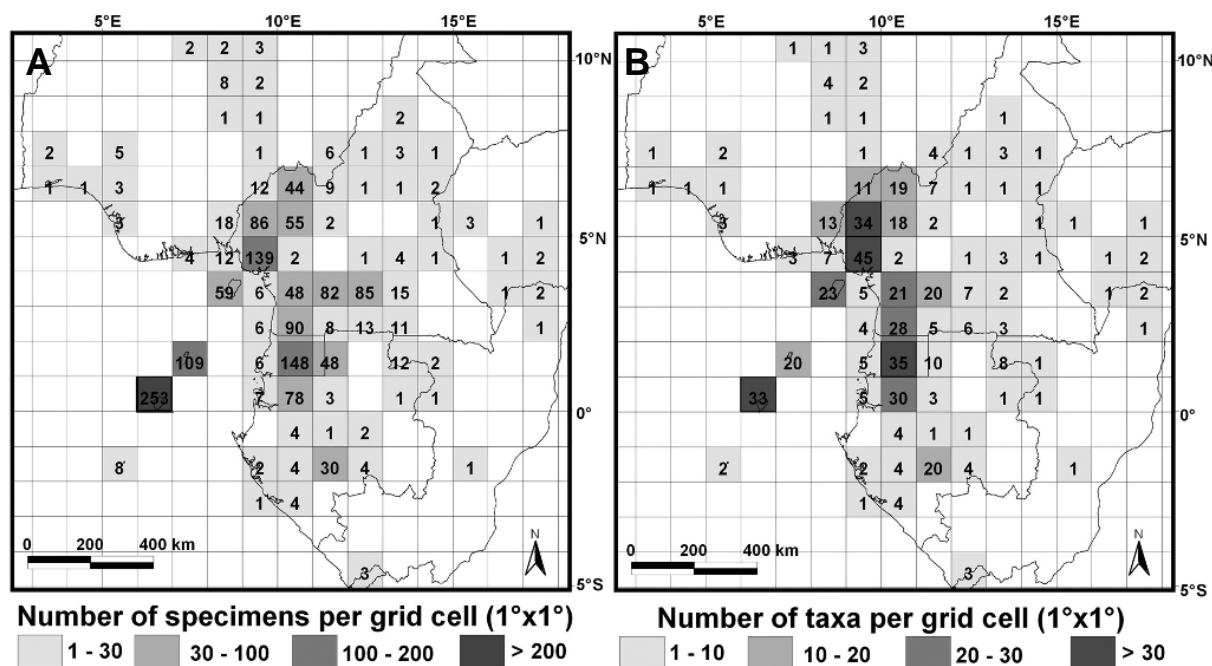


Figure 20. Nombre d'échantillons (A) et de taxons (B) d'Orchidaceae endémiques d'ACA récoltés dans des mailles de un degré de côté. Au total, 1602 échantillons sont pris en compte représentant 193 taxons.

4.3.1.2 Rééchantillonnage des données et diversité standardisée

Le logiciel *BiodivR* (Hardy, 2007) a été utilisé pour prendre en compte la variation d'effort d'échantillonnage (pour plus de détails sur l'indice calculé ci-dessous voir 4.2.1). L'indice de diversité S_k a été calculé pour toutes les mailles présentant au moins 30 échantillons.

La Figure 21 présente le nombre attendu d'espèces en rééchantillonnant les mailles où plus de 30 échantillons ont été récoltés. Cette fois-ci, on n'observe plus de corrélation entre cet indice de diversité et l'échantillonnage (r de Pearson = 0,226; P-valeur = 0,419 pour $\alpha = 0,05$). Comme pour les résultats obtenus à l'échelle du Cameroun, on observe une diminution de la diversité en endémiques suivant un gradient de continentalité. Contrairement aux résultats obtenus pour les données brutes, la maille qui englobe le massif du Chaillu (K12) présente une diversité élevée, similaire à celle du Mont Cameroun (I6). Suivant cet indice, les îles de São Tomé et de Bioko présentent une diversité comparable. Les mailles situées sur une bande côtière s'étendant du sud du Cameroun (massif de Ngovayang) au nord du Gabon (Monts de Cristal) ont une diversité comparable à celle des deux îles précitées.

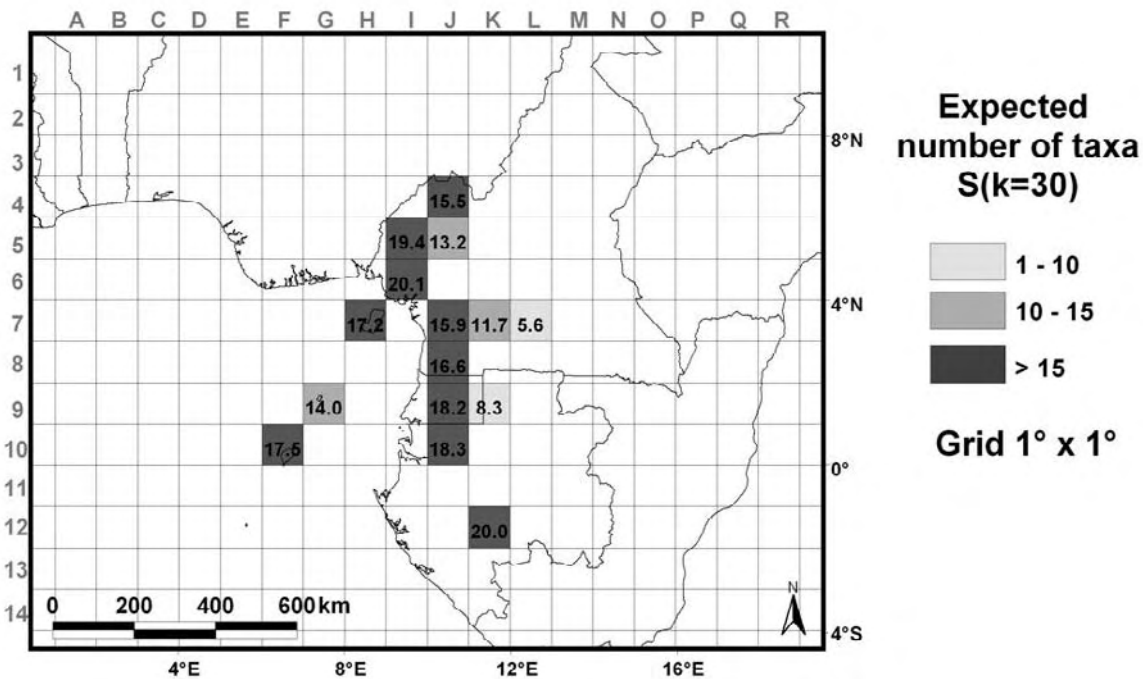


Figure 21. Nombre attendu de taxons (S_{30}) en rééchantillonnant les mailles de un degré de côté où ont été collectés plus de 30 spécimens d'herbier. Au total, 1353 échantillons sont pris en compte représentant 164 taxons.

4.3.2 Les aires d'endémisme des Orchidaceae en ACA

4.3.2.1 Similarité entre les mailles

La Figure 22 présente un dendrogramme synthétisant la similarité entre les mailles les mieux échantillonnées (plus de 30 échantillons). La classification présentée permet de distinguer 4 groupes principaux:

- (1) Un groupe formé par l'île de Bioko et les sites continentaux situés au nord de la rivière Sanaga (dorsale camerounaise et ouest du Cameroun).
- (2) Un groupe formé par les îles de São Tomé et Príncipe.
- (3) Un groupe formé par les sites côtiers situés au sud de la rivière Sanaga. Dans ce groupe, on peut distinguer deux sous-groupes. Le premier est constitué des mailles situées dans le sud du Cameroun sur les massifs de Ngovayang et le PN de Campo-Ma'an; le second est formé par les Monts de Cristal et le massif du Chaillu.
- (4) Un groupe formé par les sites continentaux.

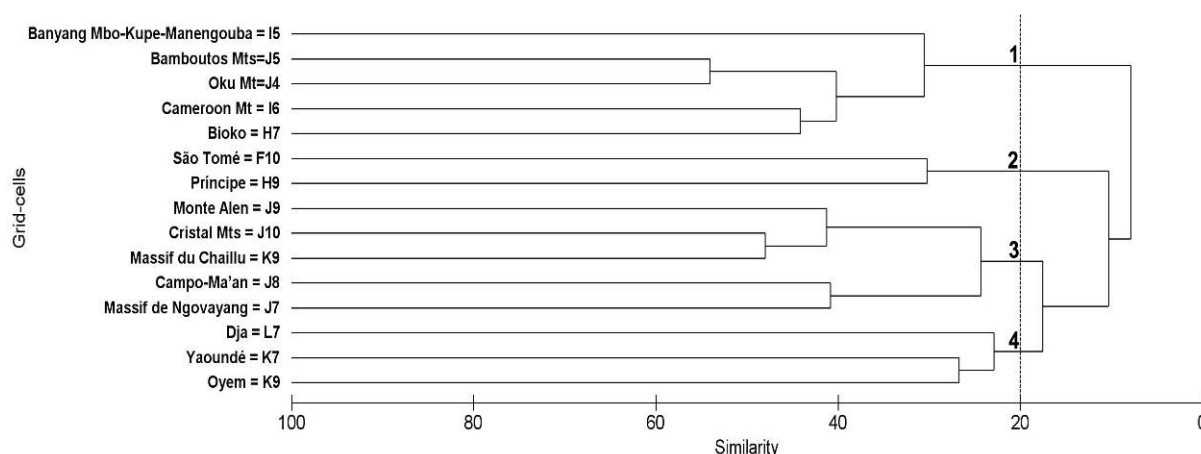


Figure 22. Analyse en cluster (lien moyen⁹) montrant la similarité floristique (indice de Sørensen) entre les mailles de un degré de côté. Seules les mailles où plus de 30 échantillons d'Orchidaceae ont été récoltés sont prises en compte. Une dénomination représentative de la zone occupée par chacune des mailles est donnée pour faciliter la compréhension. Le code alphanumérique donne la correspondance avec les mailles de la Figure 21.

Cette analyse de la similarité entre les mailles les mieux connues de notre zone d'étude permet déjà d'avoir un aperçu des territoires phytogéographiques qui peuvent être distingués. Cependant, pour aller plus loin et prendre en compte les variations locales du climat et de l'hétérogénéité de la végétation qui en résulte, une analyse plus fine a été effectuée. Compte tenu des données dont nous disposons, il est impossible de réduire suffisamment la taille des mailles pour prendre en compte ces variations locales. Nous avons donc utilisé une approche classique qui consiste à regrouper les espèces qui présentent la même distribution.

4.3.2.2 Délimitation des aires d'endémisme et carte phytogéographique

La délimitation des territoires phytogéographiques a été faite sur la base de l'examen visuel de la distribution de 193 Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique. Les taxons présentant les mêmes distributions ont été groupés ensemble pour former un élément caractérisant un territoire phytogéographique. Cette analyse nous a permis de distinguer 10

⁹La distance entre 2 groupes est définie comme la distance moyenne entre toutes les paires d'éléments des 2 groupes.

territoires phytogéographiques pour notre zone d'étude. Ceux-ci sont détaillés et illustrés à la Figure 23.

Le Tableau 11 reprend le nombre de taxons endémiques à chacun des territoires phytogéographiques (son élément) et le nombre de taxons communs à deux territoires (les taxons de liaison). Quinze taxons ne sont pas comptabilisés dans ce tableau car ils sont présents dans plus de deux territoires phytogéographiques et sont donc considérés comme à large distribution en ACA (Tableau 12). Un tableau récapitulatif des éléments des 10 territoires phytogéographiques est repris en Annexe 2.

Tableau 11. Matrice synthétisant le nombre de taxons endémiques des 10 territoires phytogéographiques reconnus sur la base de la distribution des Orchidaceae endémiques d'ACA (en gras sur la diagonale) et le nombre de taxons présents dans deux territoires phytogéographiques (partie supérieure gauche de la matrice). Alti = région altimontagnarde, IO_Pl = étage de plaine des îles océaniques, IO_Sub/Mt = étage submontagnard et montagnard des îles océaniques, Conti=plateau continental, BC_LNS = plaine littorale de la bande côtière au nord de la Sanaga, BC_LSS = plaine littorale de la bande côtière au sud de la Sanaga, BC_Val = Vallons humides de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe, BC_Sub = étage submontagnard de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe, HP_Sub = étage submontagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise, HP_Mt = étage montagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise.

	HP_Mt	HP_Sub	BC_Sub	BC_Val	BC_LSS	BC_LNS	Conti	IO_Sub/Mt	IO_Pl	Alti
Alti					1					10
IO_Pl		2		3			1	2	13	
IO_Sub/Mt	1	2	2					14		
Conti		1	1	2	2	5	28			
BC_LNS		2	1	2	6	11				
BC_LSS				1	11					
BC_Val			3	7						
BC_Sub		4	7							
HP_Sub	4	17								
HP_Mt	12									

Phytogéographie des Orchidaceae en Afrique Centrale Atlantique

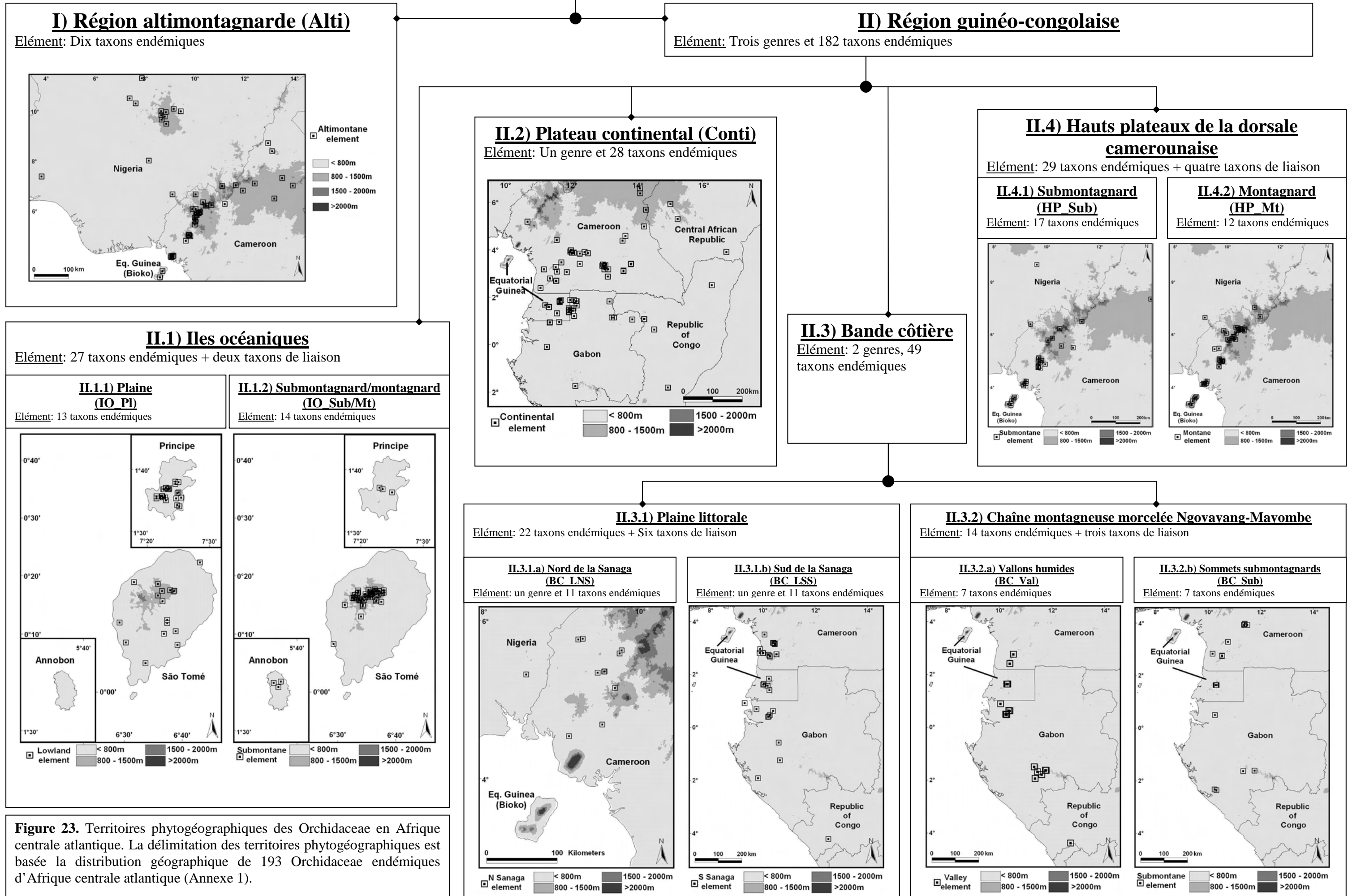


Figure 23. Territoires phytogéographiques des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique. La délimitation des territoires phytogéographiques est basée la distribution géographique de 193 Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique (Annexe 1).

4. Résultats – Endémisme des Orchidaceae en ACA

Tableau 12. Liste des Orchidaceae endémiques d'ACA présentant une large distribution, c'est-à-dire présentes dans plus de deux territoires phytogéographiques reconnus dans cette étude. Les abréviations utilisées pour la distribution phytogéographique sont les mêmes qu'au Tableau 11.

	Taxons à large distribution	Distribution phytogéographique
1	<i>Angraecum eichlerianum</i> Kraenzl. var. <i>curvicalcaratum</i> Szlach. & Olsz.	BC_LSS + BC_Val + BC_Sub + Conti
2	<i>Cynorkis gabonensis</i> Summerh.	IO_Sub/Mt + BC_Sub + HP_Sub
3	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>ovale</i> sp. nov.	BC_LSS + BC_Val + BC_Sub
4	<i>Diaphananthe</i> aff. <i>laticalcar</i> sp. nov.	BC_Val + BC_Sub + Conti
5	<i>Habenaria stenochila</i> Lindl.	BC_LNS + BC_LSS + Conti + IO_PI
6	<i>Liparis gracilentata</i> Dandy	BC_LNS + BC_Val + IO_Sub/Mt
7	<i>Polystachya alpina</i> Lindl.	HP_Sub + HP_Mt + BC_Sub
8	<i>Polystachya bicalcarata</i> Kraenzl.	HP_Sub + HP_Mt + BC_Sub
9	<i>Polystachya camaridioides</i> Summerh.	BC_LNS + HP_Sub + BC_Sub
10	<i>Polystachya carnosa</i> P.J.Cribb & Podz.	HP_Sub + BC_Val + BC_Sub
11	<i>Polystachya elegans</i> Rchb.f.	BC_LNS + HP_Sub + BC_Sub
12	<i>Polystachya pyramidalis</i> Lindl.	BC_LNS + BC_LSS + BC_Val + BC_Sub + Conti + IO_PI + IO_Sub/Mt
13	<i>Polystachya supfiana</i> Schltr.	BC_LNS + HP_Sub + BC_LSS + BC_Val + BC_Sub
14	<i>Rangaeris trilobata</i> Summerh.	BC_LNS + BC_Sub + Conti + IO_PI + IO_Sub/Mt
15	<i>Tridactyle lagosensis</i> (Rolfe) Schltr.	BC_LNS + BC_LSS + BC_Val + BC_Sub

Pour hiérarchiser les territoires reconnus sur base de l'analyse visuelle, une analyse de clustering a été réalisée à posteriori en utilisant les données de présence-absence des 193 Orchidaceae endémiques d'ACA au sein des dix territoires identifiés (Figure 24). Les résultats de cette classification sont présentés au point suivant (point 4.3.5).

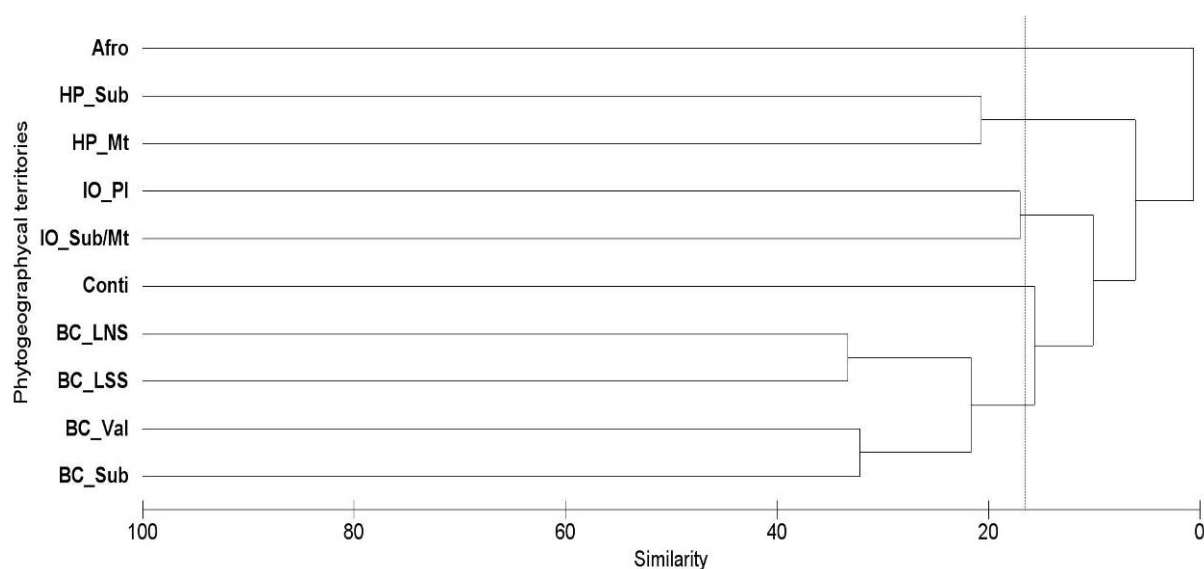


Figure 24. Analyse de clustering des 10 territoires phytogéographiques reconnus sur base de la distribution des Orchidaceae endémiques d'ACA. Le dendrogramme a été obtenu par la méthode des liens moyens sur une matrice de similarité calculée avec l'indice de Sørensen à partir des données de présence-absence de 193 taxons. Les abréviations utilisées pour les territoires phytogéographiques sont les mêmes qu'au Tableau 11.

4.3.2.3 Description des dix territoires phytogéographiques reconnus dans cette étude en ACA

I) Région altimontagnarde (Grimshaw, 2001) (Alti)

Ce territoire s'étend le long de la chaîne camerounaise (Guinée Equatoriale [Bioko], Cameroun et Nigeria) et sur le plateau de Jos (Nigeria). Il est constitué de formations végétales basses et de prairies habituellement situées au dessus de 2000 m d'altitude. Les Orchidaceae endémiques de ce territoire sont toutes des espèces terrestres. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué de 10 taxons endémiques dont la liste complète est reprise ci-dessous.

Les taxons présents dans les forêts de l'étage montagnard ont été considérés séparément. Selon la classification présentée ici, ces derniers sont à rapprocher de l'étage submontagnard, la transition entre ces deux étages étant souvent difficile à distinguer. Par contre, la transition entre la forêt et ces formations basses de l'étage montagnard (> 2000 m) est beaucoup plus nette. Enfin, un seul taxon fait le lien avec un autre territoire phytogéographique, la plaine littorale située au sud de la rivière Sanaga, montrant ainsi le peu d'affinité de la région altimontagnarde avec les autres territoires identifiés.

Elément phytogéographique (10 taxons):

- *Habenarias clarencensis* (Rolfe) Szlach. & Olsz.
- *Habenaria keayi* Summerh.
- *Habenaria linguiformis* Summerh.
- *Habenaria mannii* Hook.f.
- *Habenaria microceras* Hook.f.
- *Habenaria nigrescens* Summerh.
- *Habenaria obovata* Summerh.
- *Habenaria phylacocheira* Summerh.
- *Habenaria prionocraspedon* Summerh.
- *Platycoryne megalorrhyncha* Summerh.

Taxon de liaison (1):

- *Habenaria maitlandii* Summerh. (BC_LSS)

II) La Région Guineo-Congolaise (White 1979, 1983)

II.1) Les îles océaniques

Ce territoire s'étend sur les îles océaniques du Golfe de Guinée (São Tomé, Príncipe et Annobón). Il est constitué de petites poches de forêts primaires en haute altitude et de forêts secondaires sur d'anciennes plantations en basse et moyenne altitudes. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué de 27 taxons. Suivant l'altitude, on distingue l'étage de plaine et l'étage submontagnard/montagnard.

II.1.1) L'étage de plaine (IO_Pl)

Ce territoire compte 13 taxons endémiques qui se distribuent principalement en dessous de 700 m d'altitude. Aucun taxon caractérisant ce territoire n'a été collecté à Annobón, mais nos connaissances de la flore des Orchidaceae sur cette île restent assez faibles.

Six taxons font le lien entre ce territoire et le continent. Deux taxons sont présents à la fois dans l'étage de plaine et l'étage submontagnard/montagnard de ces îles.

Élément phytogéographique (13 taxons):

- *Aerangis flexuosa* (Ridl.) Schltr.
- *Angraecopsis dolabriformis* (Rolfe) Schltr.
- *Angraecopsis thomensis* P.J.Cribb & Stévant
- *Angraecum astroarche* Ridl.
- *Brachycorythis basifoliata* Summerh.
- *Calanthe sylvatica* (Thouars) Lindl. var. *geerinckiana* Stévant
- *Chamaeangis vagans* (Lindl.) Schltr.
- *Diaphananthe acuta* (Ridl.) Schltr.
- *Habenaria letouzeyana* (Szlach. & Olsz.) P.J.Cribb & Stévant
- *Polystachya albescens* Ridl. subsp. *principensis* Stévant
- *Polystachya expansa* Ridl.
- *Polystachya setifera* Lindl.
- *Tridactyle aurantiopunctata* P.J.Cribb & Stévant

Taxons de liaison (8):

- *Ancistrorhynchus crystalensis* P.J.Cribb & Laan (BC_Val)
- *Polystachya moniquetiana* Stévant & Geerinck (BC_Val)
- *Vanilla chalotii* Finet (BC_Val)
- *Cyrtorchis henriquesiana* (Ridl.) Schltr. (Conti)
- *Bulbophyllum curvimentatum* J.J.Verm. (HP_Sub)
- *Polystachya principia* P.J.Cribb & Stévant (HP_Sub)
- *Cribbia pendula* la Croix & P.J.Cribb (IO_Sub/Mt)
- *Tridactyle thomensis* P.J.Cribb & Stévant (IO_Sub/Mt)

II.1.2) L'étage submontagnard/montagnard (IO_Sub/Mt)

Ce territoire est caractérisé par 14 taxons endémiques qui sont distribués dans les forêts denses et humides et les forêts de crêtes situées surtout au dessus de 700 m d'altitude.

A São Tomé, on peut distinguer un étage montagnard au dessus de 1500 m d'altitude. Cependant, pour les Orchidaceae, la plupart des taxons présents dans cet étage ont également été récoltés entre 700 et 1500 m. Neuf taxons endémiques d'ACA ont été récoltés au dessus de 1500 m d'altitude à São Tomé, mais seuls trois taxons sont inféodés cet étage: *Diaphananthe brevifolia* (Summerh.) Summerh., *Polystachya thomensis* Summerh. et *Stolzia peperomioides* (Kraenzl.) Summerh. subsp. *thomensis* (Stévant & P.J.Cribb) Stévant, Droissart & Simo. Pour cette raison, nous n'avons pas considéré l'étage montagnard de São Tomé comme un territoire phytogéographique distinct.

Cinq taxons sont présents dans ce territoire et sur le continent. Deux taxons sont présents à la fois dans l'étage de plaine et dans l'étage submontagnard/montagnard des îles océaniques.

Élément phytogéographique (14 taxons):

- *Aerangis megaphylla* Summerh.
- *Angraecum doratophyllum* Summerh.

- *Bulbophyllum lizae* J.J.Verm.
- *Chamaeangis thomensis* (Rolfe) Schltr.
- *Cribbia thomensis* la Croix & P.J.Cribb
- *Diaphananthe brevifolia* (Summerh.) Summerh.
- *Diaphananthe papagayi* (Rchb.f.) Schltr.
- *Dinklageella scandens* P.J.Cribb & Stévant
- *Liparis rosseelii* Stévant
- *Polystachya biteaui* P.J.Cribb. la Croix & Stévant
- *Polystachya parviflora* Summerh.
- *Polystachya ridleyi* Rolfe
- *Polystachya thomensis* Summerh.
- *Stolzia thomensis* P.J.Cribb & Stévant

Taxons de liaison (7):

- *Bulbophyllum luciphilum* Stévant (BC_Sub)
- *Orestias micrantha* Summerh. (BC_Sub)
- *Bulbophyllum mediocre* Summerh. (HP_Mt)
- *Habenaria thomana* Rchb.f. (HP_Sub)
- *Tridactyle exellii* P.J.Cribb & Stévant (HP_Sub)
- *Cribbia pendula* la Croix & P.J.Cribb (IO_Pl)
- *Tridactyle thomensis* P.J.Cribb & Stévant (IO_Pl)

II.2) Le plateau continental (Conti)

Ce territoire s'étend sur le plateau continental d'ACA (Cameroun, République Centrafricaine, Guinée Equatoriale (Rio Muni), Gabon et Congo) qui débute à l'est de la chaîne montagneuse. Cette dernière va du massif de Ngovayang (Cameroun) jusqu'au Mayombe (Congo). Il est constitué de forêts denses généralement situées entre 600 et 800 m d'altitude. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué d'un genre monospécifique, *Halleorchis* Szlach. & Olszewski, et de 28 taxons endémiques.

Plusieurs inselbergs continentaux font partie de cet ensemble. Deux taxons sont strictement inféodés à la prairie des dalles rocheuses de cette région: *Polystachya albescens* Ridl. subsp. *polyphylla* (Summerh.) Stévant et *P. odorata* Lindl. subsp. *gabonensis* (Summerh.) Stévant.

Ce territoire semble avoir le plus d'affinité avec la bande côtière littorale située au nord de la Sanaga, cinq taxons faisant le lien entre ces deux territoires.

Élément phytogéographique (28 taxons):

- *Aerangis bouarensis* Chiron
- *Ancistrorhynchus brevifolius* Finet
- *Angraecopsis hallei* Szlach. & Olsz.
- *Angraecum curvipes* Schltr.
- *Bulbophyllum fayi* J.J.Verm.
- *Cheirostylis divina* (Guinée) Summerh. var. *ochyrae* Szlach. & Olsz.
- *Diaphananthe ceriflora* J.B.Peterson
- *Diaphananthe curvata* (Rolfe) Summerh. subsp. nov.
- *Diaphananthe gigantea* sp. nov. inedit

- *Genyorchis sanfordii* Szlach. & Olsz.
- *Habenaria lisowskii* Szlach.
- *Halleorchis aspidogynoides* Szlach. & Olsz.
- *Microcoelia jonssonii* Szlach. & Olsz.
- *Microcoelia leptostele* subsp. *cordatilabia* Szlach. & Olsz.
- *Microcoelia sanfordii* L.Jonsson
- *Microcoelia* sp. nov.
- *Nephrangis bertauxiana* Szlach. & Olsz.
- *Podandriella batesii* (la Croix) Szlach. & Olsz.
- *Polystachya* aff. *obanensis* sp. nov.
- *Polystachya albescens* Ridl. subsp. *polyphylla* (Summerh.) Stévant
- *Polystachya euspatha* Kraenzl.
- *Polystachya kornasiana* Szlach. & Olsz.
- *Polystachya odorata* Lindl. subsp. *gabonensis* (Summerh.) Stévant.
- *Polystachya stodolnyi* Szlach. & Olsz.
- *Rhipidoglossum magnicalcar* Szlach. & Olsz.
- *Vanilla hallei* Szlach. & Olsz.
- *Vanilla ochyrae* Szlach. & Olsz.
- *Zeuxine odzalaensis* Geerinck & Lejoly

Taxons de liaison (12):

- *Aerangis gracillima* (Kraenzl.) Arends & J.L.Stewart (BC_LNS)
- *Cyrtorchis letouzeyi* Szlach. & Olsz. (BC_LNS)
- *Gastrodia africana* Kraenzl. (BC_LNS)
- *Plectrelminthus caudatus* (Lindl.) Summerh. var. *trilobatus* Szlach. & Olsz. (BC_LNS)
- *Rhipidoglossum ochyrae* Szlach. & Olsz. (BC_LNS)
- *Chamaeangis gabonensis* Summerh. (BC_LSS)
- *Vanilla heterolopha* Summerh. (BC_LSS)
- *Stolzia repens* (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévant, Droissart & Simo (BC_Sub)
- *Bulbophyllum minutifolium* Stévant sp. nov. inedit (BC_Val)
- *Tridactyle latifolia* Summerh. (BC_Val)
- *Liparis ascendens* P.J.Cribb (HP_Sub)
- *Cyrtorchis henriquesiana* (Ridl.) Schltr. (IO_Pl)

II.3) La bande côtière

Ce territoire s'étend de la côte jusqu'à environ 100-150 km à l'intérieur des terres (Nigeria, Cameroun, Guinée Equatoriale (Rio Muni), Gabon et Congo). Il est caractérisé par la présence de deux genres, *Ossiculum* P.J.Cribb & Laan et *Veyretella* Szlach. & Olszewski, et 37 taxons endémiques.

Ce territoire est subdivisé en deux parties, elles-mêmes encore subdivisées en deux:

- Un territoire de plaine séparé en deux territoires par la rivière Sanaga (II.3.1).
- Un territoire de montagne qui s'étend au sud de la rivière Sanaga et à l'est de la plaine littorale (II.3.2). Ce territoire est divisé en une zone de vallons au relief très marqué et une zone submontagnarde située sur les plus hauts sommets de la chaîne montagneuse qui s'étend du massif de Ngovayang (Cameroun) jusqu'au Mayombe (Congo).

II.3.1) La plaine littorale

II.3.1.a) Le nord de la Sanaga (BC_LNS)

Ce territoire s'étend sur environ 150 km à partir des côtes océaniques et ce jusqu'au pied de la chaîne camerounaise (Nigeria, Cameroun). Il est constitué de forêts denses et hautes, riches en Caesalpinioideae et généralement situées entre 50 et 200 m d'altitude. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué d'un genre monospécifique, *Ossiculum* P.J.Cribb, et de 11 taxons endémiques.

Ce territoire présente le plus d'affinité avec la plaine littorale située au sud de la Sanaga (6 taxons de liaison).

Elément phytogéographique (11 taxons):

- *Ancistrorhynchus* aff. *capitatus* var. nov.
- *Bulbophyllum dolabrilforme* J.J.Verm.
- *Diaphananthe* aff. *sanfordiana* sp. nov.
- *Diaphananthe dorotheae* (Rendle) Summerh.
- *Diaphananthe longicalcar* (Summerh.) Summerh.
- *Diaphananthe obanensis* (Rendle) Summerh.
- *Genyorchis summerhayesiana* Szlach. & Olsz.
- *Ossiculum aurantiacum* P.J.Cribb & Laan
- *Polystachya geniculata* Summerh.
- *Polystachya odorata* Lindl. var. *trilepidis* (Summerh.) Stévant
- *Tridactyle muriculata* (Rendle) Schltr.

Taxons de liaison (16):

- *Bulbophyllum pandanetorum* Summerh. (BC_LSS)
- *Bulbophyllum porphyrostachys* Summerh. (BC_LSS)
- *Chamaeangis spiralis* Stévant & Droissart (BC_LSS)
- *Corymborkis minima* P.J.Cribb (BC_LSS)
- *Genyorchis apertiflora* Summerh. (BC_LSS)
- *Genyorchis platybulbon* Schltr. (BC_LSS)
- *Angraecum egertonii* Rendle (BC_Sub)
- *Ancistrochilus thomsonianus* (Rchb.f.) Rolfe (BC_Val)
- *Habenaria weilerana* Schltr. (BC_Val)
- *Aerangis gracillima* (Kraenzl.) Arends & J.L.Stewart. (Conti)
- *Cyrtorchis letouzeyi* Szlach. & Olsz. (Conti)
- *Gastrodia africana* Kraenzl. (Conti)
- *Rhipidoglossum ochyrae* Szlach. & Olsz. (Conti)
- *Plectrelminthus caudatus* (Lindl.) Summerh. var. *trilobatus* Szlach. & Olsz. (Conti)
- *Bulbophyllum calvum* Summerh. (HP_Sub)
- *Polystachya cooperi* Summerh. (HP_Sub)

II.3.1.b) Le sud de la Sanaga (BC_LSS)

Ce territoire s'étend de la côte jusqu'au pied de la chaîne montagneuse qui s'étend du massif de Ngovayang au Mayombe (Cameroun, Rio Muni, Gabon et Congo). Il est constitué de forêts denses et hautes riches en Caesalpinioideae et habituellement situées entre 50 et 200 m

d'altitude. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué d'un genre, *Veyretella* Szlach. & Olszewski, et 11 taxons endémiques.

Six taxons sont présents à la fois au nord et au sud de la Sanaga.

Élément phytogéographique (11 taxons):

- *Aerangis* aff. *hologlotis* sp. nov.
- *Aerangis xchirioana* R. Bellone & Chiron
- *Angraecum* aff. *aporoides* sp. nov. 1
- *Angraecum lisowskianum* Szlach. & Olsz.
- *Angraecum* aff. *aporoides* sp. nov. 2
- *Bulbophyllum alinae* Szlach.
- *Bulbophyllum coriscense* Rchb.f.
- *Diaphanthe garayana* Szlach. & Olsz.
- *Habenaria phantasma* la Croix
- *Veyretella flabellata* Szlach., Marg. & Mytnik
- *Veyretella hetaerioides* (Summerh.) Szlach. & Olsz.

Taxons de liaison (10):

- *Habenaria maitlandii* Summerh. (Alti)
- *Bulbophyllum pandanetorum* Summerh. (BC_LNS)
- *Bulbophyllum porphyrostachys* Summerh. (BC_LNS)
- *Chamaeangis spiralis* Stévert & Droissart (BC_LNS)
- *Corymborkis minima* P.J.Cribb (BC_LNS)
- *Genyorchis apertiflora* Summerh. (BC_LNS)
- *Genyorchis platybulbon* Schltr. (BC_LNS)
- *Polystachya testuana* Summerh. (BC_Val)
- *Chamaeangis gabonensis* Summerh. (Conti)
- *Vanilla heterolopha* Summerh. (Conti)

II.3.2) La chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe

II.3.2.a) Les vallons humides (BC_Val)

Ce territoire couvre un ensemble de petits massifs montagneux qui s'étendent du sud ouest du Cameroun au sud ouest du Congo. Il est constitué de forêts primaires très humides situées au fond et le long des pentes des vallons qui sillonnent les différents massifs, à une altitude de 100 à 900 m. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué de 7 taxons.

Ce territoire présente trois taxons en commun avec les sommets submontagnards de la chaîne de montagne Ngovayang-Mayombe et trois autres avec la végétation de plaine des îles océaniques.

Élément phytogéographique (7 taxons):

- *Ancistrorhynchus obovata* sp. nov. inedit
- *Angraecum cribbianum* Szlach. & Olsz.
- *Bulbophyllum subligaculiferum* J.J.Verm.
- *Polystachya lejolyana* Stévert
- *Polystachya riomuniensis* Stévert & Nguema

- *Tridactyle pentalobata* P.J.Cribb & Stévant
- *Tridactyle truncatiloba* Summerh.

Taxons de liaison (11):

- *Ancistrochilus thomsonianus* (Rchb.f.) Rolfe (BC_LNS)
- *Ancistrorhynchus crystalensis* P.J.Cribb & Laan (IO_Pl)
- *Angraecum angustum* (Rolfe) Summerh. (BC_Sub)
- *Bulbophyllum minutifolium* Stévant sp. nov. inedit (Conti)
- *Diaphananthe* aff. *cunea* sp. nov. (BC_Sub)
- *Eggelingia gabonensis* P.J.Cribb & Laan (BC_Sub)
- *Habenaria weilerana* Schltr. (BC_LNS)
- *Polystachya moniquetiana* Stévant & Geerinck (IO_Pl)
- *Polystachya testuana* Summerh. (BC_LSS)
- *Tridactyle latifolia* Summerh. (Conti)
- *Vanilla chalotii* Finet (IO_Pl)

II.3.2.b) Les sommets submontagnards (BC_Sub)

Ce territoire forme un archipel. Il couvre les sommets des montagnes de la chaîne Ngovayang-Mayombe qui s'étend du sud ouest du Cameroun au sud ouest du Congo. Il est constitué de forêts primaires submontagnardes localisées à une altitude comprise entre 450 et 1300 m. Au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'océan, l'altitude à laquelle apparaît cet étage de végétation diminue (Senterre, 2003). On observe ainsi une végétation submontagnarde sur le sommet de massifs ne dépassant pas 500 à 600 m d'altitude mais qui sont situés à moins de 50 km des côtes. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué de 7 taxons endémiques.

Nous incluons également dans ce territoire les sommets du massif de Mbam Minkom dont une étude détaillée de la flore des Orchidaceae a été faite (Simo *et al.*, sous presse). La végétation de plaine de ce massif se rattache plutôt à l'élément du plateau continental.

Quatre taxons font le lien avec l'étage submontagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise.

Elément phytogéographique (7 taxons):

- *Angraecum atlanticum* Stévant & Droissart
- *Diaphananthe sanfordiana* Szlach. & Olsz.
- *Liparis* aff. *gracilentata* sp. nov.
- *Polystachya engogensis* Stévant & Droissart
- *Polystachya bipoda* Stévant
- *Polystachya kubalae* Szlach. & Olsz.
- *Polystachya letouzeyana* Szlach. & Olsz.

Taxons de liaison (11):

- *Angraecopsis tridens* (Lindl.) Schltr. (HP_Sub)
- *Angraecum angustum* (Rolfe) Summerh. (BC_Val)
- *Angraecum egertonii* Rendle (BC_LNS)
- *Bulbophyllum luciphilum* Stévant (IO_Sub)
- *Bulbophyllum teretifolium* Schltr. (HP_Sub)

- *Diaphananthe* aff. *cunea* sp. nov. (BC_Val)
- *Eggelingia gabonensis* P.J.Cribb & Laan (BC_Val)
- *Orestias micrantha* Summerh. (IO_Sub)
- *Stolzia grandiflora* P.J.Cribb subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo (HP_Sub)
- *Stolzia repens* (Rolfe) Summerh var. *cleistogama* Stévant, Droissart & Simo (Conti)
- *Tridactyle anthomoniaca* (Reich. f.) Summerh. subsp. *nana* P.J.Cribb & Stévant (HP_Sub)

II.4) Les hauts plateaux de la chaîne camerounaise

Ce territoire s'étend le long de la chaîne camerounaise (Guinée Equatoriale (Bioko), Cameroun et Nigeria). Il est constitué de forêts denses humides situées entre 800 et 2000 m d'altitude. L'élément phytogéographique de ce territoire est constitué de 29 taxons endémiques. L'altitude permet de distinguer l'étage submontagnard de l'étage montagnard.

II.4.1) L'étage submontagnard (HP_Sub)

Ce territoire comprend 17 taxons endémiques qui sont généralement distribués entre 800 et 1500 m d'altitude.

Ce territoire partage quatre taxons de liaison avec l'étage montagnard de la chaîne camerounaise et quatre autres taxons de liaison avec l'étage submontagnard de la chaîne montagnaise morcelée Ngovayang-Mayombe.

Élément phytogéographique (17 taxons):

- *Bulbophyllum bifarium* Hook.f.
- *Bulbophyllum comatum* Lindl. var. *comatum*
- *Bulbophyllum nigericum* Summerh.
- *Bulbophyllum scaberulum* (Rolfe) Bolus var. *fuerstenbergianum* (De Wild.) J.J.Verm.
- *Diaphananthe vandiformis* (Kraenzl.) Schltr.
- *Genyorchis micropetala* Schltr.
- *Habenaria alinae* Szlach.
- *Habenaria bosseriana* Szlach. & Olsz.
- *Manniella cypripedioides* Salazar. Franke. Zapfack & Beenken
- *Platycoryne alinae* Szlach.
- *Polystachya albescens* Ridl. subsp. *angustifolia* (Summerh.) Summerh.
- *Polystachya albescens* Ridl. subsp. *manengouba* W.W.Sanford
- *Polystachya excelsa* Kraenzl.
- *Polystachya farinosa* Kraenzl.
- *Polystachya kingii* Summerh.
- *Polystachya kupensis* P.J.Cribb & B.J.Pollard
- *Polystachya reticulata* Stévant & Droissart

Taxons de liaison (15):

- *Angraecopsis tridens* (Lindl.) Schltr. (BC_Sub)
- *Angraecum sanfordii* P.J.Cribb & B.J.Pollard (HP_Mt)
- *Bulbophyllum calvum* Summerh. (BC_LNS)
- *Bulbophyllum curvimentatum* J.J.Verm. (IO_PI)
- *Bulbophyllum teretifolium* Schltr. (BC_Sub)
- *Disperis kamerunensis* Schltr. (HP_Mt)

- *Habenaria thomana* Rchb.f. (IO_Sub/Mt)
- *Liparis ascendens* P.J.Cribb (Conti)
- *Liparis suborbicularis* Summerh. (HP_Mt)
- *Polystachya cooperi* Summerh. (BC_LNS)
- *Polystachya principia* P.J.Cribb & Stévant (IO_Pl)
- *Polystachya superposita* Rchb.f. (HP_Mt)
- *Stolzia grandiflora* P.J.Cribb subsp. *lejolyana* Stévant, Droissart & Simo (BC_Sub)
- *Tridactyle anthomoniaca* (Reich. f.) Summerh. subsp. *nana* P.J.Cribb & Stévant (BC_Sub)
- *Tridactyle exellii* P.J.Cribb & Stévant (IO_Sub/Mt)

II.4.2) L'étage montagnard (HP_Mt)

Ce territoire compte 12 taxons endémiques qui sont généralement distribués entre 1500 et 2000 m d'altitude.

Quatre taxons font le lien entre ce territoire et l'étage submontagnard de la chaîne camerounaise.

Elément phytogéographique (12 taxons):

- *Ancistrorhynchus serratus* Summerh.
- *Angraecopsis cryptantha* P.J.Cribb
- *Angraecopsis lisowskii* Szlach. & Olsz.
- *Bulbophyllum jaapii* Szlach. & Olsz.
- *Diaphananthe polyantha* (Kraenzl.) F.N.Rasm.
- *Diaphananthe polydactyla* (Kraenzl.) Summerh.
- *Disperis mildbraedii* Schltr. ex Summerh.
- *Disperis nitida* Summerh.
- *Genyorchis macrantha* Summerh.
- *Liparis kamerunensis* Schltr.
- *Liparis letouzeyana* Szlach. & Olsz.
- *Polystachya anthoceros* la Croix & P.J. Cribb

Taxons de liaison (5):

- *Angraecum sanfordii* P.J.Cribb & B.J.Pollard (HP_Sub)
- *Bulbophyllum mediocre* Summerh. (IO_Sub-Mt)
- *Disperis kamerunensis* Schltr. (HP_Sub)
- *Liparis suborbicularis* Summerh. (HP_Sub)
- *Polystachya superposita* Rchb.f. (HP_Sub)

4.3.3 Parsimony analysis of endemcity (PAE)

La Figure 25 présente les relations floristiques *hypothétiques* entre les territoires phytogéographiques définis au point précédent (point 4.3.2). En effet, la PAE est utilisée pour analyser les informations de *parenté* entre territoires et qui sont fournies par les taxons de liaison et les taxons à large distribution. Contrairement à une approche de biogéographie classique qui s'appuie sur l'endémisme propre à chaque territoire phytogéographique, la PAE permet aux biogéographes de classer des aires d'endémisme grâce aux taxons qu'elles partagent, et ceci en fonction de la solution la plus parcimonieuse.

Un arbre unique a été obtenu pour cette analyse réalisée sur la distribution phytogéographique de 63 taxons à savoir les 48 taxons de liaison (Tableau 11) et les 15 taxons à large distribution (Tableau 12), qui sont présents dans au moins deux territoires. Les principales observations qui peuvent être faites sur base de cette approche sont:

- La région altimontagnarde n'est liée à aucun autre territoire phytogéographique.
- Les territoires définis pour les forêts des étages submontagnard et montagnard de la dorsale camerounaise sont liés par la présence exclusive de quatre taxons: *Angraecum sanfordii* P.J.Cribb & B.J.Pollard, *Disperis kamerunensis* Schltr., *Liparis suborbicularis* Summerh. et *Polystachya superposita* Rchb.f.
- Les sept territoires phytogéographiques restants sont liés par la présence exclusive de deux taxons: *Polystachya pyramidalis* Lindl. et *Rangaeris trilobata* Summerh. Parmi ces 7 territoires:
 - Un seul taxon fait le lien entre la bande côtière et la partie continentale: *Angraecum eichlerianum* Kraenzl. var. *curvicalcaratum* Szlach. & Olsz.
 - Un clade lie les étages de plaine et d'altitude des îles océaniques.
 - Un clade lie les vallons humides et les végétations submontagnardes de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe.
 - Un clade lie les parties littorales situées au nord et au sud de la Sanaga.

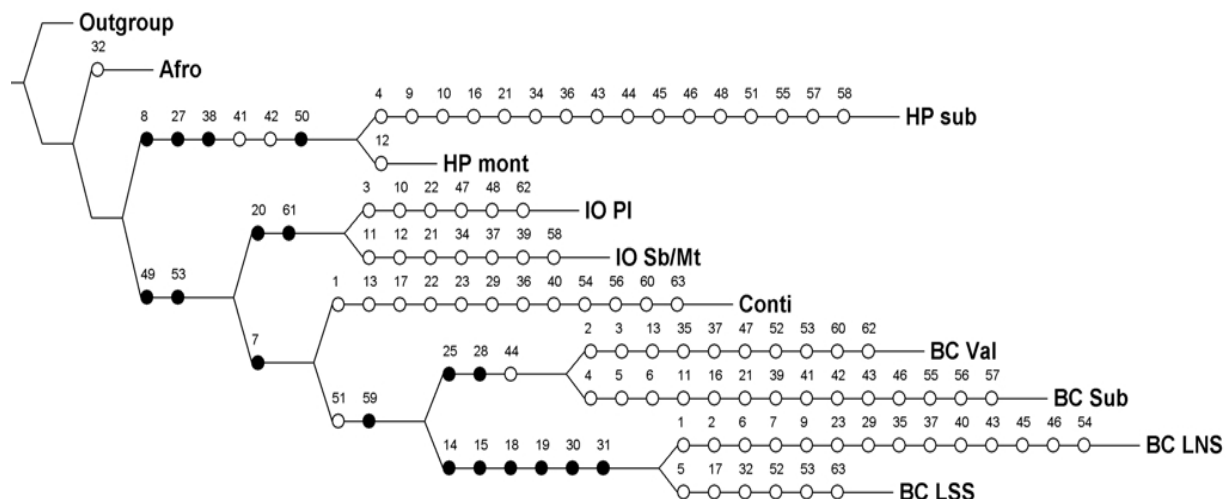


Figure 25. Cladogramme obtenu en réalisant une PAE sur les 10 territoires phytogéographiques délimités en utilisant les Orchidaceae endémiques d'ACA (point 4.3.2). Les cercles noirs et blancs représentent respectivement les taxons uniquement présents dans le groupe sous-jacent et les taxons également présents en dehors du groupe sous-jacent. Les numéros situés au dessus des cercles font référence à ceux des taxons de la matrice de données présentées à l'Annexe 5. Les abréviations utilisées pour les territoires phytogéographiques sont les mêmes qu'au Tableau 11 et sont présentées sur les cartes de la Figure 23.

La Figure 27 présente les relations *hypothétiques* entre des aires d'endémisme utilisées par Sosef (1994, Figure 26). Trois aires ont été ajoutées (IX, X et XI). Elles permettent d'inclure dans l'analyse les îles océaniques et de distinguer une partie littorale, montagneuse (Monté Alen) et continentale en Guinée Equatoriale (Rio Muni). Les données sur les *Begonia* L. ne couvrant pas ces zones, Sosef (*op. cit.*) n'a probablement pas pu les distinguer et les inclure dans son analyse. Nous avons également reconnu comme une seule aire la partie ouest et est des Monts de Cristal.

Six arbres de longueur équitable ont été obtenus pour cette analyse réalisée sur la distribution de 100 taxons présents dans au moins deux territoires. Nous présentons à la Figure 27 l'arbre de consensus strict entre ces six arbres. L'arbre obtenu est moins bien résolu qu'avec l'analyse effectuée sur les territoires phytogéographiques définis sur base de la distribution des Orchidaceae mais l'information qu'il apporte correspond assez bien aux résultats de la première analyse:

- Un clade lie les îles Océaniques aux massifs montagneux situés en Guinée Equatoriale (Rio Muni).
- Un clade montre les relations existantes entre l'île de Bioko (Guinée Equatoriale), le Mont Cameroun et les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun.
- Un clade lie le plateau camerounais, les Monts de Cristal, le massif du Chaillu et la partie continentale du Cameroun et du Gabon.

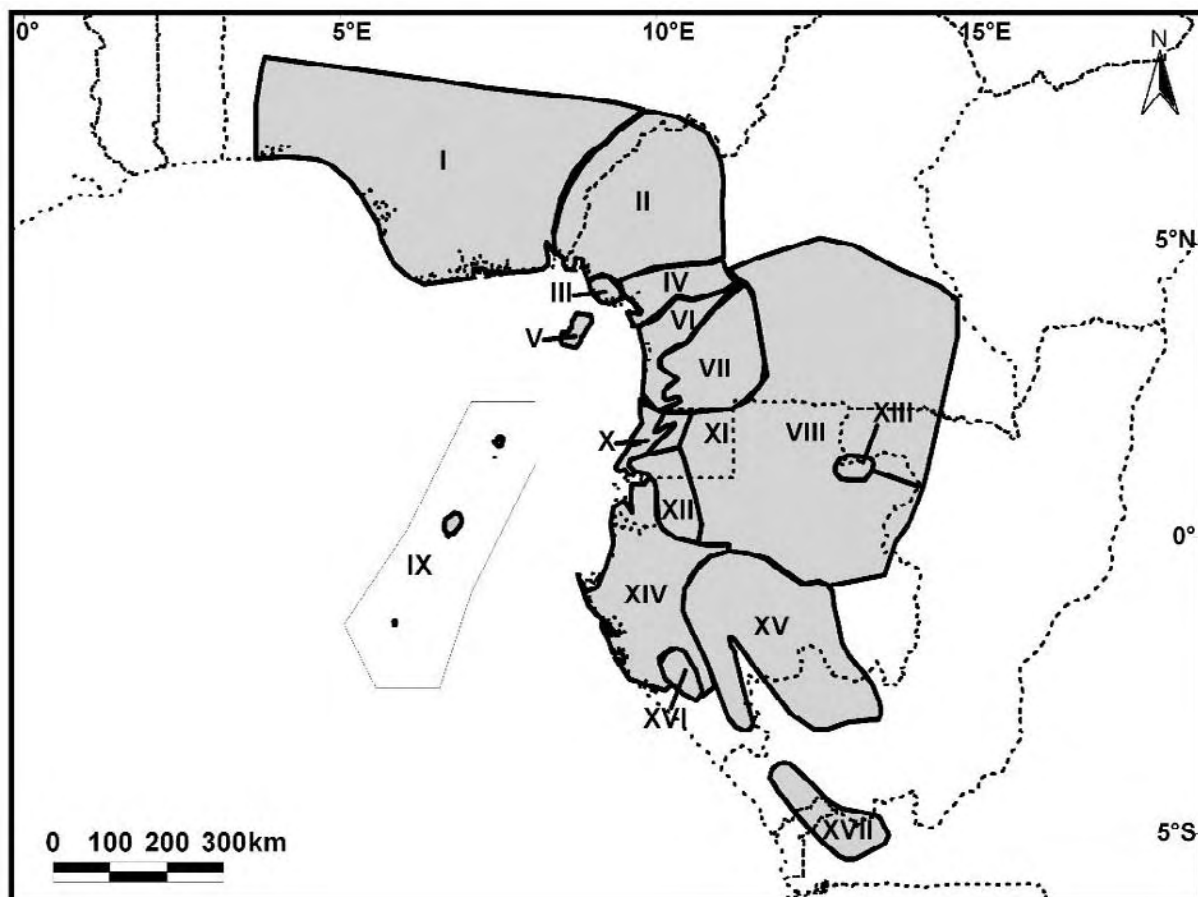


Figure 26. Aires d'endémisme utilisées par Sosef (1994) pour son analyse de biogéographie historique. I. Sud-est Nigeria; II. Haut plateaux de l'ouest camerounais; III. Mont Cameroun; IV. Partie côtière nord du Cameroun; V. Bioko; VI. Partie côtière sud du Cameroun; VII. Plateau camerounais; VIII. Partie continentale du Cameroun et du Gabon; IX. Iles océaniques; X. Partie côtière du Rio Muni; XI. Monté Alen; XII. Monts de Cristal; XIII. Bélinga; XIV. Partie côtière du Gabon; XV. massif du Chaillu; XVI. Monts Doudou; XVII. Mayombe.

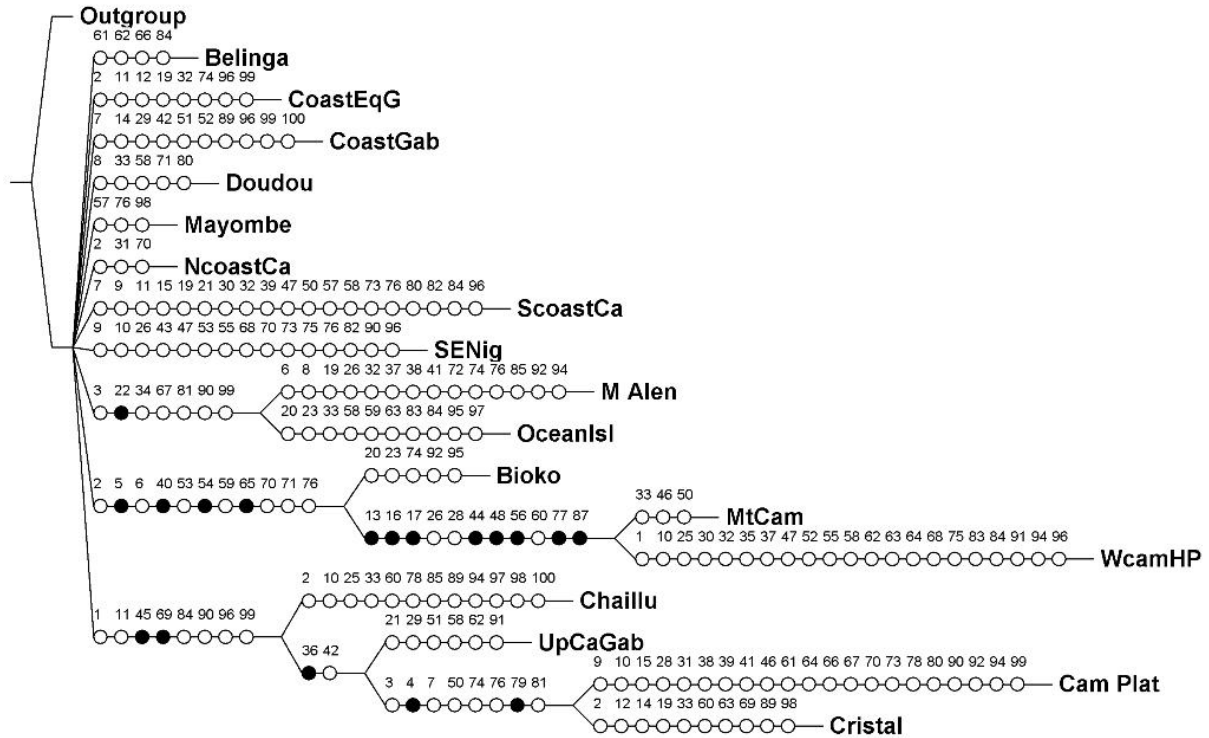


Figure 27. Cladogramme obtenu en réalisant une PAE sur les territoires phytogéographiques délimités par Sosef (1994; voir Figure 26). Les cercles noirs et blancs représentent respectivement les taxons uniquement présents dans le groupe sous-jacent et les taxons également présents en dehors du groupe sous-jacent. Les numéros situés au dessus des cercles font référence aux numéros des taxons de la matrice de donnée présentés à l'Annexe 6. SENig = Sud-est Nigeria; WcamHP = Haut plateaux de l'ouest camerounais; MtCam = Mont Cameroun NcoastCa = Partie côtière nord du Cameroun; Bioko = Bioko; ScoastCa = Partie côtière sud du Cameroun; Cam_Plat = Plateau camerounais; UpCaGab = Partie continentale du Cameroun et du Gabon; OceanIsl = Iles océaniques; CoastEqG = Partie côtière du Rio Muni; M_Alén = Monté Alén; Cristal = Monts de Cristal; Belinga = Bélinga; CoastGab = Partie côtière du Gabon; Chaillu = Massif du Chaillu; Doudou = Monts Doudou; Mayombe = Mayombe.

4.3.4 Utilisation de la distribution potentielle pour la délimitation des centres et des aires d'endémisme des Orchidaceae en ACA

Afin de compléter nos connaissances biogéographiques des Orchidaceae endémiques d'ACA nous avons modélisé la distribution des taxons pour lesquels un jeu de données minimum était disponible, c'est-à-dire, au moins cinq localités distinctes. La distribution potentielle de 60 taxons a été obtenue en utilisant le logiciel Maxent (points 2.3.2 et 4.2.3 pour plus de détail sur la méthodologie). L'objectif est de voir dans quelle mesure la modélisation des aires d'occurrence peut nous aider à identifier, avec plus de précision qu'avec les données brutes, les centres d'endémisme. Nous avons également délimité des aires d'endémisme à partir de ces données de distribution potentielle.

4.3.4.1 *Les centres d'endémisme basés sur des données de distribution potentielle des Orchidaceae en ACA*

La Figure 28 présente une carte à maillage de la richesse spécifique basée sur des données de distribution potentielle de 60 taxons modélisés pour l'ACA. La richesse spécifique par maille des taxons modélisés est généralement plus élevée le long de la côte et diminue suivant un gradient de continentalité. Toutefois, le long de la dorsale camerounaise, la diversité prédite reste très élevée à plus de 300 km des côtes. Les deux cartes présentées permettent de distinguer trois principaux centres d'endémisme:

- Un centre d'endémisme situé sur la dorsale camerounaise. Il s'étend de l'île de Bioko (Guinée Equatoriale) jusqu'au Mont Oku (Cameroun).
- Un centre d'endémisme situé sur l'île de São Tomé.
- Un centre d'endémisme situé sur une bande côtière essentiellement localisée sur le Rio Muni mais qui s'étend du sud du Cameroun (massif de Ngovayang) au Nord du Gabon (Monts de Cristal).

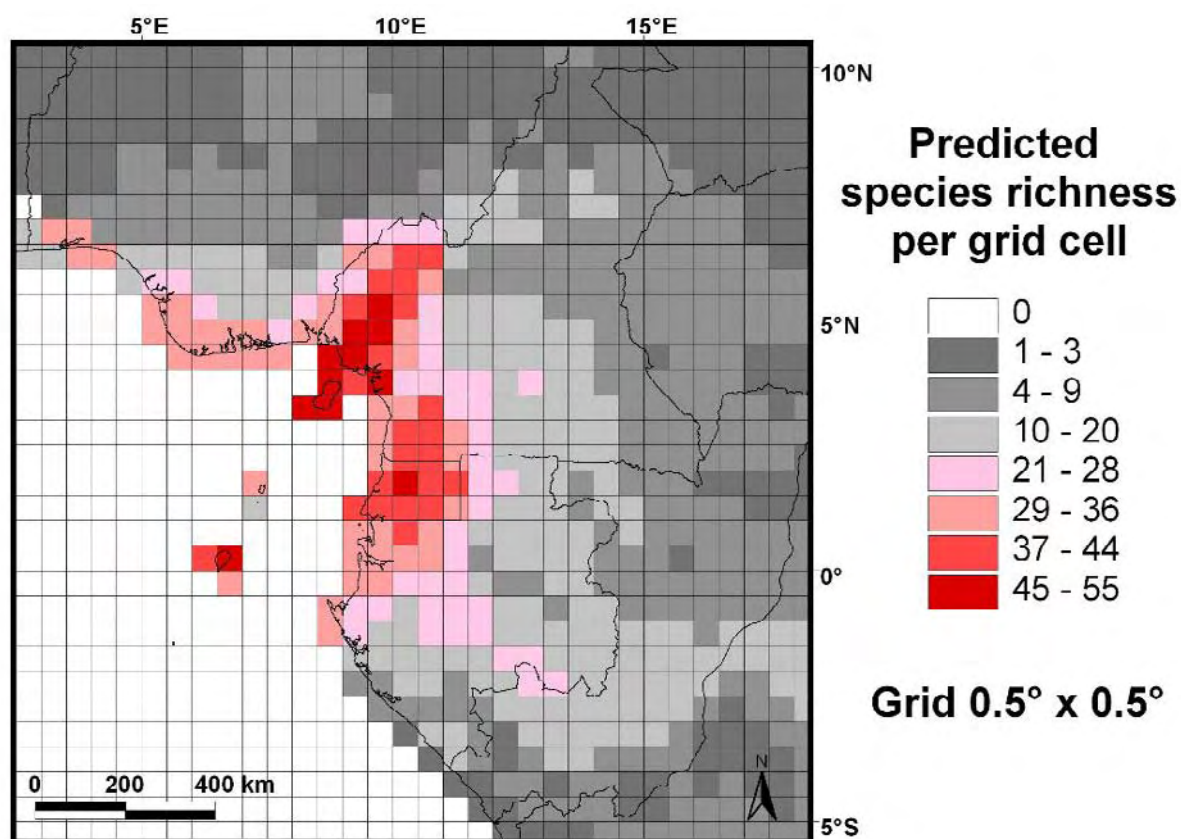


Figure 28. Richesse spécifique basée sur la distribution potentielle de 60 taxons endémiques d’ACA. Les 60 cartes de distribution potentielle obtenues pour chacun des taxons ont été transformées en carte de présence-absence en utilisant la plus petite valeur prédictive obtenue pour les points d’occurrence connue (en anglais ‘Lowest Presence Threshold’=LPT). Le LPT permet d’identifier les sites qui sont au moins aussi adéquats que ceux où l’on a effectivement observé l’espèce modélisée.

4.3.4.2 *Les territoires phytogéographiques basés sur des données de distribution potentielle des Orchidaceae en ACA*

Une analyse en cluster a été réalisée en utilisant les données de présence-absence des 60 taxons modélisés. L’indice de similarité de Jaccard a été calculé entre des mailles de 0,5° de côté et un dendrogramme a été produit à partir de la matrice de similarité obtenue (Figure 29).

La Figure 30 présente sur une carte les trois principaux groupes de mailles qui peuvent être distingués sur le dendrogramme. Le premier groupe (Groupe A) comprend seulement quelques mailles et ne semble correspondre à aucune végétation ou habitat particulier. Le second groupe (Groupe B1) couvre plus ou moins la zone forestière de notre dition. On notera un ensemble de quatre mailles détaché des autres et situé à la frontière entre la République Centrafricaine et la République du Congo. Le troisième groupe de maille couvre des zones principalement constituées de savanes.

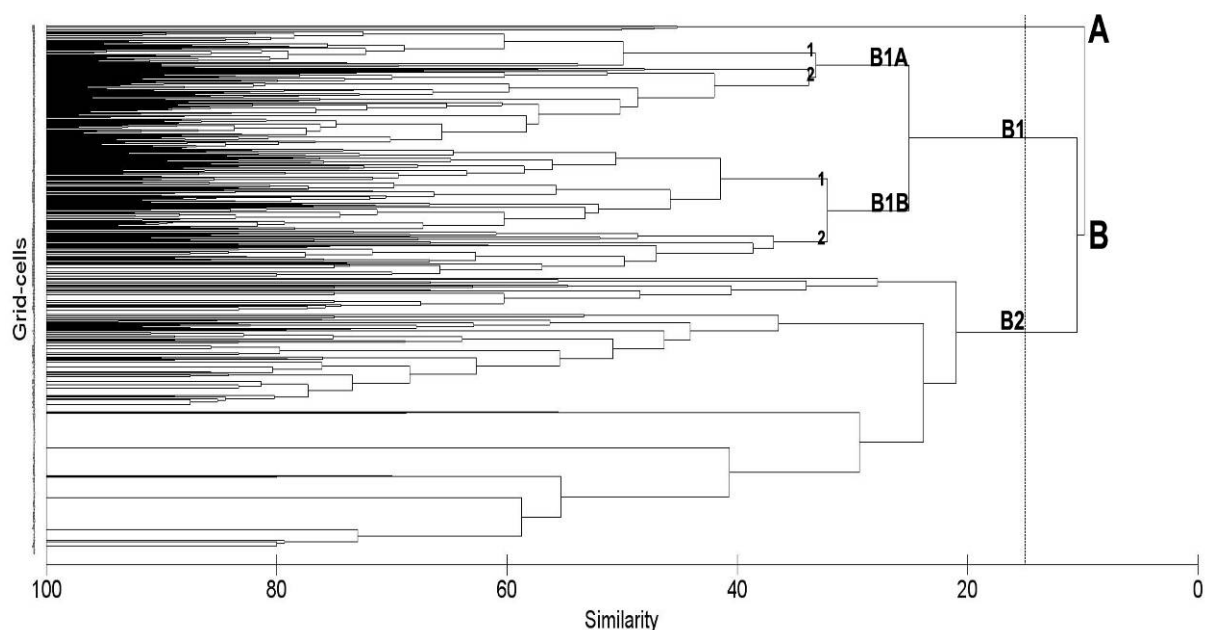


Figure 29. Analyse de clustering de la distribution des 60 taxons modélisés au sein de mailles de 0,5 degré de côté. Le dendrogramme a été obtenu par la méthode des liens moyens sur une matrice de similarité calculée avec l'indice de Jaccard à partir des données de présence-absence des 60 taxons modélisés. Les codes alphanumériques indiquent les groupes qui sont représentés sur une carte aux Figures 30 et 31. Le dendrogramme prend en compte la similarité observée entre 819 mailles.

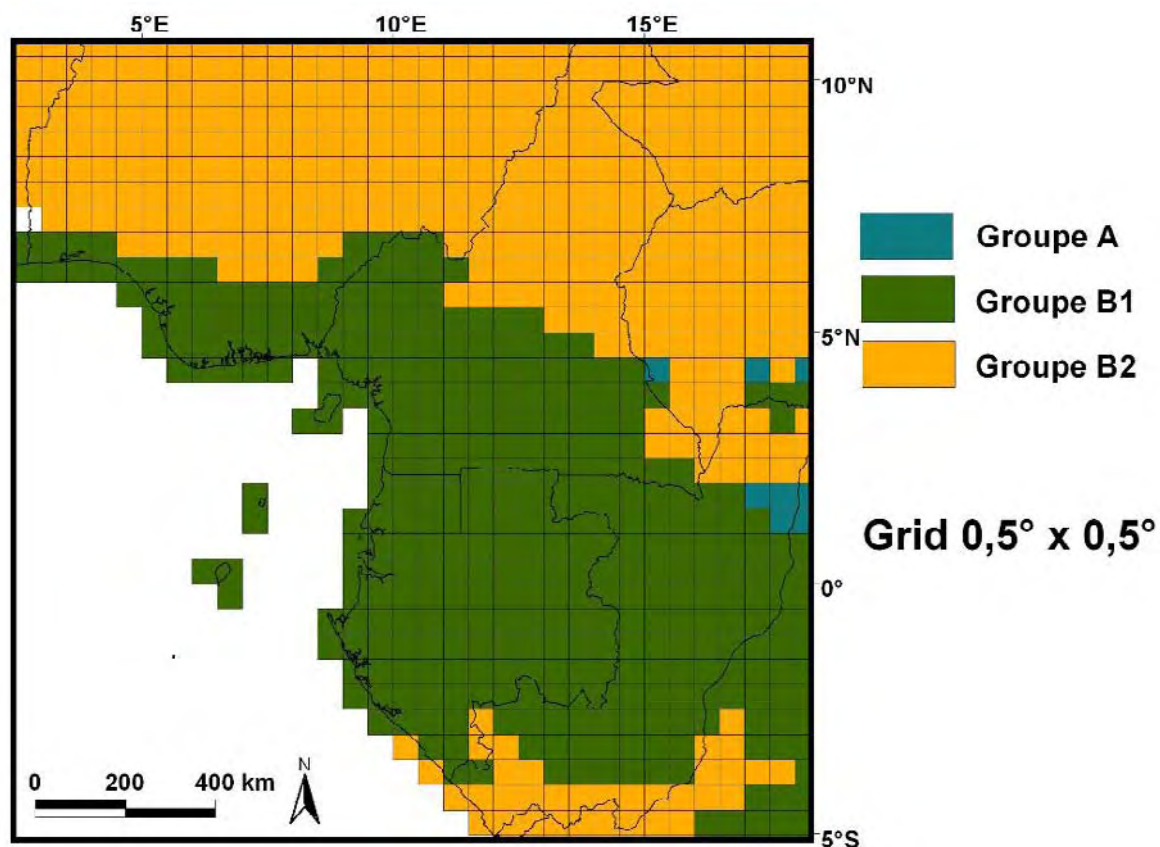


Figure 30. Carte présentant les trois principaux groupes de maille distingués suite à l'analyse en cluster présentée à la Figure 29.

La Figure 31 représente les sous-groupes observés au sein du groupe B1, qui couvre la quasi-totalité de notre zone d'étude. Un premier embranchement sépare une partie côtière (B1A) d'une partie continentale (B1B). Au sein du groupe côtier (B1A), deux ensembles peuvent être reconnus sur base d'une limite située entre le massif du Chaillu et les Monts de Cristal. Les divisions observées au sein de ces groupes ne semblent pas pouvoir être mises en relation avec des limites phytogéographiques connues.

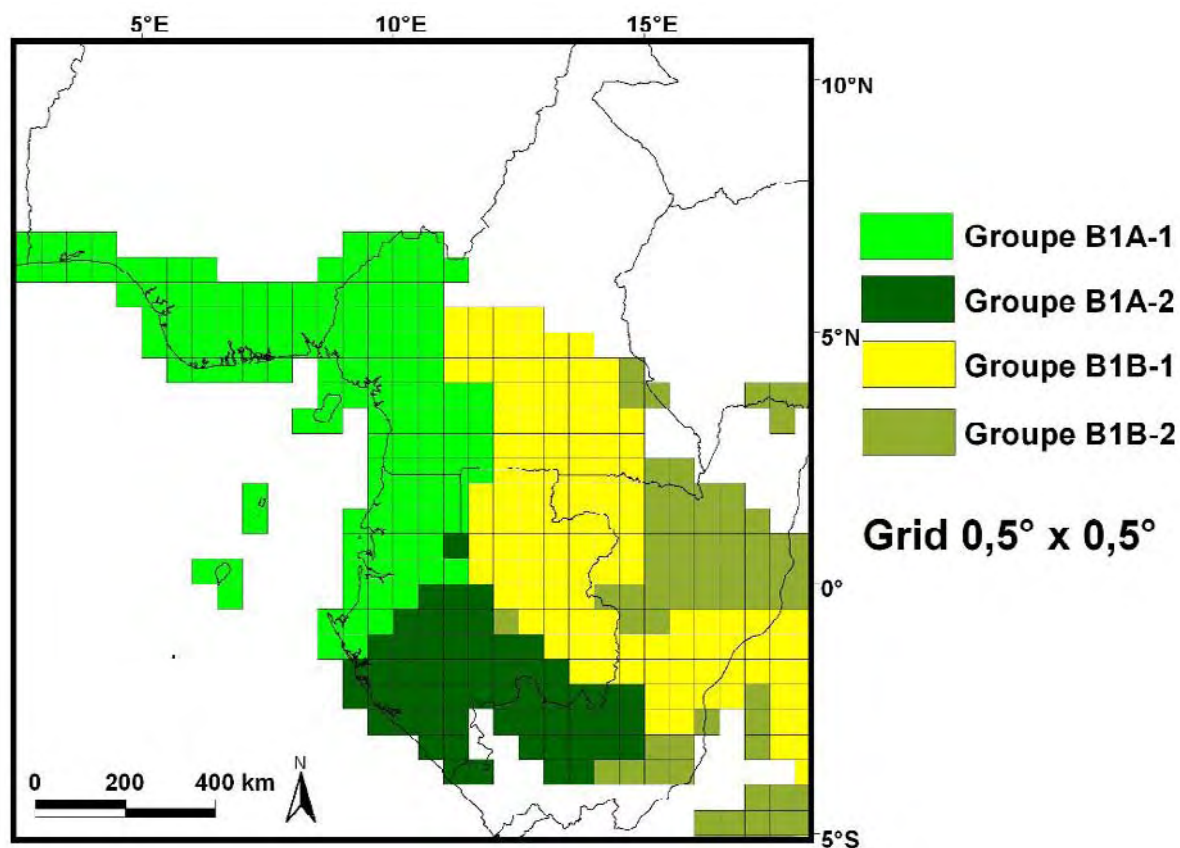


Figure 31. Carte présentant les sous-groupes du groupe B1 (voir Figure 29 et Figure 30).

5. Discussion



Polystachya supfiana Schltr.

5. DISCUSSION

5.1 La disparité du taux d'endémisme au sein des pays d'ACA

L'étude de l'endémisme tout comme la révision taxonomique à l'échelle d'une entité administrative (pays, département, etc.) n'a que peu de sens. En effet, le plus souvent les limites administratives ne correspondent pas aux facteurs écoclimatiques qui régissent la distribution des organismes vivants. Par contre, l'étude de la distribution de la biodiversité à l'échelle d'un pays a son importance dans une optique de conservation. En effet, un grand nombre de décisions pour la délimitation et la gestion des aires protégées est pris au niveau national (Ceballos & Brown, 1995). De fait, les 192 pays ayant signé la Convention sur la diversité biologique possèdent des points focaux. Ces derniers sont chargés de mettre en œuvre des stratégies et des plans nationaux pour la sauvegarde de la biodiversité, ainsi que d'encourager la collaboration entre les scientifiques et les hommes politiques. Les universités et les centres de recherche localisés dans ces pays sont également subsidiés au niveau national. Pour conserver la diversité des Orchidaceae à l'échelle de l'Afrique centrale, il est donc indispensable d'identifier les pays ou les territoires politiques qui présentent une biodiversité remarquable et complémentaire.

Nous avons montré que les taux d'endémisme stricts les plus importants s'observaient à São Tomé (20,2 %) et au Cameroun (11,9 %) (Tableau 13). Lorsque l'on calcule ces taux par rapport aux taxons endémiques d'ACA, ces deux entités présentent toujours les taux d'endémisme les plus élevés. Cependant, Bioko et le Rio Muni qui présentaient des taux d'endémisme stricts faibles présentent maintenant des valeurs comparables à celles de Príncipe.

Tableau 13. Taux d'endémisme (%), altitudes maximales (m), superficie des terres immergées (km²) et pourcentage des terres occupées par les forêts des entités administratives d'ACA. Les taux d'endémisme sont calculés sur base des taxons endémiques stricts des pays ou des taxons endémiques d'ACA mais toujours par rapport à la flore totale des pays (voir Tableau 10). Les valeurs d'altitude et de superficie des terres immergées ou occupées par la forêt sont reprises du point 2.1.2.

	Taux d'endémisme (taxons endémiques stricts des pays)	Taux d'endémisme (taxons endémiques d'ACA)	Altitude maximale	Superficie des terres immergées	Pourcentage couvert par les forêts
Cameroun	11.9 %	28.9 %	4095	469 440	50.8 %
République Centrafricaine	1.2 %	4.1 %	1420	622 984	36.8 %
Nigeria	2.7 %	13.3 %	2419	910 768	14.8 %
São Tomé	20.2 %	34.6 %	2024	854	27.0 %
Príncipe	7.0 %	22.5 %	948	136	
Gabon	6.0 %	18.4 %	1000	257 670	84.7 %
Guinée Equatoriale (Rio Muni)	2.7 %	20.3 %	1200	26 000	62.5 %
Guinée Equatoriale (Annobón)	5.3 %	10.5 %	655	17	
Guinée Equatoriale (Bioko)	3.1 %	21.4 %	3008	2017	
République du Congo	3.5 %	6.1 %	903	341 500	64.6 %

Bien qu'il existe une forte relation aire/espèce pour les Orchidaceae au sein de neuf sites d'ACA ($R^2 = 0,91$; Stévant 2003), le nombre de taxons endémiques de l'ACA observés au sein de leurs différentes entités administratives n'est pas significativement lié à leurs superficies ($R^2 = 0,21$; $P = 0,179$, Figure 32A). Il en est de même pour la variation du nombre de taxons endémiques en fonction de la superficie couverte par les forêts dans chacun des pays d'ACA ($R^2 = 0,19$; $P = 0,202$, résultat non présenté). Par contre, l'altitude maximale observée dans chacune de ces entités est significativement liée à la richesse en endémiques ($R^2 = 0,47$; $P = 0,027$, Figure 32B).

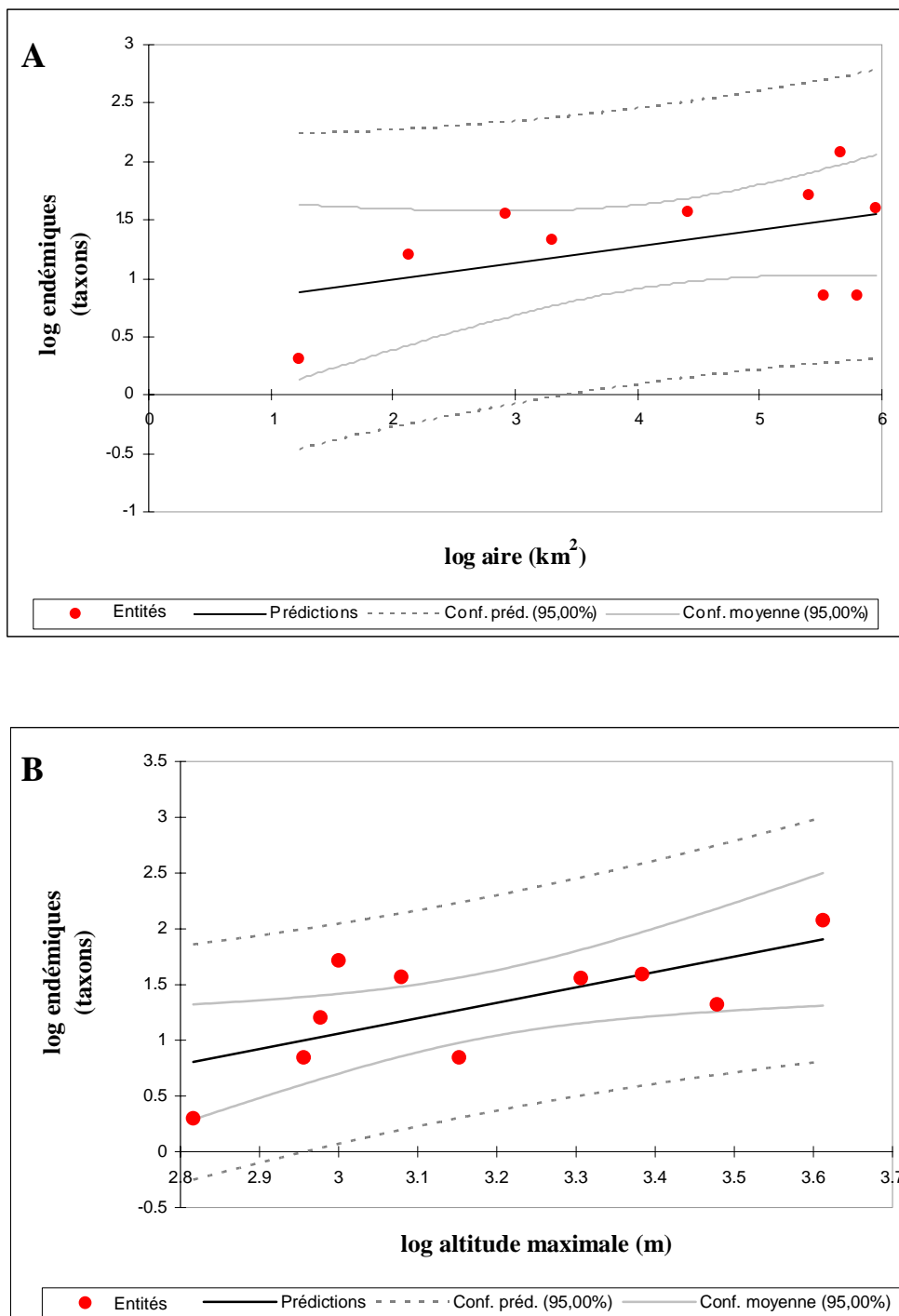


Figure 32. Relation entre (A) l'aire et (B) l'altitude maximale des dix entités administratives reconnues en ACA et le nombre de taxons d'Orchidaceae endémiques d'ACA. Les données proviennent du Tableau 13.

Il existe rarement une seule cause pour expliquer qu'un pays ou une région présente un taux d'endémisme ou une concentration en taxons endémiques plus élevé que son voisin. En réalité, trois facteurs principaux permettent d'expliquer la variation du nombre de taxons endémiques et des taux d'endémisme respectifs observés pour chacun des pays d'ACA:

- La **disparité des inventaires** et donc le manque de données floristiques pour certaines régions sont souvent avancés pour expliquer les différences observées entre les pays d'une même région, qui présentent souvent un même climat. Ainsi, pour l'Afrique subsaharienne Kuper *et al.* (2006) ont montré, en modélisant la distribution de près de 6000 espèces, que plusieurs zones pourraient se révéler beaucoup plus diversifiées qu'elles ne le sont actuellement documentées. Une grande partie du domaine bas-guinéen apparaît dans cette étude comme sous inventoriée. Au sein de cette région, le Cameroun, le Gabon et la République du Congo sont principalement concernés. Dès lors, nous développons dans les perspectives de cette recherche (point 6.2.3) les sites qui nous semblent les plus intéressants à étudier.
- La **diversité en habitats** explique également les taux d'endémisme plus élevés observés pour certains pays d'ACA. Celle-ci, souvent liée à la présence des montagnes et des gradients environnementaux qui y sont associés, a certainement permis une spéciation plus importante des Orchidaceae dans certaines zones. C'est le cas du Mont Cameroun, des hauts plateaux de l'ouest du Cameroun ainsi que des îles de Bioko et São Tomé. Ces massifs montagneux, les plus importants d'ACA en terme de superficie et d'altitude, présentent des habitats propices à la fois aux Orchidaceae épiphytes (forêt de plaine, forêts submontagnarde et montagnarde) et aux Orchidaceae terrestres (prairies d'altitude). Au Cameroun, nous avons ainsi montré que la proportion en Orchidaceae terrestres par rapport aux épiphytes augmente avec l'altitude (Figure 33). De plus, à ce gradient d'altitude s'ajoute un gradient latitudinal assez marqué qui fait que l'on y observe sur l'ensemble du pays un nombre plus important de formations végétales que dans les autres pays d'ACA.

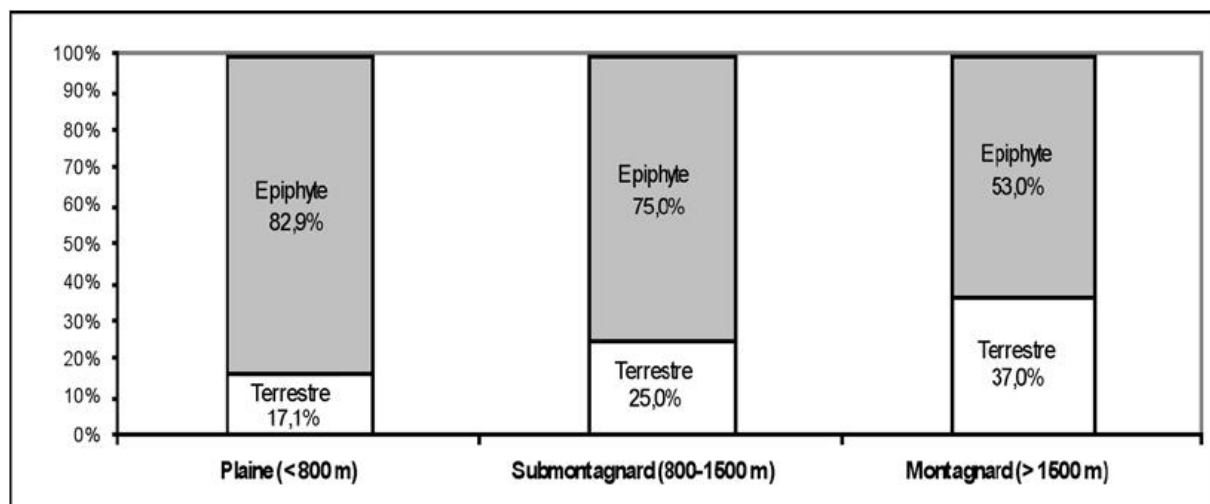


Figure 33. Répartition des taxons strictement épiphytes (72 taxons) ou terrestres (27 taxons) retrouvés dans des habitats de plaine (< 800 m), submontagnards (800 à 1500 m) ou montagnards (> 1500 m) au Cameroun. Certains taxons sont parfois présents dans deux habitats. Figure reprise de Droissart *et al.* (2006).

Des taux d'endémisme sensiblement plus faibles s'observent au Nigeria, en République Centrafricaine et au Congo. En plus du sous échantillonnage s'ajoute également une plus faible variété d'habitats et de conditions climatiques favorables aux Orchidaceae. Le Nigeria

et la République Centrafricaine présentent un pourcentage moindre de superficie occupée par la forêt dense humide (Tableau 13). C'est au Nigeria qu'on observe le taux de déforestation le plus élevé de ces dernières années (23 % entre 1990 et 2000; WRI, 2008). Il est donc fort probable que ce taux d'endémisme plus faible reflète également la superficie réduite de milieux naturels restants.

(1) Les **fluctuations historiques du climat** sont le troisième facteur permettant d'expliquer les disparités de l'endémisme en ACA. Cependant, ce facteur semble fortement lié aux gradients environnementaux actuels. Il est donc difficile de discerner l'importance respective de ces deux facteurs. La présence simultanée de zones où ont pu se réfugier les végétations de plaine et de montagne a certainement contribué aux taux d'endémisme élevés observés à São Tomé et au Cameroun. Le taux d'endémisme remarquable de São Tomé, deux fois plus élevé que celui du Cameroun, a été accentué par le phénomène d'insularité. De plus, il pourrait s'expliquer par le fait que l'activité volcanique de São Tomé se serait arrêtée plus tôt que sur les autres îles (Exell, 1958), permettant ainsi un développement plus précoce de la végétation.

A l'exception du relief nettement plus élevé le long de la dorsale camerounaise, les conditions climatiques et topographiques du Cameroun semblent être assez similaires à celles du Gabon et du Rio Muni. Ainsi, les faibles taux d'endémisme stricts observés pour ces deux pays pourraient trouver une explication supplémentaire. Ce nombre moins élevé d'endémiques stricts au Gabon et surtout au Rio Muni (Guinée Equatoriale) s'expliquerait par le fait que, durant les dernières glaciations, un refuge forestier s'étendait de manière presque continue sur une bande côtière allant du sud Cameroun jusqu'au sud du Gabon (Stévant, 2003). Notre étude biogéographique basée sur la distribution des taxons endémiques d'ACA appuie cette hypothèse en montrant que 2 genres et 49 taxons présentent une distribution restreinte à cette bande côtière (Figure 23) qui correspond au centre d'endémisme observé sur la partie littorale de ces trois pays (point 4.3.1). Le Gabon et la Guinée Equatoriale partageraient dès lors leur principale aire d'endémisme avec le Cameroun; l'endémisme au niveau des pays étant donc limité. Le taux d'endémisme plus important du Cameroun s'expliquerait par la présence d'une deuxième aire d'endémisme importante en son sein, et qui serait limitée essentiellement à l'ouest de ce pays.

5.2 **L'étude des plantes rares et l'importance de l'échantillonnage sur la perception des gradients de diversité**

5.2.1 **Les Orchidaceae, des plantes rares?**

Pour qualifier la rareté d'une espèce, trois composantes peuvent être considérées (Cunningham & Lindenmayer, 2005): la spécialisation au sein des habitats, la distribution géographique et l'abondance locale. En terme d'abondance et d'aire de distribution, la majorité des taxons retenus pour notre étude peuvent être considérés comme rares. La Figure 34 montre l'abondance des 193 taxons dont nous avons pu étudier la distribution. Parmi ceux-ci, la grande majorité est connue de moins de 10 échantillons (148 taxons, 77 %). Ce nombre d'échantillons représente le nombre maximum de localités dans lesquelles un taxon a été récolté. Bien souvent ce nombre est inférieur. En effet, les 1602 échantillons utilisés ont été collectés dans 812 localités distinctes. Certains taxons ont donc été collectés plusieurs fois dans la même localité. Ainsi, 40 taxons considérés ici ne sont connus que d'une seule localité.

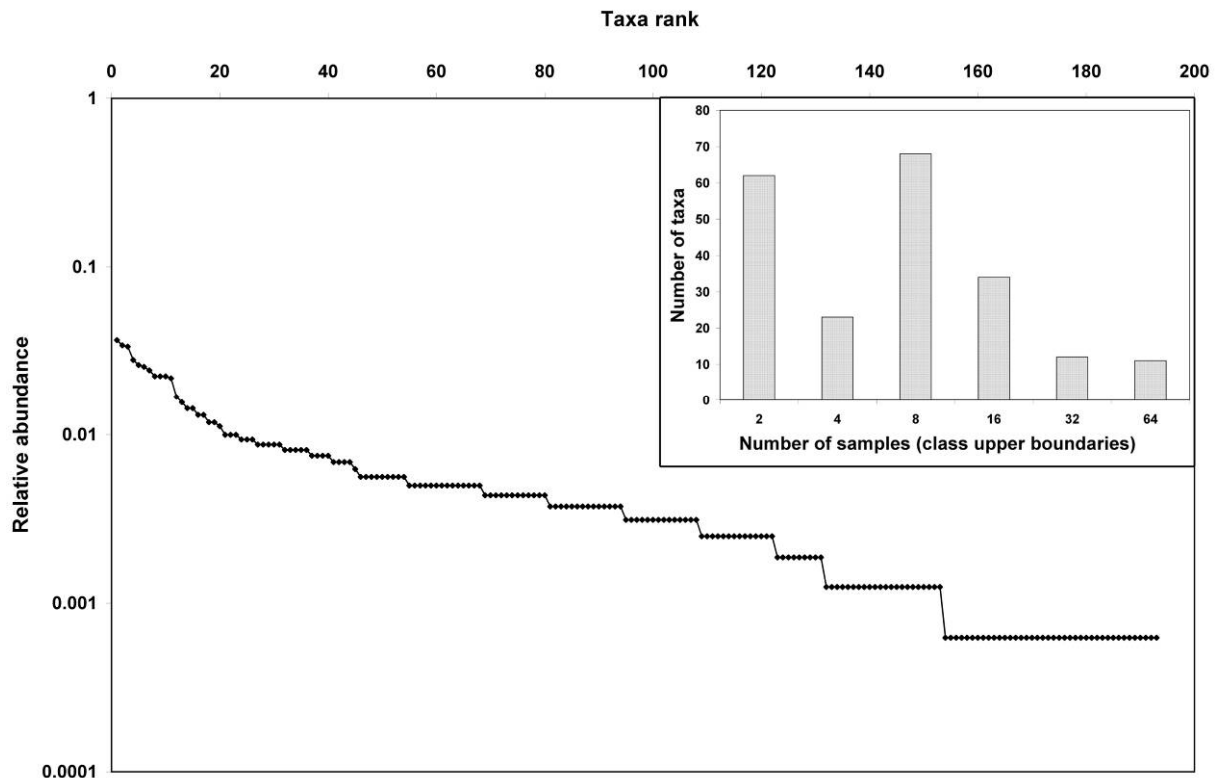


Figure 34. Abondance des 193 Orchidaceae considérées dans notre analyse biogéographique (point 4.3) sur l'ensemble de l'ACA. Le graphique principal présente l'abondance relative (rang/abondance relative) en terme d'échantillonnage; les taxons sont classés du plus abondant (plus d'échantillon récolté) au moins abondant. L'abondance de toutes les espèces vaut 1 et l'abondance relative de chaque taxon est donnée comme le nombre d'échantillons du taxon divisé par le nombre total d'échantillons. Le deuxième graphique (inclus) donne le nombre de taxons observés par classes d'abondance qui sont définies sur une échelle logarithmique (\log_2).

Les caractéristiques biologiques qui permettent la distinction entre espèces rares et communes ont été résumées par Gaston & Kunin (1997). Selon ces auteurs, les espèces rares ont tendance à avoir des capacités de reproduction et de dispersion faibles, à être plus pauvres génétiquement, à être moins compétitives, plus spécialisées dans l'exploitation des ressources (et associées à des ressources rares). Cependant, aucune de ces caractéristiques n'a encore été quantifiée sur les taxons considérés pour notre étude. Ces caractéristiques propres à chaque espèce comme son habitat, la taille de l'espèce ou encore son mode de vie ont une influence sur la perception de son abondance et donc sur sa rareté. Un taxon comme *Habenaria mannii*, une orchidée terrestre en prairie montagnarde avec une inflorescence de près de 20cm et qui présente jusqu'à 25 fleurs, sera plus facilement échantillonné qu'un *Stolzia repens* var. *cleistogama*, épiphyte en forêt dense avec une inflorescence de moins de 5mm ne présentant qu'une seule fleur.

L'étude de ces taxons rares est d'un intérêt certain car ils représentent une part importante de la diversité des écosystèmes terrestres (Myers *et al.*, 2000). Bien que la rareté ne soit pas liée à la disparition future d'une espèce, elle est associée à une probabilité plus élevée d'extinction et est donc utilisée par l'IUCN comme une indication de la vulnérabilité d'une espèce (IUCN, 2001; IUCN & SSC, 2006). Les espèces rares sont, par définition, peu abondantes dans les habitats qu'elles occupent et, par conséquent, elles peuvent être facilement masquées par des espèces plus communes lors de l'évaluation de la diversité. Il a été montré depuis longtemps que la majorité des écosystèmes présentent plus d'espèces rares que d'espèces communes (Preston, 1948; MacArthur & Wilson, 1967, Gaston, 1994). Ces

espèces rares apportent dès lors une contribution importante à la diversité biologique d'une zone. L'étude de leur distribution en corrélation avec l'environnement peut donc permettre de mieux appréhender les facteurs qui influent sur la vulnérabilité des écosystèmes (Gaston, *op. cit.*).

5.2.2 L'influence des biais d'échantillonnage sur la perception de la diversité en ACA

Vingt-cinq centres de diversité végétale les plus menacés à l'échelle de la planète ont été identifiés par Myers *et al.* (2000). Ces "hotspots" jouent depuis lors un rôle crucial au niveau des stratégies internationales de conservation. Ils ont été définis sur base de deux critères principaux: la concentration d'espèces à distribution restreinte et les menaces, souvent anthropiques, qui pèsent sur cette composante de la diversité. En pratique, ils sont définis comme des aires présentant moins de 30 % de végétation primaire intacte et avec au moins 0,5 % de la flore mondiale qui en est endémique. Actuellement, ces "hotspots" deviennent assez bien documentés en raison de leur popularité auprès des biologistes, mais aussi parce que le facteur 'pression anthropique' qui entre dans la définition de ces zones est généralement associé à des facilités d'accès.

Récemment, Küper *et al.* (2004) ont redéfini des "hotspots" pour l'Afrique subsaharienne sur base de la distribution de près de 6000 espèces végétales dans des mailles de 1 degré de côté. Pour ces mailles, ils ont calculé un indice qui tient compte du nombre et de la distribution des espèces présentes dans chacune des cellules (le 'Weighted Endemism index', voir point 3.2.1) ainsi qu'une mesure de l'impact de l'homme ('Human Footprint'). Plusieurs de ces "hotspots" redéfinis de la sorte sont par contre faiblement documentés et/ou protégés. Küper *et al.* (*op. cit.*) ont également montré que ces derniers ne se recoupaient qu'à 48 % avec ceux de Myers *et al.* (*op. cit.*). C'est le cas d'une grande partie de l'ACA et plus précisément des forêts qui vont du massif de Ngovayang (sud ouest du Cameroun) au Mayombe (sud de la République du Congo).

Nous avons calculé le 'Weighted Endemism index' avec les données de distribution des Orchidaceae endémiques d'ACA (Figure 35B). Bien qu'il permette de prendre en compte l'aire de distribution des taxons considérés pour chacune des mailles, cet indice ne corrige pas les biais potentiels liés à l'effort d'échantillonnage. En effet, la corrélation entre les valeurs de cet indice et le nombre d'échantillons récoltés est même plus élevée (r de Pearson = 0,941; $P < 0,0001$) que celle observée entre le nombre de taxons et le nombre d'échantillons (point 4.3.1.1). Cette forte corrélation entre l'échantillonnage et les valeurs obtenues avec ces données brutes impose donc la prudence dans l'interprétation des Figures 35A et 35B. Par exemple, les valeurs observées pour les mailles situées sur l'île de Bioko (nombre d'endémiques = 23; WE = 7,4), le massif du Chaillu (nombre d'endémiques = 20; WE = 5,7) ou le massif du Mayombe (nombre d'endémiques = 3; WE = 0,9) sont très vraisemblablement inférieures à la réalité.

Néanmoins, par rapport au calcul du nombre de taxons endémiques par maille, le 'Weighted Endemism index' permet de mettre en évidence certains sites qui présentent une concentration plus importante en taxons à distributions restreintes. Par exemple, la maille dans laquelle est située Bélinga (nord-est du Gabon) et celle qui contient la réserve du Dja (sud du Cameroun) ont presque le même nombre de taxons endémiques d'ACA (respectivement 8 et 7 taxons) mais le 'Weighted Endemism index' est beaucoup plus élevé pour la maille contenant Bélinga. Ceci souligne l'importance de la flore de cette localité qui,

contrairement à la réserve du Dja, n'a pas encore été spécifiquement inventoriée pour les Orchidaceae. Cet indice met également l'accent sur l'endémisme strict plus marqué de l'île de Príncipe si l'on fait par exemple la comparaison avec les mailles du continent qui présentent le même nombre de taxons récoltés.

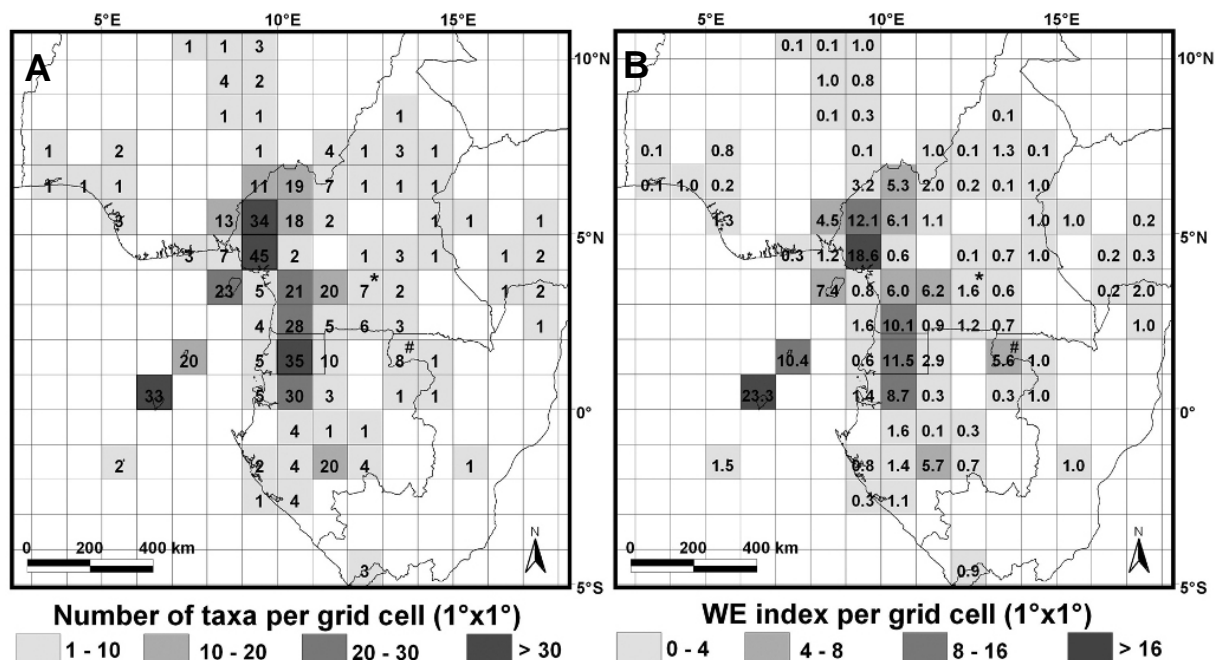


Figure 35. Nombre de taxons (A) et 'Weighted Endemism index' (WE) (B) dans des mailles de un degré de côté. Au total, 1602 échantillons sont pris en compte représentant 193 taxons d'Orchidaceae endémiques d'ACA. Les caractères '*' et '#' indiquent respectivement la maille contenant la réserve du Dja et celle contenant Bélinga. La Figure 35A est identique à la Figure 20B, mais elle est reprise ici pour faciliter les comparaisons.

Par ailleurs, nous avons étudié la localisation des centres d'endémisme des Orchidaceae et des Rubiaceae au Cameroun (point 4.2.1) et des Orchidaceae en ACA (point 4.3.1) en corrigeant les biais potentiels liés à l'échantillonnage, en utilisant ici une méthode de rééchantillonnage des données. Nos résultats montrent qu'une grande partie de la zone côtière située au sud de la rivière Sanaga est aussi riche en taxons endémiques que la partie nord. Récemment, Mutke & Barthlott (2005) ont publié une carte montrant des patrons similaires pour la richesse spécifique des plantes vasculaires (Figure 36). Cependant, le Mont Cameroun et toute la partie ouest du Cameroun (nord de la Sanaga) ont été identifiés à de nombreuses reprises comme les principaux "hotspots" d'Afrique centrale et de l'ouest (Barthlott *et al.*, 1996; Myers *et al.*, 2000; Ormes *et al.*, 2005). De plus, suite aux travaux de Myers *et al.* (*op. cit.*), de nombreuses cartes des "hotspots" produites délimitent pour l'Afrique tropicale une zone s'étendant de la Guinée Conakry et la Sierra Leone à l'est jusqu'à la rivière Sanaga au Cameroun (Figure 37). L'attrait que représentent ces zones pour la communauté scientifique a contribué à y focaliser l'attention des chercheurs mais aussi des pouvoirs politiques. Ceux-ci ont ainsi délaissé d'autres régions qui présentent certainement autant d'intérêt pour la conservation, même si celles-ci peuvent actuellement paraître moins vulnérables. L'endémisme élevé qui est mis en évidence au sud de la Sanaga pour les Orchidaceae y indique la présence d'une flore unique et donc irremplaçable. Ceci devrait inciter à son étude plus approfondie et immédiate avant que les activités anthropiques ne viennent dégrader ces forêts comme c'est le cas dans la plupart des forêts d'Afrique de l'ouest.

Les résultats obtenus en tenant compte de l'effort d'échantillonnage montrent une nouvelle fois (Prendergast *et al.*, 1993; Stockwell & Peterson, 2002; Hortal *et al.*, 2007) que

les données brutes, comme nous les avons appelées, doivent être interprétées et utilisées avec prudence, et à plus forte raison, lorsqu'elles couvrent des zones où la biodiversité est très élevée. En effet, dans ces zones, un échantillonnage homogène et complet est très difficile à réaliser tant les moyens financiers et humains à mettre en œuvre sont importants.

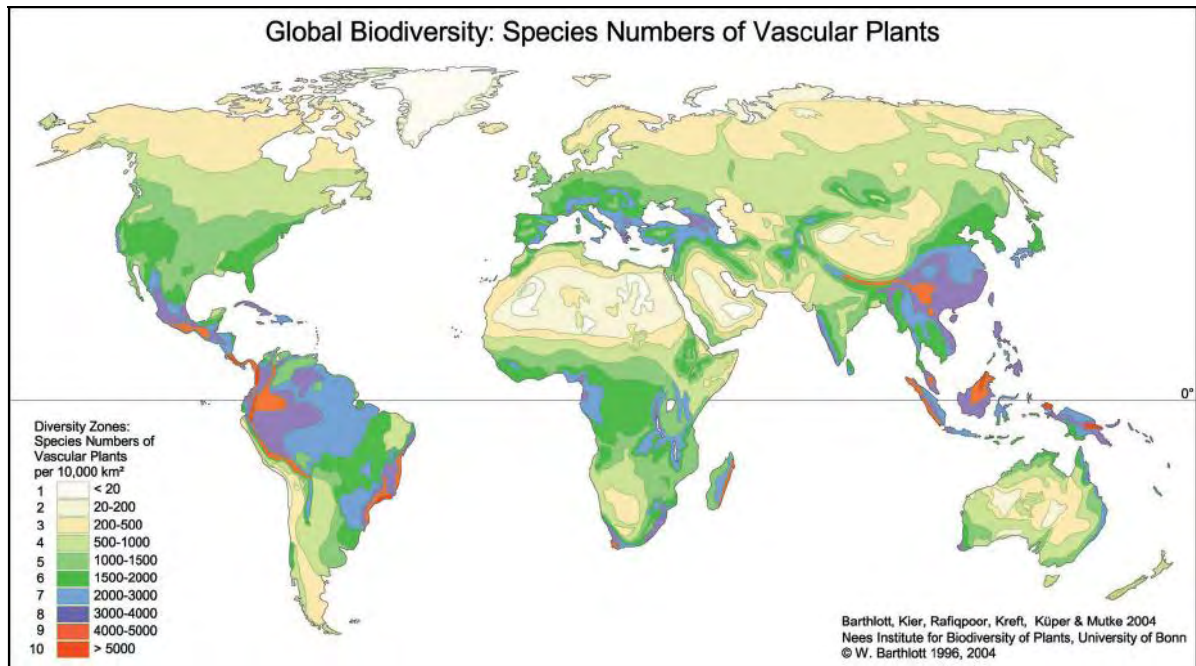


Figure 36. Répartition mondiale de la richesse spécifique des plantes vasculaires (Mutke & Barthlott, 2005).

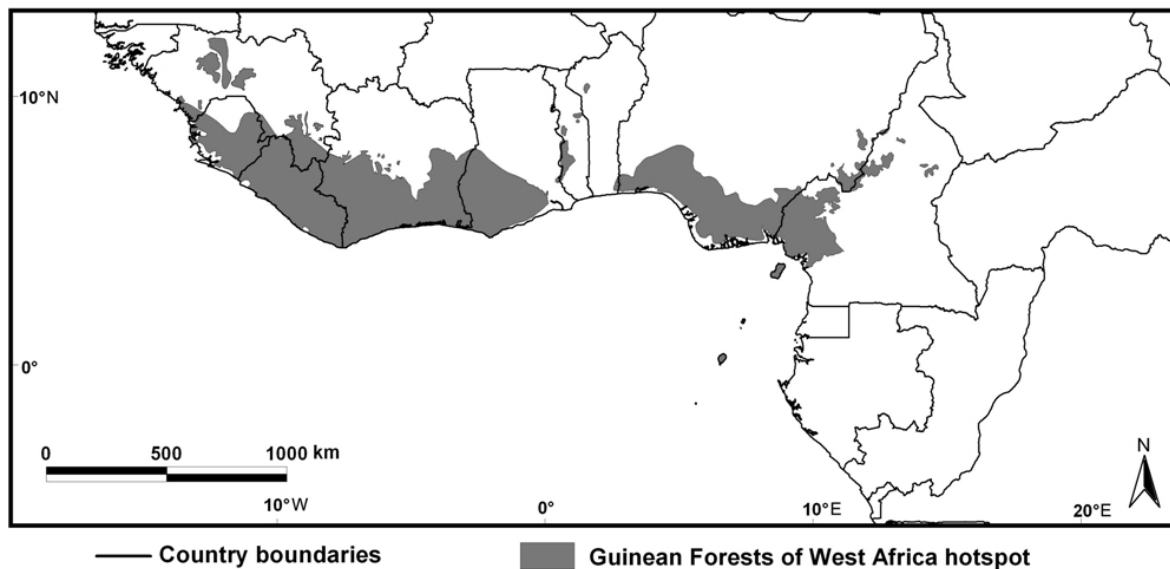


Figure 37. Délimitation du "hotspot" situé sur l'Afrique tropicale de l'ouest (Conservation International, 2004).

5.2.3 Peut-on utiliser la distribution potentielle pour améliorer nos connaissances de la distribution des plantes rares?

Au cours des dix dernières années, la distribution potentielle a largement été utilisée en biogéographie, en écologie et dans le domaine de la conservation (Guisan & Zimmermann, 2000; Araùjo & Guisan, 2006). Son utilisation nous a notamment permis:

- L'identification de **zones potentiellement intéressantes** là où un échantillonnage de terrain est trop coûteux et souvent très peu rentable dans le cas d'espèces rares. Les inventaires floristiques ont une efficacité très limitée pour les espèces rares. En effet, les sites d'échantillonnage, très souvent choisis aléatoirement ou en fonction des infrastructures d'accès, n'ont que de faibles chances d'abriter ces espèces (Guisan *et al.*, 2006). En Afrique, la distribution potentielle est donc très intéressante car de nombreux sites sont encore peu inventoriés essentiellement en raison de leur difficulté d'accès (Küper *et al.*, 2006). Pour les Orchidaceae épiphytes, ce phénomène est accentué par la difficulté d'accès à la canopée. Ainsi, malgré des efforts importants d'encodage et de digitalisation des herbiers (point 4.1), la distribution de plusieurs Orchidaceae considérées dans cette étude reste encore incomplète. En modélisant la distribution potentielle de *Diceratostele gabonensis* nous avons démontré que, sur base d'anciennes collections, il aurait été possible de prédire à l'avance les endroits où elle a été dernièrement récoltée (point 4.2.3). Les cartes de distribution potentielle des 60 taxons présentés à l'Annexe 4 permettront dès lors d'explorer les données brutes au regard des facteurs environnementaux et de cibler d'autres inventaires. Les données de distribution obtenues peuvent également être utilisées dans le cadre de l'évaluation du statut de conservation des espèces.
- L'**étude des habitats préférentiels et de l'écologie potentielle** des espèces. La distribution potentielle des espèces permet l'extrapolation d'un nombre relativement faible d'observations faites sur son habitat potentiel. Comme nous l'avons montré avec *Diceratostele gabonensis*, ces renseignements complémentaires fournis par les modèles de distribution potentielle sont intéressants pour identifier les principaux facteurs qui régissent la distribution des espèces. En effet, les résultats donnés par le logiciel Maxent permettent d'analyser la contribution relative des différents facteurs utilisés lors de la modélisation.

En dépit de ces apports pour la connaissance et la conservation de la flore africaine, l'application des modèles de distribution potentielle à notre jeu de données a posé plusieurs problèmes:

- Les **biais d'échantillonnage** ont une influence sur la modélisation. Pour appliquer les modèles de distribution potentielle d'une manière statistiquement fiable, il est nécessaire d'assumer que la distribution de l'échantillonnage et la distribution de l'espèce modélisée ne sont pas corrélées (Dudík *et al.*, 2005). En réalité, la majorité des inventaires sont faits dans des localités faciles d'accès (proximité de route, grandes villes, voies navigables,...). Les voies navigables ou les routes sont très souvent corrélées avec la topographie, laquelle influence la distribution des espèces. De la même manière, les régions où nous avons réalisé des inventaires les plus complets pour les Orchidaceae induisent des biais qui ont une influence sur la modélisation. Ces zones dont nous connaissons suffisamment la flore sont rares, elles obtiennent donc souvent des valeurs de prédiction plus élevées que les zones où nous avons peu d'informations car elles abritent un plus grand nombre

d'observations. C'est le cas par exemple de *Cyrtorchis letouzeyi* (voir la carte à l'Annexe 4) dont nous disposons plus de données pour la réserve de faune du Dja que partout ailleurs. Quelques études récentes ont proposé des méthodologies pour prendre en compte ces biais d'échantillonnage (Dudík *et al.*, *op. cit.*; Phillips & Dudík, 2007). Ces méthodes, que nous n'avons pas développées ici, sont encore à un stade très théorique et n'ont, à notre connaissance, pas encore été appliquées en dehors des articles où elles sont décrites. Dans le cas de la modélisation de *Diceratostele gabonensis*, nous avons réduit le nombre de points utilisés dans les zones visiblement suréchantillonnées. Cependant, ce type de correction pose la question de la sélection des points à garder pour la modélisation.

- Segurado & Araújo (2004) ont montré que la **modélisation était fortement dépendante de la distribution géographique et de l'écologie des espèces considérées**. Selon Hernandez *et al.* (2006) les espèces les plus faciles à modéliser sont celles qui ont une distribution géographique restreinte et une amplitude écologique limitée. Ces constatations devraient donc amener à la prudence dans l'interprétation si la modélisation est utilisée pour déduire des patrons phytogéographiques. En effet, notre jeu de données complet est composé d'une majorité de taxons à distribution restreinte (les endémiques des territoires phytogéographiques) et d'une minorité de taxons à répartition plus grande (les taxons de liaison et les taxons à large distribution). La sélection des taxons avec un nombre minimum d'échantillons nous a amené à modéliser une majorité de taxons de liaison ou à large distribution. Parmi les taxons modélisés, 11 ont une large distribution, 25 font le lien entre deux territoires et 24 sont endémiques d'un des dix territoires phytogéographiques identifiés. Or, la phytogéographie s'intéresse essentiellement aux endémiques stricts qui sont utilisés pour définir le territoire phytogéographique (son élément). Ce sont justement ces espèces qui sont les plus difficiles à modéliser, à l'exception notable des espèces possédant un habitat très spécifique, comme les espèces submontagnardes. La distribution potentielle apparaît donc comme un outil assez performant pour définir l'élément et les limites des grands ensembles phytogéographiques (zone continentale, zone côtière), mais paraît fort limitée pour cibler des petites zones chorologiques caractérisées par des microendémiques.
- La distribution potentielle ne tient pas compte des **paramètres historiques ou stochastiques**. Cependant, dans notre zone d'étude, les refuges (paramètres historiques) semblent étroitement liés à des paramètres environnementaux actuels (présence d'une chaîne de montagne le long de l'océan qui induit une forte humidité). Notre modèle semble donc être indirectement corrélé aux paramètres historiques.
- Le fait de modéliser la distribution de taxons présentant peu d'herbiers/localités de récolte (minimum de 5 localités dans notre cas) pose des problèmes pour l'**évaluation statistique des modèles**. Lorsque l'on dispose de suffisamment de données de distribution, on divise généralement le jeu de données aléatoirement en deux groupes: le premier sert à la modélisation et le second à l'évaluation du modèle obtenu. Ceci ne peut être effectué avec des plantes rares, celles qui ont justement besoin d'être modélisées. Récemment, Pearson *et al.* (2007) ont proposé une méthode de validation (jackknife) qui peut être utilisée pour évaluer des modèles construits avec un très petit jeu de données. Cependant nous n'avons pas encore pu l'implémenter en routine lors de la modélisation de nos taxons.
- L'**absence de couches traduisant certains paramètres environnementaux** lors de la modélisation est un autre facteur important. Ainsi, pour le massif du Chaillu, il est difficile de prendre en compte l'effet du relief (très vallonné) sur la rétention de l'eau et de l'humidité. Cette région constitue probablement la plus grande zone refuge de l'ACA, mais les précipitations actuelles sont assez limitées. Par contre, l'humidité atmosphérique y est très prononcée, ce qui expliquerait son rôle de refuge forestier. L'influence de l'homme, dans le maintien de certaines savanes par exemple, est également un facteur

difficile à prendre en compte dans la modélisation. Pourtant, il est maintenant clair que l'homme a de tous temps modifié les forêts d'Afrique centrale et est responsable de la distribution d'un grand nombre de plantes, en particulier les grands arbres (le Moabi par exemple).

- Le seuil à considérer pour transformer les données de présence potentielle en variable binaire (présence-absence) est un problème difficile à traiter. Dans ce travail nous avons toujours utilisé comme seuil la plus petite valeur prédictive obtenue pour les points d'occurrence connue (en anglais Lowest Presence Threshold=LPT). Bien que ce seuil présente l'avantage d'avoir une interprétation aisée, il ne semble pas être le plus approprié pour tous les taxons modélisés. Dans plusieurs cas, l'utilisation d'un LPT très faible implique que l'aire de distribution potentielle obtenue couvre une grande partie de la zone d'étude.

5.3 Phytogéographie des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique

5.3.1 Les Orchidaceae pour identifier les territoires phytogéographiques d'ACA

Plusieurs caractéristiques ont été proposées pour définir des 'bons' indicateurs chorologiques (Rukolainen, 1996). Ceux-ci doivent être (i) faciles à reconnaître sur le terrain, (ii) faciles à inventorier, (iii) suffisamment riches en espèces pour refléter différents types de distribution et de réponses aux gradients écologiques, (iv) suffisamment pauvres en espèces pour permettre des travaux de terrain et de laboratoire rapides, (v) présents dans toute l'aire étudiée, et (vi) aussi représentatifs que possible des patrons de distribution de l'entière de la flore. Ces caractéristiques ont été discutées pour les Orchidaceae par Stévant (2003). Bien que les Orchidaceae présentent des caractéristiques qui peuvent rendre leur étude difficile, comme l'identification sur le terrain et leur richesse très élevée, elles possèdent des caractéristiques propres qui les démarquent des autres familles étudiées jusqu'à présent en ACA:

- leur mode de vie majoritairement épiphytique impose des réponses différentes à l'hétérogénéité et aux changements de l'environnement;
- leur mode de dissémination ouvre de nouvelles perspectives sur les causes sous-jacentes à la formation des centres d'endémisme en Afrique;
- la possibilité de les cultiver *ex situ*. Comme l'a souligné Stévant (*op. cit.*), la récolte d'échantillons d'Orchidaceae en Afrique centrale est un travail ardu. Cependant, sur le long terme, elle permet d'obtenir des résultats plus complets que ceux d'autres familles. Avec cette méthode de mise en culture, une visite dans une exploitation forestière permet par exemple de connaître très précisément la flore d'une région déterminée. Ce qui n'est pas le cas avec d'autres familles qui rendent les botanistes dépendants des saisons de floraison et de fructification pour obtenir des herbiers fertiles. Pour ces familles, plusieurs inventaires à des moments différents sont nécessaires pour avoir une bonne connaissance de la flore d'une région donnée. De plus, la mise en culture permet d'obtenir des échantillons fertiles de qualité permettant une identification plus aisée.

Le mode de dissémination des Orchidaceae, l'anémochorie, implique qu'elles sont théoriquement capables de disperser leurs minuscules graines sur de longues distances. On devrait donc s'attendre à ne pas discerner de structure dans leur distribution, du moins pour une structure liée à des paramètres historiques. Sur base de ce critère, les membres de cette famille apparaissent comme de mauvais marqueurs chorologiques. Ils ne devraient pas refléter les mêmes patrons d'endémisme que les autres groupes taxonomiques étudiés jusqu'à présent

(Rubiaceae, *Begonia*, Caesalpinioideae), ceux-ci ayant généralement été choisis pour leurs capacités de dissémination limitées. En effet, ces espèces à faible capacité de dispersion n'auraient pas pu migrer aussi vite que les autres au cours des changements climatiques passés. Elles se sont donc concentrées autour des zones de refuge qui seraient ainsi devenues des centres d'endémisme.

Pourtant, nous avons montré que (i) le taux d'endémisme spécifique des Orchidaceae en ACA (34,8 %) est comparable à celui des autres familles étudiées jusqu'à présent et à celui observé par White (1979), que (ii) la majorité des taxons étudiés sont restreints à des aires bien précises et limitées et enfin, que (iii) plusieurs de ces aires se superposent à celles précédemment identifiées avec les groupes taxonomiques à faible capacité de dispersion et associés aux refuges forestiers. Sur les 193 taxons considérés dans notre étude, seuls 15 taxons ont une large distribution en ACA. Cent trente taxons ont des aires de distribution restreintes à dix zones géographiques bien délimitées (Figure 23) et 48 taxons font le lien entre deux territoires. Ces constats tendent à montrer que le pouvoir de dissémination des graines n'est pas la seule caractéristique à prendre en compte pour expliquer la distribution actuelle des plantes en ACA.

Chez les Orchidaceae, cette capacité de dissémination à longue distance est tempérée par d'autres facteurs qui sont (i) la relation de spécificité épiphyte-phorophyte (Stévant, 2003), (ii) la nécessité d'un champignon symbiotique pour la germination des graines (Ochora *et al.*, 2001; Taylor, 2002), (iii) une forte relation de spécificité entre la plante et son pollinisateur (Dressler, 1993; van der Ginkel, 2001) ou encore (iv) la nécessité de conditions environnementales très strictes (faible gamme de tolérance pour la température minimale et maximale ou pour le taux d'hygrométrie par exemple) et qui entraîne une spécificité pour des habitats moins fréquents que d'autres. Cependant, ces caractéristiques ne sont pas nécessairement observées chez toutes les Orchidaceae.

On peut aussi constater que les groupes choisis pour localiser les refuges sont majoritairement inféodés aux sous-bois de forêts très humides (*Begonia* et Rubiaceae), ou sont caractéristiques de la forêt dense humide (Caesalpinioideae). En fait, il semble que l'écologie de l'espèce soit primordiale pour expliquer sa distribution actuelle. De plus, cette distribution n'a que peu changé au cours du temps, non pas à cause de la faible dissémination des espèces, mais plutôt parce que leur habitat est limité à ces forêts relictuelles dont l'emplacement n'a pas évolué. Ceci rappelle l'hypothèse des forêts climatiquement stables (Lovett & Friis, 1996; Fjeldså & Lovett, 1997), c'est-à-dire de grandes zones au climat peu changeant qui servent de refuge pour des espèces de milieux humides.

On peut aussi émettre l'hypothèse que la plupart des familles inféodées aux forêts denses humides, présentent les mêmes patrons d'endémisme en ACA. Dès lors, seule l'analyse de diversité génétique au sein de population permettrait de reconstruire la dynamique des refuges, et donc l'extension et la régression de la forêt dense en Afrique centrale.

5.3.2 Similitude et apport par rapport aux travaux préexistants

L'ACA est couverte par un vaste massif forestier dont la phytogéographie a souvent été étudiée à l'échelle d'un pays (e.g. Letouzey (1968, 1985) pour le Cameroun, Senterre (2004) pour la Guinée Equatoriale ou encore Caballé (1978) pour le Gabon) mais où peu de synthèses ont été proposées au niveau régional. Senterre (2005) passe en revue la

bibliographie associée à ces travaux régionaux ou plus locaux. Cet auteur a également réalisé la synthèse phytogéographique actuelle la plus complète et la plus détaillée pour la région guinéo-congolaise, et donc pour notre zone d'étude. Une comparaison entre la carte phytogéographique des Orchidaceae (Figures 23 et 41) et celle proposée par Senterre (*op. cit.*) montre plusieurs similitudes:

- les secteurs atlantique et continental du domaine bas-guinéen correspondent assez bien à la distribution des éléments phytogéographiques de ce que nous avons respectivement appelé la bande côtière et le plateau continental;
- au sein du secteur atlantique, il distingue le district littoral qui correspond à l'élément de ce que nous avons ici dénommé la plaine littorale et qui s'étend des côtes jusqu'au pied des premiers reliefs;
- enfin, il regroupe sous un seul type azonal les formations d'altitude qui correspondent chez nous à la région altimontagnarde, aux hauts plateaux de la dorsale camerounaise et aux sommets submontagnards de la chaîne morcelée Ngovayang-Mayombe.

Notre carte se distingue principalement de celle de Senterre (*op. cit.*) en reconnaissant une barrière phytogéographique matérialisée par la rivière Sanaga. Celle-ci était déjà suspectée pour les plantes (Sosef, 1994; Cheek *et al.*, 2001) et sépare ici les forêts d'altitude (submontagnardes et montagnarde) situées sur les deux principales chaînes montagneuses de notre zone d'étude. Il faut néanmoins remarquer que des taxons de liaisons existent entre ces deux entités phytogéographiques. Nous mettons également en évidence une séparation de l'élément de la plaine littorale en une partie située au nord et une partie située au sud de la rivière Sanaga. Ces deux chaînes de montagne semblent avoir eu le rôle de centres distincts de spéciation et/ou d'accumulation d'espèces d'une part, en fournissant un nombre élevé de niches écologiques différentes pour lesquelles les espèces se sont spécialisées et, d'autre part, en jouant le rôle de refuge pour les espèces hygrophiles lors des périodes plus sèches du passé. On peut encore noter que bien que ce couloir matérialisé par la rivière Sanaga semble pauvre en endémiques d'ACA, il n'a également été que peu prospecté jusqu'à présent (points 4.2.1 et 4.2.2).

On remarque également de fortes similitudes entre les aires d'endémisme de notre carte phytogéographique et les limites des écorégions reconnues pour l'ACA (Figure 7). Ces dernières révèlent notamment cet intervalle défini par la rivière Sanaga. Une écorégion est également définie pour les zones d'altitude de la dorsale camerounaise. Par contre l'aire d'endémisme que nous associons à la chaîne morcelée Ngovayang-Mayombe n'est pas représentée sur cette carte des régions écologiques. Cet ensemble de massifs morcelés apparaît néanmoins très important pour expliquer l'endémisme en ACA (point 5.3.2.1).

Le statut phytogéographique de certaines zones reste difficile à définir en raison du manque d'inventaires pour les Orchidaceae. C'est le cas du plateau continental et de l'origine de son élément phytogéographique (un genre et 28 taxons). Sa limite orientale reste par conséquent difficile à définir. Ceci s'explique par le fait que les taxons endémiques qui semblent caractériser ce territoire pourraient à la fois être originaires du domaine bas-guinéen mais également du domaine congolais. On connaît encore mal les Orchidaceae de la cuvette congolaise et il est possible que plusieurs taxons du plateau continental y soient présents. Les inselbergs du plateau continental permettent également d'expliquer la présence de certains taxons endémiques d'ACA dans cette zone. En effet, ceux-ci abritent notamment deux taxons (*Polystachya albescens* Ridl. subsp. *polyphylla* (Summerh.) Stévant et *Polystachya odorata* Lindl. subsp. *gabonensis* (Summerh.) Stévant) strictement inféodés à leurs prairies. Ces taxons

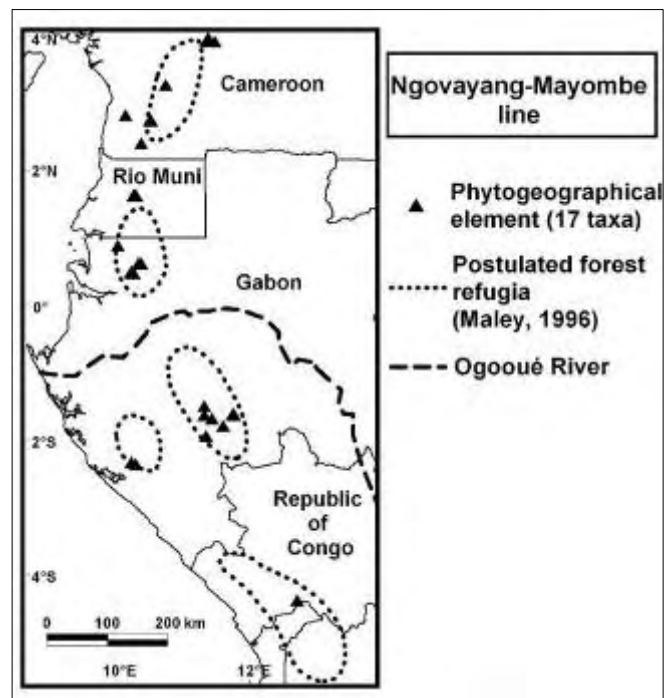
sont vraisemblablement le résultat d'un passage du mode de vie épiphyte au mode de vie terrestre en réponse à des changements climatiques passés. En effet, ces deux taxons sont étroitement apparentés à deux autres taxons strictement épiphytes (*Polystachya albescens* Ridl. subsp. *imbricata* (Rolfe) Summerh. et *Polystachya odorata* Lindl. subsp. *odorata*). Ils sont donc très probablement le résultat d'une spéciation survenue durant les phases plus arides du climat passé (Stévant, 2003) et ont pu se maintenir au sein de la forêt dense grâce aux «îlots xériques» que constituent les prairies des inselbergs.

Notre étude a néanmoins permis de faire progresser nos connaissances des territoires phytogéographiques qui peuvent être reconnus en ACA. Deux cas particuliers ont déjà fait l'objet de nombreux débats dans la littérature, nous apportons ici de nouvelles précisions quant à leur délimitation et leur statut phytogéographique.

5.3.2.1 La chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe

Dix sept taxons considérés dans notre étude sont endémiques d'un ensemble de petits massifs montagneux distribués le long des côtes océaniques. Ceux-ci coïncident avec les zones de refuges forestiers initialement proposés par Maley (1987) qui y postula la persistance de nuages stratiformes durant les phases plus arides associées aux glaciations apportant une source de précipitations dans cet environnement plus frais. Par la suite, ces zones de refuge furent également mises en évidence sur base de la distribution des plantes (Sosef, 1992, 1994, 1996; Robbrecht, 1996). La synthèse de ces travaux a été faite par Maley (1996). Comme l'a suggéré Stévant (2003), mais contre toute attente, les Orchidaceae semblent être de bons indicateurs de ces zones dites de refuge (Figure 38).

Figure 38. Distribution des 17 Orchidaceae endémiques de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe.



En réalité, il semble que ces zones soient également liées à des conditions environnementales particulières qui s'observent encore de nos jours. L'utilisation de la distribution potentielle a en outre permis de délimiter plus précisément cette aire d'endémisme (point 5.3.3; Figure 39B). Selon cette analyse, le refuge situé sur les Monts de Cristal se prolongerait bien au delà au Rio Muni, incluant le PN de Monte Alèn, et s'étend de façon presque continue jusqu'au sud du Cameroun (région de Campo Ma'an). Par contre, on observe une discontinuité entre les Monts de Cristal et le massif du Chaillu. De manière semblable à ce qui s'observe au Cameroun avec la rivière Sanaga, c'est également un cours d'eau important qui matérialise la frontière entre ces deux massifs montagneux, le fleuve Ogooué. Cette discontinuité géographique entre les massifs situés au nord et au sud du Gabon aurait pu servir de barrière chorologique, et pourrait expliquer la présence de taxons vicariants observés pour les Rubiaceae ou les Balsaminaceae dans ces deux régions (Stévant, comm.

pers.). Cependant, dans le cas des Orchidaceae, la présence de refuges disjoints le long de la chaîne Ngovayang-Mayombe ne semble toutefois pas pouvoir être reliée à des phénomènes de spéciation allopatrique. Une même constatation a été observée pour les Begonia. En fait, il semble que contrairement à ce qui s'observe au Cameroun de part et d'autre de la rivière Sanaga, la barrière chorologique localisée sur l'Ogoué n'ait pas été assez importante pour provoquer la spéciation allopatrique. C'est pour cette raison que la chaîne Ngovayang-Mayombe est ici considérée comme formant une seule aire d'endémisme morcelée.

L'observation de la distribution de l'élément de ce territoire phytogéographique (Figure 38) nous permet d'identifier un nouveau site faisant partie du même ensemble. Les massifs de Mbam Minkom, situés à 20 km au nord-ouest de Yaoundé (Cameroun), abritent 11 taxons endémiques du domaine bas-guinéen (Simo *et al.*, sous presse). Sept de ces taxons y ont été récoltés sur les sommets à végétation submontagnarde. Des études réalisées sur la famille des Rubiaceae y ont signalé la présence de plusieurs taxons endémiques (Sonké & Stoffelen, 2004; Sonké *et al.*, 2006; Nguembou, 2006). Il est donc vraisemblable que plusieurs autres collines situées autour de Yaoundé abritent ou aient abrité le même type de végétation relictuelle. Le massif de Mbam Minkom est le seul qui semble encore relativement bien conservé. Cependant, sur la période très courte de nos inventaires (moins de 3 ans), nous avons pu y observer une pression anthropique en constante évolution.

Les centres d'endémisme qui coïncident avec la chaîne montagneuse Ngovayang-Mayombe ne sont vraisemblablement pas uniquement imputables à "l'effet refuge", c'est-à-dire une isolation géographique aboutissant à de la spéciation, mais également les conséquences d'une forte hétérogénéité de l'environnement et de la spécialisation des taxons pour les habitats (parfois rares) qui en découlent. Des variations importantes du climat (essentiellement température et précipitation) sont associées à ces zones de reliefs et certaines conditions climatiques ne sont donc vraisemblablement rencontrées que dans ces massifs. A ce titre, Ohlemüller *et al.* (2008) ont montré que les aires qui présentent beaucoup d'espèces à faible répartition coïncident généralement avec des régions qui présentent des conditions climatiques peu fréquentes. Nous reviendrons sur cette concordance entre les facteurs environnementaux actuels et la distribution de l'endémisme au point 5.3.3.

Si l'on compare les versants exposés de la chaîne Ngovayang-Mayombé avec celui du Mont Cameroun, on observe que ce dernier reçoit une quantité largement plus élevée de précipitations. L'altitude nettement inférieure des massifs de la chaîne Ngovayang-Mayombé (1200 m) par rapport à celle observée sur la dorsale camerounaise (plus de 4000 m) permet d'expliquer ces différences de précipitations. On pourrait donc également s'attendre à ce que la 'barrière' formée par cette chaîne d'altitude plus élevée ait permis le maintien d'une humidité plus importante durant les phases plus arides, favorisant ainsi une subsistance plus marquée des végétations hygrophiles. C'est sans doute en partie le cas. Toutefois la nature et l'origine des roches des deux chaînes montagneuses sont également des paramètres à prendre en compte pour la rétention de l'eau. L'origine plus récente et volcanique du Mont Cameroun fait que celui-ci soit fortement moins érodé et vallonné que les petits massifs de la chaîne Ngovayang-Mayombe. Ces derniers sont parcourus par d'innombrables vallons qui ont une forte influence sur la rétention de l'eau et de l'humidité en général. Bien que difficilement mesurable, les brumes, brouillards et nuages persistants associés à ces vallons sont donc des variables importantes permettant d'expliquer la présence actuelle mais aussi au cours des phases plus arides, de forêts denses très humides le long de la chaîne Ngovayang-Mayombé.

5.3.2.2 *La limite entre les étages submontagnards/montagnards de la dorsale camerounaise et la région altimontagnarde*

One of the most difficult questions to answer about the Afromontane archipelago is ‘Where does it begin?’ (Grimshaw, 2001).

Identifier les relations et les limites entre les étages de végétation est complexe. De manière très simple, Hedberg (1951) distingue trois étages qui peuvent être observés sur toutes les montagnes africaines: l'étage forestier, l'étage à Ericaceae et l'étage alpin. Grimshaw (*op. cit.*) propose de grouper ces deux derniers étages sous le terme altimontagnard ("altimontaine"), ceci afin d'éviter les confusions relatives aux régions afromontagnarde et afroalpine décrites par White (1978, 1983). En effet, la limite entre ces deux centres d'endémisme, l'afroalpin étant considéré comme très appauvri, a toujours été discutée et l'étage à Ericaceae tantôt rattaché au premier, tantôt rattaché au second. De plus, d'autres termes ont également été utilisés pour désigner ces étages et ces régions phytogéographiques (Grimshaw, *op. cit.*; Senterre, 2005).

Nos observations faites sur la distribution des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique tendent à renforcer l'existence d'un territoire phytogéographique unique qui couvre l'étage à Ericaceae et l'étage alpin, et à les distinguer de l'étage forestier de haute altitude. Pour cette raison, nous avons choisi d'utiliser la terminologie proposée par Grimshaw (*op. cit.*). Le statut de région d'endémisme n'est peut-être pas le plus indiqué étant donné l'absence d'endémisme générique pour les Orchidaceae mais il permet d'insister sur la séparation très nette entre l'élément qui caractérise ce territoire et les éléments des neuf autres territoires reconnus pour cette étude.

L'identification de l'élément altimontagnard a mis en évidence des liens floristiques entre la dorsale camerounaise et le plateau de Jos au Nigeria. Trois taxons sont endémiques de ce plateau et deux autres sont des espèces de liaison. Ce plateau est la plus grande zone d'altitude au-dessus de 1000 m au Nigeria. Sa flore semble mal connue, notamment pour les espèces rupicoles présentes sur les affleurements rocheux (White, 1983). De plus, la nécessité d'une révision taxonomique mondiale du genre *Habenaria* (Szlachetko & Olszewski, 1998b; Pridgeon *et al.*, 2001) auquel appartient la majorité des taxons de l'élément altimontagnard laisse à penser que d'autres taxons pourraient être partagés par ces deux entités géographiques. Ces taxons communs nous amènent à grouper dans un même territoire le plateau de Jos et la végétation buissonnante et herbacée de la dorsale camerounaise.

Pour les Orchidaceae, les étages forestiers submontagnard et montagnard sont difficiles à distinguer. Pour cette raison nous ne l'avons pas fait à São Tomé où seulement trois taxons sont endémiques des sommets de l'île.

Sur le continent, à la difficulté de délimiter l'étage submontagnard du montagnard, s'ajoutent les taxons partagés entre les étages submontagnards des hauts plateaux de la dorsale camerounaise et ceux de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe (quatre taxons de liaison). L'ensemble de cet étage submontagnard pourrait donc également être considéré comme une seule entité phytogéographique. Toutefois, l'endémisme propre à chacune de ces deux zones submontagnardes et le fait que l'étage montagnard des hauts plateaux camerounais partage uniquement des taxons avec l'étage submontagnard sous-jacent nous ont amené à grouper visuellement (Figure 23) et statistiquement (Figure 24) ces deux territoires.

5.3.3 Peut-on prédire la distribution des refuges du passé sur base des conditions climatiques actuelles ?

Il a été suggéré récemment que les zones d'endémisme sont écologiquement différentes des aires adjacentes ("îlots écologiques"), et sont probablement restées climatiquement stables durant les périodes de changements climatiques (Lovett & Friis, 1996; Fjeldså & Lovett, 1997; Johnson *et al.*, 1998). Suivant cette hypothèse, le climat contemporain et les zones proposées comme refuges du Pléistocène sont probablement liés, les endroits qui sont actuellement très humides correspondant aux zones où la forêt a subsisté durant les périodes plus arides du passé. En fait, on observe une coïncidence entre certains centres d'endémisme observés en Afrique tropicale et les zones de reliefs (Sosef, 1994; Leal, 2004) dont la topographie amènerait une humidité constante due à un effet de foehn (Stévar 2003). L'idée de prédire les centres d'endémisme sur base des données bioclimatiques actuelles s'appuie donc sur cette hypothèse des "îlots écologiques" climatiquement stables. Les centres d'endémisme observés coïncideraient avec des zones qui présentent des caractéristiques, essentiellement liées à la topographie, qui contribuent à une stabilité climatique locale. En mesurant ces caractéristiques pour des centres d'endémisme connus, il devrait être possible de modéliser et prédire ces zones.

Nous avons ainsi modélisé la distribution potentielle de l'ensemble des taxons qui forment l'élément qui caractérise la chaîne Ngovayang-Mayombe (Figure 39). La Figure 39B nous semble le mieux correspondre à la distribution actuelle de cet élément au sein des sites que nous connaissons. C'est donc cette carte qui devrait le mieux prédire cet élément dans les sites encore inexplorés. La prédiction de l'élément dans l'ouest et sur l'île de Bioko est vraisemblablement un artéfact du modèle qui ne prend pas en compte les barrières géographiques et/ou écoclimatiques. D'un autre côté, elle permet d'expliquer la présence de taxons de liaison entre les territoires que nous avons distingués pour ces deux chaînes montagneuses.

On peut aussi constater qu'en faisant varier le seuil de prédiction de ce modèle, il semble possible de pouvoir reconstituer les phases de contraction et d'extension de la forêt dense humide en ACA. L'hypothèse est ici que la forêt dense s'est abritée dans ces poches appelés refuges avant de recoloniser ce qui correspond à la forêt actuelle. La Figure 39A pourrait ainsi correspondre à la phase de contraction maximale des forêts denses humides, c'est-à-dire la phase glaciaire. La zone prédite sur la Figure 39C semble correspondre avec ce qui est aujourd'hui identifié comme la forêt du district oriental du domaine bas-guinéen oriental (Senterre, 2005). La zone prédite sur la Figure 39D se rapproche fortement de la distribution actuelle des forêts denses. Cette figure est d'autant plus troublante qu'on y observe des similarités frappantes et très précises avec la végétation actuelle. C'est le cas en particulier pour les limites forêt-savane du sud de notre zone d'étude, ce que Maley (1987) a appelé les savanes incluses, mais aussi l'absence de prédiction au centre du Gabon et qui correspond aux savanes présentes de nos jours au Nord du PN de la Lopé. Ce modèle, dont il faut rappeler qu'il ne tient pas compte de certains paramètres environnementaux tels que le type de sol ou le couvert végétal, peut donc être utilisé pour localiser la végétation savanicole au centre du Gabon et au Congo Brazzaville, indiquant ainsi une origine climatique pour ce type de végétation. Par contre, les savanes côtières et celles qui couvrent le plateau Batéké, ne sont pas représentées sur la Figure 39D. L'origine de ces savanes semble donc être édaphique, paramètre non inclus dans notre modèle.

De plus, bien qu'un 'pont' soit observé entre les parties nord et sud du Cameroun, l'absence de prédiction entre ces deux zones semble confirmer la présence d'une barrière

bioclimatique entre ces deux aires d'endémisme matérialisée par la rivière Sanaga. Cette barrière a été suggérée sur base de la distribution des animaux qui n'auraient pas la capacité de franchir ce grand fleuve, mais aussi pour certains groupes de plantes (Sosef, 1994; Cheek *et al.*, 2001). Il semble donc qu'en plus d'une barrière physique empêchant les diaspores et les animaux de se disséminer, les paramètres climatiques observés dans cette région, pourraient expliquer son rôle de barrière chorologique.

Il est également troublant de constater qu'une zone de non prédiction est localisée dans une région couverte de forêt de l'ouest du Cameroun. Cette zone correspond à l'aire d'endémisme que nous avons définie sur l'ouest du Cameroun et sur le Nigeria (plaine littorale au nord de la Sanaga, Figure 23). Là aussi, il semble que des conditions climatiques particulières pourraient expliquer la ségrégation des forêts littorales situées de part et d'autre de la rivière Sanaga. Ces conditions pourraient avoir prévalu depuis fort longtemps ce qui expliquerait la présence de genre d'Orchidaceae endémique de chacun des deux côtés de cette rivière (*Ossiculum* au sud et *Veyretella* au nord).

En fait, par une approche empirique basée sur la distribution d'un groupe d'Orchidaceae endémiques d'une aire apparentée dans la littérature à un refuge forestier, et en utilisant uniquement des données liées à la température et aux précipitations, il semble possible de modéliser les grands types de végétation actuelle qui couvrent notre zone d'étude, ainsi que certaines des barrières chorologiques présentes en son sein. Ces constats renforcent ainsi l'hypothèse d'un déterminisme environnemental pour expliquer la répartition actuelle de la végétation dans cette partie de l'Afrique.

Par ailleurs, nous avons également réalisé une carte de distribution potentielle basée sur la distribution des Orchidaceae endémiques d'ACA présentes dans l'étage de plaine et l'étage submontagnard (66 taxons considérés), ceci en groupant ensemble leurs données de distribution (Figure 40). Au sein de la région guinéo-congolaise (qui pour rappel s'étend de l'Afrique de l'ouest au rift albertin), plusieurs zones de prédiction coïncident avec des zones considérées comme d'anciens refuges forestiers et qui abritent un grand nombre d'endémiques. Ceci est très marqué pour le domaine haut-guinéen où les zones de plus forte prédiction sont principalement situées sur les refuges postulés (Maley, 1987; Sosef, 1994). A l'extrême est du domaine congolais, une zone prédite par notre modèle se situe le long de la dorsale du Kivu mais ne correspond pas exactement avec la zones de refuge postulée dans cette région (Maley, 1987).

Ces résultats semblent montrer à nouveau qu'il existe un lien entre les données climatiques actuelles et la végétation relictuelle des zones postulées comme d'anciens refuges forestiers. Le fait qu'il soit possible, dans une certaine mesure, de modéliser la distribution des centres d'endémisme en Afrique tropicale sur base des conditions climatiques actuelles apporte une nouvelle preuve de l'existence de ces "îlots écologiques" climatiquement stables et des taxons qui y sont associés. A cet égard, il serait intéressant d'élargir le jeu de données utilisées à d'autre famille afin de tenter d'augmenter la précision du modèle, mais aussi d'aller prospecter les sites prédits en dehors des zones de refuges forestiers identifiées.

En conclusion, il semble que les paramètres climatiques actuels ont un rôle prépondérant pour expliquer la distribution des plantes, non seulement à l'échelle de l'ACA, mais aussi dans toute la région guinéo-congolaise. En fait, nos résultats appuient le rôle des massifs montagneux et donc de l'hétérogénéité environnementale pour expliquer l'origine de l'endémisme en Afrique centrale.

Ngvayang-Mayombe line: potential distribution modelling

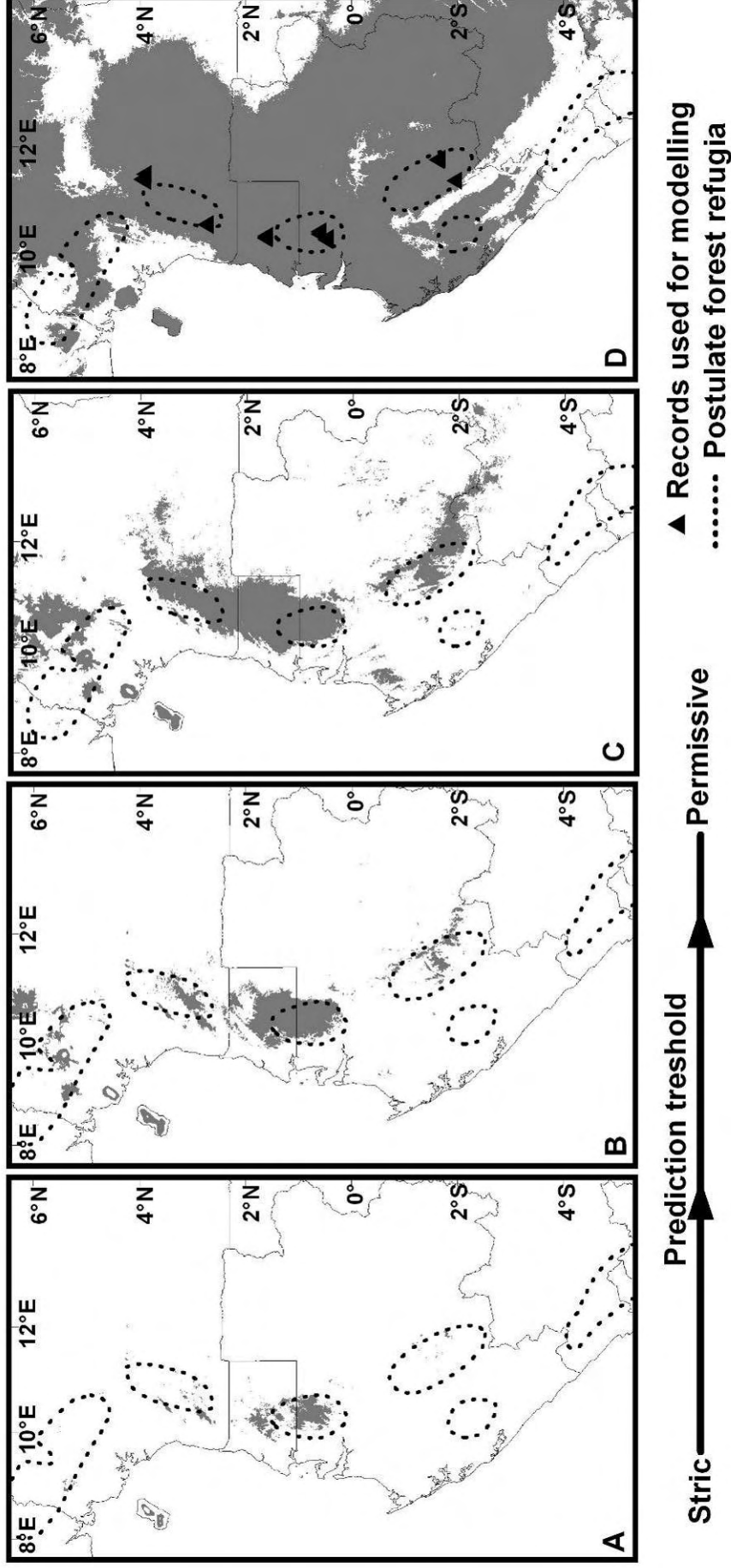


Figure 39. Carte de distribution potentielle basée sur la distribution des taxons de l'élément phytogéographique de la chaîne Ngvayang-Mayombe. Différents seuils de prédiction sont illustrés: (A) Prédiction $\geq 0,75$; (B) Prédiction $\geq 0,5$; (C) Prédiction $\geq 0,25$; (D) Prédiction $\geq 0,01$. Dix-neuf couches bioclimatiques (Annexes 3) à une résolution spatiale de 30 arc-secondes (environ 1 km) et 25 points d'herbier géoréférencés avec une précision inférieure à 1 km ont été utilisés pour la modélisation. D'après les résultats obtenus en utilisant Maxent les quatre couches qui contribuent à plus de 10 % du modèle sont 'Mean Temperature of Coldest Quarter' (39,4 %), 'Precipitation of Wettest Month' (27,9 %), 'Temperature Annual Range' (12,7 %) et 'Precipitation of driest Quarter' (10,4 %).

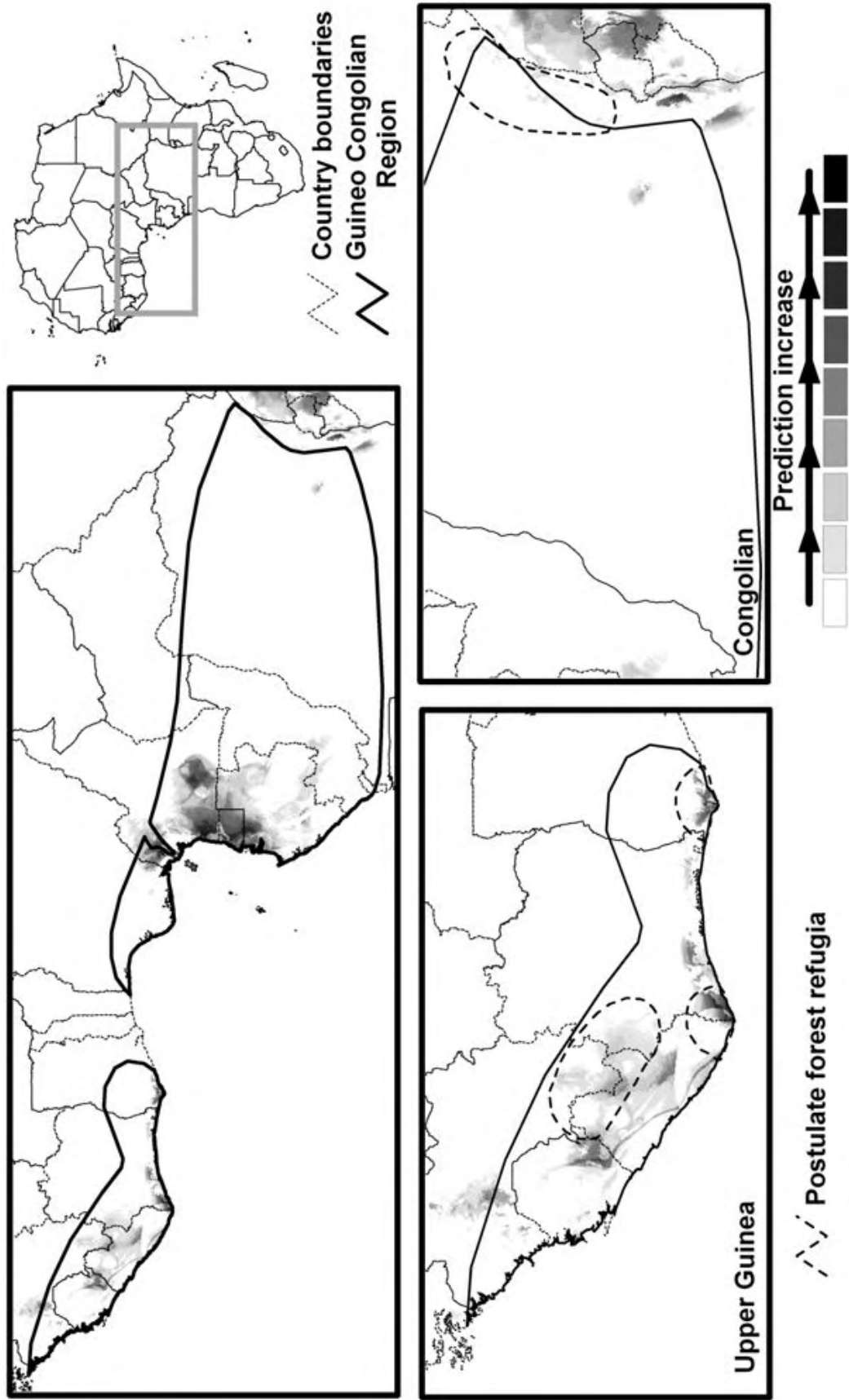


Figure 40. Carte de distribution potentielle basée sur la distribution d'un ensemble d'Orchidaceae endémiques d'ACA présentes en plaine et dans l'étage submontagnard. Dix-neuf couches bioclimatiques (Annexes 3) à une résolution spatiale de 30 arc-secondes (environ 1 km) et 448 points d'herbier (66 taxons) géoréférencés avec une précision inférieure à 1 km ont été utilisés pour la modélisation. D'après les résultats obtenus en utilisant MaxEnt les trois couches qui contribuent à plus de dix pourcent du modèle sont 'Precipitation of Wettest Month' (35,3 %), 'Temperature Annual Range' (20,1 %) et 'Max Temperature of Warmest Month' (17,4 %). La délimitation des refuges est reprise d'après Sosef (1994) qui s'est basée sur la distribution de certains *Begonia* et qui s'inspire également des travaux de Maley (1987).

5.3.4 La 'Parsimony Analysis of Endemicity' (PAE): un outil pour la représentation des données de biogéographie

Le fait de générer des cladogrammes directement à partir des données de distribution des espèces, et donc d'ignorer les relations de parenté entre les taxons étudiés, est en soi un avantage mais également une des principales critiques de la PAE (Humphries, 1989; Brooks & van Veller, 2003; Neihi, 2006). De nombreux auteurs s'accordent à dire que cette méthode est très utile pour délimiter des aires d'endémisme (Morrone & Crisci, 1995; Morrone & Escalante, 2002; Manrique *et al.*, 2003). Par contre, pour ce qui est d'établir les causes sous-jacentes à la formation de ces aires, la plupart des avis divergent. Plusieurs auteurs présumant l'existence de causes historiques communes pour l'assemblage des aires au sein des cladogrammes obtenus (Rosen, 1988; Myers, 1991; Luna *et al.*, 1999). Trejos-Torres & Ackerman (2001) considèrent par contre que les patterns identifiés grâce à la PAE seraient une interprétation statique des relations existant entre les aires. D'autres auteurs (Humphries & Parenti, 1999; Brooks & van Veller, 2003) déclarent que la PAE n'est pas une méthode de biogéographie historique. Enfin, Aguilar-Aguilar *et al.* (2003) proposent d'utiliser la PAE afin d'énoncer des hypothèses préliminaires sur les relations entre les aires étudiées.

Il est clair que cette méthode ne permet pas de faire une distinction entre les processus écologiques et historiques qui ont généré les patrons d'endémisme actuellement observés en ACA. Cette analyse ne nous a pas permis d'aller beaucoup plus loin que l'analyse visuelle ou de clustering que nous avons réalisée sur les données de distribution. Toutefois, au regard des données dont nous disposons, la PAE représente une alternative intéressante pour classer les aires délimitées et discerner visuellement les taxons communs aux ensembles étudiés. Ainsi, comme Trejos-Torres & Ackerman (*op. cit.*) nous voyons la PAE comme *une* des manières de représenter la structure des données de biogéographie.

6. Conclusions et perspectives



Bulbophyllum porphyrostachys Summerh.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

6.1 Conclusions

6.1.1 Etat des connaissances taxonomiques et floristiques

De nombreuses flores, checklists et autres travaux taxonomiques (point 1.2.3.4) ont été publiés sur les Orchidaceae d'Afrique centrale avant le présent travail. Toutefois, nos recherches sur les Orchidaceae d'ACA ont mis en évidence la nécessité de continuer ce travail taxonomique. Les sept nouveaux taxons décrits dans le cadre de ce travail ainsi que les taxons potentiellement nouveaux récoltés au cours de nos inventaires soulignent l'importance des travaux de terrain effectués mais aussi de la visite des herbariums abritant des collections historiques. Les nouvelles récoltes et surtout la méthode de mise en culture des Orchidaceae stériles aux fins de les identifier après la floraison ont été d'un grand apport pour nos résultats de taxonomie. Elles ont également permis la redécouverte de plusieurs taxons qui n'avaient plus été récoltés depuis longtemps et/ou qui n'étaient connus que de l'échantillon type. Toutes ces données récoltées et synthétisées sont primordiales tant pour le botaniste et le biogéographe que pour les décideurs politiques qui doivent s'appuyer sur ces travaux scientifiques pour prendre des mesures de conservation raisonnées et cohérentes.

Les Orchidaceae présentent un taux d'endémisme spécifique important en ACA. En effet, respectivement un dixième et un tiers des Orchidaceae présentes sur le continent africain et en ACA sont endémiques de cette région. Quatre genres sont également endémiques de notre zone d'étude. Toutefois, bien que trois d'entre eux soient présents au Gabon, ce pays n'a encore été que faiblement inventorié. Ceci démontre la nécessité d'inventaires supplémentaires. Les sites où ont été récoltés ces genres devraient être visés en priorité. En fait, après plus de 10 ans de recherche intensive menée par l'ULB et ses partenaires sur les Orchidaceae d'ACA, plusieurs régions doivent encore être inventoriées pour avoir une idée précise de la distribution globale de cette famille au sein de ce centre d'endémisme.

6.1.2 Avancées méthodologiques

Mesurer la biodiversité et comprendre les mécanismes impliqués dans ses variations locales ou régionales en Afrique subsaharienne est une tâche ardue en raison des biais d'échantillonnage. En de nombreux endroits les inventaires sont incomplets ou manquants (Küper *et al.*, 2006). Inversement, les localités facilement accessibles sont le plus souvent suréchantillonnées. La méthodologie développée dans ce travail nous a permis d'identifier et de prendre en compte ces biais en rééchantillonnant les données et en standardisant ainsi l'échantillonnage. Les indices de diversité et de similarité mesurés sont facilement applicables aux nombreux jeux de données similaires. L'utilisation de ces méthodes devrait être généralisée dans toute étude portant sur les jeux de données d'herbiers.

Nos connaissances des Orchidaceae considérées comme rares sont encore imparfaites, ces taxons restent en effet difficiles à observer en raison de leur distribution restreinte et/ou de leur faible abondance. La connaissance de la flore d'Afrique tropicale nécessite davantage de travaux de terrain. Dans cette optique, les modèles de distribution potentielle utilisés dans ce travail permettent une approche globalement satisfaisante de la distribution des espèces en fonction des facteurs environnementaux. Bien que des aspects méthodologiques doivent

encore être traités, cet outil semble être approprié pour guider les futurs inventaires et pour valoriser les données d'herbier existantes.

6.1.3 Etat des connaissances chorologiques

En Afrique centrale atlantique, notre étude est la première qui se base uniquement sur la distribution des taxons endémiques pour en délimiter les territoires phytogéographiques. Cette approche de phytogéographie nous a permis de proposer une classification rigoureuse des territoires phytogéographiques de cette région qui constitue un des "hotspots" africains. Pourtant, les Orchidaceae sont théoriquement capables de se disséminer à longue distance. En fait, l'étude de la distribution des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique a permis d'identifier des centres et des aires d'endémisme bien délimités géographiquement. De plus, certains de ces centres d'endémisme correspondent à ceux reconnus en utilisant la distribution d'autres marqueurs chorologiques (Begoniaceae, Rubiaceae et Caesalpinoideae) considérés comme pertinents pour identifier les refuges forestiers en raison de leur capacité de dissémination restreinte. Cette constatation remet en cause l'importance du pouvoir de dissémination pour la sélection des groupes à utiliser comme indicateur des refuges forestiers et de manière plus générale comme marqueur chorologique. La Figure 41 présente une nouvelle carte phytogéographique de l'ACA. Elle correspond à la synthèse des résultats obtenus dans cette thèse et s'appuie sur la distribution potentielle pour délimiter les territoires phytogéographiques identifiés sur base de leurs éléments (Tableau 14).

Tableau 14. Territoires phytogéographiques des Orchidaceae en ACA et leurs éléments. L'analyse est basée sur la distribution de 192 taxons endémiques d'ACA (voir point 4.3.2). tax. = taxons; end. = endémiques.

Territoires phytogéographiques	Eléments
I. Région altimontagnarde	10 tax. end.
II. Région guinéo-congolaise	3 genres + 182 tax. end.
<u>II.1) Iles océaniques</u>	<u>27 tax. end + 2 tax. de liaison</u>
II.1.1) Etage de plaine	13 tax. end.
II.1.2) Etage submontagnard/montagnard	14 tax. end.
<u>II.2) Plateau continental</u>	<u>29 tax. end.</u>
<u>II.3) Bande côtière</u>	<u>49 tax. end.</u>
II.3.1) Plaine littorale	22 tax. end. + 6 tax. de liaison
II.3.1.a) Nord de la Sanaga	11 tax. end.
II.3.1.b) Sud de la Sanaga	11 tax. end.
II.3.2) Chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe	14 tax. end. + 3 tax. de liaison
II.3.2.a) Vallons humides	7 tax. end.
II.3.2.b) Sommets submontagnards	7 tax. end.
<u>II.4) Hauts plateaux de la dorsale camerounaise</u>	<u>28 tax. end + 4 tax. de liaison</u>
II.4.1) Etage submontagnard	17 tax. end.
II.4.2) Etage montagnard	12 tax. end.

Phytogeography of Orchidaceae in Atlantic Central Africa

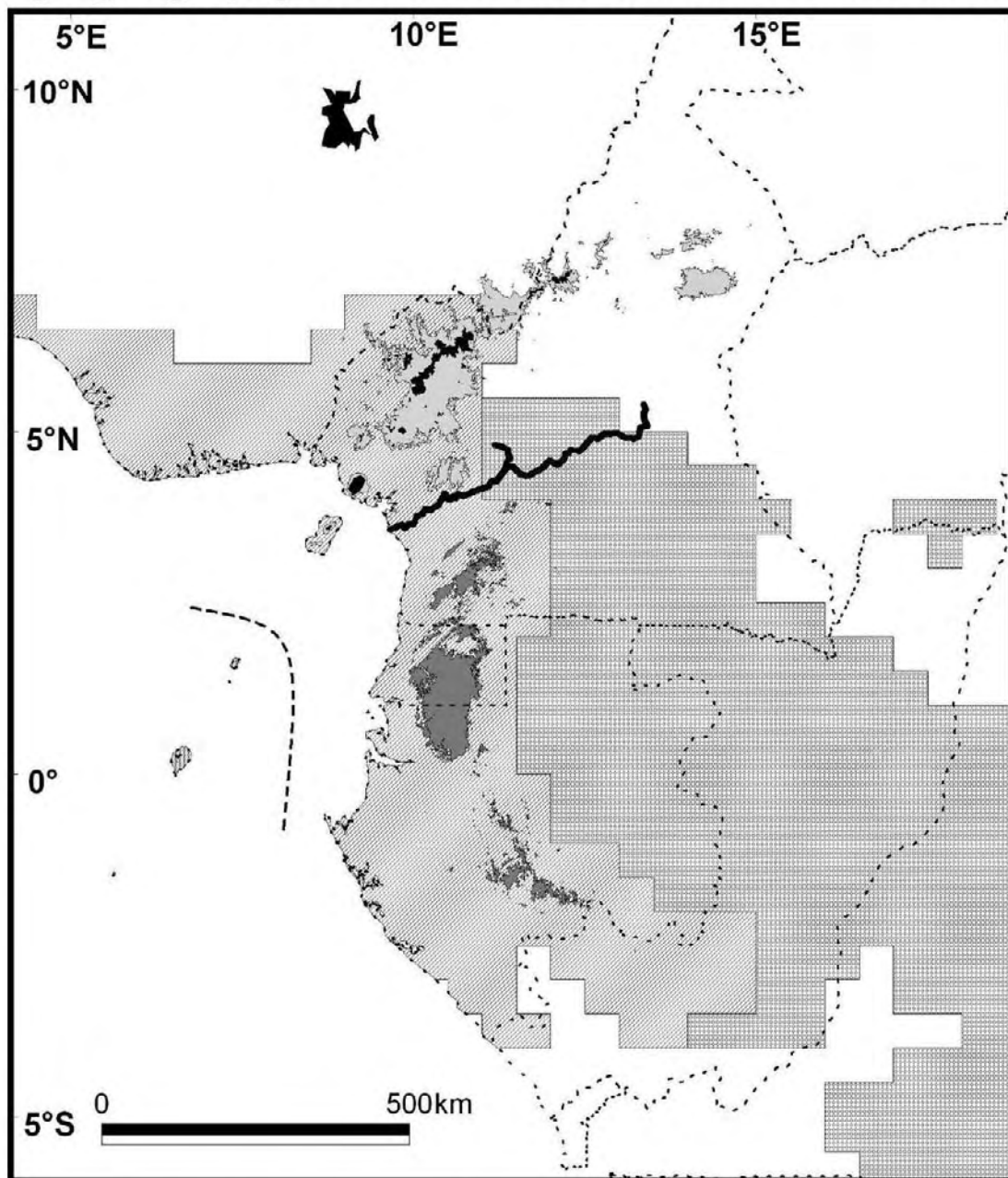


Figure 41. Synthèse des principaux territoires phytogéographiques reconnus pour les Orchidaceae en Afrique centrale atlantique. La limite entre la bande côtière et le continental provient de la modélisation de la distribution de 60 taxons endémiques de l'ACA (point 4.3.4.2). Les autres territoires sont représentés sur base d'une analyse de distribution potentielle de chaque élément des différents territoires phytogéographiques définis par une approche classique.

6.2 Perspectives

6.2.1 Utilisation des données et résultats obtenus pour la conservation de la flore et des écosystèmes d'Afrique centrale

Les données récoltées et les résultats présentés dans ce travail ont potentiellement des applications dans le domaine de la conservation et de la gestion de la biodiversité en ACA. Celles-ci ont été peu exploitées dans ce travail et peuvent être résumées comme suit :

- Au niveau des 203 taxons étudiés, nous avons réuni toutes les données actuellement disponibles sur leur distribution et leur écologie. Nos inventaires ont également permis de compléter les connaissances, parfois très faibles, que nous avons pour certains taxons. Une partie de ces données a déjà été utilisée pour évaluer le statut de conservation de certains des taxons étudiés (point 4.1.2.2.1). Cependant, le statut d'une centaine de taxons reste encore à déterminer. La distribution potentielle que nous avons utilisée pour évaluer le statut de conservation d'une espèce (point 4.2.3) devrait être appliquée pour estimer l'aire d'occurrence des taxons disposant de suffisamment de données de distribution.
- A l'échelle locale, les nouveaux inventaires et les synthèses floristiques que nous avons réalisés dans des localités encore peu étudiées pour les Orchidaceae en ACA ont permis de révéler la richesse de la flore en Orchidaceae de plusieurs sites (Stévant & Droissart, 2006; Simo *et al.*, sous presse) et donc, la nécessité de leur conservation. Cependant, ces synthèses doivent encore être réalisées pour plusieurs localités étudiées dans ce travail. En effet, une partie des données d'herbiers récoltées au cours de nos inventaires au Cameroun n'a pas pu être traitée dans cette thèse. Les plantes stériles récoltées sur le terrain et mises en culture en ombrière fleurissent continuellement, fournissant ainsi de nouveaux échantillons. Ainsi, d'août à novembre 2008, près de 250 nouveaux herbiers ont été récoltés dans l'ombrière de Yaoundé par Murielle Simo, doctorante camerounaise, qui assure sa gestion. Basé sur ces nouvelles récoltes, nous devrions pouvoir faire prochainement les synthèses floristiques des sites inventoriés au Cameroun (la réserve du Dja, le sanctuaire de faune de Banyang Mbo et la région de Campo-Ma'an).
- A l'échelle régionale, les patrons d'endémisme des Orchidaceae en ACA permettent une localisation précise de zones prioritaires pour la conservation de la flore. La concordance avec les patrons d'endémisme d'autres familles soutient leur utilisation dans une optique plus large. En fait, les centres d'endémisme identifiés constituent une des composantes majeures pour la délimitation des "hotspots" en ACA. De plus, la délimitation des aires d'endémisme permet de circonscrire les zones qui présentent une flore qui leur est propre. Il est donc indispensable de gérer et conserver individuellement cette flore 'unique' à chacune des aires identifiées.

6.2.2 Travaux taxonomiques complémentaires

Dans cette étude, 15 taxons d'Orchidaceae nouveaux mais non décrits ont été utilisés (Tableau 6). Ces taxons seront publiés plus tard car la plupart sont actuellement connus d'un petit nombre d'échantillons et nécessitent donc du matériel complémentaire. De plus, plusieurs genres demandent à être revus. C'est le cas des genres ou de certaines sections des genres *Angraecum*, *Diaphananthe*, *Genyorchis*, *Habenaria*, *Liparis*, *Polystachya*, et *Rhipidoglossum*. Heureusement, diverses équipes de chercheurs travaillent actuellement sur plusieurs de ces genres, ce qui devrait considérablement alléger la tâche.

6.2.3 Nouvelles prospections: les questions en suspens

Nos inventaires effectués au Cameroun sur les Orchidaceae, mais aussi sur les Rubiaceae, ont permis de combler d'importantes lacunes dans les connaissances sur la répartition de la diversité végétale au Cameroun (point 4.1.2.1). Nos travaux de terrain effectués dans le sud du Cameroun et les nombreuses nouvelles espèces qui y ont été découvertes suggèrent que des inventaires doivent également y être menés pour d'autres familles de plantes.

Par ailleurs, des inventaires supplémentaires sont nécessaires pour confirmer le statut phytogéographique de certaines zones et répondre aux questions biogéographiques qui restent en suspens (Figure 42):

- Les forêts du sud du Nigeria, et plus particulièrement celles de la bande littorale, sont peu prospectées pour les Orchidaceae. Une meilleure prospection de cette zone permettrait de confirmer son affinité avec les plaines de l'ouest du Cameroun. Ces prospections devraient également permettre d'exclure définitivement l'hypothèse de Excell (1973) selon laquelle la flore de l'île de São Tomé serait originaire de cette partie du continent. En effet, nos travaux et ceux de Stévant (2003) montrent que la flore des îles océaniques serait originaire du Rio Muni (Guinée Equatoriale).
- Au Cameroun, une question reste sans réponse: est-ce que le faible nombre d'endémiques signalés dans l'intervalle de la rivière Sanaga est un artefact dû à l'échantillonnage ou réellement une zone plus pauvre en endémiques? Par ailleurs, la partie située à l'extrême sud-est du Cameroun est également quasi inexplorée pour les Orchidaceae.
- De même, la zone forestière située à cheval sur la partie sud-ouest de la République Centrafricaine et le nord de la République du Congo est sous échantillonnée pour les Orchidaceae. Cette zone fait-elle partie de l'ACA, ou est-elle une zone de transition avec le bassin du Congo? En effet, l'étude de la forêt de Ngotto (Yongo & de Foucault, 2001) attribue un statut phytogéographique de zone de transition à cette partie d'ACA couverte par des forêts denses semi-décidues et des forêts marécageuses. Ces auteurs concluent que des études supplémentaires doivent être envisagées sur un nombre d'espèces plus important. Cependant, la flore épiphytique n'y a pas encore été prise en compte et le manque de données dans cette zone ne nous permet pas de confirmer ce statut de zone de transition.
- En Guinée Equatoriale, 17 taxons nouveaux ont été découverts par Stévant (2003). Cet auteur fait aussi état de 258 taxons pour le Rio Muni et précise que ce chiffre est vraisemblablement très inférieur à la réalité. Ni la flore des Orchidaceae, ni même une checklist récente, n'ont été produites. Pourtant, ce pays est, selon toute vraisemblance, l'un des plus diversifiés d'ACA, que ce soit au niveau de la richesse spécifique ou du nombre d'Orchidaceae endémiques d'ACA. En fait, de nouveaux inventaires sont nécessaires, mais ils devraient cibler l'île de Bioko qui reste largement sous inventoriée et qui est potentiellement aussi riche que le Mont Cameroun.
- Le Gabon est probablement le pays d'ACA qui est le moins connu. Il est couvert à 90 % de forêt et constitue l'un des centres d'endémisme de l'ACA. Malgré de nombreux inventaires réalisés dans ce pays (Stévant *et al.*, 2006) et la publication de la Flore du Gabon (Szlachetko *et al.*, 2004a, 2004b), les Orchidaceae sont loin d'être entièrement connues. Ceci est confirmé par les nombreuses nouvelles signalisations découvertes récemment dans le massif du Chaillu et les plateaux Batéké (Stévant, pers. comm.). En fait, ce pays abrite probablement 400 taxons d'Orchidaceae (Stévant 2003), alors que 283 sont actuellement répertoriés (Govaerts *et al.*, 2008). A l'échelle de l'ACA, la majorité des sites à prospecter en priorité sont situés dans ce pays (Figure 42). De plus, les

conclusions d'une étude réalisée sur les Orchidaceae du complexe de Gamba (Stévant & Droissart, 2006) suggèrent que la flore de cette région est loin d'être connue. Au sein du complexe, la région des Monts Doudou, considérée par Sosef (1992, 1994) comme une zone refuge, devrait être la plus intéressante. C'est également le cas de la majeure partie des forêts du centre, de l'est et du sud du Gabon. En effet, les deux espèces du genre *Veyretella* Szlach. & Olszewski (Szlachetko & Olszewski, 1998; Szlachetko *et al.*, 2005), endémiques du Gabon, ont été récoltées dans les forêts situées dans l'intervalle entre les Monts de Cristal et le massif du Chaillu. Ces deux espèces ont été décrites sur base d'un seul échantillon et il est ainsi difficile d'être certain qu'il n'existe pas d'intermédiaire entre les deux. Au même titre, *Halleorchis* Szlach. & Olszewski, un genre endémique du Cameroun et du Gabon, a été récolté dans les environs de Bélinga, région peu prospectée pour les Orchidaceae.

- En République du Congo, l'affinité de la région côtière du pays n'est pas précise en raison du manque de données disponibles. En effet, la portion du massif du Chaillu qui s'étend sur ce pays, ainsi que la région du Mayombe n'ont été que peu ou pas inventoriées pour les Orchidaceae. Plusieurs auteurs (Hecketsweiler *et al.*, 1991; Sosef, 1994; Rietkerk *et al.*, 1996; Maley, 2001) les désignent comme des zones de refuges forestiers. A ce titre, nous venons de retrouver dans la forêt littorale du sud du Cameroun, une espèce récemment décrite et qui était jusqu'à présent uniquement connue du Mayombe, *Habenaria phantasma* la Croix (point 4.1.2.2.2).

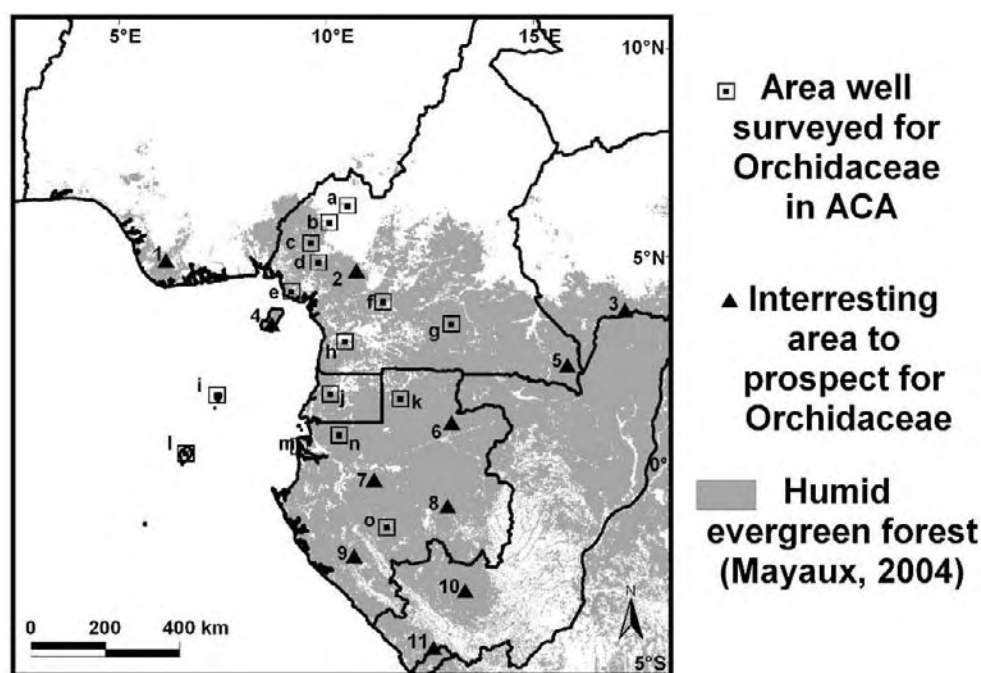


Figure 42. Sites les mieux prospectés (a-o) et ceux intéressants à prospecter (1-11) pour les Orchidaceae en ACA. (a) Mont Oku, Cribb & Pollard (2004a). (b) Réserve forestière de Bali-Nguemba, Pollard *et al.* (2004). (c) Sanctuaire de faune de Banyang Mbo, Simo (2003) et ce travail. (d) Monts Kupe, Manengouba et Bakossi, Cribb & Pollard (2004a). (e) Mont Cameroun, Cribb (1998) (f) massif de Mbam Minkom, Simo (2008) et Simo *et al.* (sous presse). (g) Réserve de faune du Dja, Stévant (2003). (h) Région de Campo-Ma'an, Tchouto (2004) et ce travail. (i & j) Iles de São Tomé et Príncipe, Stévant & de Oliveira (2001) et Stévant (2003). (k) Parc National de Monte Alén, Stévant (2003). (l) Région d'Oyem, Stévant (2003). (m) Région de Libreville, Stévant (2003). (n) Monts de Cristal, Stévant (2003). (o) massif du Chaillu, inventaires en cours (Stévant, comm. pers.). (1) Forêt littorale du sud Nigéria. (2) Forêt de l'intervalle matérialisé par la rivière Sanaga. (3) Forêts denses semi-décidues et marécageuses de Ngotto. (4) Iles de Bioko (Guinée Equatoriale). (5) Forêt continentale de l'extrême est du Cameroun. (6) Forêt continentale du nord-est du Gabon et les massifs des environs de Bélinga. (7) Forêt de plaine de l'intervalle entre les Monts de Cristal et le massif du Chaillu. (8) Forêt du plateau continental derrière le massif du Chaillu. (9) Monts Doudou. (10) Partie sud du massif du Chaillu. (11) Mayombe.

6.2.4 La distribution des Orchidaceae à l'échelle d'un refuge forestier côtier

Depuis 2004, des relevés permanents d'un hectare d'Orchidaceae et de Rubiaceae ont été délimités le long d'un transect traversant une zone du sud-ouest du Cameroun considérée comme un refuge forestier dans la littérature. Cinq localités ont été inventoriées et seront comparées afin de mettre en relation la variation de leur composition floristique avec divers facteurs environnementaux (Figure 43). Cette analyse doit encore être développée car les plantes mises en culture à Yaoundé n'ont pas encore toutes fleuri. Nous tenterons de déterminer s'il existe des groupes d'Orchidaceae endémiques propres aux forêts de plaine et aux forêts submontagnardes, ou si les variations floristiques correspondent à un gradient continu. Nous comparerons également les patrons d'endémisme et de richesse spécifique observés pour les Rubiaceae et les Orchidaceae le long de ce transect. Du matériel génétique étant associé à la plupart des herbiers récoltés le long de ce transect, des études phylogéographiques pourraient être menées en parallèle. Cette comparaison permettra d'étudier plus en détail l'importance du pouvoir de dissémination des espèces sur leur répartition actuelle.

La mesure de la distance taxonomique (taxonomic distinctness) évalue les distances relatives entre les taxons d'un échantillon, ce qui n'est généralement pas pris en compte dans la plupart des indices de diversité. Pourtant, le degré de parenté revêt une certaine importance pour évaluer la diversité. Par exemple, un échantillon pour lequel les espèces sont distribuées dans plusieurs familles sera plus diversifié qu'un autre présentant la même richesse et abondance relative en espèces, mais dont toutes les espèces appartiennent à un même genre (Clarke & Warwick, 2001). Contrairement aux autres mesures de diversité qui ne se fondent pas sur la parenté taxonomique des espèces, les valeurs moyennes de ces mesures sont plus indépendantes de l'effort d'échantillonnage et permettent donc des comparaisons plus larges que les autres indices de biodiversité (Clarke & Warwick, *op. cit.*). Dans notre cas, nous disposons d'un jeu de données où presque tous les échantillons ont été identifiés de la famille jusqu'au rang spécifique, voire infraspécifique (c'est-à-dire 4 niveaux de classification). Ces indices semblent avoir un potentiel considérable pour les évaluations environnementales et pour la conservation (Bhat & Magurran, 2006), il semble donc intéressant de voir dans quelle mesure ils pourraient être appliqués le long de notre transect qui réunit des données pour deux familles.

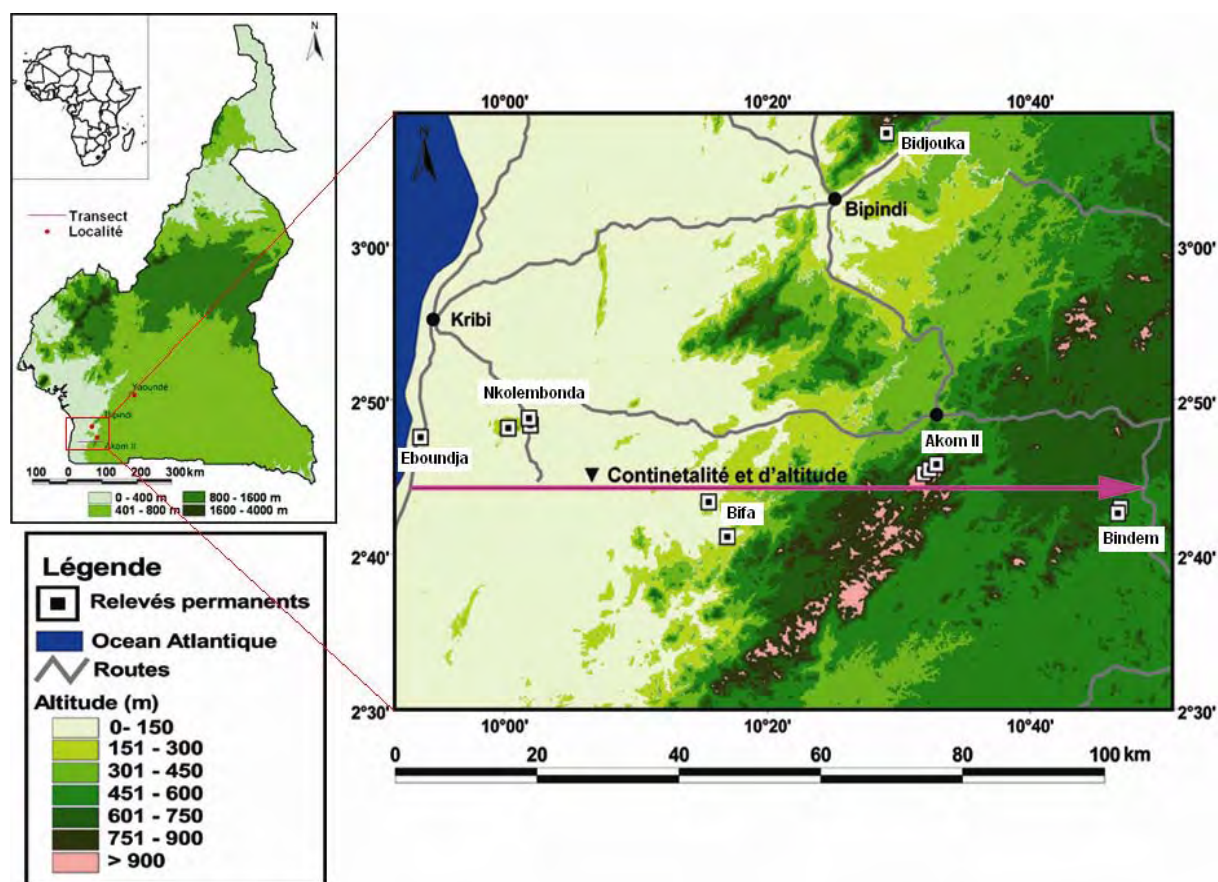


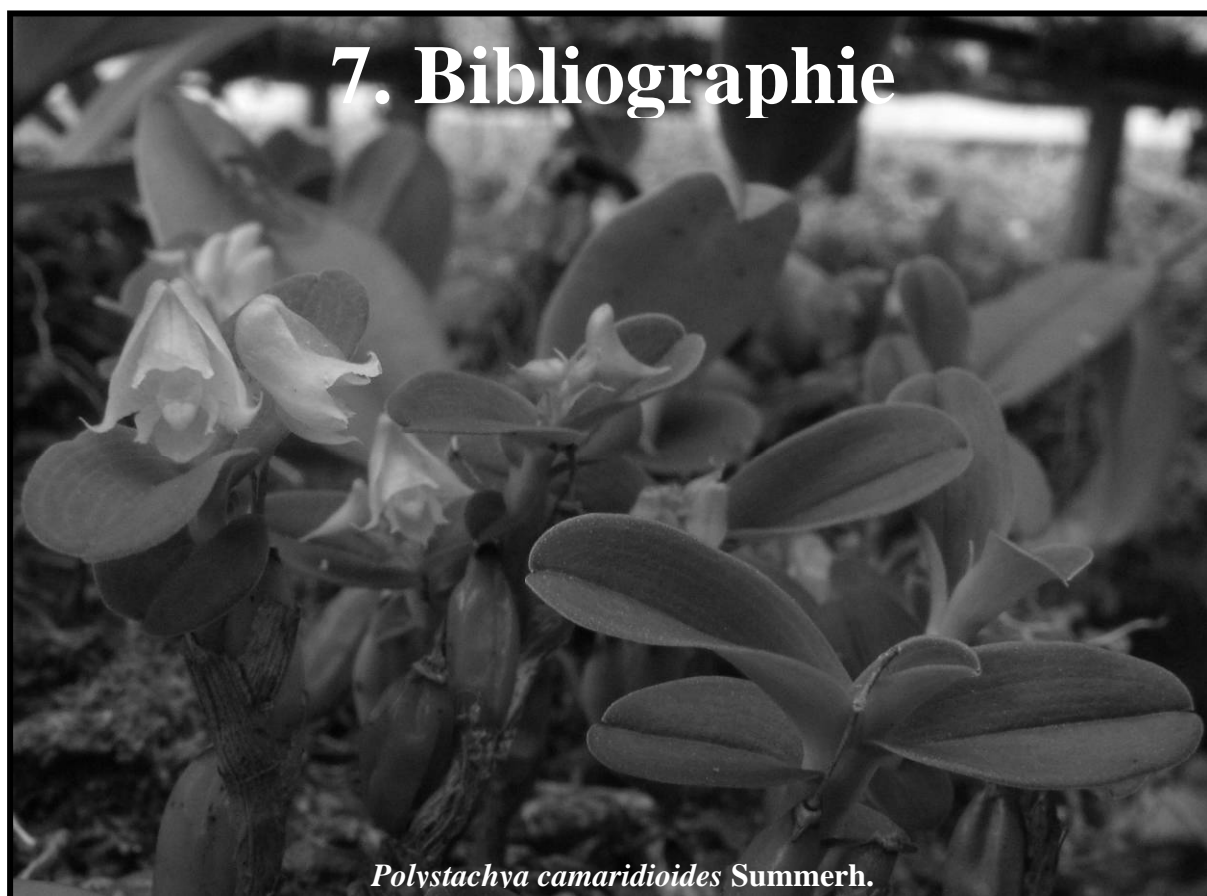
Figure 43. Sites prospectés au cours des missions et localisation des 12 relevés permanents délimités dans le sud-ouest du Cameroun.

6.2.5 Comparaison des patrons d'endémisme observés pour les Rubiaceae et les Orchidaceae à l'échelle de la région guinéo-congolaise

Pour comparer les patrons d'endémisme des Orchidaceae et des Rubiaceae au Cameroun (points 4.2.1 et 4.2.2), une base de données des taxons endémiques d'ACA appartenant à ces deux familles a été créée. Actuellement, seuls les échantillons de Rubiaceae récoltés au Cameroun ont été encodés. Les autres seront très prochainement encodés dans le cadre du projet SEP dans lequel notre travail s'est inscrit. Le but visé par ce projet est d'identifier les zones d'endémisme des Rubiaceae et des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique et de les mettre en relation avec les refuges forestiers. Les résultats devraient également fournir des données fondamentales à l'établissement des stratégies de conservation (identification des zones prioritaires à conserver, conservation *in situ* et *ex situ* d'espèces).

Par ailleurs, des chercheurs rattachés au Jardin Botanique National de Belgique (BR) s'attendent actuellement à l'encodage des échantillons d'Orchidaceae et des Rubiaceae de la République Démocratique du Congo, du Rwanda et du Burundi. Une fusion entre cette base de données, celle du Nationaal Herbarium Nederland (WAG), celle du Missouri Botanical Garden (MO) et la notre permettrait d'avoir le jeu de données le plus complet sur la distribution de ces deux grandes familles. Nous pourrions ainsi étendre notre analyse sur la distribution de l'endémisme à l'échelle de la région guinéo-congolaise.

7. Bibliographie



Polystachya camaridioides Summerh.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Achoundong G.**, 1996. Les forêts sommitales au Cameroun - Végétation et flore des collines de Yaoundé. *Bois et Forêts des Tropiques* **247**: 37–52.
- Aedo C., Telleria M. T. & Velayos M.**, 1999. *Bases Documentales para la Flora de Guinea ecuatorial, Plantas Vasculares y Hongos*. CSIC, Cooperacion Española, Madrid.
- Aguilar-Aguilar R., Contreras-Medina R. & Salgado-Mal-donado G.**, 2003. Parsimony analysis of endemism (PAE) of Mexican hydrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography* **30**: 1861–1872.
- Arditti J.**, 1992. *Fundamentals of orchid biology*. John Wiley et Sons, U.S.A.
- Arditti J. & Ghani A. K. A.**, 2000. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist* **145**: 367–421.
- Araújo M. B. & Guisan A.**, 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* **33**: 1677–1688.
- Ávila-Díaz I. & Oyama K.**, 2007. Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic *Laelia speciosa* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* **94**: 184–193.
- Barthlott W., Lauer W. & Placke A.**, 1996. Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. *Erdkunde* **50**: 317–328.
- Bergl R. A., Oates J. F. & Fotso R.**, 2007. Distribution and protected area coverage of endemic taxa in West Africa's Biafran forests and highlands. *Biological Conservation* **134**: 195–208.
- Bellone R.**, 2001a. Orchidées de la région de Bafoussam (Cameroun) 1- Les habitats. *Richardiana* **1(2)**: 61–69.
- Bellone R.**, 2001b. Orchidées de la région de Bafoussam (Cameroun) 2- Présentation sommaire des espèces observées. *Richardiana* **1(3)**: 87–103.
- Bellone R.**, 2001c. *Cyrtorchis helicocalcar*, une nouvelle espèce de *Cyrtorchis*. *Richardiana* **1(3)**: 117–121.
- Bellone R. & Chiron G.**, 2002. *Aerangis Xchirioana*, un hybride naturel du Cameroun. *Richardiana* **2(4)**: 129–134.
- Bhat A. & Magurran A. E.**, 2006. Taxonomic distinctness in a linear system: a test using tropical freshwater fish assemblages. *Ecography* **29(1)**: 104–110.
- Bisconti M., Landini W., Bianucci G., Cantalamessa G., Carnevale G., Ragaini L. & Valleri G.**, 2001. Biogeographic relationships of the Galapagos terrestrial biota: parsimony analyses of endemism based on reptiles, land birds and Scalesia land plants. *Journal of Biogeography* **28**: 495–510.
- Biteau J. P., Stévant T. & Abernethy K.**, 2001. *Orchidées du Gabon*. Elf Gabon, Libreville.

- Bode M., Wilson K. A., Brooks T. M., Turner W. R., Mittermeier R. A., McBride M. F., Underwood E. C. & Possingham H. P.**, 2008. Cost-effective global conservation spending is robust to taxonomic group. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**: 6498–6501.
- Bourg N. A., McShea W. J. & Gill D. E.**, 2005. Putting a CART before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology* **86(10)**: 2793–2804.
- Bournérias M.**, 1998. *Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg*. Société Française d'Orchidophilie, Paris et Biotope, Montpellier.
- Bowie R. C. K., Fjeldsa J., Hackett S. J., Bates J. M. & Crowe. T. M.**, 2006. Coalescent models reveal the relative roles of ancestral polymorphism, vicariance, and dispersal in shaping phylogeographical structure of an African montane forest robin. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **38**: 171–188.
- Brooks D.R. & van Veller M. G. P.**, 2003. Critique of parsimony analysis of endemism as a method of historical biogeography. *Journal of Biogeography* **30**: 819–825.
- Brooks T. M., Balmford A., Burgess N., Fjeldsà J., Hansen L. A., Moore J., Rahbek C. & Williams P.**, 2001. Toward a blueprint for conservation in Africa. *BioScience* **51**: 613–624.
- Burgess N. D., Küper W., Mutke J., Brown J., Westaway S., Turpie S., Meshack C., Taplin J. R. D., McClean C. & Lovett J. C.**, 2005. Major gaps in the distribution of protected areas for threatened and narrow range Afrotropical plants. *Biodiversity and Conservation* **14**: 1877–1894.
- Cable S. & Cheek M.**, 1998. *The plants of Mount Cameroon, a conservation checklist*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Caballé G.**, 1978. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia* **17(4)**: 425–440.
- Cameron K. M., Chase M. W., Whitten W. M., Kores P.J., Jarrell D. C., Albert V. A., Yukawa T., Hills H. G. & Goldman D. H.**, 1999. A phylogenetic analysis of the Orchidaceae: evidence from rbcL nucleotide sequences. *American Journal of Botany* **86**: 208–224.
- Cameron K. M.**, 2004. Utility of plastid psaB gene sequences for investigating intrafamilial relationships within Orchidaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **31**:1157–1180.
- Carlsward B. S., Whitten M. W., Williams N. H. & Bytebier B.**, 2006. Molecular phylogenetics of Vandaeae (Orchidaceae) and the evolution of leaflessness. *American Journal of Botany* **93**: 770–786.
- Ceballos G. & Brown J.H.**, 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* **9**: 559–568.
- Chao A., Chazdon R. L., Colwell R. K. & Shen T. -J.**, 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters* **8**: 148–159.
- Chase M. W.**, 2005. Classification of Orchidaceae in the Age of DNA data. *Curtis's Botanical Magazine* **22(1)**: 2–7.
- Chase M. W., Cameron K. M., Hills H. G. & Jarrell D.**, 1994. Molecular systematics of the Orchidaceae and other lilioid monocots. In Pridgeon A. (ed.): *Proceedings of the 14th World Orchid Conference*, pp 61–73. HMSO, London.

- Chase M. W., Barrett R. L., Cameron K. M. & Freudenstein J. V.**, 2003. DNA data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. In Dixon, K. M. (ed.): *Orchid conservation*, pp 69–89. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- Cheek M., Mackinder B., Gosline G., Onana J. M. & Achoungdong G.**, 2001. The phytogeography and flora of western Cameroon and the Cross River-Sanaga River interval. *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 1097–1100.
- Cheek M., Pollard B. J., Darbyshire I., Onana J-M. & Wild C.**, 2004. *The Plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi Mountains, Cameroon: A Conservation Checklist*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Cheek M. & Onana J. M.**, 2007. *The Red Data Plants of Cameroon*. Abstracts of the XVIIIth AETFAT congress. Yaoundé, Cameroon.
- Chiron G. & Guiard J.**, 2001. Etude et conservation des orchidées de Bali Ngemba (Cameroun). Notes de terrain et inventaires préliminaires. *Richardiana* **1(4)**: 153–186.
- Chiron G.**, 2001. Le genre *Cyrtorchis* Schlechter, avec une nouvelle espèce du Cameroun. *Richardiana* **1(2)**: 70–79.
- Chiron G., la Croix, I. & Stewart, J.**, 1998. Two new species of *Aerangis* from tropical Africa. *The Orchid Review* **106(1222)**: 225–230.
- CIA**, 2008. *The online World Factbook*. Published on the Internet; [<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>, accessed on 25 février 2008].
- Clarke K. R.**, 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* **18**: 117–143.
- Clarke K. R. & Warwick R. M.**, 2001. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Colwell R. K.**, 2005. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5*. Published on the Internet; [<http://purl.oclc.org/estimates>].
- Colyn M., Gautier-Hion A. & Verheyen W.**, 1991. A re-appraisal of paleoenvironmental history in Central Africa: evidence for a major fluvial refuge in the Zaire Basin. *Journal of Biogeography* **18**: 403–407.
- Cribb P. J.**, 1978. A revision of *Stolzia* (Orchidaceae). *Kew Bulletin* **33(1)**: 79–89.
- Cribb P. J.**, 1979. New or Little Known Orchids from East Africa. *Kew Bulletin* **34(2)**: 321–340.
- Cribb P. J.**, 1981. A New Species of *Stolzia* (Orchidaceae) from Tanzania. *Kew Bulletin* **36(3)**: 639–641.
- Cribb P. J.**, 1984. Orchidaceae 2. In Polhill R. M. (ed.): *Flora of Tropical East Africa*, pp 237–412. Balkema, Rotterdam.
- Cribb P. J.**, 1989. Orchidaceae 3. In Polhill R. M. (ed.): *Flora of Tropical East Africa*, pp 413–651. Balkema, Rotterdam.

- Cribb P. J.**, 1996. New species and records of Orchidaceae from West Africa. *Kew Bulletin* **51(2)**: 353–361.
- Cribb P. J.**, 1998. Orchidaceae. In Cable S. & Cheek M. (eds.): *The plants of Mount Cameroon. A conservation checklist*, pp 169–179. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Cribb P. J. & Fay J. M.**, 1987. Orchids of the Central African Republic - provisional checklist. *Kew Bulletin* **42(3)**: 711–735.
- Cribb P. J., La Croix I. & Stévant T.**, 1999. A new *Polystachya* (Orchidaceae) from São Tomé. *Kew Bulletin* **54(4)**: 999–1001.
- Cribb P. J. & Stewart J.**, 1985. Additions to the Orchid Flora of Tropical Africa. *Kew Bulletin* **40(2)**: 399–419.
- Cribb P. J., Van der Laan F. M. & Arends J. C.**, 1989. Two new species of Orchidaceae from West Africa. *Kew Bulletin* **44(3)**: 479–483.
- Cribb P. J., Zapfack L. & DeMarco J.**, 2000. Orchidaceae. In Cheek M., Onana J. -M. & Pollard B. J. (eds.): *The Plants of Mount Oku and the Ijim Ridge, Cameroon: A conservation checklist*, pp 81–85, 185–191. Royal Botanic Gardens Kew.
- Cribb P. J. & Pollard B. J.**, 2002. New Orchid discoveries in western Cameroon. *Kew Bulletin* **57(3)**: 653–659.
- Cribb P. J. & Pollard B. J.**, 2004a. Orchidaceae. In Cheek M., Pollard B. J., Darbyshire I., Onana J. - M. & Wild, C. (eds.): *The plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi mountains, Cameroon: A conservation checklist*, pp 193–201, 451–471. Royal Botanic Gardens Kew.
- Cribb P. J. & Pollard B. J.**, 2004b. *Bulbophyllum kupense* P.J.Cribb & B.J.Pollard, an unusual new orchid from western Cameroon. *Kew Bulletin* **59(1)**: 137–139.
- Cribb P. J. & Govaerts R.**, 2005. Just how many Orchids are there? In Raynal-Roques A., Roguenant A. & Prat D. (eds.): *Proceedings of the 18th World Orchids Conference*, pp 161–172. Naturalia, Turrier, France.
- Crisp M. D., Laffan S., Linder P., & Monro A.**, 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* **28**: 183–198.
- Cunningham R. B. & Lindenmayer D. B.**, 2005. Modeling count data of rare species: some statistical issues. *Ecology* **86**: 1135–1142.
- Deblauwe V., Barbier N., Couteron P., Lejeune O. & Bogaert J.**, 2008. The global biogeography of semi-arid periodic vegetation patterns. *Global Ecology and Biogeography* **17(6)**: 715–723.
- Delforge P.**, 1994. *Guide des Orchidaceae d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche-Orient*. Delachaux & Nestlé, Lausanne-Paris.
- Delisle F., Lavoie C., Jean M. & Lachance D.**, 2003. Reconstructing the spread of invasive plants: Taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography* **30**: 1033–1042.

- Dennis R. L. H. & Thomas, C. D.**, 2000. Bias in butterfly distribution maps: the influence of hot spots and recorder's home range. *Journal of Insect Conservation* **4**: 73–77.
- Dressler R.**, 1993. *Phylogeny and classification of the orchid family*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Droissart V. & Stévert T.**, 2004. Note écologique sur *Bulbophyllum teretifolium* Schltr., une Orchidaceae endémique du Cameroun. *Taxonomania* **13**: 2–4.
- Droissart V., Sonké B. & Stévert T.**, 2006. Les Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique présentes au Cameroun. *Systematics and Geography of Plants* **76(2)**: 3–84.
- Droissart V., Simo M., Sonké B. & Stévert T.**, in press. Le genre *Stolzia* (Orchidaceae) en Afrique centrale avec deux nouveaux taxons du Cameroun et de Guinée Equatoriale. *Adansonia*.
- Dudík M., Schapire R. E. & Phillips S. J.**, 2005. *Correcting sample selection bias in maximum entropy density estimation*. Advances in Neural Information Processing Systems 18. Published on the Internet; [<http://www.cs.cmu.edu/~mdudik/research.html>, accessed on 20 september 2008].
- Du Petit Thouars A. -A.**, 1822. *Histoire particulière des plantes orchidées recueillies dans les trois îles australes de France, de Bourbon et de Madagascar*. Paris
- Elith J. & Burgman M. A.**, 2002 Predictions and their validation: rare plants in the central highlands, Victoria, Australia. In Scott J. M., Heglund P. J., Haufler J. B., Morrison M., Raphael M. G., Wall W. B. & Samson F. (eds.): *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*, pp 303–313. Island Press, Covelo, California.
- Elith J., Graham C. H., Anderson R. P., Dudik M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R. J., Huettman F., Leathwick J. R., Lehmann A., Li J., Lohmann L., Loiselle B. A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J. M., Peterson A. T., Phillips S., Richardson K., Schachetti Pereira R., Schapire R. E., Soberón J., Williams S. E., Wisz M. & Zimmermann N. E.**, 2006. Novel methods improve predictions of species' distributions from occurrence data. *Ecography* **29**: 129–151.
- Encyclopédie Microsoft Encarta**, 2007. Microsoft Corporation. Published on the Internet; [<http://fr.encarta.msn.com>, accessed on 25 février 2008].
- Engler R., Guisan A. & Rechsteiner L.**, 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology* **41**: 263–274.
- Exell A. W.**, 1944. *Catalogue of the vascular plants of S. Tomé (with Príncipe and Annobón)*. British Museum (Natural History), London.
- Exell A. W.**, 1958. Progress accomplished in the study of the flora of the Islands of the Gulf of Guinea. *Mem. Soc. Brot.* **13**: 19–21.
- Exell A. W.**, 1973. Angiosperms of the Islands of the Gulf of Guinea (Fernando Po, Príncipe, S. Tomé and Annobón). *Bulletin of the British Museum (Natural History)* **4(8)**: 327–411.
- Fielding A. H. & Bell J. F.**, 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* **24**: 38–49.

- Figueiredo E.**, 2005. The Rubiaceae of São Tomé e Príncipe: taxonomy and conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society* **149**: 85–114.
- Finet M. E. -A.**, 1907. Classification et énumération des Orchidées africaines de la tribu des Sarcantées, d'après les collections du Muséum de Paris. *Bulletin de la Société Botanique de France* **54(9)**: 1–65 and Pl. 1–12.
- Fjeldså J. & Lovett J. C.**, 1997. Geographical patterns of old and young species in African forest biota: the significance of specific montane areas as evolutionary centres. *Biodiversity and Conservation* **6**: 325–346.
- Flores-Palacios A. & Valencia-Díaz S.**, 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* **136**: 372–387.
- Freitag S., Hobson C., Biggs H. C. & van Jaarsveld A. S.**, 1998. Testing for potential survey bias: the effect of roads, urban areas and nature reserves on a southern African mammal data set. *Animal Conservation* **1**: 119–127.
- Freudenstein J. V., van den Berg C., Goldman D. H., Kores P. J., Molvray M. & Chase M. W.**, 2004. An expanded plastid DNA phylogenetic analysis of Orchidaceae and analysis of jackknife clade support strategy. *American Journal of Botany* **91**: 149–157.
- Gandawijaja D. & Arditti J.**, 1983. The Orchids of *Krakatau*: evidence for a mode of transport. *Annals of Botany* **52**: 127–130.
- Gardner T. A., Barlow J., Araujo I. S., Avila-Pires T. C. S., Bonaldo A. B., Costa J. E., Esposito M. C., Ferreira L. V., Hawes J., Hernandez M. I. M., Hoogmoed M., Leite R. N., Lo-Man-Hung N. F., Malcolm J. R., Martins M. B., Mestre L. A. M., Miranda-Santos R., Nunes-Gutjahr A. L., Overal W. L., Parry L. T. W., Peters S. L., Ribeiro-Junior M. A., da Silva M. N. F., da Silva Motta C. & Peres C. A.**, 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters* **11**: 139–150.
- Gaston K. J.**, 1994. *Rarity*. Chapman and Hall, London, UK.
- Gaston K. J. & Kunin W. E.**, 1997. Rare-common differences: an overview. In Kunin W. E. & Gaston K. J. (eds.). *The biology of rarity: causes and consequences of rare-common differences*, pp 12–29. Chapman and Hall, London, UK.
- Gaubert P., Papes M. & Peterson A.T.**, 2006. Natural history collections and the conservation of poorly known taxa: Ecological niche modeling in central African rainforest genets (*Genetta* spp.). *Biological conservation* **130**: 106–117.
- Geerinck D.**, 1984. Orchidaceae (première partie). In Bamps P. (ed.): *Flore d'Afrique centrale (Zaire, Rwanda, Burundi)*. *Spermatophyte*, pp 1–296. Jardin Botanique National de Belgique, Meise.
- Geerinck D.**, 1988. Orchidaceae. In Troupin G. (ed.): *Flore du Rwanda*, pp 505–629. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren.
- Geerinck D.**, 1992. Orchidaceae (seconde partie). In Bamps P. (ed.): *Flore d'Afrique centrale (Zaire, Rwanda, Burundi)*. *Spermatophyte*, pp 297–780. Jardin Botanique National de Belgique, Meise.
- Geerinck D.**, 1990. Notes taxonomiques sur des Orchidacées d'Afrique centrale X. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **60**: 181–190.

- Geerinck D. & Lejoly J.**, 1997. Une nouvelle espèce d'Orchidaceae découverte au Congo: *Zeuxine odzalaensis* Geerinck & Lejoly. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **66(1)**: 153–157.
- Gentry A. H. & Dodson C. H.**, 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri botanical garden* **74**: 205–233.
- Gibbs M. M.**, 1988. Iwitahi: a native orchid reserve in exotic pine forest, New Zealand. *Orchadian* **9(3)**: 49–51.
- Gotelli N. J. & Colwell R. K.**, 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* **4**: 379–391.
- Govaerts R., Campacci M. A., Baptista D. H., Cribb P. J., George A., Kreuz K. & Wood J.**, 2008. *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; [<http://www.kew.org/wcsp/monocots>, accessed on 20 January 2008].
- Grand J., Cummings M. P., Rebelo A. G., Ricketts T. H. & Neel M. C.**, 2007. Biased data reduce efficiency and effectiveness of conservation reserve networks. *Ecology Letters* **10**: 364–374.
- Griesbach R. J.**, 2002. Development of *Phalaenopsis* Orchids for the Mass-Market. In Janick J. & Whipkey A. (eds.): *Trends in new crops and new uses*, pp 458–465. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Grimshaw J. M.**, 2001. What do we really know about the Afromontane Archipelago? *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 949–957.
- Groombridge B. & Jenkins M.**, 2002. *World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century*. University of California Press, Berkeley.
- Guillaumin A. & Rose H.**, 1959. Floraisons les plus intéressantes observées dans les serres du Muséum pendant les années 1956, 1957 et 1958. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, 2ème série*, **31**: 118.
- Guisan A. & Zimmermann N.E.**, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* **135**: 147–186.
- Guisan A., Broennimann O., Engler R., Vust M., Yoccoz N. G., Lehmann A. & Zimmermann, N. E.**, 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. *Conservation Biology* **20**: 501–511.
- Haffer J.**, 1969. Speciation in Amazon rainforest birds. *Science* **165**: 131–137.
- Haffer J.**, 1997. Alternative models of vertebrate speciation in Amazonia: an overview. *Biodiversity and Conservation* **6(3)**: 451–476.
- Harris D. J., Poulsen A. D., Frimodt-Møller C., Preston J. & Cronk Q. C. B.**, 2000. Rapid radiation in *Aframomum* (Zingiberaceae): evidence from nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer (ITS) sequences. *Edinburgh Journal of Botany* **57(3)**: 377–395.
- Hardy O. J.**, 2007. BiodivR 1.0. A program to compute statistically unbiased indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction principles. Published on the Internet; [<http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/biodivr>, accessed on 1 September 2008].

- Harper J. L. & Hawksworth D. L.**, 1995. Preface. In Hawksworth D. L. (ed.): *Biodiversity: Measurements and Estimation*, pp 5–12. Chapman and Hall, London.
- Hecketsweiler P. & Mokoko Ikonga J.**, 1991. *La réserve de Conkouati: Congo le secteur sud-est*. Bibliothèque de la conservation de l’UICN, Cambridge.
- Hernandez P. A., Graham C. H., Master L. L. & Albert D. L.**, 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* **29**: 773–785.
- Hernandez P. A., Franke I., Herzog S. K., Pacheco V., Paniagua L., Quintana H. L., Soto H. A., Swenson J. J., Tovar C., Valqui T. H., Vargas M. J. & Young B. E.**, 2008. Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation* **17(6)**: 1353–1366.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G. & Jarvis A.**, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* **25**: 1965–1978.
- Hill J. L. & Hill R. A.**, 2001. Why are tropical rain forests so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography* **25**: 326–354.
- Holmgren P. K. & Holmgren N. H.**, 1998 [continuously updated]. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Published on the Internet; [<http://sweetgum.nybg.org/ih/>, accessed on 1 June 2007].
- Hortal J., Lobo J.M. & Jiménez-Valverde A.**, 2007. Limitations of biodiversity databases: Case study on seed-plant diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology* **21**: 853–863.
- Hortal J., Jiménez-Valverde A., Gómez J. F., Lobo J. M. & Baselga A.**, 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed niche of the species. *Oikos* **117**: 847–858.
- Humphries C.J. & Parenti L.R.**, 1999. *Cladistic biogeography, 2nd edn*. Oxford University Press, Oxford.
- Hurlbert S. H.**, 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**: 577–586.
- IUCN**, 2001. *IUCN Red List Categories: Version 3.1*. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN**, 2007. *2007 IUCN Red List of Threatened Species*. [<http://www.iucnredlist.org>., accessed on 1 November 2007].
- IUCN & SSC**, 2006. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 6.2*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. [<http://app.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>, accessed on 1 November 2007].
- Johansson D.**, 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forests. *Acta Phytogeographica Suecica* **59**: 1–129.

- Jones P. J.**, 1994. Biodiversity in the Gulf of Guinea: an overview. *Biodiversity and Conservation* **3**: 772–784.
- Kadmon R., Farber O. & Danin A.**, 2004. Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications* **14**: 401–413.
- Katinas L., Crisci J. V., Wagner W. L. & Hoch P. C.**, 2004. Geographical diversification of tribe Epilobieae, Gongylocarpeae, and Onagreae (Onagraceae) in North America, based on Parsimony Analysis of Endemicity and Track Compatibility Analysis. *Annals of Missouri Botanical Garden* **91**: 159–185.
- Krishtalka L. & Humphrey P. S.**, 2000. Can natural history museums capture the future? *BioScience* **50**: 611–617.
- Kier G., Mutke J., Dinerstein E., Ricketts T. H., Küper W., Kreft H. & Barthlott W.**, 2005. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography* **32**: 1107–1116.
- Kraenzlin F.**, 1909. Orchidaceae africanae. *Botanische Jahrbücher* **43**: 342.
- Kraenzlin F.**, 1910. Orchidaceae. In Mildbraed (ed.): *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907-1908 unter Führung Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg Band II*: 85, t. IX fig. 2D & E.
- Kreft H., Köster N., Küper W., Nieder J. & Barthlott W.**, 2004. Diversity and biogeography of vascular epiphytes in a rainforest in western Amazonia, Yasuní, Ecuador. *Journal of Biogeography* **31**: 1463–1476.
- Kreft H. & Jetz W.**, 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**: 5925–5930.
- Küper W., Sommer J. H., Lovett J. C., Mutke J., Linder H. P., Beentje H., van Rompaey R. A. S. R., Chatelain C., Sosef M. and Barthlott W.**, 2004. Africa's hotspots of biodiversity redefined. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **91**: 525–536.
- Küper W., Sommer J. H., Lovett J. C. & Barthlott W.**, 2006. Deficiency in African plant distribution data - missing pieces of the puzzle. *Botanical Journal of the Linnean Society* **150**: 355–368.
- la Croix I.**, 1993. Two New Species of *Habenaria* sect. Podandria (Orchidaceae) from West Africa. *Kew Bulletin* **48(2)**: 369–373.
- la Croix I.**, 1996. An orchid survey in Congo. *Curtis's Botanical Magazine* **13(3)**: 165–176.
- la Croix I. F. & Brune A.**, 1996. Sao-Tomé e Príncipe Orchids. Paper delivered at the XVth World Orchid Conference in Rio de Janeiro.
- Laffan S. W. & Crisp, M. D.**, 2003. Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora. *Journal of Biogeography* **30**: 511–520.
- Leal M. E.**, 2004. *The African rain forest during the last glacial maximum, an archipelago of forests in a sea of grass*. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Lecoufle M. & Rose H.**, 1964. *Orchidées*. La maison rustique, Paris.

- Legendre P. & Legendre L.**, 1998. Numerical Ecology, 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Léonard J. & Bamps P.**, 1995. Le Dr Frank WHITE (1927-1994) et le Jardin Botanique National de Belgique. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **64**: 3–11.
- Letouzey R.**, 1968. *Etude phytogéographique du Cameroun*. Edition Chevalier P., Paris.
- Letouzey R.**, 1985. *Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000. Domaine de la forêt dense humide toujours verte*. Institut de la Carte Internationale de la Végétation, Toulouse
- Linder H. P.**, 2001a. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* **28**: 169–182.
- Linder H. P.**, 2001b On Areas of Endemism, with an Example from the African Restionaceae. *Systematic Biology* **50(6)**: 892–912.
- Linder H. P., Lovett J., Mutke J. M., Barthlott W., Jürgens N., Rebelo T. & Küper W.**, 2005. A numerical re-evaluation of the sub-Saharan phytochoria of mainland Africa. *Biologische skrifter* **55**: 229–252.
- Lindley J.**, 1862. West African tropical orchids. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London (Botany)* **6**: 123–140.
- Loiselle B. A., Howell C. A., Graham C. H., Goerck J. M., Brooks T., Smith K. G., Williams P. H.**, 2003. Avoiding Pitfalls of Using Species Distribution Models in Conservation Planning. *Conservation Biology* **17(6)**: 1591–1600.
- Lovett J. C. & Friis I.**, 1996. Some patterns of endemism in the tropical north east and eastern African woody flora. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds.): *The biodiversity of African plants*, pp 582–601. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Luna-Vega I., Alcántara Ayala O., Espinosa Organista D. & Morrone J. J.**, 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* **26**: 1299–1305.
- Maass J. M., Jordan C. F. & Sarukhan J.**, 1988. Soil Erosion and Nutrient Losses in Seasonal Tropical Agroecosystems Under Various Management Techniques. *The Journal of Applied Ecology* **25(2)**: 595–607.
- MacArthur R. H. & Wilson E. O.**, 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Mac Nally R.**, 2002. Multiple regression and inference in ecology and conservation biology: further comments on identifying important predictor variables. *Biodiversity and Conservation* **11**: 1397–1401.
- Magurran A. E.**, 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.

- Maley J.**, 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecology of Africa* **18**: 307–334.
- Maley J.**, 1989. Late Quaternary climatic changes in the African rain forest: forest refugia and the major role of sea surface temperature variations. In Leinen M. & Sarnthein M. (eds.): *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and past patterns of global atmospheric transport*, pp 585–616. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht.
- Maley J.**, 1996. The African rain forest - main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* **104B**: 31–73.
- Maley J.**, 2001. La destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale survenue il y a environ 2500 ans exerce encore une influence majeure sur la répartition actuelle des formations végétales. *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 777–796.
- Maley J. & Brenac P.**, 1987. Analyses polliniques préliminaires du Quaternaire récent de l'Ouest du Cameroun: mise en évidence de refuges forestiers et discussion des problèmes paléoclimatiques. *Mémoire des Travaux de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut de Montpellier* **17**: 129-142.
- Manrique C. E., Durán R. & Argáez J.**, 2003. Phytogeographic analysis of taxa endemic to the Yucatán Peninsula using geographic information systems, the domain heuristic method and parsimony analysis of endemism. *Diversity and Distributions* **9(4)**: 313–330.
- Mayaux P., Bartholomé E., Fritz S. & Belward A.**, 2004. A new land-cover map of Africa for the year 2000. *Journal of Biogeography* **31(6)**: 861–877.
- Mayr E. & O'Hara R. J.**, 1986. The biogeographic evidence supporting the Pleistocene Forest Refuge Hypothesis. *Evolution* **40**: 55–66.
- McNeill J., Barrie F. R., Burdet H. M., Demoulin V., Hawksworth D. L., Marhold K., Nicolson D. H., Prado J., Silva P. C., & Skog J. E.**, eds. 2006. *International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code) adopted by the Seventeenth International Botanical Congress Vienna, Austria, July 2005*. Koeltz, Königstein. [Regnum Vegetabile 146].
- Meisel J. E. & Woodward C. L.**, 2005. Andean Orchid Conservation and the Role of Private Lands: A Case Study from Ecuador. *Selbyana* **26**: 49-57.
- Moore S.**, 1877. Order XCIV. Orchidaceae. In Baker J. G. (ed.): *Flora of Mauritius and the Seychelles*. L. Reeve & Co., London.
- Moritz C., Patton J. L., Schneider C. J. & Smith T. B.**, 2000. Diversification of Rainforest Faunas: An Integrated Molecular Approach. *Annual Review of Ecology and Systematics* **31**: 533–563.
- Morrone J. J. & Crisci J. V.**, 1995. Historical biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics* **26**: 373–401.
- Morrone J. J. & Escalante T.**, 2002. Parsimony analysis of endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: when size matters. *Journal of Biogeography* **29**: 1095–1104.
- Mutke J. & Barthlott W.**, 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologische skrifter* **55**: 521–531.

- Myers A. A.**, 1991. How did Hawaii accumulate its biota? A test from the Amphipoda. *Global Ecology and Biogeography Letters* **1**: 24–29.
- Myers A. A. & Gillers P. S.**, 1988. Process, pattern, and scale in biogeography. In Myers A.A. & Gillers P.S (eds.). *Analytical biogeography*, pp 3–12. Chapman & Hall, London.
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B. & Kent J.**, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853–858.
- Nguembou K. C.**, 2006. *Distribution des Rubiaceae endémiques du Cameroun*. Mémoire de DEA en Sciences Biologiques, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Nihei S. S.**, 2006. Misconceptions about parsimony analysis of endemism. *Journal of Biogeography* **33**: 2099–2106.
- Oates J. F., Bergl R. A. & Linder J. M.**, 2004. *Africa's Gulf of Guinea Forests: Biodiversity Patterns and Conservation Priorities*. Conservation International Center for Applied Biodiversity Science, Washington D.C.
- Ochora J., Stock W. D., Linder H. P. & Newton L. E.**, 2002. Symbiotic seed germination in twelve Kenyan orchid species. *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 585–596.
- Ohlemüller R., Anderson B. J., Araújo M. B., Butchart S. H. M., Kudrna O., Ridgely R. S. & Thomas C. D.**, 2008. The coincidence of climatic and species rarity: high risk to small-range species from climate change. *Biology Letter* **4**: 568–572.
- Olson D. M., Dinerstein E., Wikramanayake E. D., Burgess N. D., Powell G. V. N., Underwood E. C., D'Amico J. A., Itoua I., Strand H. E., Morrison J. C., Loucks C. J., Allnutt T. F., Ricketts T. H., Kura Y., Lamoreux J. F., Wettengel W. W., Hedao P. & Kassem K. R.**, 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* **51**: 933–938.
- Olszewski T. S. & Szlachetko D. L.**, 1997. A provisional checklist of the orchids of Equatorial Guinea. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **43(1)**: 13–38.
- Orme C. D. L., Davies R. G., Burgess M., Eigenbrod F., Pickup N., Olson V., Webster A. J., Ding T. -S., Rasmussen P. C., Ridgely R. S., Stattersfield A. J., Bennett P. M., Blackburn T. M., Gaston K. J. & Owens I. P. F.**, 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* **436**: 1016–1019.
- Papes M. & Gaubert P.**, 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions* **13(6)**: 890–902.
- Parmentier I., Stévant T. & Hardy O. J.**, 2005. The inselberg flora of Atlantic Central Africa. I. Determinants of species assemblages. *Journal of Biogeography* **32(4)**: 685–696.
- Pearson R. G., Raxworthy C. J., Nakamura M. & Townsend P. A.**, 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* **34**: 102–117.
- Perez-Vera F.**, 2003. *Les Orchidées de Côte D'Ivoire*. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze, France.

- Perrier de la Bathie H.**, 1941. Orchidées, tome II. In Humbert H. (ed.): *Flore de Madagascar*, 49 famille, pp 202–321. Imprimerie Officielle, Tananarive, Madagascar.
- Phillips S. J., Anderson R. & Schapire R. E.**, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* **190**: 231–259.
- Phillips S. J. & Dudík**, 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* **31(2)**: 161–175.
- Plana V.**, 2004. Mechanisms and tempo of evolution in the African Guineo-Congolian rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **359**: 1585–1594.
- Plana V., Gascoigne A., Forrest L. L., Harris D. D. & Pennington R. T.**, 2004. Pleistocene and pre-Pleistocene Begonia speciation in Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **31**: 449–461.
- Plotkin J. B. & Muller-Landau H. C.**, 2002. Sampling the species composition of a landscape. *Ecology* **83**: 3344–3356.
- Pollard B. J., Roberts D. L. & Cribb P. J.**, 2004. Orchidaceae. In Harvey Y., Pollard B. J., Darbyshire I., Onana J.- M. & Cheek M. (eds.): *The plants of Bali Nguemba forest reserve, Cameroon: A conservation checklist*, pp 72, 141–150. Royal Botanic Gardens Kew.
- Prance G. T.**, 1982. Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In Prance G. T. (ed.): *Biological diversification in the tropics*, pp. 137–157. Columbia University Press, New York.
- Prendergast J. R., Wood, S N, Lawton, J H & Eversham, B C.**, 1993. Correcting for variation in recording effort in analyses of diversity hotspots. *Biodiversity Letters* **1**: 39–53.
- Preston F. W.**, 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology* **29**: 254–283.
- Pridgeon A. M., Cribb P. J., Chase M. W. & Rasmussen F. N. (eds.)**, 1999. *Genera Orchidacearum. Volume 1: General Introduction, Apostasioideae, Cypripedioideae*. Oxford University Press, Oxford.
- Pridgeon A. M., Cribb P. J., Chase M. W. & Rasmussen F. N. (eds.)**, 2001. *Genera Orchidacearum Vol 2: Orchidoideae (Part one)*. Oxford University Press, Oxford.
- Pridgeon A. M., Cribb P. J., Chase M. W. & Rasmussen F. N. (eds.)**, 2003. *Genera Orchidacearum Vol. 3: Orchidoideae (Part 2): Vanilloideae*. Oxford University Press, Oxford.
- Pridgeon A. M., Chase M. W., Cribb P. J. & Rasmussen F. N. (eds.)**, 2005: *Genera Orchidacearum vol. 4: Epidendroideae (Part one)*. Oxford University Press, Oxford.
- Quérouil S., Verheyen E., Dillen M. & Colyn M.**, 2003. Patterns of diversification in two African forest shrews: *Sylvisorex johnstoni* and *Sylvisorex ollula* (Soricidae, Insectivora) in relation to paleo-environmental changes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **28**: 24–37.
- Rasmussen F. N. & Rasmussen H.**, 1979. Notes on the morphology and taxonomy of *Diceratostele gabonensis* (Orchidaceae). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **49**: 139–148.
- Ramirez S. R., Gravendeel B., Singer R. B., Marshall C. R. & Pierce N. E.**, 2007. Dating the origin of the Orchidaceae from a fossil orchid with its pollinator. *Nature* **448**: 1042–1045.

- Raxworthy C. J., Martínez-Meyer E., Horning N., Nussbaum R. A., Schneider G. E., Ortega-Huerta M. A. & Peterson A. T., 2003.** Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* **426**: 837–841.
- Rietkerk M., Ketner P. & de Wilde J. J. F. E., 1996.** Caesalpinioideae and the study of forest refuges in central Africa. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds.): *The biodiversity of African plants*, pp 618–623. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Reddy S. & Dávalos L. M., 2003.** Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. *Journal of Biogeography* **30**: 1719–1727.
- Redpath J. & Hunt F., 1972.** Index to African orchids I-XXX by V.S.S Summerhayes. *Kew Bulletin* **27(2)**: 337–369.
- Reynaud-Farrera I., Maley J. & Wirrmann D., 1996.** Végétation et climat dans les forêts du sud-ouest Cameroun depuis 4800 ans B.P. par l'analyse pollinique des sédiments du lac Ossa. *Comptes rendus Académie des Sciences, Paris, série 2*, **322**: 749-755.
- Robbrecht E., 1988.** Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. *Opera Botanica Belgica* **1**: 1–271.
- Robbrecht E., 1996.** Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds.): *The biodiversity of African plants*, pp 564–581. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Roberts D. L. 2001.** *Reproductive Biology and Conservation of the Orchids of Mauritius*. Dissertation, University of Aberdeen, Scotland.
- Rodríguez J. P., Brotons L., Bustamante J., Seoane J. 2007.** The application of predictive modelling of species distribution to biodiversity conservation. *Diversity and Distributions* **13(3)**: 243–251.
- Rolfe A., 1892.** Orchidaceae in Catalogo de plantas da Africa Portuguesa. *Boletim da Sociedade Broteriana* **9**: 135–143.
- Rolfe A., 1898.** Orchidaceae. In Thiselton-Dyer W. T. (ed.): *Flora of Tropical Africa* 7, pp 12–292. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Rosen B. R., 1988.** From fossils to earth history: applied historical biogeography. In Myers A.A & Giller P.S. (eds.): *Analytical Biogeography: An Integrated Approach to the Study of Animal & Plant Distributions*, pp 437–481. Chapman and Hall, London.
- Ruokolainen K., 1996.** Ferns and Melastomataceae as indicators of phytogeographic pattern in Amazonia. In Guillaumet J.-L., Belin M. & Puig H. (eds.): *Phytogéographie Tropicale: Réalités et Perspectives*, pp 323–343. ORSTOM, Paris.
- Salazar G. A., Franke T., Zapfack L. & Beenken L., 2002.** A new species of *Manniella* (Orchidaceae, Cranichideae) from western tropical Africa, with notes on protandry in the genus. *Lindleyana* **17(4)**: 239–246.

- Sanders H. L.**, 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist* **102**: 243–282.
- Sánchez-Fernández D., Lobo J. M., Abellán P., Ribera I. & Millán A.**, 2008 Bias in freshwater biodiversity sampling: the case of Iberian water beetles. *Diversity and Distributions* **14**: 754–762.
- Sanford W. W.**, 1968. Distribution of epiphytic orchids in semideciduous tropical forest in southern Nigeria. *Journal of Ecology* **56**: 697–705.
- Sanford W. W.**, 1969a. The distribution of epiphytic orchids in Nigeria in relation to each other and the geographic location and climate, type of vegetation and tree species. *Biological Journal of the Linnean Society* **1**: 247–285.
- Sanford W. W.**, 1969b. Conservation of West African Orchids, 1. Nigeria. *Biological Conservation* **1**: 148–150.
- Sanford W. W.**, 1970a. Practical Conservation of Orchids in Nigeria. *Nigerian Journal of Science* **4(1)**: 49–57.
- Sanford W. W.**, 1970b. Conservation of West African Orchids, 2. La République du Cameroun. *Biological Conservation* **3**: 47–51.
- Sanford W. W.**, 1971. The orchid flora of Equatorial Guinea in relation to that of West Africa. Proceedings of the VIIth AEFTAT Congress, Munich, Sept. 1970. *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München* **10**: 287–298.
- Sanford W. W.**, 1974. The use of epiphytic orchids to characterize vegetation in Nigeria. *Biological Journal of the Linnean Society* **60**: 291–301.
- Schlechter R.**, 1915a. Kritische Aufzählung der bisher von Madagaskar, den Maskarenen, Komoren und Seychellen bekanntgewordenen Orchidaceen. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* **33(2)**: 426.
- Schlechter R.**, 1915b. Orchidaceae Stolzianae, ein Beitrag zur Orchideenkunde des Nyassa-Landes. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* **53**: 597.
- Schlechter R.**, 1918. Versuch einer natürlichen Neuordnung der afrikanischen angraekoiden Orchidaceen. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* **36(2)**: 107.
- Scholes R. J., Küper W. & Biggs R.**, 2006: *Chapter 2: Biodiversity*. In UNEP (Ed.): Africa Environment Outlook II, Earthprint, Stevenage, pp 226–261.
- Senterre B.**, 2001. La phytogéographie des forêts denses de Guinée Equatoriale, avec une attention particulière aux forêts de Nsork. *Systematics and Geography of Plants* **71**: 1087–1096.
- Senterre B.**, 2005. *Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Senterre B.**, 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. *Acta botanica Gallica* **152**: 409–419.
- Segeback L. B.**, 1983. *Orchids of Nigeria*. A. A. Balkema, Rotterdam.

- Segurado P. & Araùjo M. B.**, 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* **31**: 1555–1568.
- Senghas K.**, 1985. *Cribbia* und *Microterangis*, zwei neue Orchideengattungen. *Die Orchidee* **36**: 19–22.
- Simo M.**, 2008. *Contribution à l'étude des Orchidaceae du massif de Mbam Minkom*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Cameroun.
- Simo M., Droissart V., Sonké B. & Stévert T.**, in press. The orchid flora of the Mbam Minkom Hills (Yaoundé, Cameroon). *Belgian Journal of Botany*.
- Simo P.**, 2003. *Contribution à l'étude des Orchidaceae du Sanctuaire de faune de Banyang-Mbo*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Cameroun.
- Sita P. & Moutsambote J.-M.**, 1988. *Catalogue des plantes vasculaires du Congo*. Edition ronéotypée, Ministère de la Recherche scientifique, Centre d'Etude sur les Ressources végétales (Cerve), Brazzaville.
- Sonké B. & Stoffelen P.**, 2004. Une nouvelle espèce de *Coffea* L. (Rubiaceae, Coffeae) du Cameroun avec quelques notes sur ses affinités avec les espèces voisines. *Adansonia*, sér. 3, **26(2)**: 153–160.
- Sonké B., Nguembou K. C. & Neuba D.**, 2006. Les Rubiaceae endémiques du Cameroun et leur statut de conservation. In Beetje H. & Ghazanfar S. (eds.): *Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and uses*, pp 97–109. Royal Botanic Garden Kew.
- Sosef M. S. M.**, 1992. New species of *Begonia* in Africa and their relevance to the study of glacial rain forest refuges. *Wageningen Agricultural University Papers* **91(4)**: 117–151.
- Sosef M. S. M.**, 1994. Refuge begonias: Taxonomy, phylogeny and historical biogeography of *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia* in relation to glacial rain forest refuges in Africa. *Wageningen Agricultural University Papers* **94(1)**: 1–306.
- Sosef M. S. M.**, 1996. Begonias and African rain forest refuges: general aspects and recent progress. In van der Maesen L. J. G., van der Burgt X. M. & van Medenbach de Rooy J. M. (eds.): *The biodiversity of African plants*, pp 602–611. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Sosef M. S. M., Wieringa J. J., Jongkind C. C. H., Achoundong G., Azizet Issembé Y., Bedigian D., van den Berg R. G., Breteler F. J., Cheek M., Degreef J., Faden R., Gereau R. E., Goldblatt P., van der Maesen L. J. G., Ngok Banak L., Niangadouma R., Nzabi T., Nziengui B., Rogers Z. S., Stévert T., Taylor C.M., van Valkenburg J. L. C. H., Walters G. & J. J. F. E. de Wilde.**, 2006. Check-list des plantes vasculaires du Gabon/ Checklist of Gabonese vascular plants. *Scripta Botanica Belgica* **35**:1–438.
- Southwood T. R. E. & Henderson P. A.**, 2000. *Ecological Methods, 3rd ed.* Blackwell Publishing Ltd, London.
- Stern W. L., Morris M. W. & Judd W. S.**, 1993. Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* **113**: 161–197.
- Stévert T.**, 1998. *Etude sur les orchidées de Sao-Tomé et Principe*. Travail de fin d'études en Sciences Biologiques, Université Libre de Bruxelles, Belgique.

- Stévant T.**, 2003. *Étude taxonomique, écologique et phytogéographique des Orchidaceae en Afrique centrale atlantique*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Stévant T. & Cribb P. J.**, 2004a. Five new Tridactyle (Orchidaceae) from central Africa. *Kew Bulletin* **59(2)**: 195–205.
- Stévant T. & Cribb P. J.**, 2004b. New species and records of Orchidaceae from São Tomé and Príncipe. *Kew Bulletin* **59(2)**: 77–86.
- Stévant T., Delepierre G., Lebel J. P. & Geerinck G.**, sous presse. Les Orchidaceae du Parc National de Nyungwe (Rwanda). Proceeding du XVIIIème congrès de l'AETFAT, Yaoundé, Cameroun.
- Stévant T. & de Oliveira F.**, 2001. Guide des Orchidées de São Tomé et Príncipe. ECOFAC, cellule de coordination, Libreville, Gabon.
- Stévant T. & Droissart V.**, 2006. Diversity of Orchids in the Gamba Complex, Gabon. In: Alonso A., Lee M.E., Campbell P., Pauwels O.S.G. & Dallmeier F. (eds.). Gamba, Gabon: Biodiversity of an equatorial African rainforest. *Bulletin of the Biological Society of Washington* **12**: 275–283.
- Stévant T. & Geerinck D.**, 2000. Quatre nouveaux taxons d'Orchidaceae des genres *Liparis*, *Bulbophyllum*, *Polystachya* et *Calanthe* découverts à São Tomé et Príncipe. *Systematics and Geography of Plants* **70(1)**: 141–148.
- Stévant T., Geerinck D. & Lejoly J.**, 2000. Liste des Orchidaceae de São Tomé et Príncipe. *Acta Botanica Gallica* **147(2)**: 165–172.
- Stévant T. & Geerinck D.**, 2001. Diversité des Orchidaceae à São Tomé et Príncipe. Proceedings 16th Congress of A.E.T.F.A.T., 2000, Meise, Belgium. *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 565–573.
- Stévant T., Geerinck D., Parmentier I., & Lejoly J.**, 2003. A new species of *Polystachya* sect. Polychaete (Orchidaceae) from central Africa. *Systematic and Geography of Plants* **73(2)**: 281–285.
- Stévant T. & Lejoly J.**, 2001. Quelques orchidées remarquables du Rio Muni. *Parcs et réserves* **56(1)**: 33–36.
- Stévant T., Ndong S. & Ngomo D.**, 2001. Las orquideas del parque de Monte Alén. In Aedo C., Morales R., Tellería M. T. & Velayos M. (eds.): *Botánica y Botánicos en Guinea Ecuatorial*, pp 231–249. Real Jardín Botánico - Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- Stévant T., L. Ngok Banak, & M. Sosef.** 2006. Synthèse des inventaires réalisés sur les Orchidaceae dans le cadre du Projet d'Evaluation des Aires Protégées du Gabon. In Ghazanfar S.A. & Beentje H.J. (eds.): *Taxonomy and ecology of African Plants: their conservation and sustainable use*, pp 651–665. Proceedings du XVIIème Congrès de l'Aetfat, Royal Botanic Gardens Kew.
- Stévant T. & Nguema N.**, 2004. Trois espèces et quatre combinaisons nouvelles de *Polystachya* (Orchidaceae) du Cameroun, de Guinée Equatoriale et du Gabon. *Adansonia* **26(2)**: 217–233.
- Stévant T., Parmentier I. & Droissart V.**, 2007. Deux espèces nouvelles de *Polystachya* (Orchidaceae) de Guinée Equatoriale. *Adansonia* **29(1)**: 31–38.

- Stevens P. F.**, 2001 onwards. *Angiosperm Phylogeny Website*. Version 9, June 2008. Published on the Internet; [<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>, accessed on 22 september 2008].
- Stewart J.**, 1979. A revision of the African species of *Aerangis* (Orchidaceae). *Kew Bulletin* **34(2)**: 239–319.
- Stockwell D. R. B. & Peterson A. T.**, 2002. Controlling bias in biodiversity data. In Scott J. M., Heglund P. J., Haufler J. B., Morrison M., Raphael M. G., Wall W. B., & Samson F. (eds.): *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*, pp 537–546. Island Press, Covelo, California.
- Summerhayes V. S. S.**, 1938. African Orchids X. *Kew Bulletin* **1938**: 151–152.
- Summerhayes V. S. S.**, 1949. African Orchids XIX. *Kew Bulletin* **4(3)**: 427–443.
- Summerhayes V. S. S.**, 1952. African Orchids XX. *Kew Bulletin* **6(3)**: 473–475.
- Summerhayes V. S. S.**, 1953. African Orchids: XXI. *Kew Bulletin* **8(1)**: 129–162.
- Summerhayes V. S. S.**, 1958. African Orchids XXVI. *Kew Bulletin* **13(2)**: 279–280.
- Summerhayes V. S. S.**, 1968a. Orchidaceae 1. In Milne-Redhead E. & Polhill R.M. (eds.): *Flora of Tropical East Africa*, pp 1–236. Balkema, Rotterdam.
- Summerhayes V. S. S.**, 1968b. Orchidaceae. In Hutchinson J. & Dalziel J. M. (eds.): *Flora of West Tropical Africa* ed 2, 3, 180–276. Crown Agents, London.
- Szlachetko D. L. & Olszewski T. S.**, 1998a. *Renzorchis* (Orchidaceae, Habenariinae) a new genus from Gabon. *Adansonia* **20(2)**: 323–326.
- Szlachetko D. L. & Olszewski T. S.**, 1998b. Orchidacées 1. In Satabié B. & Morat P. (eds.): *Flore du Cameroun* 34, pp 1–320. MNHN, Paris – Herbar National, Yaoundé,
- Szlachetko D. L. & Olszewski T. S.**, 2001a. Orchidacées 2. In Achoundong G. & Morat P. (eds.): *Flore du Cameroun* 35, pp 322–665. MNHN, Paris – Herbar National, Yaoundé.
- Szlachetko D. L. & Olszewski T. S.**, 2001b. Orchidacées 3. In Achoundong G. & Morat P. (eds.): *Flore du Cameroun* 36, pp 666–948. MNHN, Paris – Herbar National, Yaoundé.
- Szlachetko D. L., Sawicka M. & Kras-Lapinska M.**, 2004a. Orchidacées 1. In Morat P. (ed.): *Flore du Gabon* 36, pp 1–231. MNHN, Paris.
- Szlachetko D. L., Sawicka M. & Kras-Lapinska M.**, 2004b. Orchidacées 2. In: Morat P. (ed.): *Flore du Gabon* 37, pp 232–508. MNHN, Paris.
- Szlachetko D. L., Margonska H. B. & Mytnik J.**, 2005. *Veyretella flabellata* (Orchidaceae, Habenariinae), a new species from Gabon. *Annales Botanici Fennici* **42**: 227–229.
- Taedoung E.** 2007. *Diversité et distribution des Rubiaceae endémiques du domaine bas-guinéen présentes au Cameroun*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Cameroun.

- Taylor D. L., Bruns T. D., Leake J. R. & Read D. J.**, 2002. Mycorrhizal specificity and function in myco-heterotrophic plants. In van der Heijden M. G. A., Sanders I. (eds.): *Mycorrhizal ecology*, pp 375–414. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Tchouto M. G. P.** 2004. *Plant diversity in a Central African rain forest: implications for biodiversity conservation in Cameroon*. PhD thesis Dept. of Plant Sciences, Biosystematics Group, Wageningen University, the Netherlands.
- Tchouto M. G. P., de Wilde J. J. F. E., de Boer W. F., van der Maesen L. J. G. & Cleef A. M.**, 2008. Bio-indicator species and Central African rain forest refuges: a case study from the rain forest in Cameroon. *Systematics & Biodiversity*. Published online by Cambridge University Press 18 Nov 2008.
- Trejo-Torres C. & Ackerman J. D.**, 2001. Biogeography of the Antilles based on a parsimony analysis of orchid distributions. *Journal of Biogeography* **28**: 775–794.
- Turner I. M., Tan H. T. W., Wee Y. C., Ibrahim A. B., Chew P. T. & Vliet G.**, 1994. C.I.T.E.S. and orchids - a conflict between conservation and international trade? In Pridgeon A. (ed.): *Proceedings of the 14th World Orchid Conference*, pp 188–194. HMSO, London.
- van der Gingel N. A.**, 2001. *An Atlas of Orchid Pollinisation: America, Africa, Asia and Australia*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- van der Laan F. M. & Cribb P. J.**, 1986. *Ossiculum* (Orchidaceae), a new genus from Cameroun. *Kew Bulletin* **41**(4): 823–826.
- Veiga M. M., Meech J. A. & Onate N.**, 1994. Mercury pollution from deforestation. *Nature* **368**: 816–817.
- Vermeulen J. J.**, 1987. A taxonomic revision of the Continental African Bulbophyllinae. *Orchids Monograph* **2**: 1–300.
- WDPA Consortium**, 2007. *World Database on Protected Areas web-download*. UNEP-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). Published on the Internet; [<http://www.unep-wcmc.org/wdpa/index.htm>, accessed on 25 février 2008].
- Williams P. H., Margules C. R. & Hilbert D. W.**, 2002. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *Journal of Biosciences* **27**(2): 327–338.
- Williamson G.**, 1980. Studies in Orchidaceae from South Central Africa. *Journal of South African Botany* **46**: 329–342.
- Wisz M. S., Hijmans R. J., Li J., Peterson A. T., Graham C. H., Guisan A. & NCEAS Working Group**, 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* **14**: 763–773.
- White F.**, 1976. The taxonomy, ecology and chorology of African Chrysobalanaceae (excl. *Acioa*). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **46**: 265–350.
- White F.**, 1978. The Afromontane Region. In Werger M. J. A. (ed.): *Biogeography and ecology of Southern Africa*, pp 463–513. The Hague, Junk.

- White F.**, 1979. The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **49**: 11–55.
- White F.**, 1981. The history of the Afromontane archipelago and the scientific need for its conservation. *African Journal of Ecology* **19**: 33–54.
- White F.**, 1983. *The vegetation of Africa*. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Unesco, Paris.
- White F.**, 1986. *La végétation de l'Afrique*. Mémoire accompagnant la carte de l'Afrique, UNESCO-AETFAT/UNSO (traduction française par P. Bamps). ORSTOM-UNESCO, Paris.
- White F.**, 1993. The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* **62**: 225–281.
- Whittaker R. H.**, 1960. Vegetation of Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* **30**: 279–338.
- Whittaker R. H.**, 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213–251.
- Wodrich K.**, 1997. *Growing South African indigenous orchids*. Balkema, Rotterdam.
- Wolda H.**, 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* **50**: 296–302.
- WRI**, 2008. *Global Forest Watch*. Initiative of the World Resources Institute. Published on the Internet; [<http://www.globalforestwatch.org/>, accessed on 25 février 2008].
- Yongo O. D. & de Foucault B.**, 2001. Analyse phytogéographique de la forêt de Ngotto (République Centrafricaine). *Systematics and Geography of Plants* **71(2)**: 847–857.
- Zapfack L., Nkongmeneck A. B., Villiers J. F. & Lowman M.**, 1996. The importance of pteridophytes in the epiphytic flora of some phorophytes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest. *Selbyana* **17**: 76–81.
- Zapfack L. & Engwald S.**, 2007. Biodiversity and spatial distribution of vascular epiphytes in two biotopes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest. *Plant Ecology* **195(1)**: 117–130.

Annexes



Nectophryne batesii Boulenger

Annexes

1) Checklist des Orchidaceae endémiques d’Afrique centrale atlantique	2
2) Eléments phytogéographiques des dix territoires identifiés avec la distribution des Orchidaceae endémiques d’Afrique centrale atlantique	9
3) Couches bioclimatiques utilisées pour la modélisation avec MaxEnt (Worldclim)	10
4) Carte de distribution potentielle des 60 taxons modélisés avec MaxEnt	11
5) Matrice PAE basée sur les éléments des dix territoires phytogéographiques identifiés avec la distribution des Orchidaceae endémiques d’Afrique centrale atlantique	21
6) Matrice PAE basée sur les aires d’endémisme utilisées par Sosef (1994) pour son analyse de biogéographie historique	23

(1) Checklist des Orchidaceae endémiques d'Afrique centrale atlantique. Distribution: Ca = Cameroun; R = République Centrafricaine; Ni = Nigeria; ST = São Tomé; Pr = Príncipe; G = Gabon; RM = Guinée Equatoriale (Rio Muni); A = Guinée Equatoriale (Annobon); B = Guinée Equatoriale (Bioko); C = République du Congo (0 = absent et 1 = présent). Mode de vie: E = épiphyte; T = terrestre. Type phytogéographique: Afro = archipel afromontagnard; IO_Pl = étage de plaine des îles océaniques; IO_Sub/Mt = étage submontagnard et montagnard des îles océaniques; Conti=plateau continental; BC_LNS = plaine littorale de la bande côtière au nord de la Sanaga; BC_LSS = plaine littorale de la bande côtière au sud de la Sanaga; BC_Val = Vallons humides de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe; BC_Sub = étage submontagnard de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe; HP_Sub = étage submontagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise; HP_Mt = étage montagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise; ? = inconnu.

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
1	<i>Aerangis</i> aff. <i>hologlotis</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	BC_LSS
2	<i>Aerangis</i> <i>bouarensis</i> Chiron	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
3	<i>Aerangis</i> x <i>chirioana</i> Bellone & Chiron	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LSS
4	<i>Aerangis</i> <i>flexuosa</i> (Ridl.) Schltr.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
5	<i>Aerangis</i> <i>gracillima</i> (Kraenzl.) Arends & J.L.Stewart	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	Liaison
6	<i>Aerangis</i> <i>megaphylla</i> Summerh.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	E	IO_Sub/Mt
7	<i>Ancistrochilus</i> <i>thomsonianus</i> (Rech.f.) Rolfe	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	E	Liaison
8	<i>Ancistrochilus</i> aff. <i>capitatus</i> var. nov.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
9	<i>Ancistrochilus</i> <i>brevifolius</i> Finet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	E	Conti
10	<i>Ancistrochilus</i> <i>crystalensis</i> P.J.Cribb & Laan	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	E	Liaison
11	<i>Ancistrochilus</i> <i>obovata</i> sp. nov. inedit.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Val
12	<i>Ancistrochilus</i> <i>serratus</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	E	HP_Mt
13	<i>Angraecopsis</i> <i>cryptantha</i> P.J.Cribb	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
14	<i>Angraecopsis</i> <i>dolabriformis</i> (Rolfe) Schltr.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
15	<i>Angraecopsis</i> <i>hallei</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Conti
16	<i>Angraecopsis</i> <i>lisowskii</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
17	<i>Angraecopsis</i> <i>thomensis</i> P.J.Cribb & Stévant	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
18	<i>Angraecopsis</i> <i>tridens</i> (Lindl.) Schltr.	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	E	Liaison
19	<i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> Summerh. sp. nov. 1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_LSS
20	<i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> Summerh. sp. nov. 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_LSS
21	<i>Angraecum</i> <i>angustum</i> (Rolfe) Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
22	<i>Angraecum</i> <i>astroarche</i> Ridl.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
23	<i>Angraecum</i> <i>atlanticum</i> Stévant & Droissart	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	BC_Sub

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
24	<i>Angraecum cribbianum</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Val
25	<i>Angraecum curvipes</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
26	<i>Angraecum doratophyllum</i> Summerh.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
27	<i>Angraecum egertonii</i> Rendle	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison
28	<i>Angraecum eichlerianum</i> Kraenzl. var. <i>curvicalcaratum</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	Large
29	<i>Angraecum lisowskianum</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	BC_LSS
30	<i>Angraecum sanfordii</i> P.J.Cribb & B.J. Pollard	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
31	<i>Brachycorythis basifoliata</i> Summerh.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	T	IO_PI
32	<i>Bulbophyllum alinae</i> Szlach.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LSS
33	<i>Bulbophyllum bifarium</i> Hook.f.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
34	<i>Bulbophyllum blepharochilum</i> Garay	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	?
35	<i>Bulbophyllum calvum</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
36	<i>Bulbophyllum comatum</i> Lindl. var. <i>comatum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	E	HP_Sub
37	<i>Bulbophyllum coriscense</i> Rchb.f.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	BC_LSS
38	<i>Bulbophyllum curvimentatum</i> J.J.Verm.	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	E	Liaison
39	<i>Bulbophyllum dolabriforme</i> J.J.Verm.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
40	<i>Bulbophyllum fayi</i> J.J.Verm.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
41	<i>Bulbophyllum jaapii</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
42	<i>Bulbophyllum lizae</i> J.J.Verm.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
43	<i>Bulbophyllum luciphilum</i> Stévant	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	E	Liaison
44	<i>Bulbophyllum mediocre</i> Summerh.	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	E	Liaison
45	<i>Bulbophyllum minutifolium</i> sp. nov. inedit	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison
46	<i>Bulbophyllum nigericum</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
47	<i>Bulbophyllum nummularia</i> (H.Wendl. & Kraenzl.) Rolfe	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	?
48	<i>Bulbophyllum pandanerotum</i> Summerh.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison
49	<i>Bulbophyllum porphyrostachys</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	E	Liaison
50	<i>Bulbophyllum sangae</i> Schltr.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	?
51	<i>Bulbophyllum scaberulum</i> (Rolfe) Bolus var. <i>fuerstenbergianum</i> (De Wild.) J.J.Verm.	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	E	HP_Sub
52	<i>Bulbophyllum subligaculiferum</i> J.J.Verm.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Val
53	<i>Bulbophyllum teretifolium</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
54	<i>Calanthe sylvatica</i> (Thouars) Lindl. var. <i>geerinckiana</i> Stévant	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	T	IO_PI
55	<i>Chamaeangis gabonensis</i> Summerh.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
56	<i>Chamaeangis spiralis</i> Stévert & Droissart	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
57	<i>Chamaeangis thomensis</i> (Rolfe) Schltr.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
58	<i>Chamaeangis vagans</i> (Lindl.) Schltr.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
59	<i>Cheirostylis divina</i> (Guinée) Summerh. var. <i>ochyrae</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	Conti
60	<i>Corymborkis minima</i> P.J.Cribb	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	T	Liaison
61	<i>Cribbia pendula</i> la Croix & P.J.Cribb	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
62	<i>Cribbia thomensis</i> la Croix & P.J.Cribb	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
63	<i>Cynorkis gabonensis</i> Summerh.	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	T	Large
64	<i>Cyrtorchis henriquesiana</i> (Ridl.) Schltr.	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	E	Liaison
65	<i>Cyrtorchis letouzeyi</i> Szlach. & Olsz.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
66	<i>Diaphananthe acuta</i> (Ridl.) Schltr.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
67	<i>Diaphananthe aff. cunea</i> sp. nov.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	Liaison
68	<i>Diaphananthe aff. laticar</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Large
69	<i>Diaphananthe aff. ovale</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	Large
70	<i>Diaphananthe aff. sanfordiana</i> sp. nov.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
71	<i>Diaphananthe brevifolia</i> (Summerh.) Summerh.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
72	<i>Diaphananthe ceriflora</i> J.B.Petersen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
73	<i>Diaphananthe curvata</i> (Rolfe) Summerh. subsp. nov.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	Conti
74	<i>Diaphananthe dorotheae</i> (Rendle) Summerh.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
75	<i>Diaphananthe garayana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LSS
76	<i>Diaphananthe gigantea</i> sp. nov. inedit.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Conti
77	<i>Diaphananthe longicalcar</i> (Summerh.) Summerh.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
78	<i>Diaphananthe papagayi</i> (Rchb.f.) Schltr.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
79	<i>Diaphananthe sanfordiana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_Sub
80	<i>Diaphananthe trigonopetala</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	?
81	<i>Diaphananthe vandiformis</i> (Kraenzl.) Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
82	<i>Dinklageella scandens</i> P.J.Cribb & Stévert	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
83	<i>Dinklageella villiersi</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	?
84	<i>Disperis kamerunensis</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
85	<i>Disperis mildbraedii</i> Schltr. ex Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	T	HP_Mt
86	<i>Disperis nitida</i> Summerh.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Mt

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
87	<i>Eggelingia gabonensis</i> P.J.Cribb & Laan	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison
88	<i>Gastrodia africana</i> Kraenzl.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	Liaison
89	<i>Genyorchis apertiflora</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
90	<i>Genyorchis macrantha</i> Summerh.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
91	<i>Genyorchis micropetala</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	E	HP_Sub
92	<i>Genyorchis platybulbon</i> Schltr.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Liaison
93	<i>Genyorchis saccata</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	?
94	<i>Genyorchis sanfordii</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	Conti
95	<i>Genyorchis summerhayesiana</i> Szlach. & Olsz.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
96	<i>Habenaria alinae</i> Szlach.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Sub
97	<i>Habenaria batesii</i> la Croix	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	Conti
98	<i>Habenaria bosseriana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Sub
99	<i>Habenaria clarencensis</i> Rolfe	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T	Afro
100	<i>Habenaria keyai</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
101	<i>Habenaria letouzeyana</i> (Szlach. & Olsz.) P.J.Cribb & Stévant	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	T	IO_Pi
102	<i>Habenaria linguiformis</i> Summerh.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
103	<i>Habenaria lisowskii</i> Szlach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	T	Conti
104	<i>Habenaria maitlandii</i> Summerh.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	Liaison
105	<i>Habenaria mannii</i> Hook.f.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	T	Afro
106	<i>Habenaria microceras</i> Hook.f.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T	Afro
107	<i>Habenaria nigrescens</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
108	<i>Habenaria obovata</i> Summerh.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
109	<i>Habenaria phantasma</i> la Croix	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	T	BC_LSS
110	<i>Habenaria phylacocheira</i> Summerh.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
111	<i>Habenaria prionocraspedon</i> Summerh.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
112	<i>Habenaria sanfordiana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	?
113	<i>Habenaria stenochila</i> Lindl.	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	T	Large
114	<i>Habenaria thomana</i> Rchb.f.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	T	Liaison
115	<i>Habenaria weilerana</i> Schltr.	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	T	Liaison
116	<i>Halleorchis aspidogynoides</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	Conti
117	<i>Liparis aff. gracilentata</i> sp. nov.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_Sub
118	<i>Liparis ascendens</i> P.J.Cribb	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	T	Liaison
119	<i>Liparis gracilentata</i> Dandy	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	E	Large
120	<i>Liparis kamerunensis</i> Schltr.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Mt
121	<i>Liparis letouzeyana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
122	<i>Liparis rosseelii</i> Stévant	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
123	<i>Liparis suborbicularis</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Liaison
124	<i>Manniella cypridioides</i> Salazar, Franke, Zapfack & Beenken	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Sub
125	<i>Microcoelia jonssonii</i> Szlach. & Olsz.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
126	<i>Microcoelia leptostele</i> (Summerh.) Jonsson var. <i>cordatilabia</i> Szlach. & Olsz.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
127	<i>Microcoelia sanfordii</i> L.Jonsson	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
128	<i>Microcoelia</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Conti
129	<i>Nephrangis bertauxiana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Conti
130	<i>Orestias micrantha</i> Summerh.	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	T	Liaison
131	<i>Ossiculum aurantiacum</i> P.J.Cribb & Laan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
132	<i>Platycoryne alinae</i> Szlach.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	HP_Sub
133	<i>Platycoryne megalorrhyncha</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	Afro
134	<i>Plectrelminthus caudatus</i> Szlach. & Olsz. var. <i>trilobatus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
135	<i>Polystachya</i> aff. <i>obanensis</i> sp. nov.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
136	<i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>angustifolia</i> (Summerh.) Summerh.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
137	<i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>manengouba</i> W.W.Sanford	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
138	<i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>polyphylla</i> (Summerh.) Stévant	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	T	Conti
139	<i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>principensis</i> Stévant	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
140	<i>Polystachya alpina</i> Lindl.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	E	Large
141	<i>Polystachya anthoceros</i> la Croix & P.J.Cribb	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
142	<i>Polystachya bicalcarata</i> Kraenzl.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	E	Large
143	<i>Polystachya bipoda</i> Stévant	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	BC_Sub
144	<i>Polystachya biteaui</i> P.J.Cribb, la Croix & Stévant	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
145	<i>Polystachya camaridioides</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	E	Large
146	<i>Polystachya carnosa</i> P.J.Cribb & Podz.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	E	Large
147	<i>Polystachya cooperi</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
148	<i>Polystachya elegans</i> Rchb.f.	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	E	Large
149	<i>Polystachya engogensis</i> Stévant & Droissart	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	BC_Sub
150	<i>Polystachya eupatha</i> Kraenzl.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Conti
151	<i>Polystachya excelsa</i> Kraenzl.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
152	<i>Polystachya expansa</i> Ridl.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Pl
153	<i>Polystachya farinosa</i> Kraenzl.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
154	<i>Polystachya geniculata</i> Summerh.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	BC_LNS
155	<i>Polystachya kingii</i> Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub
156	<i>Polystachya kornasiana</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	E	Conti
157	<i>Polystachya kubalae</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Sub
158	<i>Polystachya kupensis</i> P.J.Cribb & B.J. Pollard	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Sub

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
159	<i>Polystachya lejolyana</i> Stévar	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Val
160	<i>Polystachya letouzeyana</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_Sub
161	<i>Polystachya moniquetiana</i> Stévar & Geerinck	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	E	Liaison
162	<i>Polystachya odorata</i> Lindl. subsp. <i>gabonensis</i> (Summerh.) Stévar	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	T	Conti
163	<i>Polystachya odorata</i> Lindl. subsp. <i>trilepidis</i> (Summerh.) Stévar	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	BC_LNS
164	<i>Polystachya oligantha</i> Schltr	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	E	?
165	<i>Polystachya parviflora</i> Summerh.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
166	<i>Polystachya principia</i> P.J.Cribb & Stévar	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E	Liaison
167	<i>Polystachya pyramidalis</i> Lindl.	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	E	Large
168	<i>Polystachya reticulata</i> Stévar & Droissart	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	E	HP_Sub
169	<i>Polystachya ridleyi</i> Rolfe	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	E	IO_Sub/Mt
170	<i>Polystachya riomuniensis</i> Stévar & Nguema	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	BC_Val
171	<i>Polystachya setifera</i> Lindl.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E	IO_PI
172	<i>Polystachya stodolnyi</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	Conti
173	<i>Polystachya superposita</i> Rchb.f.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
174	<i>Polystachya supfiana</i> Schltr.	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	E	Large
175	<i>Polystachya testuana</i> Summerh.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E	Liaison
176	<i>Polystachya thomensis</i> Summerh.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
177	<i>Rangaeria trilobata</i> Summerh.	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	E	Large
178	<i>Renzorchis pseudoplatycoryne</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	?
179	<i>Rhipidoglossum magnicalcar</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	Conti
180	<i>Rhipidoglossum obanense</i> (Rendle) Summerh.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
181	<i>Rhipidoglossum ochyrae</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
182	<i>Rhipidoglossum polyanthum</i> (Kraenzl.) Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	E	HP_Mt
183	<i>Rhipidoglossum polydactylum</i> (Kraenzl.) Garay	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	HP_Mt
184	<i>Stolzia grandiflora</i> P.J.Cribb subsp. <i>lejolyana</i> Stévar, Droissart & Simo	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	E	Liaison
185	<i>Stolzia peperomioides</i> (Kraenzl.) Summerh. subsp. <i>thomensis</i> (Stévar & P.J.Cribb) Stévar, Droissart & Simo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_Sub/Mt
186	<i>Stolzia repens</i> (Rolfe) Summerh var. <i>cleistogama</i> Stévar, Droissart & Simo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	Liaison

	Taxons	Ca	R	Ni	ST	Pr	G	RM	A	B	C	Mode de vie	Type phytogéographique
187	<i>Tridactyle anthomaniaca</i> (Rchb.f.) Summerh. subsp. nana P.J.Cribb & Stévar	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E	Liaison
188	<i>Tridactyle aurantiopunctata</i> P.J.Cribb & Stévar	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	IO_PI
189	<i>Tridactyle excellii</i> P.J.Cribb & Stévar	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
190	<i>Tridactyle lagosensis</i> (Rolfe) Schltr.	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	E	Large
191	<i>Tridactyle latifolia</i> Summerh.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	E	Liaison
192	<i>Tridactyle muriculata</i> (Rendle) Schltr.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E	BC_LNS
193	<i>Tridactyle pentalobota</i> P.J.Cribb & Stévar	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	E	BC_Val
194	<i>Tridactyle thomensis</i> P.J.Cribb & Stévar	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	E	Liaison
195	<i>Tridactyle truncatiloba</i> Summerh.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	E	BC_Val
196	<i>Vanilla chalonii</i> Finet	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	T	Liaison
197	<i>Vanilla hallei</i> Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	Conti
198	<i>Vanilla heteroloba</i> Summerh.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	Liaison
199	<i>Vanilla nigerica</i> Rendle	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	T	?
200	<i>Vanilla ochryae</i> Szlach. & Olsz.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	Conti
201	<i>Veyretella flabellata</i> Szlach., Marg. & Mytnik	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	BC_LSS
202	<i>Veyretella hetaerioides</i> (Summerh.) Szlach. & Olsz.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T	BC_LSS
203	<i>Zeuxine odzalaensis</i> Geerinck & Lejoly	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	T	Conti

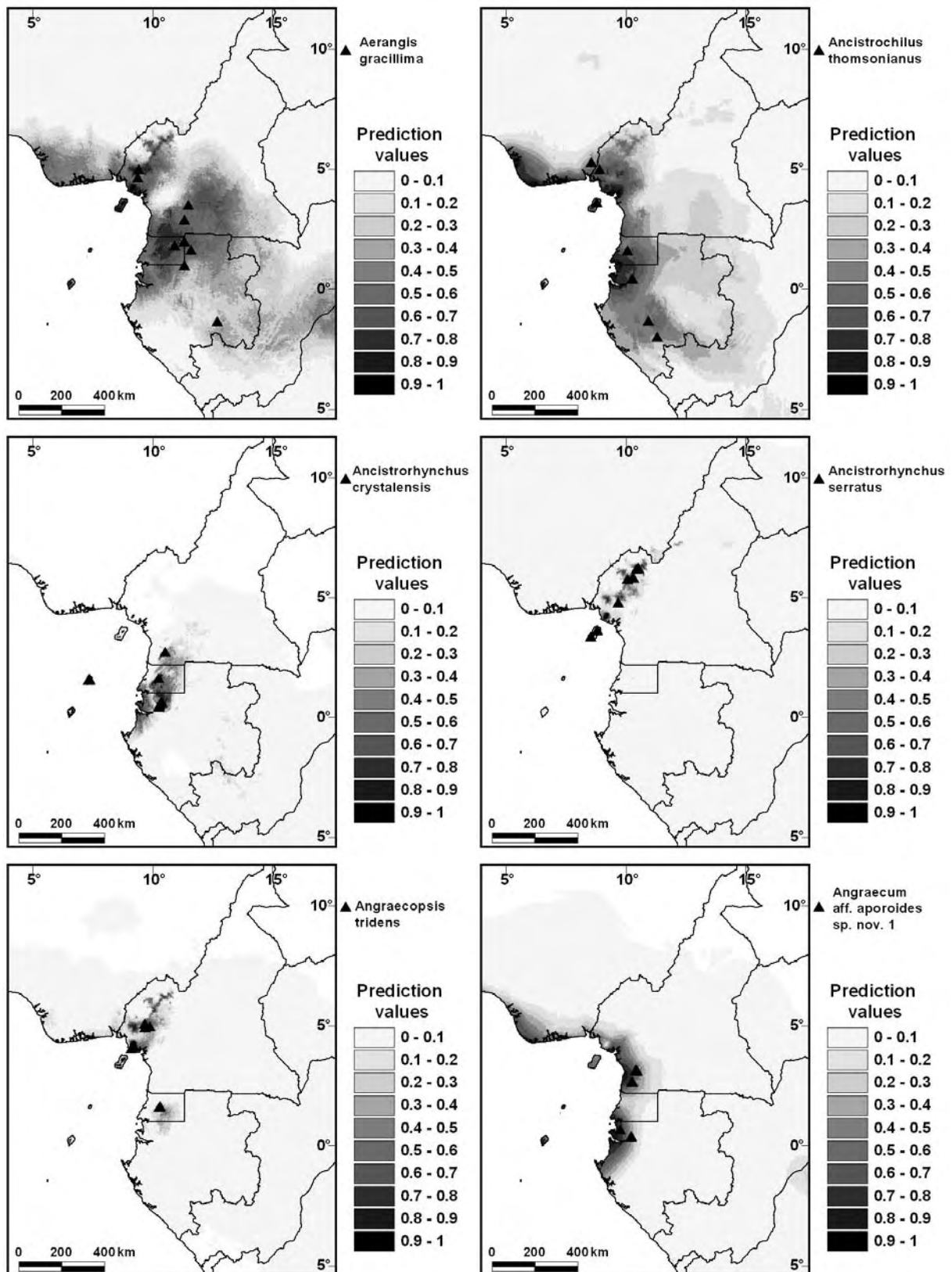
(2) **Éléments phytogéographiques des dix territoires phytogéographiques des Orchidaceae d’Afrique centrale atlantique.** Afro=archipel afromontagnard, IO_Pl=étage de plaine des îles océaniques, IO_Sub/Mt=étage submontagnard et montagnard des îles océaniques, Conti=plateau continentale, BC_LNS=plaine littorale de la bande côtière au nord de la Sanaga, BC_LSS=plaine littorale de la bande côtière au sud de la Sanaga, BC_Val=Vallons humides de la chaîne montagneuse Ngovayang-Mayombe, BC_Sub=étage submontagnard de la chaîne montagneuse Ngovayang-Mayombe, HP_Sub= étage submontagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise, HP_Mt= étage montagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise.

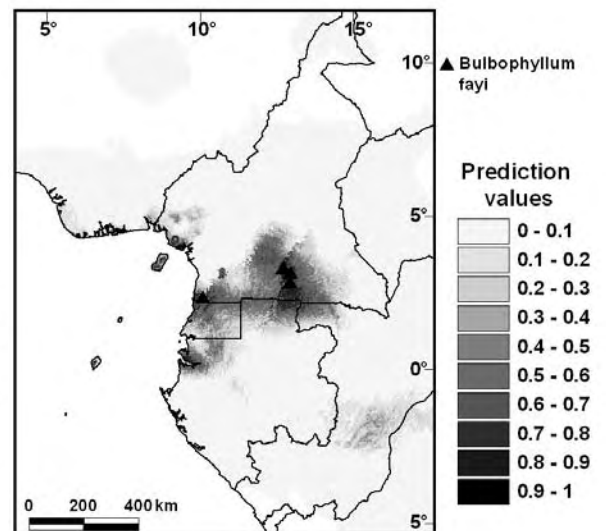
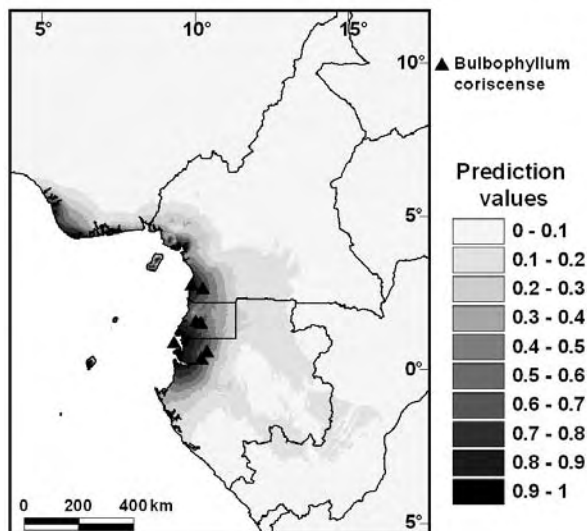
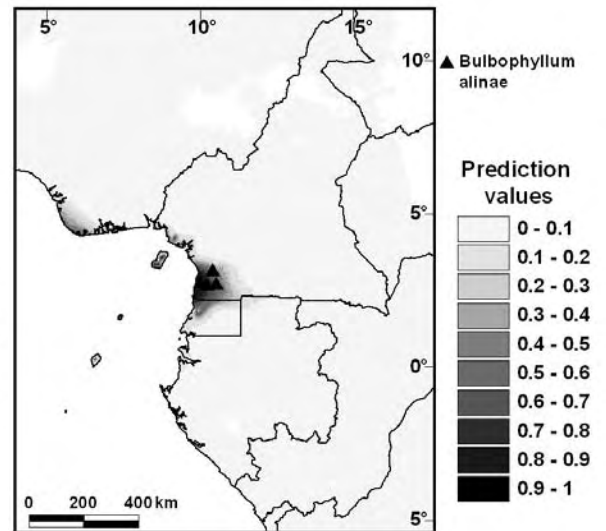
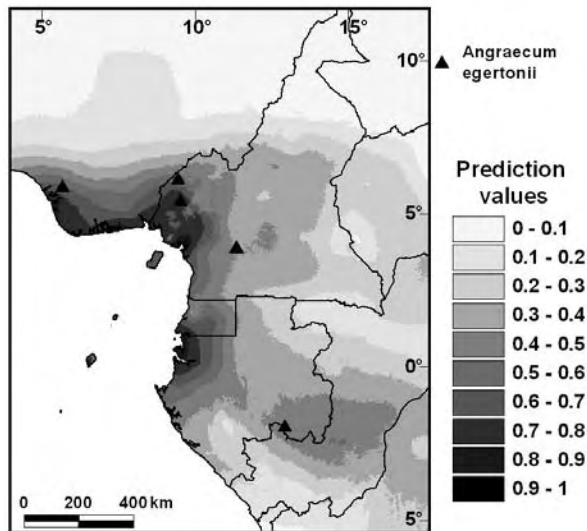
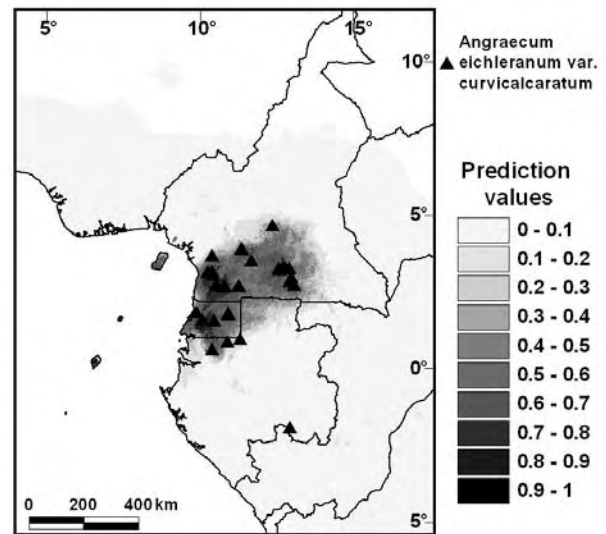
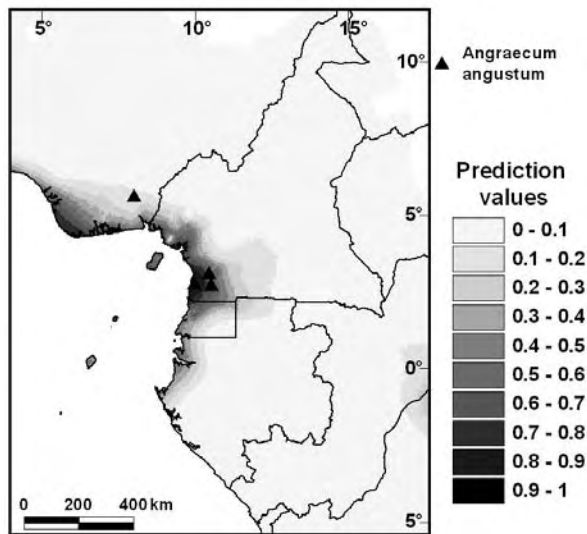
	Taxons		Taxons					
Afro (10 taxons)	<i>Habenaria clarencensis</i> Rolfe <i>Habenaria linguiformis</i> Summerh. <i>Habenaria mannii</i> Hook.f. <i>Habenaria microceras</i> Hook.f. <i>Habenaria nigrescens</i> Summerh. <i>Habenaria obovata</i> Summerh. <i>Habenaria phylacocheira</i> Summerh. <i>Habenaria prionocrapedon</i> Summerh. <i>Habenaria keayi</i> Summerh. <i>Platycoryne megalorhyncha</i> Summerh.	BC_LNS (10 taxons)	<i>Ancistrorhynchus</i> aff. <i>capitatus</i> var. nov. <i>Diaphanthe</i> aff. <i>sanfordiana</i> sp. nov. <i>Diaphanthe dorotheae</i> (Rendle) Summerh. <i>Diaphanthe longicalcar</i> (Summerh.) Summerh. <i>Diaphanthe obanensis</i> (Rendle) Summerh. <i>Ossiculum aurantiacum</i> P.J.Cribb & Laan <i>Polystachya geniculata</i> Summerh. <i>Tridactyle muriculata</i> (Rendle) Schltr. <i>Bulbophyllum dolabriforme</i> J.J.Verm. <i>Genyorchis summerhayesiana</i> Szlach. & Olsz.					
	<i>Aerangis</i> aff. <i>hologlotis</i> sp. nov. <i>Aerangis xchirioana</i> R. Bellone & Chiron <i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> sp. nov. 1 <i>Angraecum lisowskianum</i> Szlach. & Olsz. <i>Angraecum</i> aff. <i>aporoides</i> sp. nov. 2 <i>Bulbophyllum alinae</i> Szlach. <i>Bulbophyllum corsicense</i> Rehb.f. <i>Diaphanthe garayana</i> Szlach. & Olsz. <i>Habenaria phantasma</i> la Croix <i>Veyretella flabellata</i> Szlach., Marg. & Mytnik <i>Veyretella hetaeroides</i> (Summerh.) Szlach. & Olsz.		IO_Pl (13 taxons)	<i>Aerangis flexuosa</i> (Ridl.) Schltr. <i>Angraecopsis dolabriformis</i> (Rolfe) Schltr. <i>Angraecopsis thomensis</i> P.J.Cribb & Stévant <i>Angraecum astroarche</i> Ridl. <i>Brachycorythis basifoliata</i> Summerh. <i>Calanthe sylvatica</i> (Thouars) Lindl. var. <i>geerinckiana</i> Stévant <i>Chamaeangis vagans</i> (Lindl.) Schltr. <i>Diaphanthe acuta</i> (Ridl.) Schltr. <i>Habenaria letouzeyana</i> (Szlach. & Olsz.) P.J.Cribb & Stévant <i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>principensis</i> Stévant <i>Polystachya expansa</i> Ridl. <i>Polystachya setifera</i> Lindl. <i>Tridactyle aurantiopunctata</i> P.J.Cribb & Stévant				
	<i>Angraecum atlanticum</i> Stévant and Droissart <i>Diaphanthe sanfordiana</i> Szlach. & Olsz. <i>Liparis</i> aff. <i>gracilentata</i> sp. nov. <i>Polystachya engogensis</i> Stévant & Droissart <i>Polystachya bipoda</i> Stévant <i>Polystachya kubalae</i> Szlach. & Olsz. <i>Polystachya letouzeyana</i> Szlach. & Olsz.			IO_Sub/Mt (14 taxons)	<i>Aerangis megaphylla</i> Summerh. <i>Angraecum doratophyllum</i> Summerh. <i>Bulbophyllum lizae</i> J.J.Verm. <i>Chamaeangis thomensis</i> (Rolfe) Schltr. <i>Cribbia thomensis</i> la Croix & P.J.Cribb <i>Diaphanthe brevifolia</i> (Summerh.) Summerh. <i>Diaphanthe papagayi</i> (Rehb.f.) Schltr. <i>Dinklageella scandens</i> P.J.Cribb & Stévant <i>Liparis rosseelii</i> Stévant <i>Polystachya biteaui</i> P.J.Cribb, la Croix & Stévant <i>Polystachya parviflora</i> Summerh. <i>Polystachya ridleyi</i> Rolfe <i>Polystachya thomensis</i> Summerh. <i>Stolzia thomensis</i> P.J.Cribb & Stévant			
	<i>Ancistrorhynchus obovata</i> sp. nov. inedit <i>Angraecum cribbianum</i> Szlach. & Olsz. <i>Bulbophyllum subligaculiferum</i> J.J.Verm. <i>Polystachya lejolyana</i> Stévant <i>Polystachya riomuniensis</i> Stévant & Nguema <i>Tridactyle pentalobata</i> P.J.Cribb & Stévant <i>Tridactyle truncatiloba</i> Summerh.				HP_Mt (12 taxons)	<i>Ancistrorhynchus serratus</i> Summerh. <i>Angraecopsis cryptantha</i> P.J.Cribb <i>Angraecopsis lisowskii</i> Szlach. & Olsz. <i>Bulbophyllum jaapii</i> Szlach. & Olsz. <i>Diaphanthe polyantha</i> (Kraenzl.) F.N.Rasm. <i>Diaphanthe polydactyla</i> (Kraenzl.) Summerh. <i>Disperis mildbraedii</i> Schltr. ex Summerh. <i>Disperis nitida</i> Summerh. <i>Genyorchis macrantha</i> Summerh. <i>Liparis kamerunensis</i> Schltr. <i>Liparis letouzeyana</i> Szlach. & Olsz. <i>Polystachya anthoceros</i> la Croix & P.J. Cribb		
	<i>Aerangis bouarensis</i> Chiron <i>Ancistrorhynchus brevifolius</i> Finet <i>Angraecopsis hallei</i> Szlach. & Olsz. <i>Angraecum curvipes</i> Schltr. <i>Bulbophyllum fayi</i> J.J.Verm. <i>Cheirostylis divina</i> (Guinée) Summerh. var. <i>ochyrae</i> Szlach. & Olsz. <i>Diaphanthe ceriflora</i> J.B.Peterson <i>Diaphanthe curvata</i> (Rolfe) Summerh. subsp. nov. <i>Diaphanthe gigantea</i> sp. nov. inedit <i>Genyorchis sanfordii</i> Szlach. & Olsz. <i>Habenaria lisowskii</i> Szlach. <i>Halleorchis aspidogynoides</i> Szlach. & Olsz. <i>Microcoelia jonssonii</i> Szlach. & Olsz. <i>Microcoelia leptostele</i> subsp. <i>cordatilabia</i> Szlach. & Olsz. <i>Microcoelia sanfordii</i> L.Jonsson <i>Microcoelia</i> sp. nov.					HP_Sub (17 taxons)	<i>Bulbophyllum bifarium</i> Hook.f. <i>Bulbophyllum comatum</i> Lindl. var. <i>comatum</i> <i>Bulbophyllum nigericum</i> Summerh. <i>Bulbophyllum scaberulum</i> (Rolfe) Bolus var. <i>fuerstenbergianum</i> (De Wild.) J.J.Verm. <i>Diaphanthe vandiformis</i> (Kraenzl.) Schltr. <i>Genyorchis micropetala</i> Schltr. <i>Habenaria alinae</i> Szlach. <i>Habenaria bosseriana</i> Szlach. & Olsz. <i>Manniella cypripedioides</i> Salazar. Franke, Zapfack & Beenken <i>Platycoryne alinae</i> Szlach. <i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>angustifolia</i> (Summerh.) Summerh. <i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>manengouba</i> W.W.Sanford <i>Polystachya excelsa</i> Kraenzl. <i>Polystachya farinosa</i> Kraenzl. <i>Polystachya kingii</i> Summerh. <i>Polystachya kupensis</i> P.J.Cribb & B.J.Pollard <i>Polystachya reticulata</i> Stévant & Droissart	
	<i>Nephrangis bertauciana</i> Szlach. & Olsz. <i>Podandriella batesii</i> (la Croix) Szlach. & Olsz. <i>Polystachya</i> aff. <i>obanensis</i> sp. nov. <i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. <i>polyphylla</i> (Summerh.) Stévant <i>Polystachya eupatha</i> Kraenzl. <i>Polystachya gabonensis</i> Summerh. <i>Polystachya komasiana</i> Szlach. & Olsz. <i>Polystachya stodolnyi</i> Szlach. & Olsz. <i>Rhipidoglossum magnicalcar</i> Szlach. & Olsz. <i>Vanilla hallei</i> Szlach. & Olsz. <i>Vanilla ochyrae</i> Szlach. & Olsz. <i>Zeuxine odzalensis</i> Geerinck & Lejoly							

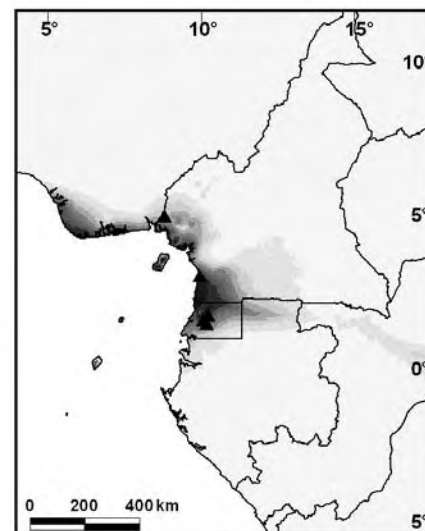
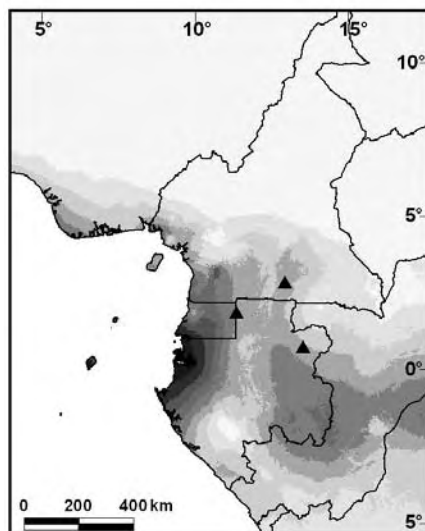
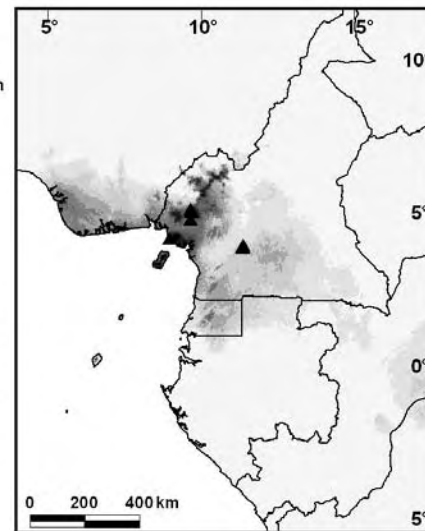
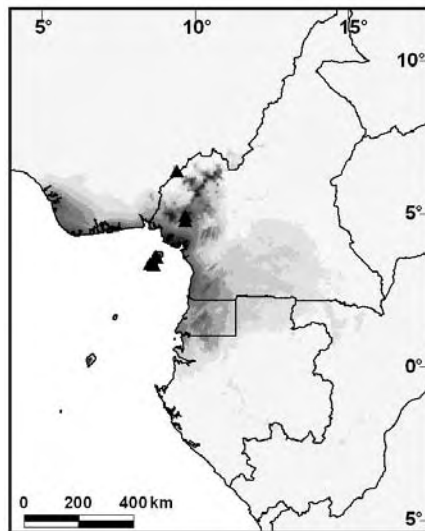
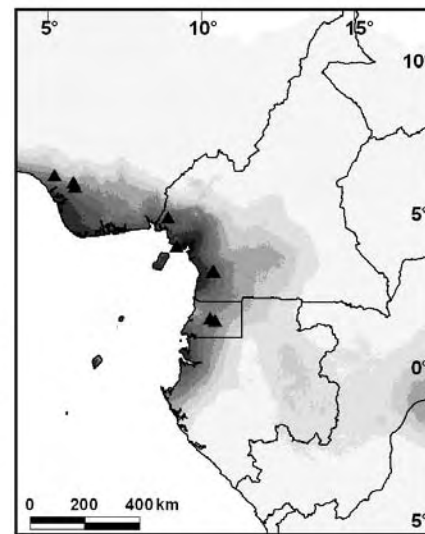
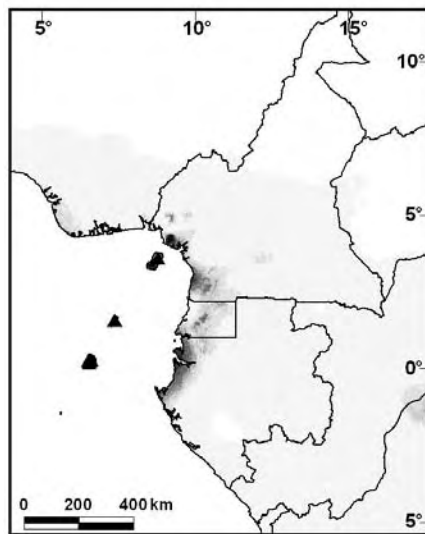
(3) **Couches bioclimatiques** (Hijmans *et al.*, 2005) utilisées pour la modélisation avec Maxent. Les couches sont gratuitement disponibles sur internet (<http://www.worldclim.org/>).

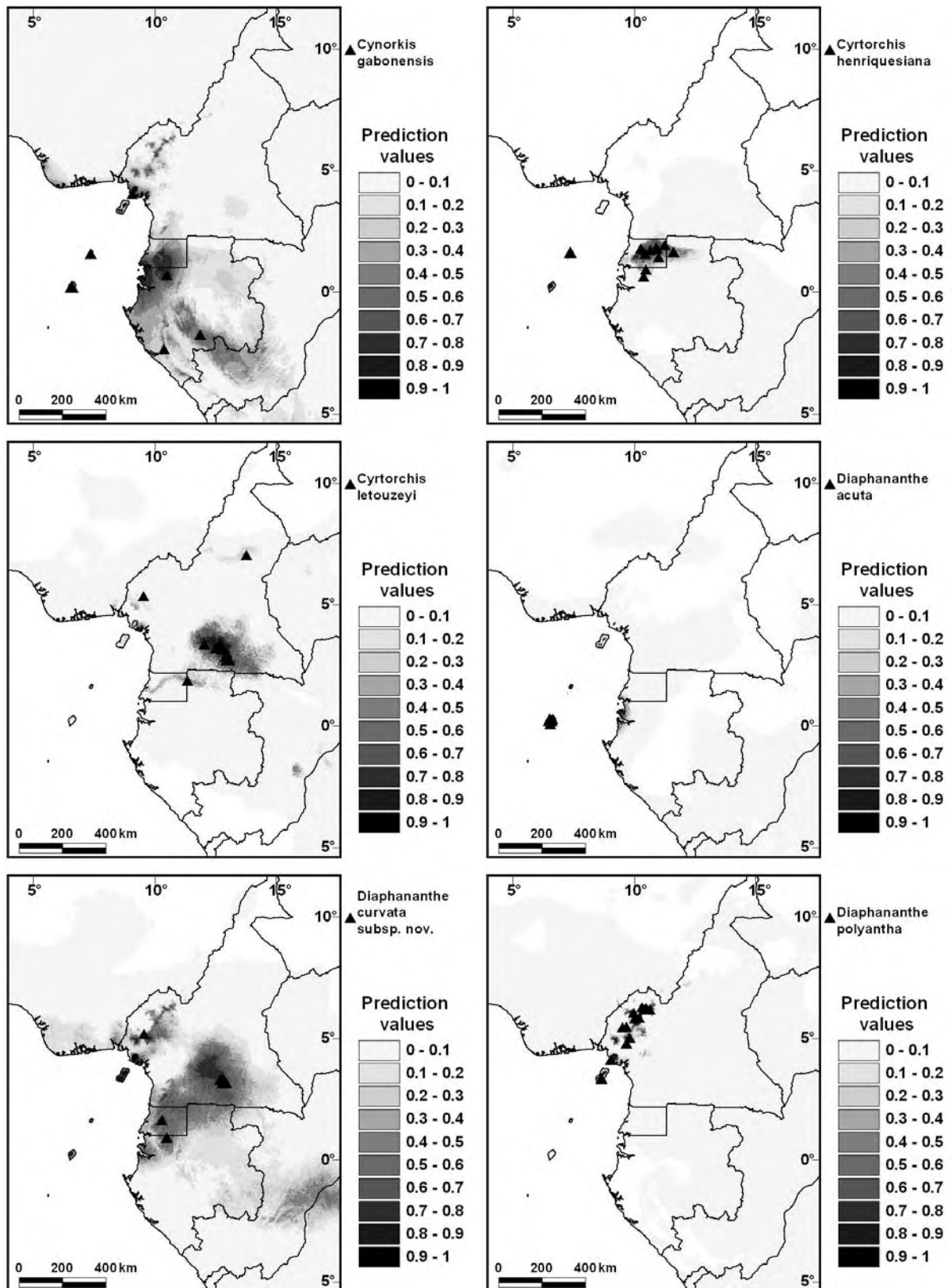
	Couche bioclimatique (Worldclim)
1	Annual Mean Temperature
2	Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
3	Isothermality (P2/P7) (* 100)
4	Temperature Seasonality (standard deviation *100)
5	Max Temperature of Warmest Month
6	Min Temperature of Coldest Month
7	Temperature Annual Range (P5-P6)
8	Mean Temperature of Wettest Quarter
9	Mean Temperature of Driest Quarter
10	Mean Temperature of Warmest Quarter
11	Mean Temperature of Coldest Quarter
12	Annual Precipitation
13	Precipitation of Wettest Month
14	Precipitation of Driest Month
15	Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
16	Precipitation of Wettest Quarter
17	Precipitation of Driest Quarter
18	Precipitation of Warmest Quarter
19	Precipitation of Coldest Quarter

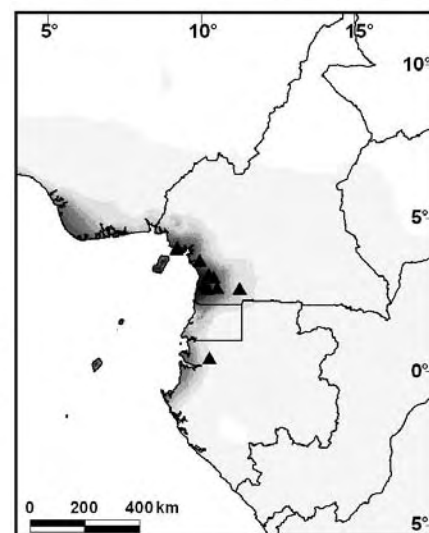
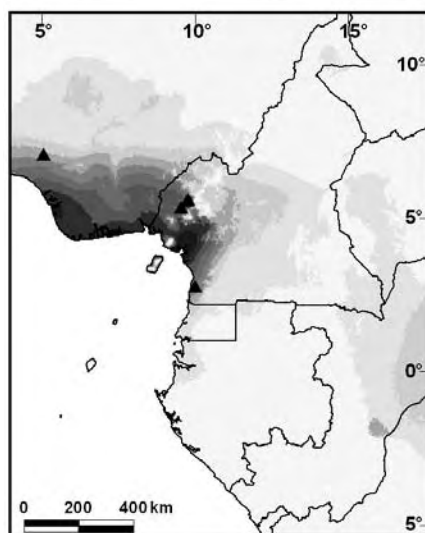
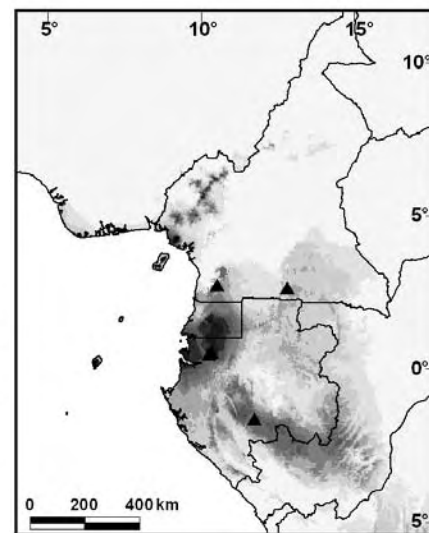
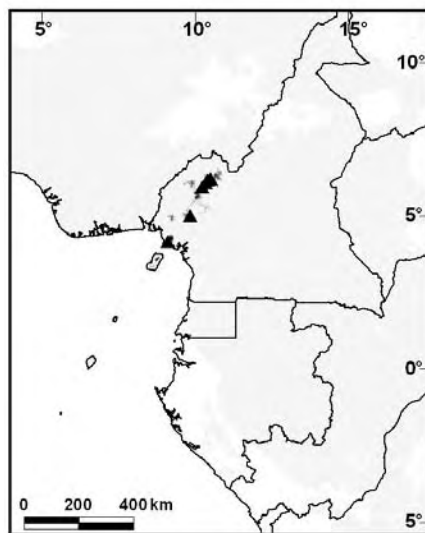
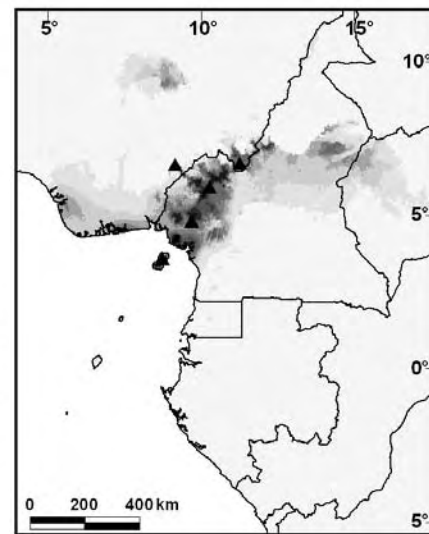
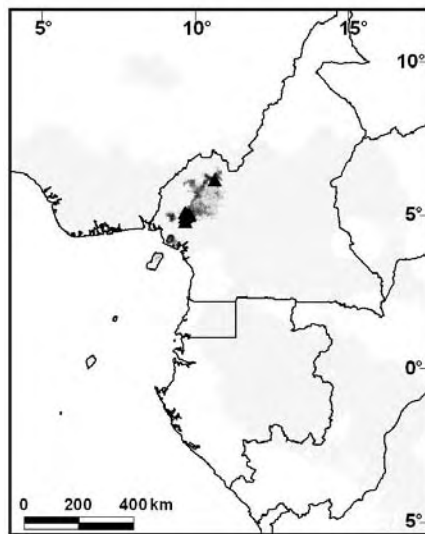
(4) Cartes de distribution potentielle des 60 taxons modélisés pour ce travail avec MaxEnt.

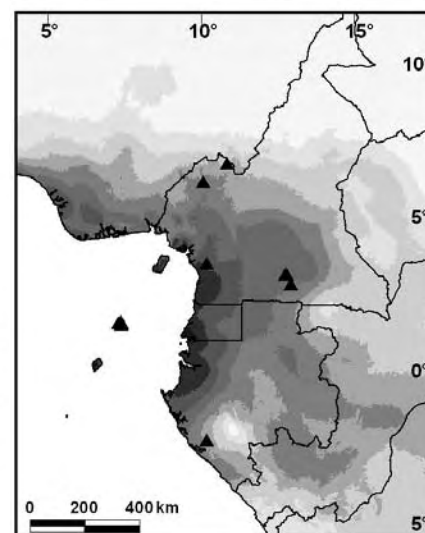
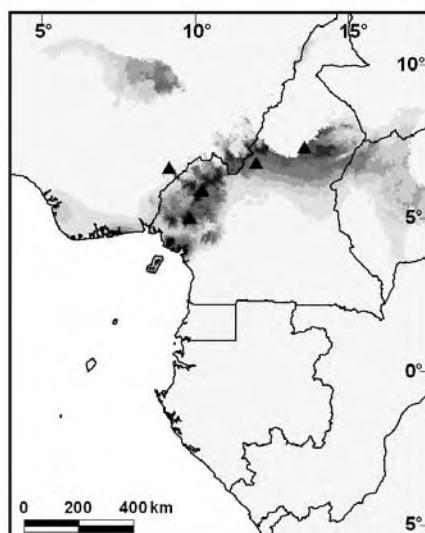
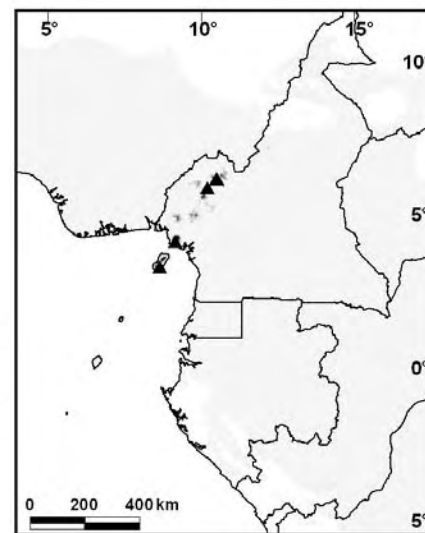
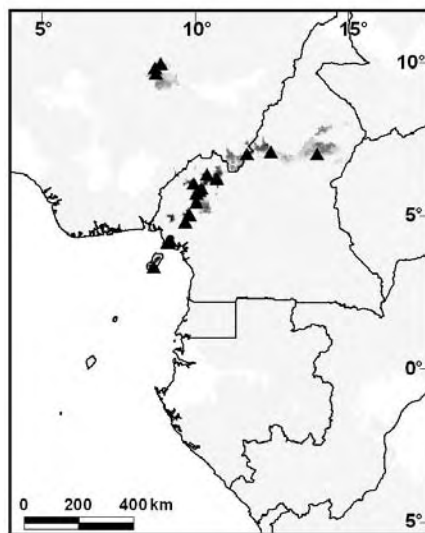
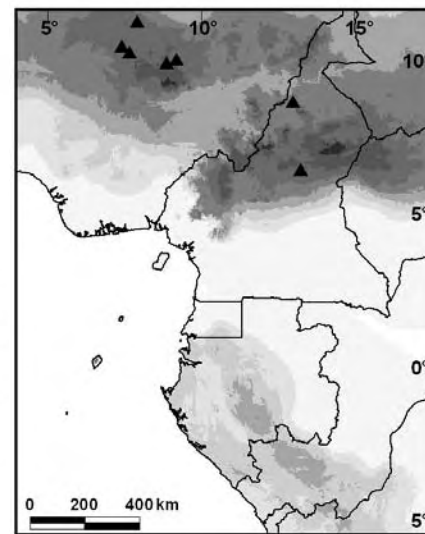
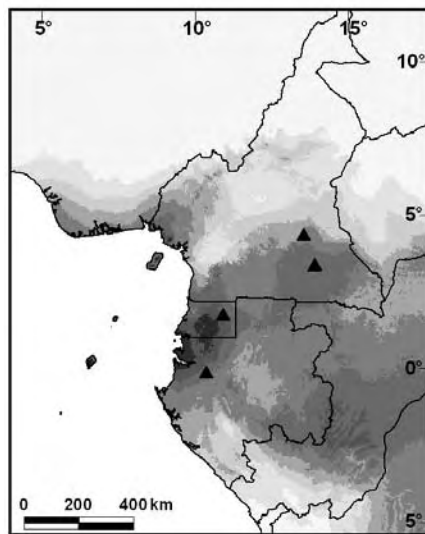


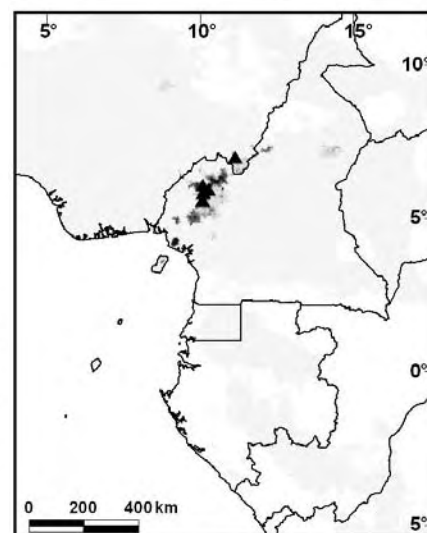
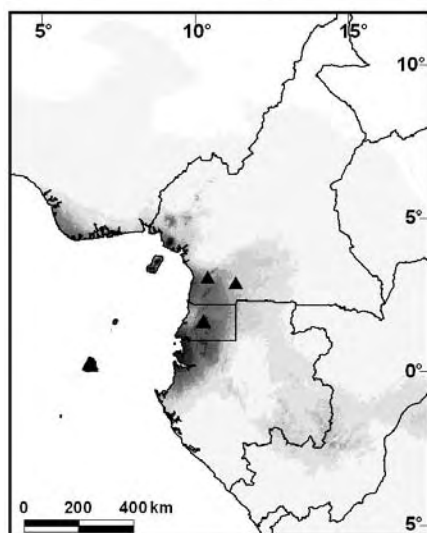
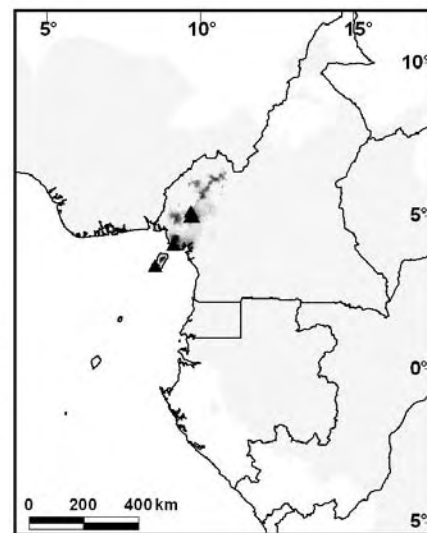
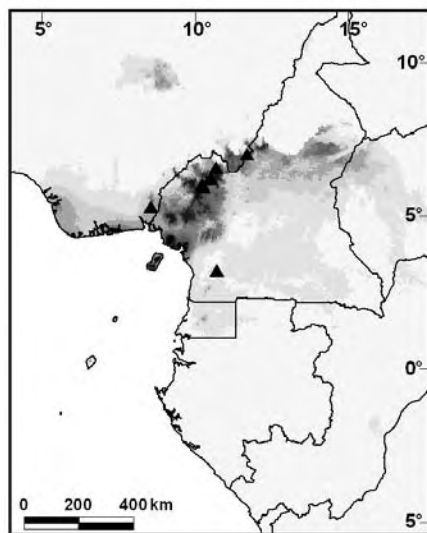
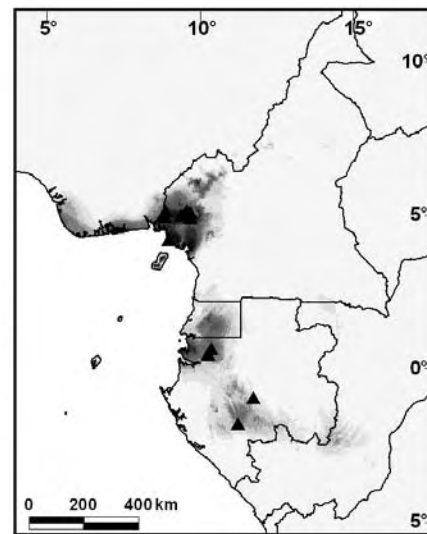
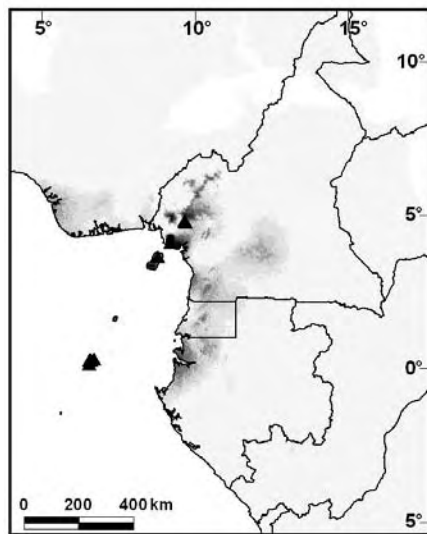


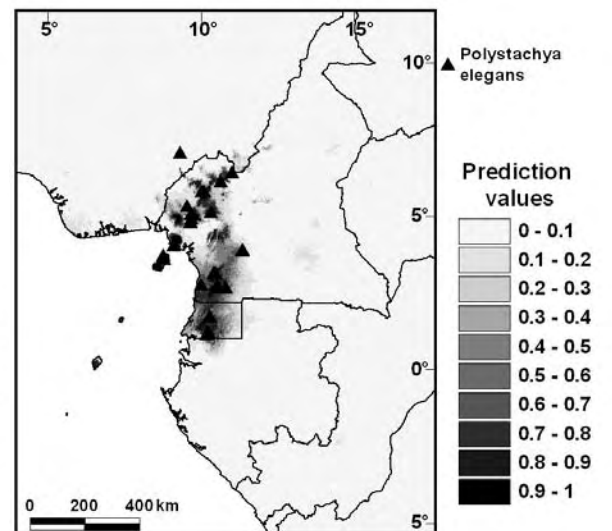
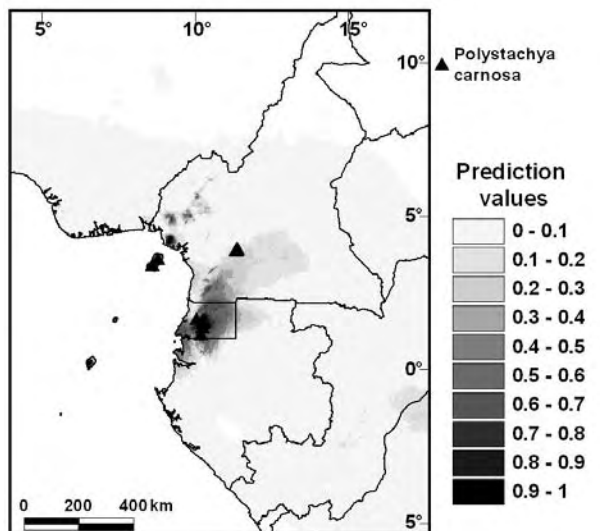
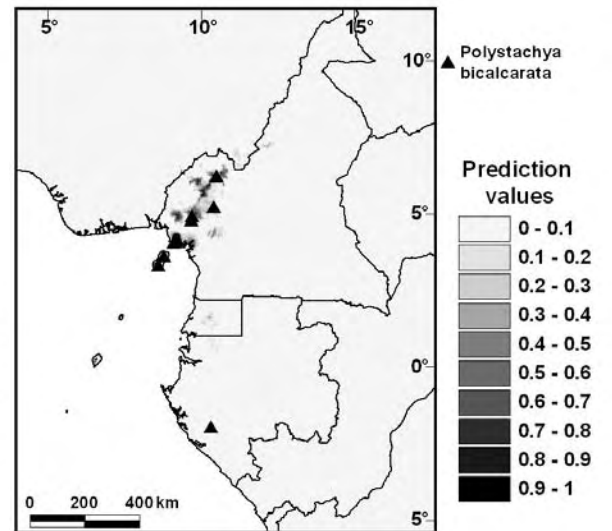
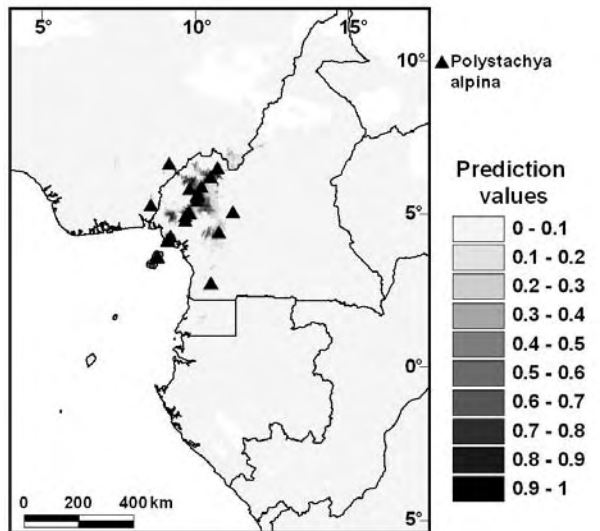
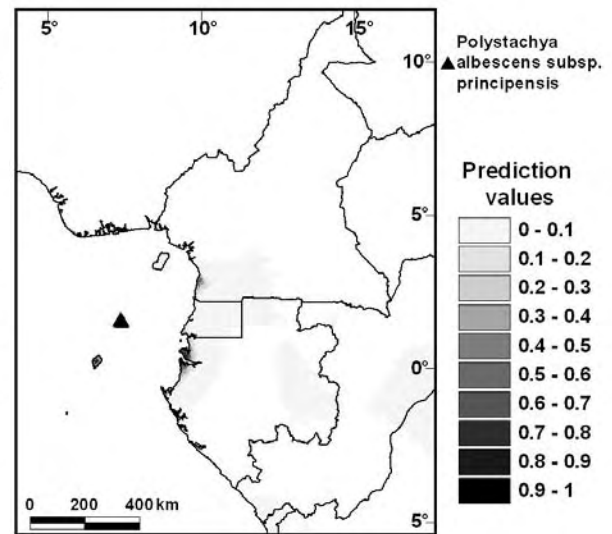
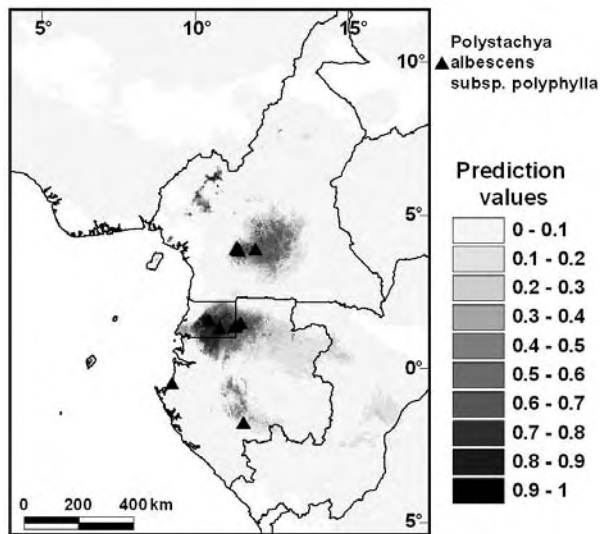


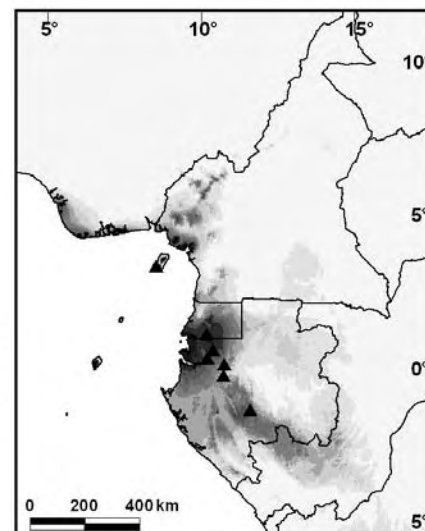
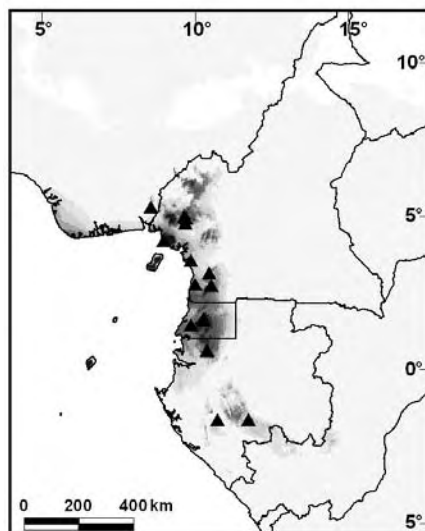
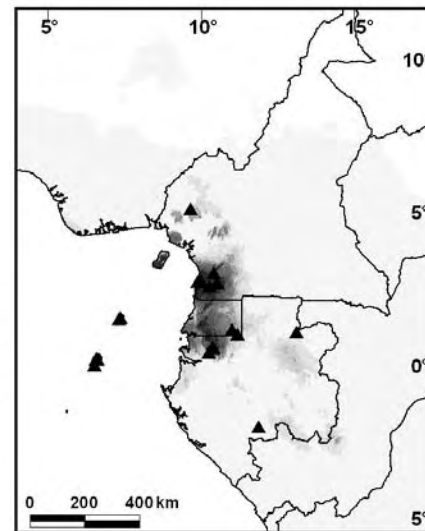
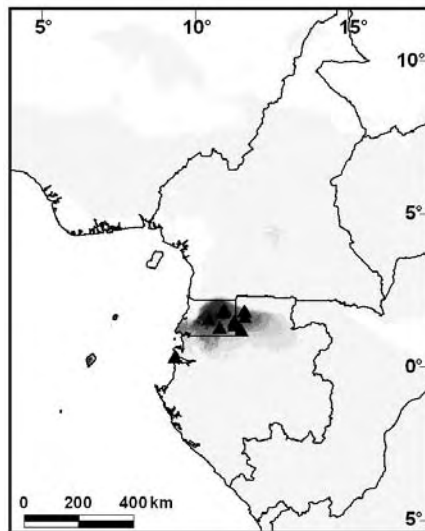
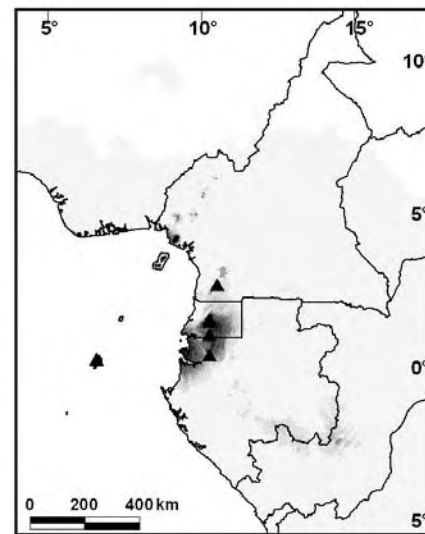
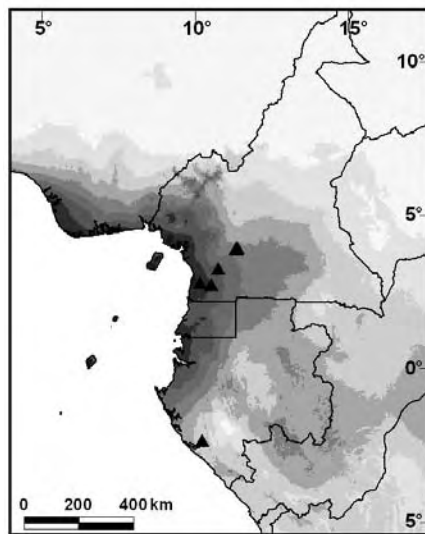


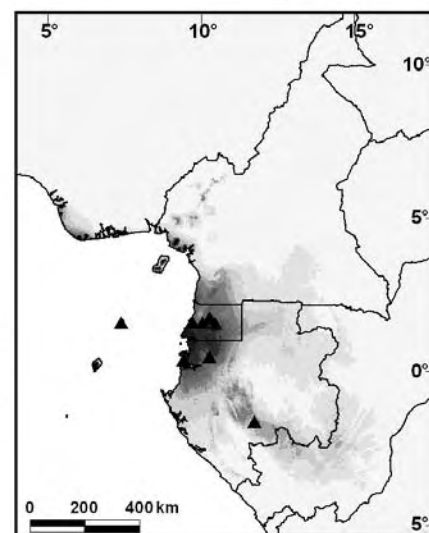
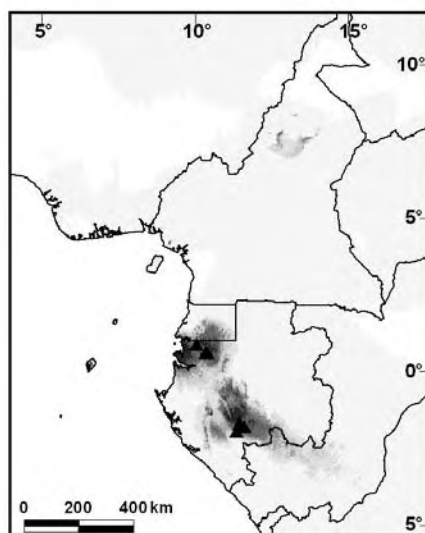
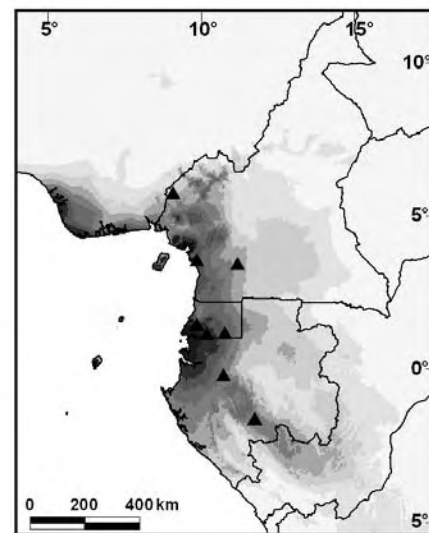
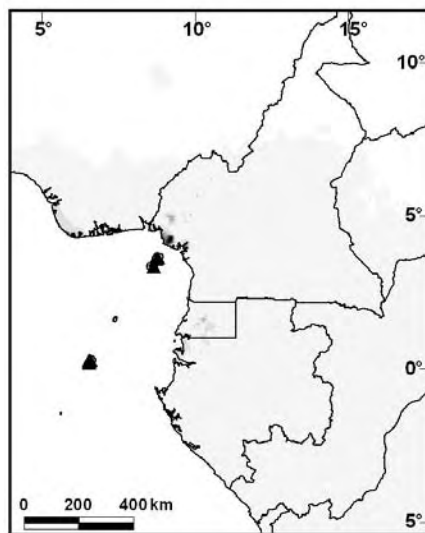
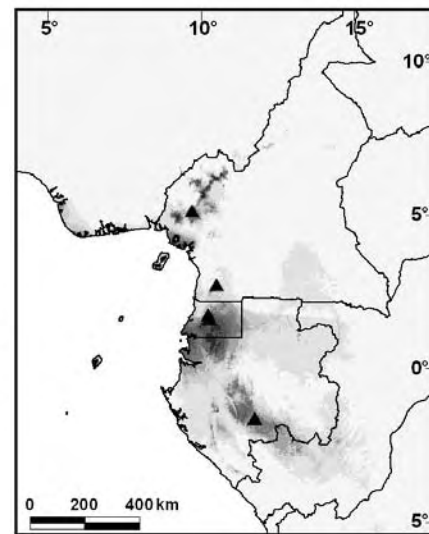
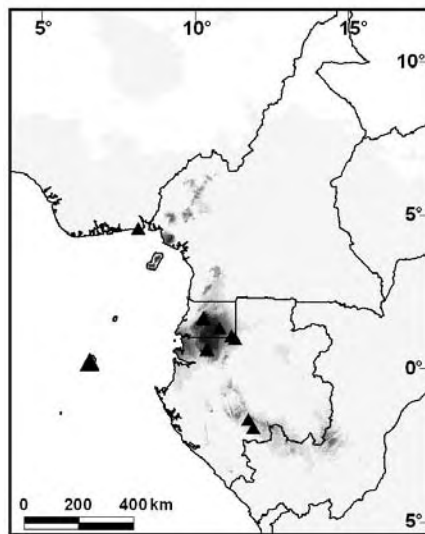












(5) **Matrice utilisée pour réaliser la PAE basée sur les éléments des dix territoires phytogéographiques identifiés** (point 4.3.3, Figure 26). Afro = archipel afromontagnard; IO_Pl = étage de plaine des îles océaniques; IO_Sub/Mt = étage submontagnard et montagnard des îles océaniques; Conti=plateau continental; BC_LNS = plaine littorale de la bande côtière au nord de la Sanaga; BC_LSS = plaine littorale de la bande côtière au sud de la Sanaga; BC_Val = Vallons humides de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe; BC_Sub = étage submontagnard de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe; HP_Sub = étage submontagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise; HP_Mt = étage montagnard des hauts plateaux de la chaîne camerounaise

Taxons	N° du taxon dans le cladogramme	Afro	LGWlow	LGWsub	LGWmont	LGCoalit	LGCoaVal	LGCoaSub	LGConti	Olow	Osub
<i>Aerangis gracillima</i> (Kraenzl.) Arends & J.L.Stewart	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ancistrochilus thomsonianus</i> (Rchb.f.) Rolfe	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ancistrorhynchus crystalensis</i> P.J.Cribb & Laan	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Angraecopsis tridens</i> (Lindl.) Schltr.	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Angraecum angustum</i> (Rolfe) Summerh.	5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Angraecum egertonii</i> Rendle	6	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Angraecum eichleranum</i> Kraenzl. var. <i>curvicalcaratum</i> Szlach. & Olsz.	7	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
<i>Angraecum sanfordii</i> P.J.Cribb & B.J.Pollard	8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum calvum</i> Summerh.	9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum curvimentatum</i> J.J.Verm.	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bulbophyllum luciphilum</i> Stévant	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Bulbophyllum mediocre</i> Summerh.	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum minutifolium</i> Stévant	13	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Bulbophyllum pandanetorum</i> Summerh.	14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum porphyrostachys</i> Summerh.	15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum teretifolium</i> Schltr.	16	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Chamaeangis gabonensis</i> Summerh.	17	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Chamaeangis spiralis</i> Stévant & Droissart	18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Corymborkis minima</i> P.J.Cribb	19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cribbia pendula</i> la Croix & P.J.Cribb	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cynorkis gabonensis</i> Summerh.	21	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
<i>Cyrtorchis henriquesiana</i> (Ridl.) Schltr.	22	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Cyrtorchis letouzeyi</i> Szlach. & Olsz.	23	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Diaphananthe</i> aff. <i>laticalcar</i> sp. nov.	24	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Diaphananthe</i> aff. <i>cunea</i> sp. nov.	25	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Diaphananthe</i> aff. <i>ovale</i> sp. nov.	26	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Disperis kamerunensis</i> Schltr.	27	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eggelingia gabonensis</i> P.J.Cribb & Laan	28	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Gastrodia africana</i> Kraenzl.	29	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Genyorchis apertiflora</i> Summerh.	30	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Genyorchis platybulbon</i> Schltr.	31	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Habenaria maitlandii</i> Summerh.	32	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Habenaria stenochila</i> Lindl.	33	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Habenaria thomana</i> Rchb.f.	34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Habenaria weilerana</i> Schltr.	35	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Taxons	N° du taxon dans le cladogramme	Afro	LGWlow	LGWsub	LGWmont	LGCoalit	LGCoaVal	LGCoaSub	LGConti	Olow	Osub
<i>Liparis ascendens</i> P.J.Cribb	36	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Liparis gracilentata</i> Dandy	37	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Liparis suborbicularis</i> Summerh.	38	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Orestias micrantha</i> Summerh.	39	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Plectrelminthus caudatus</i> Szlach. & Olsz. var. <i>trilobatus</i>	40	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Polystachya alpina</i> Lindl.	41	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Polystachya bicalcarata</i> Kraenzl.	42	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Polystachya camaridioides</i> Summerh.	43	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Polystachya carnosata</i> P.J.Cribb & Podz.	44	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Polystachya cooperi</i> Summerh.	45	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya elegans</i> Rchb.f.	46	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Polystachya moniquetiana</i> Stévant & Geerinck	47	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Polystachya principia</i> P.J.Cribb & Stévant	48	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Polystachya pyramidalis</i> Lindl.	49	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Polystachya superposita</i> Rchb.f.	50	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya supfiana</i> Schltr.	51	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
<i>Polystachya testuana</i> Summerh.	52	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Rangaeris trilobata</i> Summerh.	53	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Rhipidoglossum ochyrae</i> Szlach. & Olsz.	54	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Stolzia grandiflora</i> P.J.Cribb subsp. <i>lejolyana</i> Stévant, Droissart & Simo	55	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stolzia repens</i> (Rolfe) Summerh var. <i>cleistogama</i> Stévant, Droissart & Simo	56	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Tridactyle anthomoniaca</i> (Reich. f.) Summerh. subsp. <i>nana</i> P.J.Cribb & Stévant	57	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tridactyle exellii</i> P.J.Cribb & Stévant	58	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tridactyle lagesensis</i> (Rolfe) Schltr.	59	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Tridactyle latifolia</i> Summerh.	60	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Tridactyle thomensis</i> P.J.Cribb & Stévant	61	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Vanilla chalonii</i> Finet	62	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Vanilla heterolopha</i> Summerh.	63	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0

(6) **Matrice utilisée pour réaliser la PAE basée sur les aires d'endémisme utilisées par Sosef (1994) pour son analyse de biogéographie historique** (point 4.3.3, Figure 28). SENig = Sud-est Nigeria; WcamHP = Haut plateaux de l'ouest camerounais; MtCam = Mont Cameroun NcoastCa = Partie côtière nord du Cameroun; Bioko = Bioko; ScoastCa = Partie côtière sud du Cameroun; Cam_Plat = Plateau camerounais; UpCaGab = Partie continentale du Cameroun et du Gabon; OceanIsl = Iles océaniques; CoastEqG = Partie côtière du Rio Muni; M_Alen = Monté Alen; Cristal = Monts de Cristal; Belinga = Bélinga; CoastGab = Partie côtière du Gabon; Chaillu = Massif du Chaillu; Doudou = Monts Doudou; Mayombe = Mayombe. ID = N° du taxon dans le cladogramme.

Taxon	ID	Belingua	Bioko	Cam_Plat	Chaillu	CoastEqG	CoastGab	Cristal	Doudou	Mayombe	M_Alen	Mt Cam	NCoastCa	OceanIsl	SCoastCa	SENig	UpCaGab	WCamHP
<i>Aerangis gracillima</i> (Kraenzl.) Arends & J.L.Stewart	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ancistrochilus thomsonianus</i> (Rchb.f.) Rolfe	2	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
<i>Ancistrohynchus crystalensis</i> P.J.Cribb & Laan	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ancistrohynchus obovata</i> sp. nov. 1	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ancistrohynchus serratus</i> Summerh.	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Angraecopsis tridens</i> (Lindl.) Schltr.	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Angraecum aff. aporoides</i> sp. nov. 1	7	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Angraecum atlanticum</i> Stévant & Droissart	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Angraecum angustum</i> (Rolfe) Summerh.	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Angraecum egertonii</i> Rendle	10	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Angraecum eichlerianum</i> Kraenzl. var. <i>curvimentatum</i> Szlach. & Olsz.	11	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Angraecum lisowskianum</i> Szlach. & Olsz.	12	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Angraecum sanfordii</i> P.J.Cribb & B.J.Pollard	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Angraecum aff. aporoides</i> sp. nov. 2	14	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum alinae</i> Szlach.	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bulbophyllum bifarium</i> Hook.f.	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum calvum</i> Summerh.	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum comatum</i> Lindl. var. <i>comatum</i>	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum coriscense</i> Rchb.f.	19	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bulbophyllum curvimentatum</i> J.J.Verm.	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum fayi</i> J.J.Verm.	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Bulbophyllum luciphilum</i> Stévant	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum mediocre</i> Summerh.	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bulbophyllum minutifolium</i> sp. nov. inedit.	24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bulbophyllum pandanetorum</i> Summerh.	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum porphyrostachys</i> Summerh.	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>Bulbophyllum scaberulum</i> (Rolfe) Bolus var. <i>fuerstenbergianum</i> (De Wild.)	27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bulbophyllum teretifolium</i> Schltr.	28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Chamaeangis gabonensis</i> Summerh.	29	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Chamaeangis spiralis</i> Stévant & Droissart	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Cheirostylis divina</i> (Guinée) Summerh. var. <i>ochyreae</i> Szlach. & Olsz.	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Corymborkis minima</i> P.J.Cribb	32	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1

Taxon	ID	Beingua	Bioko	Cam. Plat	Chailu	CoastEqG	CoastGab	Cristal	Doudou	Mayombe	M. Alen	Mt Cam	NCoastCa	OceanIsl	SCoastCa	SENig	UpCaGab	WCamHP
<i>Cynorkis gabonensis</i> Summerh.	33	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Cyrtorchis henriquesiana</i> (Ridl.) Schltr.	34	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Cyrtorchis letouzeyi</i> Szlach. & Olsz.	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Diaphananthe aff. laticalcar</i> sp. nov.	36	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Diaphananthe curvata</i> (Rolfe) Summerh. ssp. nov.	37	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
<i>Diaphananthe aff. cunea</i> sp. nov.	38	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diaphananthe garayana</i> Szlach. & Olsz.	39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Diaphananthe polyantha</i> (Kraenzl.) F.N.Rasm.	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Diaphananthe sanfordiana</i> Szlach. & Olsz.	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diaphananthe aff. ovale</i> sp. nov.	42	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Disperis mildbraedii</i> Schltr. ex Summerh.	43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Disperis nitida</i> Summerh.	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Eggelingia gabonensis</i> P.J.Cribb & Laan	45	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gastrodia africana</i> Kraenzl.	46	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Genyorchis apertiflora</i> Summerh.	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Genyorchis macrantha</i> Summerh.	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Genyorchis micropetala</i> Schltr.	49	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Genyorchis platybulbon</i> Schltr.	50	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Genyorchis sanfordii</i> Szlach. & Olsz.	51	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Habenaria maitlandii</i> Summerh.	52	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Habenaria mannii</i> Hook.f.	53	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Habenaria microceras</i> Hook.f.	54	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Habenaria nigrescens</i> Summerh.	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Habenaria obovata</i> Summerh.	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Habenaria phantasma</i> la Croix	57	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Habenaria stenochila</i> Lindl.	58	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
<i>Habenaria thomana</i> Rchb.f.	59	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Habenaria weilerana</i> Schltr.	60	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Halleorchis aspidogynoides</i> Szlach. & Olsz.	61	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Liparis ascendens</i> P.J.Cribb	62	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Liparis gracilentata</i> Dandy	63	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Liparis suborbicularis</i> Summerh.	64	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Manniella cyprapedioides</i> Salazar. Franke. Zapfack & Beenken	65	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Nephrangis bertauxiana</i> Szlach. & Olsz.	66	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orestias micrantha</i> Summerh.	67	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Platycoryne megalorrhyncha</i> Summerh.	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Polystachya albescens</i> Ridl. subsp. polyphylla (Summerh.) Stévant	69	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Polystachya alpina</i> Lindl.	70	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
<i>Polystachya bicalcarata</i> Kraenzl.	71	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Polystachya bipoda</i> Stévant sp. nov.	72	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya camaridioides</i> Summerh.	73	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Polystachya carnosata</i> P.J.Cribb & Podz.	74	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya cooperi</i> Summerh.	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Taxon	ID	Belingua	Bioko	Cam_Plat	Chailu	CoastEqG	CoastGab	Cristal	Doudou	Mayombe	M_Alen	Mt Cam	NCoastCa	OceanIsl	S CoastCa	SENig	UpCaGab	WCamHP
<i>Polystachya elegans</i> Rchb.f.	76	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
<i>Polystachya farinosa</i> Kraenzl.	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Polystachya kubalae</i> Szlach. & Olsz.	78	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya lejolyana</i> Stévant	79	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya letouzeyana</i> Szlach. & Olsz.	80	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Polystachya moniquetiana</i> Stévant & Geerinck	81	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Polystachya odorata</i> Lindl. subsp. <i>trilepidis</i> Summerh.	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Polystachya principia</i> P.J.Cribb & Stévant	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Polystachya pyramidalis</i> Lindl.	84	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
<i>Polystachya riomuniensis</i> Stévant & Nguema sp.nov.	85	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polystachya stodolnyi</i> Szlach. & Olsz.	86	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Polystachya superposita</i> Rchb.f.	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Polystachya supfiana</i> Schltr.	88	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Polystachya testuana</i> Summerh.	89	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rangaeria trilobata</i> Summerh.	90	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
<i>Rhipidoglossum ochyrae</i> Szlach. & Olsz.	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Stolzia grandiflora</i> P.J.Cribb subsp. <i>lejolyana</i> Stévant, Droissart & Simo	92	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stolzia repens</i> (Rolfe) Summerh var. <i>cleistogama</i> Stévant, Droissart & Simo	93	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tridactyle anthomoniaca</i> (Reich. f.) Summerh. subsp. <i>nana</i> P.J.Cribb & Stévant	94	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tridactyle exellii</i> P.J.Cribb & Stévant	95	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tridactyle lagosensis</i> (Rolfe) Schltr.	96	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Tridactyle latifolia</i> Summerh.	97	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tridactyle truncatiloba</i> Summerh.	98	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vanilla chlotii</i> Finet	99	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Vanilla heterolopha</i> Summerh.	100	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

L'Afrique centrale atlantique (ACA) couvre le domaine bas-guinéen, les îles du Golfe de Guinée et une partie de l'archipel afromontagnard. Les différents centres d'endémisme identifiés en son sein sont généralement considérés comme liés à la présence des refuges forestiers qui se sont formés durant les périodes glaciaires. Cependant, l'origine de cet endémisme, sa localisation précise et les méthodes permettant d'identifier les centres d'endémisme restent controversées.

Cette étude phytogéographique est basée sur l'analyse de la distribution des Orchidaceae endémiques de l'ACA. Elle s'appuie sur un jeu de données original, composé de spécimens d'herbier, qui résulte d'un effort d'échantillonnage important effectué au Cameroun, ainsi que d'un travail d'identification et de localisation dans les principaux herbariums européens. Afin de réaliser cette étude, nous avons d'abord (i) identifié ces taxons endémiques et documenté leur distribution au travers de plusieurs contributions taxonomiques et floristiques. Ensuite, nous avons (ii) testé de nouvelles méthodes permettant d'analyser ces données d'herbiers de plantes généralement peu abondantes et souvent pauvrement documentées, testant aussi l'intérêt des Orchidaceae comme marqueurs chorologiques. Finalement, appliquant ces méthodes à notre jeu de données, nous avons (iii) délimité des centres d'endémisme et identifié les territoires phytogéographiques des Orchidaceae en ACA.

L'ACA compte 203 taxons spécifiques et infraspécifiques et quatre genres d'Orchidaceae endémiques. Sept de ces 203 taxons ont été décrits dans le cadre de ce travail. Contrairement à ce que laisse supposer leurs capacités de dissémination à longue distance, l'étude de la distribution des Orchidaceae en ACA a permis d'identifier des centres et des aires d'endémisme géographiquement bien délimités. Certains de ces centres d'endémisme correspondent à ceux reconnus en utilisant la distribution d'autres groupes taxonomiques (*Begonia*, *Caesalpinioideae*, *Rubiaceae*) qui, en raison de leurs capacités de dissémination restreintes, ont été considérés comme pertinents pour l'identification des refuges forestiers. Cette constatation remet en cause l'importance du pouvoir de dissémination pour la sélection des groupes à utiliser comme indicateur de ces refuges et plus globalement comme marqueur chorologique. Les résultats obtenus mettent également en évidence le rôle des massifs montagneux et de l'hétérogénéité environnementale pour expliquer la distribution des centres d'endémisme en Afrique centrale.

L'étude de la distribution des Orchidaceae a permis de reconnaître dix phytochories en ACA; leurs éléments phytogéographiques propres ont été identifiés et leurs affinités floristiques discutées. L'analyse phytogéographique présentée (a) soutient l'existence d'une barrière chorologique importante dans la région de la rivière Sanaga, (b) étend l'archipel afromontagnard, principalement localisé au Cameroun, au plateau de Jos au Nigeria et (c) met en évidence l'importance de la chaîne montagneuse morcelée Ngovayang-Mayombe pour la distribution de l'endémisme en ACA. Cette chaîne de montagne, qui s'étend le long des côtes de l'océan du sud du Cameroun au Congo-Brazzaville, et qui coïncide avec plusieurs refuges forestiers décrits dans la littérature, est ici considérée comme une seule aire d'endémisme morcelée.

Mots clés : Orchidaceae, Afrique centrale atlantique, taxonomie, phytogéographie, endémisme, épiphyte, biais d'échantillonnage, rééchantillonnage des données, distribution potentielle.